

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



18. YÜZYILDA AVRUPA'DA GELENEKSEL KAGIR YAPIM TEKNİĞİNİN
DEMİR KULLANIMI İLE DESTEKLENMESİ VE TARİHİ KAGIR YAPILARIN
DEMİR KULLANILARAK KONSOLİDASYONUNUN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SERRA SİPAHİ

Aralık, 2014

18. YÜZYILDA AVRUPA'DA GELENEKSEL KAGİR YAPIM TEKNİĞİNİN DEMİR
KULLANIMI İLE DESTEKLENMESİ VE TARİHİ KAGİR YAPILARIN DEMİR
KULLANILARAK KONSOLİDASYONUNUN İNCELENMESİ

SERRA SİPAHİ

Kültür Varlıklarını Koruma Programı'nda Yüksek Lisans derecesi
için gerekli kısmi şartların yerine getirilmesi amacıyla
Fen Bilimleri Enstitüsü'ne
teslim edilmiştir.

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ

Aralık, 2014

KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

18. YÜZYILDA AVRUPA'DA GELENEKSEL KAGİR YAPIM TEKNİĞİNİN DEMİR
KULLANIMI İLE DESTEKLENMESİ VE TARİHİ KAGİR YAPILARIN DEMİR
KULLANILARAK KONSOLİDASYONUNUN İNCELENMESİ

SERRA SİPAHİ

ONAYLAYANLAR:

Prof. Dr. Füsun Alioğlu

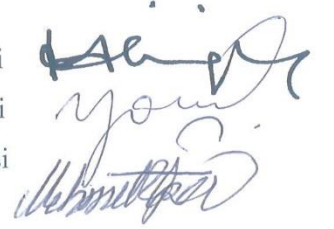
Doç. Dr. Yonca Erkan Kösebay

Doç. Dr. Mehmet Alper

Kadir Has Üniversitesi

Kadir Has Üniversitesi

Kadir Has Üniversitesi



ONAY TARİHİ: 26.01.2015

“Ben, Serra Sipahi, bu Yüksek Lisans Tezinde sunulan çalışmanın şahsıma ait olduğunu ve başka çalışmalardan yaptığım alıntıların kaynaklarını kurallara uygun biçimde tez içerisinde belirttiğimi onaylıyorum.”


SERRA ŞİPAHİ

İçindekiler

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
1. GİRİŞ	1
1.1. Tonoz Malzemeleri ve Yapım Teknikleri	1
1.2. Tonoz Yapımının Metal Kullanımı ile Geliştirilmesi	13
1.2.1. Metal Kullanımında Deprem Etkisi	16
1.2.2. Demirin 19. yy.'da geleneksel yapılarda kullanımı.....	17
1.3. Bilimsel Gelişmelerin Tonoz Yapım Tekniğine Etkileri.....	19
2. ORTAÇAĞ'DAN 19. YY.'a ŞANTIYE ORGANİZASYONU	35
2.1. İş gücü örgütlenmesi - Loncalar.....	35
2.2. 19. yy.'a kadar şantiye ve aktörler	36
2.3. 19. yy'da şantiye ve aktörler	44
3. GELENEKSEL EĞİTİM	46
3.1. Sınırları Belirsiz Mesleklerden Tanımlı Mesleklere Geçiş	47
3.2. İlk Akademiler ve Çalışmaları	48
3.3. İlk Askeri Okullar	54
3.4. İlk Sivil Okullar	56
3.5. Teknik Resimin Gelişimi	60
4. GELENEKSEL YAPI MALZEMELERİNDEN YENİ MALZEMELERE GEÇİŞ SÜRECİ	61
4.1. Demirin yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması.....	61
4.2. Demirin Elde Edilme Süreci	61
4.2.1. Demir Elde Etme Sürecinde Fırınlara ve Makinelerin Gelişimi.....	64
4.2.2. Buhar Motorunun Bulunması ve Demir Elde Etme Sürecine Etkileri	70
4.3. Malzemede Yeni Formların Geliştirilmesi	73
4.4. Bilimdeki Gelişmelerin Yeni Yapı Malzemeleri Sürecine Etkileri.....	74
4.4.1. Deney ve Teori Yaklaşımı	75
4.4.2. Demir Üzerine Deneyler	78
4.4.3. Metal Dışı Malzemelerle Deneyler	85
5. 18. YY.'DA TARİHİ TAŞ YAPILARIN METAL KULLANILARAK KONSOLİDASYONU: SAN PIETRO (ROMA) ÖRNEĞİ	90

5.1.	Genel.....	90
5.2.	Mimari Yapı ve Teknik.....	94
5.3.	Yapı Sorunları	97
5.4.	Yapıdaki sorunlara ilişkin tartışmalar, çalışmalar	103
5.5.	Tamirat Önerileri.....	119
6.	18. YY.'DA GELENEKSEL TAŞ YAPIM TEKNİĞİNİN METAL KULLANIMI ile DESTEKLENMESİ : ST. GENEVİEVE (FRANSIZ PANTHEON'U) ÖRNEĞİ	130
6.1.	Sainte Geneviève'de Uygulanan Armatürlü Lento Tekniğinin Geliştirilmesi ve Öncül Uygulamaları.....	130
6.1.1.	Louvre'un Kolonlarının Armatürleri.....	130
6.1.2.	St. Sulpice'in Portiko Armatürleri	139
6.2.	Sainte-Genevieve (Fransız Pantheonu).....	147
6.2.1.	Mimari Yapı ve Teknik.....	149
6.2.2.	Sainte Geneviève'de Yapı Sorunları: Dönem Bakışı, Yaşanan Tartışmalar ve Günümüz Bakışı.....	157
7.	DEĞERLENDİRMELER	172
8.	KAYNAKÇA	178
9.	SÖZLÜK.....	188
EK.1.	ZAMAN ÇİZELGESİ.....	197

ÖZET

18. YÜZYILDA AVRUPA'DA GELENEKSEL KAGİR YAPIM TEKNIĞİNİN DEMİR KULLANIMI İLE DESTEKLENMESİ VE TARİHİ KAGİR YAPILARIN DEMİR KULLANILARAK KONSOLIDASYONUNUN İNCELENMESİ

Serra Sipahi

Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Lisans Programı

Danışman: Prof. Dr. Füsun Alioğlu

Aralık, 2014

18. yüzyılda kagir yapıların demir ile güçlendirilerek inşaa edilmesi ve yapım aşamasından sonra oluşan hasarların demir ile konsolide edilmesi sürecinin araştırılması amacıyla; belirtilen aralıktaki geleneksel teknik uygulamaları, iş gücünün örgütlenmesi ve eğitimi incelenmiştir. Bunların yanı sıra, demirin elde edilmesinde zaman içinde değişen ve gelişen yöntemler ile, bilimsel alandaki gelişmeler doğrultusunda yeni malzemelerin ortaya çıkması da mercek altına alınmıştır.

Demirin kagir yapım tekniğindeki yerini anlamak amacıyla iki yapı incelenmiştir. Roma'daki San Pietro Kilisesi 18. Yüzyılda demir kullanılarak yapılan konsolidasyon yönünden ele alınmış, Paris'teki Sainte Geneviève Kilisesi (bugünkü Fransız Pantheon'u) ise yapımı esnasında kullanılan demir ile güçlendirilmiş taş tekniği açısından incelenmiştir.

Bu incelemeler için öncelikle yapıların inşasına dair kısa bir tarihçe verilmiştir. Ardından yapıda gözlenen sorunların ortaya konmasının eşliğinde dönemin demir kullanım tekniğinin kagir yapıyı güçlendirici yönü üzerinde durulmuştur.

Sonuç olarak San Pietro'nun kubbesinde uygulanan demir konsolidasyon yöntemleri ortaya konmuş, Sainte Geneviève'de ise uygulanmış olan demir takviyeli lento sistemi ve bunların çalışma yöntemi açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kemer, kemer çökme mekanizması, armatürlü lento, deney, teori, demir, taş, beton, betonarme, yapı tarihi, mason, mimar, mühendis

ABSTRACT

IRON SUPPORT USAGE IN THE TRADITIONAL EUROPEAN MASONRY BUILDING TECHNIQUES and a REVIEW on CONSOLIDATION of HISTORICAL BUILDINGS BY IRON SUPPORTS THROUGH the 18th CENTURY

Serra Sipahi

Master of Science in Preservation of Cultural Heritage

Advisor: Prof. Dr. Füsün Alioğlu

December, 2014

For observing the process of building masonry structures with iron supports and the consolidation of later hazards via iron supports, following themes have been studied, within 18th century; traditional technical practices, organization and education of labour, developments in iron producing techniques, scientific developments and successive revelation of new building materials.

Two buildings have been observed for achieving the above stated goal; First one is San Pietro at Rome which is considered for the iron supported consolidation realised in the 18th century. The seconde one is Sainte Geneviève (French Pantheon) at Paris, which is included in this study for the iron supported stone technique practised during the constructing state.

Previous to describing the iron use techniques of the two buildings, a short history on the construction of each building is being given, following to which the hazards observed on the buildings and the fortifying support of iron are displayed.

As a result is presented the iron support consolidation techniques applied on the dome of San Pietro. As for Sainte Geneviève, the iron supported lintels and their working order is explained.

Keywords: Arch, arch collapsing mechanism, armatured lintel, experiment, theory, iron, stone, reinforced concrete, historical building, mason, architect, engineer

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Roma Pantheon'unun iskelesi.	3
Şekil 1.2 Tonozun ayakları üzerine çıkılan tuğla sırası.....	5
Şekil 1.3 Kemer boyutlandırması.....	6
Şekil 1.4. Geleneksel payanda kalınlığı belirleme yöntemi.....	6
Şekil 1.5.a. Guimarei Kilisesi Tonozu yanlış uygulama	7
Şekil 1.5.b. Guimarei Kilisesi Tonozu Hasar.....	7
Şekil 1.6. Kemerde basınç çizgisi	8
Şekil 1.7. Aynı kalınlık / açıklık oranına sahip dairesel kemer ile sivri kemerin maksimum ve minimum yanal itki hallerinin gösterimi.....	9
Şekil 1.8. Basınç çizgisi ve serbest metal sicim.....	9
Şekil 1.9. Yarım kemer üzerinde gösterilen basınç çizgisi oluşturulması örneği...	10
Şekil 1.10. Kalınlık / açıklık oranı % 15 olan bir kemerin çökme mekanizmasının görselleştirilmiş hali.....	12
Şekil 1.11. Gergi çubuğu birleşim detayları.....	14
Şekil 1.12 a. Ölü gergi.....	14
Şekil 1.12.b Ölü gerginin vev güçlendirmeleri.....	14
Şekil 1.13. Ölü gergi ve detayları.....	15
Şekil 1.14 Ölü gergi ve detayları.....	15
Şekil 1.15. Ölü gergi ve detayları.....	15
Şekil 1.16. Geneviève'de kullanılan birleşim detayları.....	19
Şekil 1.17. Leonardo'nun kemerlerdeki yanal itki üzerine deneyleri.....	20

Şekil 1.18.a. Couplet'in denge halindeki basınç çizgisi.....	21
Şekil 1.18.b. Çökme anındaki basınç çizgisi.....	21
Şekil 1.19. La Hire'in kemer çökme mekanizması.....	22
Şekil 1.20. La Hire'in çökme mekanizması.....	23
Şekil 1.21. a - La hire'in çizimi.....	23
Şekil 1.21. b- Heyman'ın anlatımı.....	23
Şekil 1.22. Diyagonal şiddet.....	24
Şekil 1.23. Belidor'un geometrik hesabı.....	25
Şekil 1.24. Coulomb'un kemer çökme mekanizması.....	27
Şekil 1.25. H itkisi uygulanan kemer.....	27
Şekil 1.26. Kayma halinde kemer analizi.....	28
Şekil 1.27. Dönme halinde kemer analizi.....	29
Şekil 1.28. Sterling'in küreleri.....	32
Şekil 1.29. Navier'in kemer çökme mekanizmaları.....	33
Şekil 1.30. Navier'in kemer çökme mekanizmaları.....	33
Şekil 4.1. Fe ₂ O ₃ (demir oksit).....	62
Şekil 4.2. Körüklü makine.....	66
Şekil 4.3. Körüklü makine.....	66
Şekil 4.4. Nem azaltan sistem.....	67
Şekil 4.5. Galilei'nin kirişin dayanımı sorusu.....	76
Şekil.4.6. Flanş tasarımı.....	79
Şekil 4.7 Demir dikme kesitleri.....	80
Şekil 4.8.a. Soufflot'un basınç testi yapan makinesi.....	86

Şekil 4.8.b. Rondelet'in basınç testi yapan makinesi.....	86
Şekil 4.9. Basınç test makinaları.....	86
Şekil 5.1. San Pietro planı.....	91
Şekil 5.2. San Pietro planı.....	92
Şekil 5.3. San Pietro'nun kubbesinin çift kabuk ve enere çıkan merdiven detayı.....	94
Şekil 5.4. İlk demir kasnakların yerleri.....	95
Şekil 5.5. Kubbenin iki kabuğu ve arasının detayı.....	97
Şekil 5.6. San Pietro'nun kubbesini destekleyen ayaklardan birinin detayı.....	99
Şekil 5.7. San Pietro ayak detayı.....	100
Şekil 5.8. Çökme mekanizması.....	103
Şekil 5.9. Çökme mekanizması.....	103
Şekil 5.10.a. Kubbe modeli.....	105
Şekil 5.10.b. Matematikçilerin çökme önerisi.....	105
Şekil 5.11. Hooke'un diyagramı.....	107
Şekil 5.12. San Pietro'nun Hook'un diyagramıyla analizi.....	107
Şekil 5.13. Poleni'nin Sterling kürelerini San Pietro'ya uygulaması.....	108
Şekil 5.14.a San Pietro'nun Hook'un diyagramıyla analizi.....	109
Şekil 5.14.b San Pietro'nun Hook'un diyagramıyla analizi.....	109
Şekil 5.15. Üç matematikçinin üzerinde San Pietro'nun hasarlarını gösterdikleri çizim.....	116
Şekil 5.16. Üç matematikçinin modelinin incelemesi.....	117
Şekil. 5.17. Michelangelo'nun projesine göre St. Pietro'nun kesiti.....	120
Şekil 5.18. Matematikçilerin demir takviye önerileri.....	121

Şekil 5.19. Spiral merdivenlerin konumu.....	123
Şekil 5.20. Spiral merdivendeki çatlakların Vanvitelli'ye ait çizimleri.....	123
Şekil 5.21. Vanvitelli'nin demir çubukların birleşim detayı.....	125
Şekil 5.22. Vanvitelli'nin önerdiği birleşim detayının kubbe duvar örgüsü üzerinde gösterimi.....	126
Şekil 5.23. San Pietro'da uygulanan konsolidasyon demirleri.....	128
Şekil 6.1. Louvre'un Kolonları – görünüş – plan.....	130
Şekil 6.2. Çubuk birleşimleri.....	131
Şekil 6.3. Kolon ve düzatkı armatür kesit detayı.....	132
Şekil 6.4. Kolon ve düzatkı armatür plan detayı.....	133
Şekil 6.5. STS, KKK gergilerinin kesitteki yerleri.....	134
Şekil 6.6. X ve V gergileri kotunda tavan planı.....	135
Şekil 6.7. Tavan Kesiti.....	136
Şekil 6.8. Tavan Planı.....	136
Şekil 6.9. Üçgen Alınlık.....	137
Şekil 6.10. St. Sulpice.....	139
Şekil 6.11. St. Sulpice düzatkı kesit detayında görülen armatürler.....	139
Şekil 6.12. 2006 – 2010 yılları arasındaki restorasyon şantiyesi.	142
Şekil 6.13. 2006 – 2010 yılları arasındaki restorasyon çalışmaları sırasında düzatkıya yerleştirilen etriyeler.....	142
Şekil 6.14. Restorasyon çalışmaları sırasında oluşturulan aksonometrik görüntüler.....	143
Şekil 6.15. Düzatkının montaj simülasyonu.....	143
Şekil 6.16. Restorasyon çalışması sırasında modelleme.....	144

Şekil 6.17. Hennebique tarafından patenti alınan beton – arme sistem.....	145
Şekil 6.18. Sainte Geneviève’in ön cephe görünümü.....	147
Şekil 6.19. Sainte Geneviève’in planı.....	149
Şekil 6.20. Sainte Geneviève boy kesit.....	151
Şekil 6.21. St. Geneviève ile ilgili değişiklikler öneren bir projeden kesit.....	152
Şekil 6.22. Dört yapının kubbe strüktürlerinin ölçekli mukayesesi.....	153
Şekil 6.23. Sainte Geneviève aksonometrik görünüm.....	154
Şekil 6.24. Üç cidarlı kubbenin model kesiti.....	154
Şekil 6.25. Sainte Geneviève’in ana kubbe kesiti.....	155
Şekil 6.26. Pencerelerin kapatılmasından evvel Sainte Geneviève.....	157
Şekil 6.27. Sainte Geneviève’in pencereleri kapatıldıktan sonraki görüntüsü....	158
Şekil 6.28. Yanlış duvar örme uygulamasının sonuçları.....	160
Şekil. 6.29. Rondelet’in tonozun yanal itkisi problemi.....	162
Şekil 6.30. St.Genevieve’in içinden kubbe, kasnak ve kemer görüntüsü.....	163
Şekil 6.31. Sainte Geneviève armatürleri.....	164
Şekil 6.32. Ayaklar için önerilen uçan payanda takviyesi.....	165
Şekil 6.33. Kubbenin demir takviyeli taşları.....	166
Şekil 6.34. Kemerlerin itkisinin dış duvarlara etkisi.....	167
Şekil 6.35. Sainte Geneviève’de ayakların duvarlarının iç kısımlarında yapılan incelemenin yerinde hazırlanmış görseli.....	168
Şekil 6.36. Ayaklardaki büyütme.....	169
Şekil 6.37. Restorasyon için önerilen iskele.....	170

Şekil 9.1. Basınç Gerilmesi.....	189
Şekil.9.2. Gevrek ve sünek malzemede kırılma şekilleri.....	191
Şekil 9.3. Elastik ve plastik deformasyon şekilleri.....	191
Şekil 9.4. Geleneksel kubbede çekme – basınç bölgelerinin kesit ve planda gösterimi.....	193
Şekil 9.5. Geleneksel kubbelerde çekme ve basınç bölgesinin planda gösterimi ile çekme bölgesinde oluşan çatlakların planda gösterimi.....	193
Şekil 9.6. Geleneksel kubbede oluşan basınç – çekme gerilmelerinin kubbe kesitinde grafik gösterimi.....	194
Şekil 9.7 Polencau Kirişi.....	195
Şekil 9.8 Stabilite.....	196

1. GİRİŞ

İnsanlığın en temel ihtiyaçlarından biri şüphesiz barınma konusu olmuştur. Yapı yapma teknik ve teknolojileri çok değişmiş olmasına rağmen, o en eski zamanlarda taşıdığı önemi yitirmemiştir. Çünkü yapı üretimi halen temel ihtiyacın karşılanmasına hizmet eder ve geniş kitleleri ilgilendirir. Yapı inşaatının tarihi de insanın izlenebildiği en eski tarihe kadar geri götürülebilir. Elbette, barınma yerleri inşaa etme yöntemleri zaman içinde değişmiştir. İlk etapta ihtiyaç olarak ortaya çıkan üretim alanı, elde edilebilen malzemeler çeşitlendikçe ve bunları kullanmanın yolları keşfedildikçe genişlemiş ve üretim daha çeşitli hale gelmiştir. Bu noktada taş ve demirin özellikle gotik dönemden itibaren yapı üretiminde önemli bir yer tutmaya başladığı söylenebilir. Bu malzeme – ihtiyaç etkileşimi tarih boyunca devam etmiştir. Yapı yapma teknikleri ve malzeme bilgisi geliştirilip biriktirilmiş, bir sonraki nesle aktarılmıştır. Zaman zaman, bu aktarımda kopukluklar yaşansa da, binlerce yıllık bir bilgi birikimi elde edilmiştir.

1.1. Tonoz Malzemeleri ve Yapım Teknikleri

Yapı tarihi incelendiğinde yükün temele iletilmesinin kubbe, tonoz, kemer ve duvar elemanları ile yapılmış olduğu görülür. (Bayraktar 2011: 177) Bu yapı elemanları 19. yy.'a kadar taş, tuğla gibi malzemelerle oluşturulmuşlardır. (Eriç 1994: 173) Tonoz, kemerlerin derinliğinden fazla açıklıkta inşaa edilmesi sonucunda elde edilen bir yapı elemanıdır. (Bayraktar 2011: 177)

Tonoz 1900'lerin başına kadar, yaklaşık 2000 yıl boyunca anıtsal binaların ana yapı elemanları olmuşlardır. (Huearta 2010 : 3) Tonozun teknik özelliklerinin yapı tarihi açısından incelenmesi, farklı mimari stillerin tarihini ve teknik gelişimini de

aydınlatır. Çünkü farklı mimari stiller, tonozların ve bileşenlerinin teknik olarak geliştirilerek farklı formlara bürünmesinden çokça etkilenmiştir. (Huerta.2006 : 25) Dolayısıyla, Ortaçağ'dan 19. yy.'ın sonuna kadar yapı teknolojisinin tarihsel gelişimini izlemek için de, öncelikle üst örtü elemanlarını ve bunların bileşenlerini incelemek gerekir.

Örneğin, yüklerin dengelenmesi amacıyla uçan payanda¹ ve ağırlık kulelerinin uygulanmasıyla geliştirilen teknik çözüm, gotik mimarinin en belirgin özellikleri haline gelmiştir. Yine bu mimari türünde, çapraz tonozlarda sivri kemerlerin kullanılması ile yükler duvarlara değil, noktasal olarak temele aktarılmıştır ve yaşam alanları bu yolla oluşturulmuştur. (Tomasoni 2008 : 25)

Yazılı kaynaklarda, tonoz örme tekniği ile taşıyıcı duvarlarının örülmesi tekniğinin ve hatta bunun için kullanılan malzemelerin aynı olduğu görülmektedir. (Tomasoni 2008 : 48)

15. yy. ve sonrasında yapı mimarisindeki gelişmelere bakılırsa, rönesans ile birlikte, daha önceden unutulmuş olan romanesk yapım tekniklerinin tekrar gündeme gelmeye başladığı görülür. (Yelken tonoz, kubbe, tekne tonoz vs.). Duvar ve tonozlar bir süredir sadece taş ve tuğla ile yapılmaktadır², bağlayıcı olarak alçı³ veya mekanik özellikleri çok yüksek kireçli harçlar kullanılmaktadır. 15 ve 16. yy.'lardaysa, merkezi kubbeli mekan formu yeniden keşfedilmiştir⁴. (Tomasoni 2008 : 26, 27)

¹ Uçan payandalar orta nefin yüklerinin yanlara aktarılması için 12. yy.'dan sonra geliştirildiler. (Tomasoni 2008: 25)

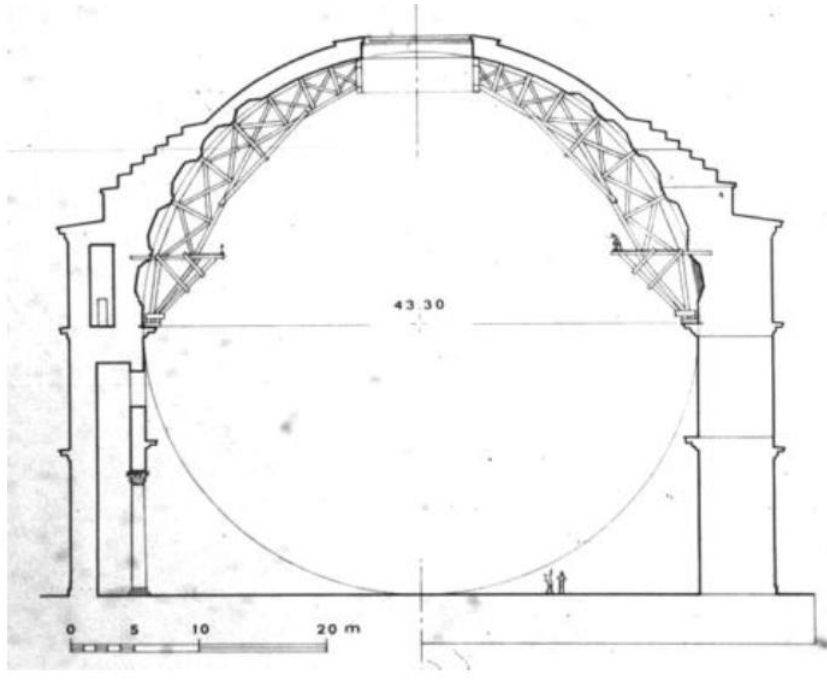
² 11. Yy.'dan itibaren tonozlarda roma çimentosu (opus caementicium) yerine, kesme taş veya tuğla kullanılmaya başlanmıştır.

³ Gesso, malte di calce

⁴ Örneğin Floransa Santa Maria del Fiore Kilisesi (Tomasoni 2008: 26, 27)

Tonozun yapımında ilk adım olarak ahşap iskele oluşturulur. Bu adımı, tonozun iskele üzerine inşası, iskelenin sökülmesi ve iskelenin sökülmesini takip eden tamamlayıcı işler takip eder. (Tomasoni 2008 : 35)

Alan darlığı sebebiyle iskele kurulamadığı hallerde tonozu oluşturan taşların birbiri arasındaki sürtünme kuvvetinden faydalanılır. Tonoz veya kubbenin çok yüksek olması hallerinde ise eski bir Roma tekniğinden faydalanılmıştır. Bu teknikte, payanda üzerine sabitlenmiş manivelaya, veyahut da doğrudan doğruya tonoz veya kubbenin birleşim noktasına asılan iskele kullanılır⁵. 15. yy.'dan itibaren inşası sırasında kendi kendini taşıyan küçük kubbeler daha yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır⁶. (Tomasoni 2008 : 36)



Şekil 1.1 Roma Pantheon'unun iskelesi. ("Corso di Organizzazione del Cantiere 2010 - 2011)

⁵ Roma Pantheon'u bu tür bir iskele yöntemi için bir örnek olarak gösterilebilir. (Tomasoni 2008 : 36)

⁶ Floransa'daki Santa Maria del Fiore Kilisesi'nin kubbesi ve bu bölgedeki diğer küçük kubbeli yapılar bu türde örnek olarak gösterilebilir. (Tomasoni 2008 : 36)

Tonoz yapımında tercih edilen taşlardan biri Malta taşıdır⁷, zira hafiftir. Ancak taş sıralarını dizebilmek için çok düzgün kesilmiş olmaları gereklidir. Ayrıca pahalı bir uygulamadır. Bir diğer hafif ve tercih edilir malzeme ise tuğladır. Aynı zamanda ekonomik ve dayanıklıdır. (Tomasoni 2008 : 49 - 50)

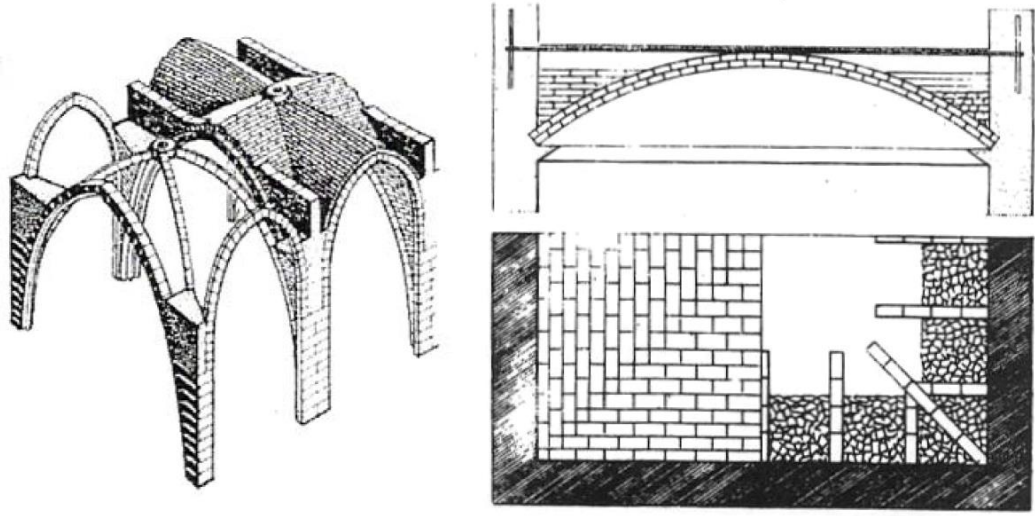
Tonoz inşaatındaki en önemli aşama kilit sırasının yerleştirilmesidir. Doğru bir şekilde yapılırsa, ahşap iskele söküldükten sonra meydana gelecek oturma minimum olur. Bu oturma, tuğla sıraları arasındaki harcın sıkışmasından kaynaklanır. Kilit sırası, boyut olarak, diğer sıralardan kalan boşluktan daha büyük olmalıdır. İnce bir sıva tabakası sürüldükten sonra bir tokmak yardımıyla kilit taşı yerleştirilir. Yerleştirmeden sonra, yükü duvarlara taşıyan ayrı bir iskele yardımıyla tonozun yüzeyine alçı - kum veya kireç harcı ile sıva yapılır. Eğer alçılı harç kullanıldıysa, iskelenin raptiyeleri biraz gevşetilerek alçının normal şekilde kurummasına müsaade edilir. (Tomasoni 2008 : 56)

Kimi zaman ahşap iskelenin sökülmesi için 4-6 hafta beklenirdi. Ancak bu durum bazen tehlikeli olabiliyordu, çünkü harç kurduğunda iskelenin sökülmesi birdenbire oturmalara, çatlaklar oluşmasına, hatta çökmelere sebebiyet verebiliyordu. Bu sebeple, iskelenin biraz gevşetilerek sıraların yerlerine oturmaları ve kademe kademe tonozun ağırlığını yüklenmesinin sağlanması tavsiye edilen yöntemdi. İskele, kademe kademe sökülürdü. (Tomasoni 2008 : 59)

Tonozun üzerine bir yatay tabaka yapılması için şantiyede bulunan moloz, taş ve tuğla kırıkları kullanılırdı. Amaç düşey ağırlığı artırıp, burkulmaya karşı yapıyı korumaktı. Ancak bu malzemeler tonoz örtüsüne de ağırlık verdiği için 15. yy.'ın ortalarından itibaren bu dolgu yapımı için daha hafif malzemelerin kullanılmasına

⁷ Freestone

yönelik tavsiyeler verilmeye başlanmıştır. 19. yy.'da Rondelet'in⁸ önerisi, tonozun ayakları üzerine tuğla ayaklar çıkmak olmuştur. Böylece çatı galerisi boşluğu oluşturulduğu haller bile olur. Hem yeterince hafif, hem de burkulmayı önleyici rijit yapı elde edilir. (Tomasoni 2008 : 62 - 63)

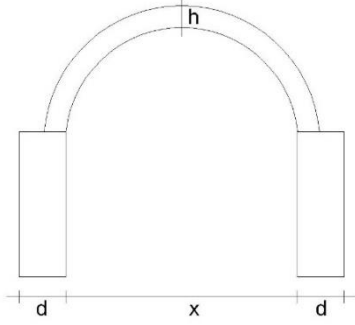


Şekil 1.2 Tonozun ayakları üzerine çıkılan tuğla sırası. (Tomasoni 2008 : 346)

Rönesans, gotik ve barok dönemlerin ayak tasarım kuralları birbirinden farklı olmuştur. (Huearta 2010 : 3) Bu kurallar ortaçağ taş ustalarının geleneklerini içeren Rönesans ve barok dönemi taş kesim rehberlerinde görülebilmektedir. (Huearta 2010 : 4)

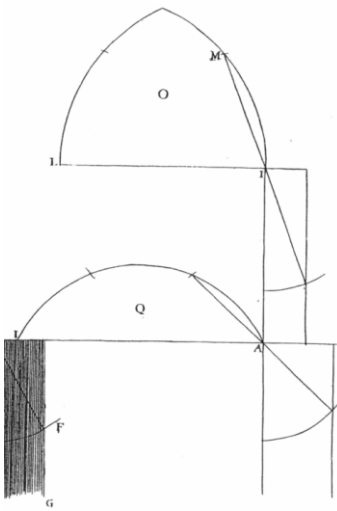
⁸ Jean Baptiste Rondelet. Fransız mimarlık teorisyeni. d.1743 – ö.1829.

Geleneksel teoriye göre, belli bir formdaki kemerin inşasında kemerin kalınlığı (h), kemer açıklığına (x) oranla belirleniyordu. Aynı şekilde ayağın kalınlığı (d) da kemer açıklığına göre belirleniyordu. Gotik yapılarda bu oran (d / x) 1 / 4 iken, Rönesans yapılarında 1 / 3 ve 1 / 2 olarak farklılık gösterdi. (Huerta 2006 : 26)



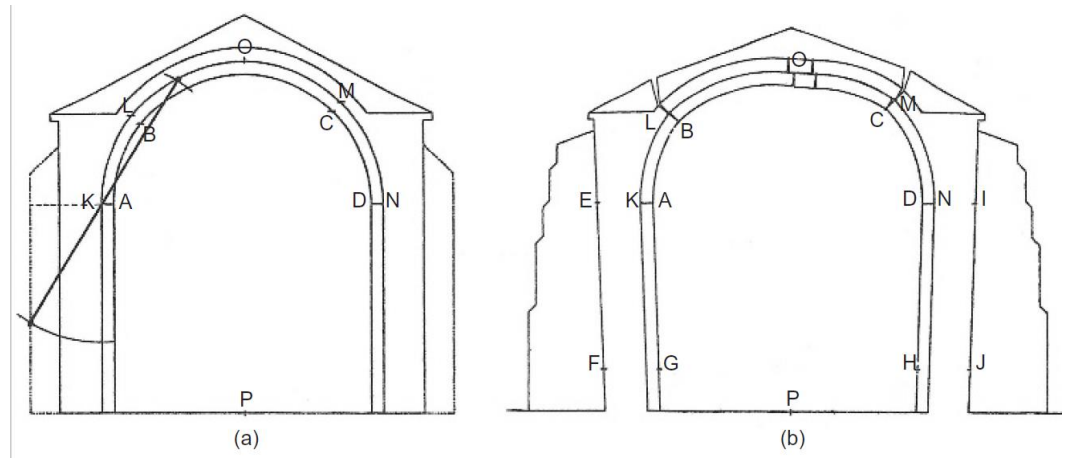
Şekil 1.3 Kemer boyutlandırması h: Kemer kalınlığı, x: kemer açıklığı, d: payanda kalınlığı

Gotik dönem için geleneksel payanda kalınlığı belirleme yöntemlerinden biri şekil 5. üzerinde görülebilmektedir. Bu yöntemle göre, payanda kalınlığını belirlemek için iç kemer 3 parçaya bölünür. Noktalardan birinden üzengi noktasına bir doğru çizilir. Çizilen doğru uzunluğu kadar aynı doğrultuda uzatılan çizginin bittiği nokta payanda kalınlığını vermektedir. (Huerta 2006 : 27)



Şekil 1.4. Geleneksel payanda kalınlığı belirleme yöntemi (Huerta 2006 : 28)

İtalyan rönesans kurallarına göre ise, payanda kalınlığı kemer açıklığının $1/3$ 'ü olmalıdır. Gotik kuralındaki $1/4$ oranıyla Rönesans kuralının $1/3$ oranı arasındaki bu farklılık uygulamada bir takım sıkıntılar yaratmıştır. Çünkü taş ustaları gotik geleneklerine göre eğitilmişlerdi. Örneğin, nefi beşik tonoz ile yapılan bir kilisede⁹ baş mimar¹⁰ bu modern nefe gotik kuralını (Şekil 1.5.a.) uyguladığı için Şekil 1.5.b.'de görülen sonuç doğmuştur. Hasar gören tonoz 1700'lerde iskele sistemi ve ek payandalarla konsolide edilmiştir. (Huearta 2010 : 5)



Şekil 1.5. a ve b Guimarei Kilisesi Tonozu Şekil 1.5.a. Yanlıştır kural uygulaması

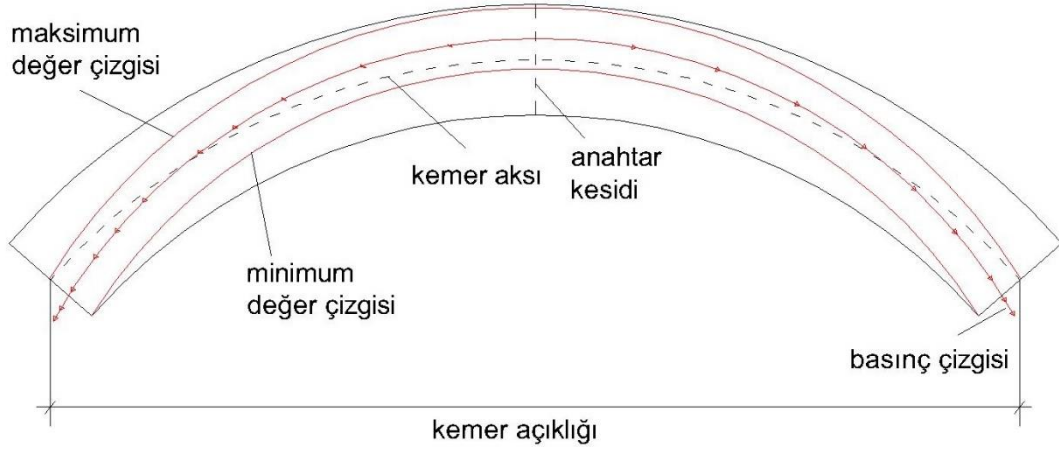
Şekil 1.5.b. Hasar (Huearta 2010 : 7)

Taş kemerde denge hallerinin ifade edilebilmesi bir varsayımsal çizgiyle mümkün kılınmıştır. Bu çizgi “basınç çizgisi” olarak adlandırılır. Basınç çizgisi, taşların üzerine etkiyen, taşların birbirleri arasındaki itmeden ve taşların kendi ağırlıklarından kaynaklanan kuvvet vektörlerinin kesit içinde izlediği yol üzerine çizilen çizgi ile görsel olarak ifade edilir. Bu çizginin izlediği yol taşlarla sınırlı alanda kaldığı takdirde kemer sistemi çökmez (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 11)

⁹Guimarei Kilisesi, İspanya (Huearta 2010 : 7)

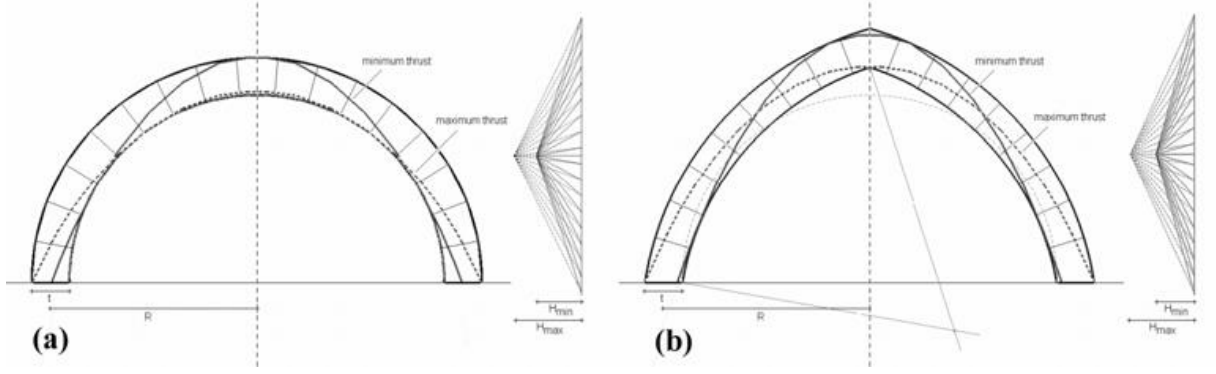
¹⁰ Master builder

Kemerde birimlerin ağırlıkları üzengi noktasına doğru artar. Ancak yanal itki kuvveti, her iki yönde dengenin sağlanabilmesi için aynı kalmak durumundadır. Zaten “basınç çizgisi”, bu iki kuvvetin bileşkesinin her bir birleşim noktasına uygulanmasıyla oluşturulan çizgi olarak da tariflenebilir. (Huerta 2006: 33)

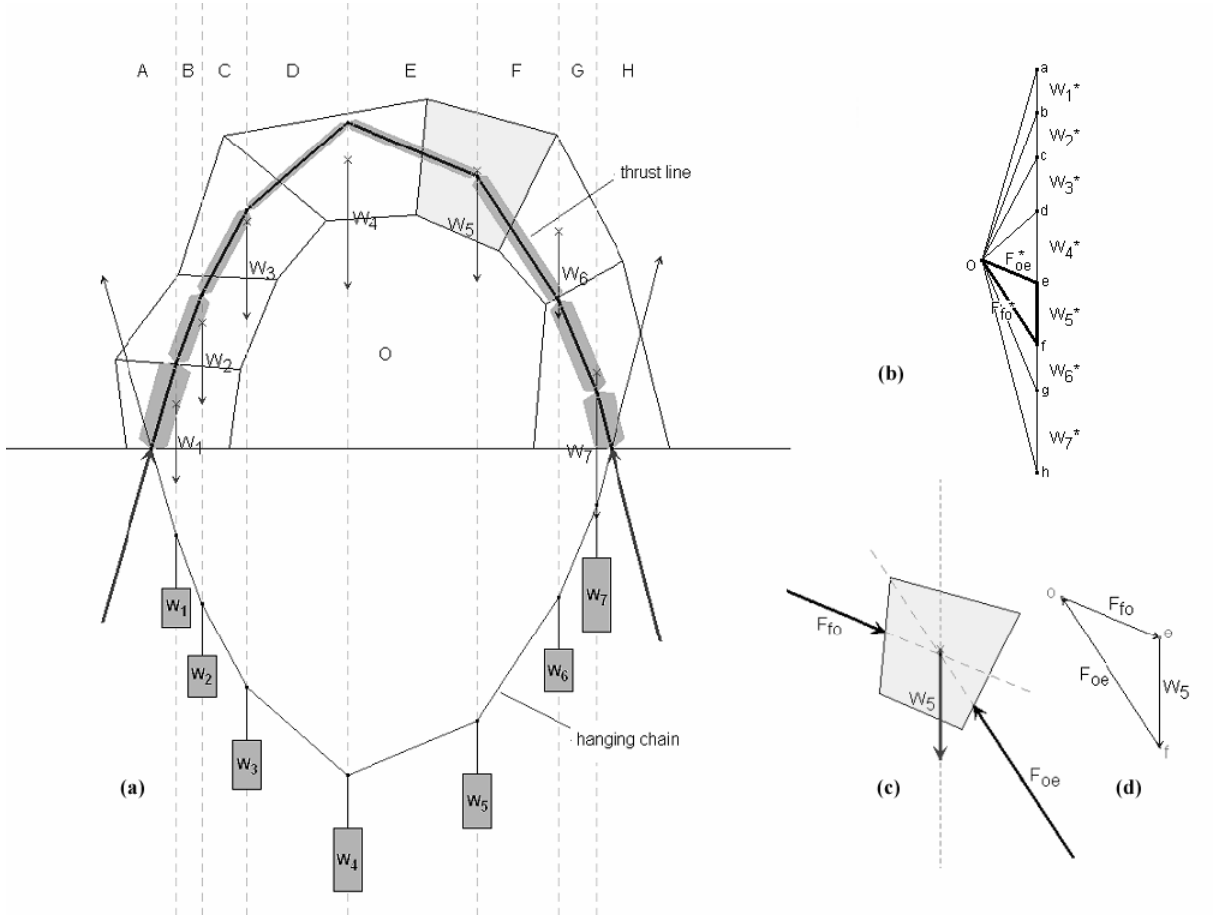


Şekil 1.6. Kemerde basınç çizgisi (Bayraktar 2011: 181)

Taş kemerlerde, bu varsayımsal çizgiyi gerçekleyen sonsuz sayıda durum vardır. Bu çizgilerin her biri, maksimum ve minimum değer arasında değişir. Minimum değer bu kemer sisteminin elemanlarının birbirlerine veya ayaklarına uygulayarak dengede kalabildikleri minimum yanal itkiyi ifade eder. Maksimum değer ise bu kemer sisteminin üretebildiği maksimum yanal itkidir. Bunun üzerinde bir değerde gerçekleşecek itki halinde ya elemanların ezilme dayanımı aşılmış olacaktır, veya - ve daha olası şekilde - payanda, ayak gibi taşıyıcı komşu birimlerin dengesi bozulacaktır. (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 13 - 14)



Şekil 1.7. Aynı kalınlık / açıklık oranına sahip dairesel kemer ile sivri kemerin maksimum ve minimum yanal itki hallerinin gösterimi (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 13)



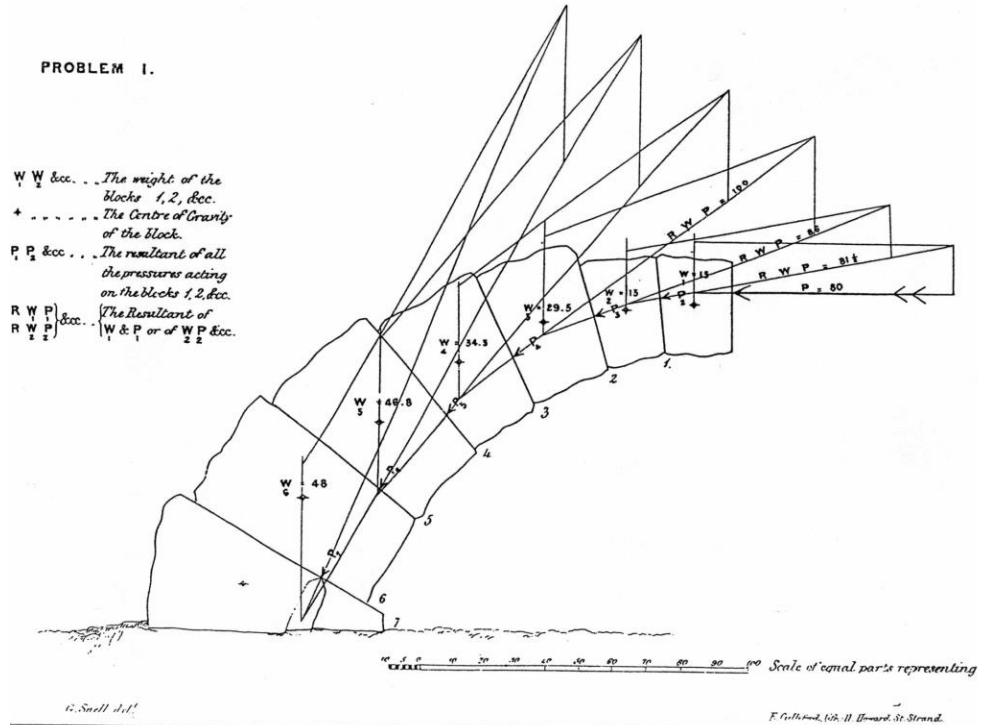
Şekil 1.8. – Basınç çizgisi ve serbest metal sicim (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 13)

Şekil 1.8.'de kemerin olası basınç çizgilerinden birisi görülmektedir (a). Bu çizgiler, iki ucundan mesnetlenmiş, kendi ağırlığı ile serbest bir şekilde bir ters kemer oluşturacak şekilde duran metal sicimin şeklindedir. Şekil 1.8.(c)'de 5 numaralı blok

üzerine etkiyen kuvvetler, Şekil 1.8.(d) de de bu kuvvetlerin dengesi izlenebilir.

Şekil 1.8. (b)'de, her bir bloğa etkiyen tüm kuvvetler bileşke olarak görülür. (Block,

DeJong, Ochsendorf 2006 : 13)



Şekil 1.9. Yarım kemer üzerinde gösterilen basınç çizgisi oluşturulması örneği. Kemer oluşturulan blokların ağırlıkları (W) ile her bir bloğa etkiyen yanal kuvvetin (P) bileşkesi (RWP) ile basınç çizgisinin geçtiği hat belirlenir. (Huerta 2006: 33)

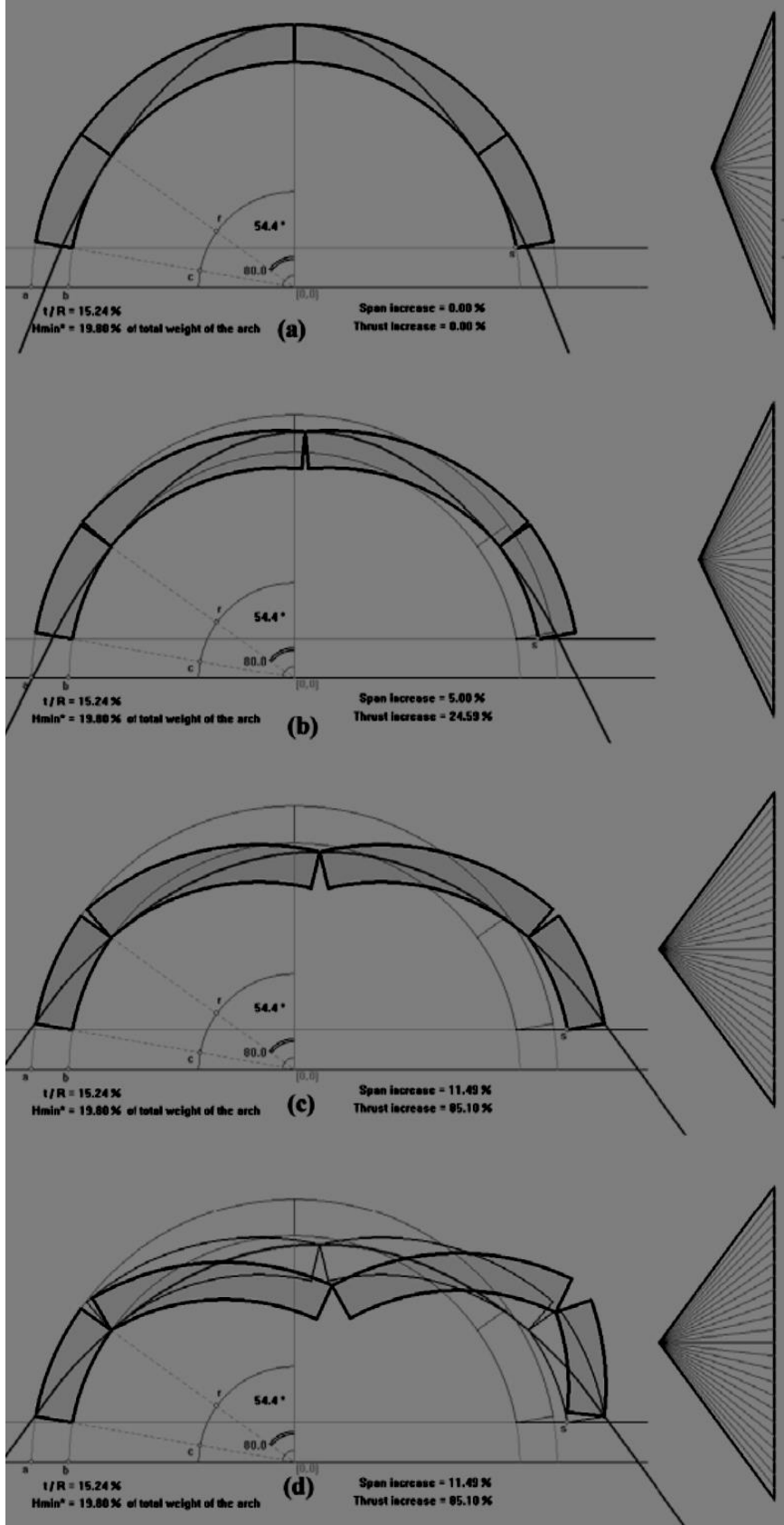
Şekil 1.9.'daki yarım kemer bir dış yatay kuvvetle dengelenmiştir. Yatay kuvvetin miktarı değiştirilerek çok çeşitli kemer formları elde edilebileceği gibi, uygulama noktası da değiştirilerek çok farklı basınç çizgileri elde edilebilir. Bu yarım kemerin karşısına ters çevrilmiş koyulduğunda, iki yarım kemerin yanal itkileri birbirini karşılar ve dengeye gelir. Kemerler sonsuz sayıda iç basınç halinde dengede olabilirler. Bir başka deyişle, kemerler hiperstatik sistemlerdir. (Huerta 2006 : 34)

Sayırsız basınç çizgisine sahip olabilmesi için bir kemerin kalınlığının bu koşulları sağlayacak kalınlıkta olması gerekir. Kemer kalınlığı belli bir değere indirildiği andaysa içinden tek bir basınç çizgisi geçer. Kemerin bu minimum

kalınlığına limit kalınlık, bu kalınlıktaki kemere de limit kemer denir. Kemer çizgisinin kemerin iç ve dış yüzeylerine dokunduğu noktalarda mafsallar oluşur. Kemer matematik olarak dengededir. Ayrıca, söz konusu limit kalınlık, açıklığa oranlanabilir. Hatta basık kemerde bu oran 1 / 18'dir. (Huerta 2006 : 37-38)

Analizlere göre, yapı kararsız hale gelmeden önce çok büyük deplasmanların olması mümkündür. Şu halde, büyük çatlaklar mutlaka yapının derhal çöküşüne sebep olacaktır denilemez. Tam tersi, deplasmanlara izin verebilmesi için, yapının çatlaklar oluşturması elzemdir. Basınç çizgisi ile oluşacak mafsallar arasında doğrudan bir ilişki vardır. Basınç çizgisinin kemerin alt ve üst sınırlarına değdiği noktalar olası mafsal noktalarıdır. Yapıda çatlaklar oluştuğu andan itibaren basınç çizgisinin geçeceği yolu mafsallar belirlemeye başlar. Üç adet mafsal, statik olarak dengeli ve denge çözümü kendine özgü olacak şekilde, yapıda kararlılık hali oluşturur. Kuvvet vektörleri boşlukta oluşamayacağı için de, basınç çizgisi mafsal noktalarından geçmeye zorlanacaktır. (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 14)

Basınç çizgisi için artık elemanların sınırları içerisinde geçirilebilecek bir yol kalmadığında, limit deplasmana ulaşılmış olunur. Mafsal sayısı bu halde üçün üzerine çıkacaktır – demek olur ki, basınç çizgisi elemanların sınırına en az dört noktada değişir - , bu da çökmenin gerçekleşmesi anlamına gelir. Şekil 1.10.'da, dengeli halden (a minimum itki ve b orta itki) çökme haline geçene kadar kuvvet poligonunun "O" noktası ile yük çizgisi arasındaki mesafenin giderek arttığı görülmektedir. (c) şeklinde oluşan yatay itme vektörü, artık bu sistemin karşılayamadığı limit değeri gösterir. (d) şekli çökme mekanizmasının anlık resmini ifade eder. (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 15-16)



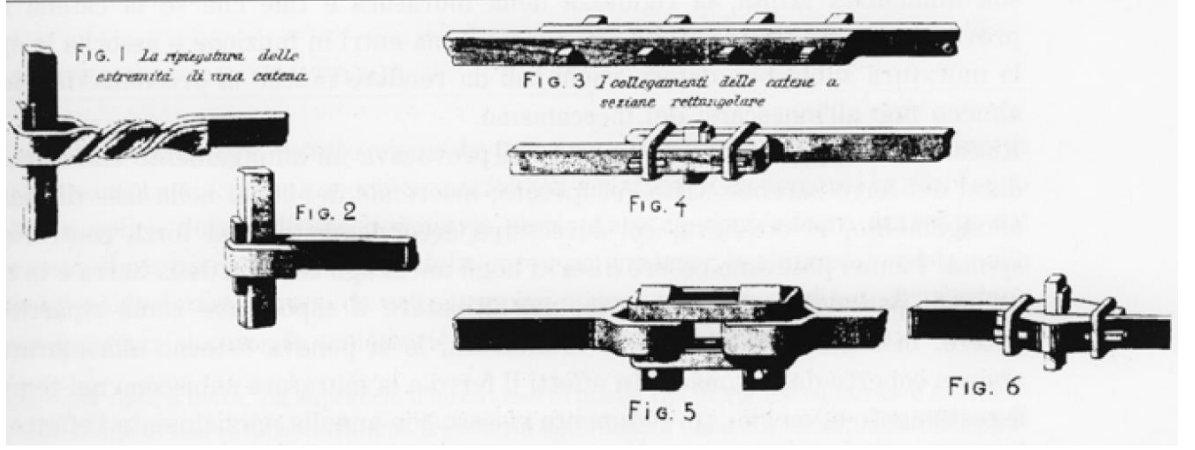
Şekil 1.10. Kalınlık / açıklık oranı % 15 olan bir kemerin çökme mekanizmasının görselleştirilmiş hali. (Block, DeJong, Ochsendorf 2006 : 16)

1.2. Tonoz Yapımının Metal Kullanımı ile Geliştirilmesi

13. - 14. yy.'lardan itibaren tonozlar yapım aşamasından itibaren yanal itkileri karşılayacak olan metal veya ahşaptan "gergi" adı verilen elemanlarla inşa edilmeye başlandılar. 15. yy.'dan itibaren bu gergilerin kullanımı yaygın hale geldi. Duvarların çok ince olması halinde ahşap yerine metal gergi tercih ediliyordu. (Tomasoni, 2008 : 63, 64)

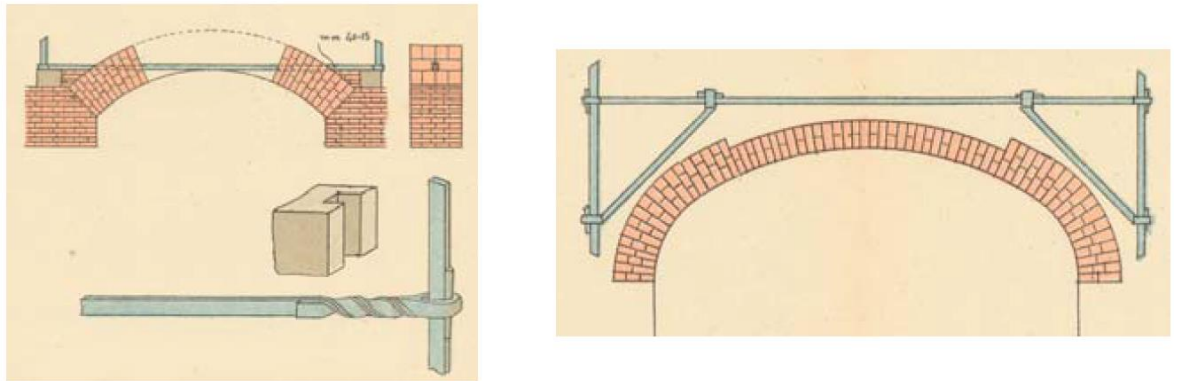
16. ve 17. yy.larda da, yanal gerilmelerin karşılanması için üst örtülerin yatay bölümlerine taş, demir ve hatta ahşap kasnaklar ekleme uygulaması devam etmiştir. Bu dönemde mimarlar malzemeyi elastik değil rijit olarak tasavvur eder ve malzemenin kendi ağırlığını önemserlerdi. Bu sebeple, aşağı duvarlara binen yük yalnızca basınç yükü olarak düşünülürdü. Yanal gerilmelerin hesaplamaları, kubbenin yüklerinin alttaki kare yapıya aktarılmasını sağlayan pandantif ve özel üçgenlerin davranışları genelde ihmal edilmekteydi. Dolayısıyla, yanal gerilmeler için alınan önlemler, hala geleneksel uygulamadan kopya edilmeye devam ediliyordu. (Fusco, Villanni, 2003 : 580, 581)

Yanal itkileri karşılayabilmesi için tasarlanan metal gergiler yapıya öngerilmeli olarak yerleştiriliyorlardı. Bunun için metal çubuk ısıtılıyor, kanca gözleri oluşturuluyor ve soğutulduktan sonra uygulama yapılıyordu. Zaman içinde çubukta gerilme gözlemlendiği oluyordu. Bunun için çubuk tonozun üst kısmına gelecek şekilde yerleştirilirdi, veya - estetik sebeplerle gizlenmiş ise de- çubuğa özel noktalardan müdahale edilebiliyordu. Daha sonra bu müdahale görmüş yerler alçı ile kapatılırdı. (Tomasoni 2008 : 65)

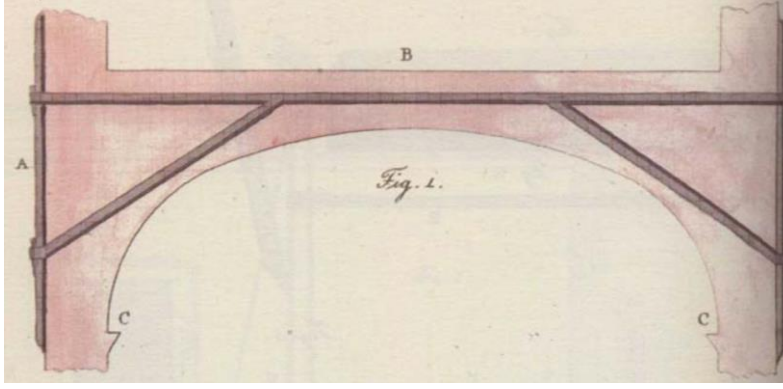


Şekil 1.11. Gergi çubuğu birleşim detayları. Fig.1 - 2: Gergi çubuğunun uç birleşim detayları, Fig. -3: dikdörtgen kesitte çubuğun birleşim detayı, Fig. 4 – 5-6 gergi çubuklarının ek detayları. (Tomasoni 2008 : 65)

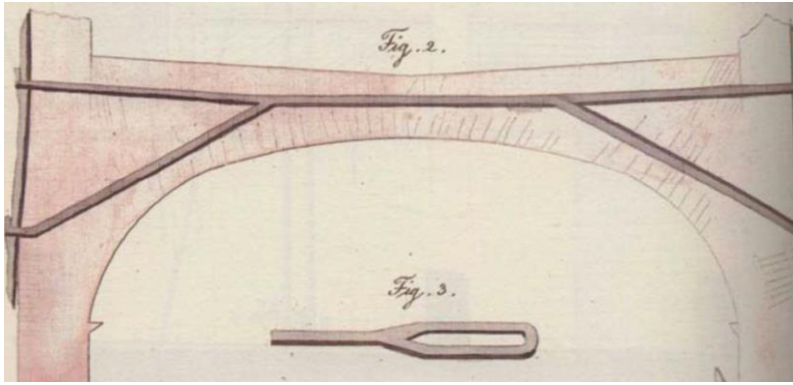
“Ölü gergi” veya “dış gergi” olarak adlandırılan modelde ise çubuk kavsaradan görülmüyordu. Ancak bu tip gergi gizlenen gergiye oranla daha az etkiliydi. Çünkü gizlenmesi için yerleştirildiği nokta yan itkileri karşılamak için yerleştirilmesi gereken noktanın biraz daha üzerine denk geliyordu. Bu durumda başvurulan bir yetkinleştirme yöntemi verevine çubuklar yerleştirmektir. Bunlar yatay gergi çubuğunun $1/3$ 'ü boyutundaydılar ve tonozun üst hizasına kadar çıkarlardı. Bu şekildeki askılı sistem basit ölü gergi sistemine oranla daha etkiliydiyse de, bir takım sıkıntıları da beraberinde getirdi. (Tomasoni 2008 : 66)



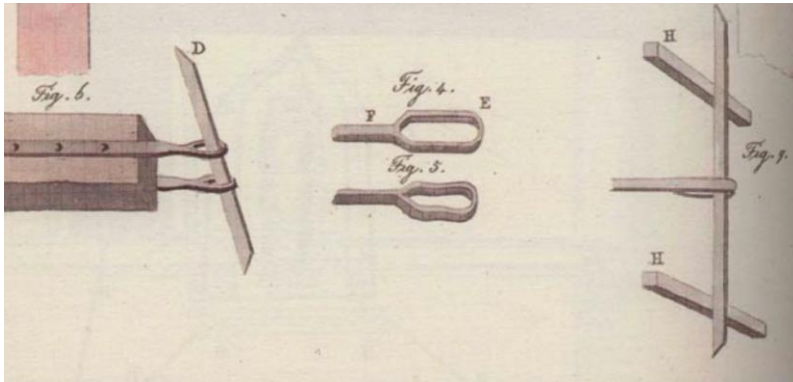
Şekil 1.12 a. Ölü gergi, 1.12.b Ölü gerginin verev güçlendirmeleri (Tomasoni 2008 : 66)



Şekil 1.13



Şekil 1.14



Şekil 1.15

Şekil 1.13. – 1.14 – 1.15. Ölü gergi ve detayları. (Tomasoni 2008 : 67)

1.2.1. Metal Kullanımında Deprem Etkisi

Demir takviyeler, deprem etkisini azaltıcı bir önlem olarak görülmüş ve kullanılmıştır.

Pirro Ligorio¹¹, 1570 depreminden sonra Ferrera bölgesinde yaptığı incelemeler neticesinde, binaların duvarlarının çok ince olduğu, demir takviyesinin eksik olduğu ve kalitesiz harç kullanıldığı eleştirilerini yapmıştır. Zanaat loncalarını eğitilmiş bir mimar eşliğinde çalışmadığı, planın ve uygulamanın kötü olduğunu söyler. Çözüm önerileri arasında duvarların bir arada tutulması gereken noktalarda demir bağlar kullanılması da vardır. Ağır dış duvarların sallanıp birbirine çarpmalarını engellemek için normalden daha ağır bölme duvarlarla bu duvarların stabilize edilmesini önerir. Uniform duvar kalınlığının deprem sırasında binanın bir bütün olarak hareket ettiğini ve tekdüze zemin planlarının karmaşık olanlara göre depremlerde sallanmaya daha dayanıklı olduğunu belirtir. Ligorio'nun bu izlenimleri ve önerileri günümüz sismik dayanımlı tasarım yaklaşımıyla da örtüşmektedir. (Tobriner 2003 : 1980)

Bir başka örnekte Gagliard¹², S. Maria la Rotonda kilisesinin duvarlarını 1730'da demir çubuklarla güçlendirerek inşaa etmiştir. (Tobriner 2003 : 1981)

¹¹ Manierist Mimar

¹² Rosario Gagliard. 18. yy.'da Noto bölgesinin ünlü mimarlarından. d.1698 – ö.1762

1.2.2. Demirin 19. yy.'da geleneksel yapılarda kullanımı

Francesco de Cesare “la scienza dell’architettura”¹³ adlı kitabında demirin yapılarda kullanımıyla ilgili mimarlık dünyasındaki ortak bir ön yargı olan demirin ısısal genişmesinin olumsuz algılanmasından bahseder. Ancak bu, demirin kullanıldığı duvar malzemesinin içine gömülü olması sebebiyle ısısal değişimlerden çok fazla etkilenmeyeceğinin kolaylıkla görülebildiği ikincil bir ön yargıdır. Demirle ilgili mimarlık dünyasında düşünülen esas olumsuzluk demirin statik güçlendirici olarak kullanıldığı durumlarda oksidasyona uğramasıdır. Bu oksidasyonun sebebi olarak da atmosferik koşullardan çok kireç ve benzeri asidik maddelerle teması olarak bilinmektedir. Bu durumun önlenmesi içinse vernikleme veya kurşun levhayla kaplama yoluna gidilebilmektedir. Demir çubukların oksidasyonu, içine yerleştirildikleri duvarlarda önce çatlamalara, sonra da noktasal kırılmalara sebebiyet vermektedir. De Cesare, demir çubukların antik yapı konsolidasyonunda kullanılabileceğinden, ancak bu yapılırken rutin kontroller yapılması gerektiğinden bahseder. (Raia 2007 : 55 - 56)

Demirin yapı duvarları içinde güçlendirici olarak kullanılması konusunda görüş belirtenlerden biri de Rondelet’tir. “Trait theorique et pratique de l’art de batir”¹⁴ adlı kitabında, duvarların çatı yükünün ve döşeme yüklerinin yanal itkilerini karşılar şekilde tasarlanması gerektiğinden bahseder. Ancak şehirlerde artık hareket halindeki vasıtaların yarattığı titreşimler duvarların dışarı doğru itilme tehlikesi yaratmaktadır ve bunun için önlemler alınmaya başlanmıştır. Bunun için düzleştirilmiş veya kare

¹³ Mimarlığın Bilimi, 1851

¹⁴ Yapı sanatının teoriği ve pratiği üzerine

kesitli demir çubukların yatay olarak duvar içine aplikasyonu artmakta olan bir uygulamadır. Uçlarındaki ankrajlarla duvarlarla beraber çalışmaları sağlanır. (Rondelet 1834a: 77)

Önemli yapılar söz konusu olduğunda bu çubuklar duvar boyunca kullanılabilir. Onun haricinde her kat için, dış duvarlarla bölme duvarların kesişim noktasında veya bu duvarların başlangıçlarında 2 – 2,5 mt¹⁵ uzunluğunda olacak şekilde kullanılırlar. Çubukların uçları ankrajlarla duvar içlerine sabitlenmektedir. Ankrajlar “S” veya “Y” şekilli olarak duvarların dışında görünür olarak bırakılırlardı. Ancak estetik kaygılarla, düz yapıpılıp duvarın içinde 5- 8 cm¹⁶ bükülüp gözden kaybedilmesi de uygulanan yöntemler arasındadır. Eğer duvar taş dolguysa, ankrajın girebileceği bir yuva oyulur ve bu yuva eritilmiş alçıyla doldurulur. Eğer duvar kesme taştan yapılmışsa, üst sıraya ankrajı alacak bir yer hazırlanır. Zira alt sıra zaten demire yer açmak için zaten yuva açılmış şekle getirilmiştir. (Rondelet 1834a: 77 - 78)

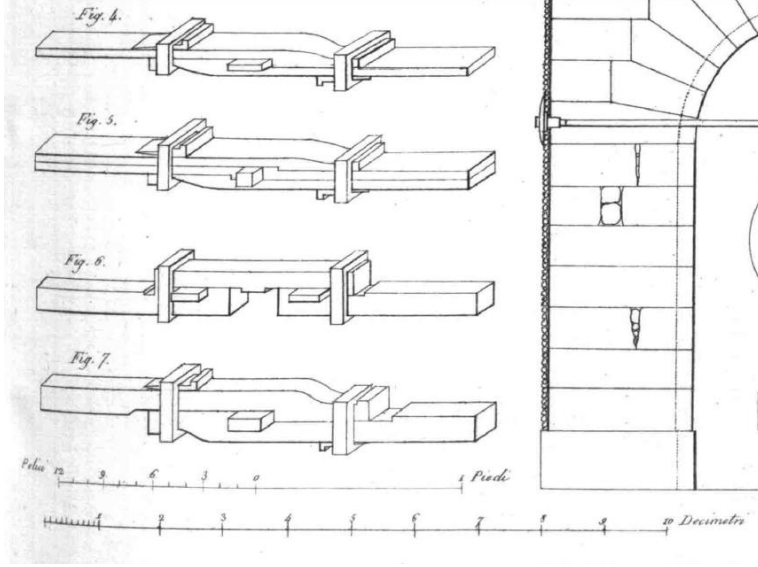
Kirişlerde de, kirişin altından veya üstünden geçecek, firkete biçimli, yaklaşık 1,20 mt uzunluğunda, 5 cm.’den fazla genişlikte ve yaklaşık 2 cm¹⁷ kalınlıkta ve uçlarında bir göz olan demir levhalar geçirilmektedir. Bu gözlerden birer ankraj geçer ve bu kirişin üzerinde uzandığı duvarın içine eğdirilir. (Rondelet 1834a: 78)

Sainte Geneviève kilisesinin zincirlerinin birleşim yerlerinde bu bahsi geçen gözlü sistem kullanılmıştır zira bu sistem ağır yüklerde kullanılmak üzere daha uygundur. (Rondelet 1834a: 79)

¹⁵ 7 veya 8 ayak. 1 ayak = 30, 48 cm.

¹⁶ 2-3 inch. 1 inç = 2,54 cm.

¹⁷ 6 linee. 1 linee = 3,15 mm, yaklaşık



Şekil 1.16. Figür 4, 4, 6, 7'deki birleşim detayları Sainte Geneviève'de kullanılan detaylardır. (Rondelet 1834a: 79)

1.3. Bilimsel Gelişmelerin Tonoz Yapım Tekniğine Etkileri

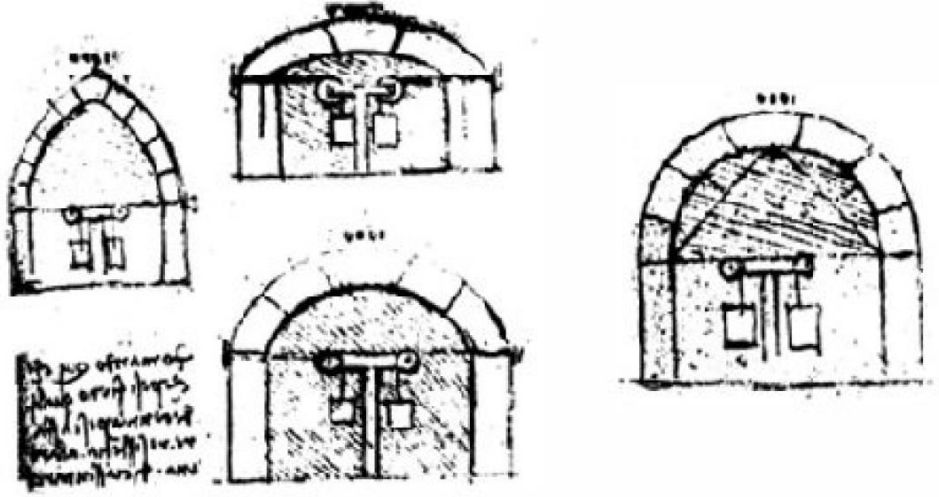
17. yy.'a gelindiğinde, bilimdeki bir takım gelişmelerin yapı inşaası alanına etki etmeye başladığı görülür. Bu yüzyılın yapı bilimini etkileyen önemli keşifleri arasında atalet momentinin tanımlanması, maddelerin elastisitesinin fark edilmesi sayılabilir. Ancak, tüm bu sonuçlara varılmasını sağlayan ilk sorunun sahibi, Galilei'dir¹⁸. Çünkü Galileo, strüktür problemlerine ilk bilimsel yaklaşan kişidir. (Huerta 2006 : 29)

Kirişin dayanımı sorusuna cevap arayan Galileo, kesit alanı aynı kalan fakat uzunluğu artan bir kirişte, kirişin kendi ağırlığından kaynaklı yükün kirişin uzunluğunun kübü ile orantılı olarak arttığını, fakat dayanımınınınsa kirişin boyutlarının karesi ile orantılı olarak arttığını ifade eder. Dolayısıyla aynı malzeme aynı kesitte uzadıkça dayanımı azalır. Dayanımın orantılı kalması için kesidin de artması gerekir. Buradan da geometrik orantıyla çok büyük yapılar elde edilemeyeceğini ifade eder.

¹⁸Galileo Galilei. İtalyan fizikçi, filozof, gökbilimci ve matematikçi. d.1564 – ö.1642

(Huerta 2006 : 30 - 31) Bu nedenle Galileo, mimari ve mekanikteki geleneksel orantılı dizayn yaklaşımına karşıdır. (Huerta 2006 : 32)

17. yy.'dan evvel özel olarak kemerlerin strüktürü ile ilgili sonuçları doğru çıkan ilk çalışmaları yapan isim ise Leonardo'dur¹⁹. Kemerlerde basınç çizgisi olarak adlandırılan varsayımsal çizgiye benzer bir yapıdan bahsetmiştir. Ayrıca, farklı şekillerdeki kemerlerde meydana gelen yanal kuvvetlerle ilgili deneyler yapmıştır. (Tomasoni 2008 : 95, 96, 97)



Şekil 1.17. Leonardo'nun kemerlerdeki yanal itki üzerine deneyleri (Tomasoni 2008 : 97)

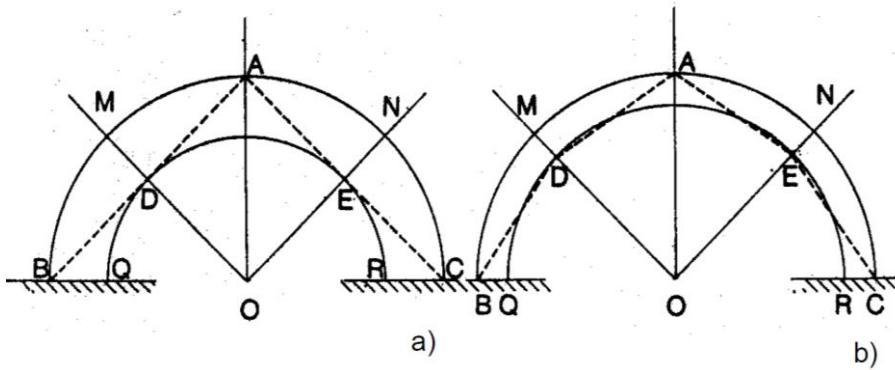
C.A. Couplet²⁰ de, kemerlerle ilgili çalışmalar yapmıştır. Couplet'e göre, kemeri oluşturan sıralar arasındaki sürtünme kaymaya karşı bir dirençtir²¹ ve kemerde çökme

¹⁹Leonardo da Vinci. İtalyan ressam, mühendis ve bilim adamı. d.1452 – ö.1519

²⁰d.1642 – ö.1722

²¹ Couplet'in ilk varsayımına göre, kemerleri ve tonozları oluşturmak üzere bir araya gelen yüzeylerin üzerleri pürüzlü, girintili – çıkıntılıdır. Bu girinti – çıkıntılar iki yüzey yan yana gelince birbiri üzerine oturur, kenetlenir. Böylelikle, sürtünmeden kaynaklı bir adhezyon meydana gelir. Böylelikle kemerlerin veya tonozların parçaları birbirleri üzerinden kayamaz hale gelirler. (Poleni 1747 : 34). İkinci bir halde kemeri meydana getiren parçaların yüzeyleri pürüzsüz ve parçalar birbirleri üzerinden kolalıyla kayabilecek durumdadırlar. Şu halde, bu yüzeyler sürtünme etkilerinden bağımsız olarak düşünülebilir. (Poleni 1747 : 35)

ancak mafsal noktasında her iki parçada gerçekleşecek karşılıklı bir dönme hareketi sonucu temassızlık halinin meydana gelmesiyle gerçekleşecektir. Couplet de, - Leonardo gibi – bir dairesel kemerde, basınç çizgisi eğer kemer kalınlığı içinden geçiyorsa bu kemer dengededir der. Denge şartının gerçekleşmemesi halinde, kemeri dört parçadan oluşmuş bir yapı olarak tanımlamış ve çökmenin ancak DAE açısının artması veya AEC ve ADB açılarının azalması ile mümkün olacağını ileri sürmüştür. (1.18.a. ve 1.18.b.) (Tomasoni 2008 : 99- 100)

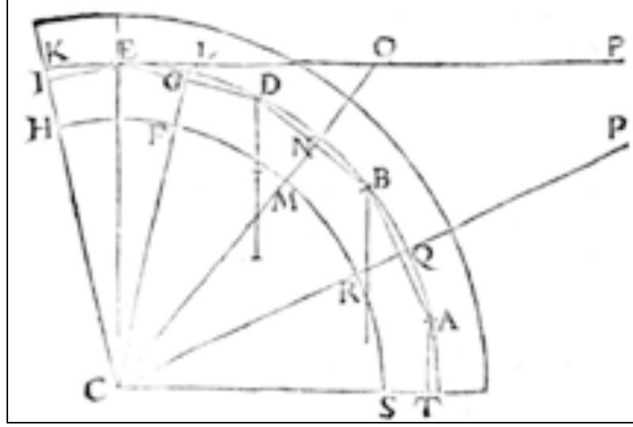


Şekil 1.18.a. Couplet'in denge halindeki basınç çizgisi. 1.18.b. Çökme anındaki basınç çizgisi (Tomasoni 2008 : 100)

Kemerlerin mekaniği ile ilgili statik yöntemle ilk çalışmalar la Hire²² tarafından yapılmıştır. La Hire'in kemerin basınç çizgisi incelemesinde bir takım kabulleri vardır. Kemer daireseldir, bloklar arasında sürtünme yoktur, A, B, D, E (Şekil 1.19) blokların ağırlık merkezlerini ifade eder, blokların boyutları birbirine eşittir. La Hire, KEL bloğundan başlar ve bloklar arasında sürtünme olmadığı için EI ve EG tepki kuvvetlerinin blok kenarlarına dik etkiğini kabul eder. E'ye etkiyen ağırlık kuvveti ile EG tepki kuvveti orantılıdır. LDN bloğunda da GD tepki kuvveti EG ile dengededir. GE, ND, ve LO da bloğun ağırlığıyla orantılıdır. La Hire, geometinin kurallarını

²²Philippe de la Hire. Fransız gökbilimci ve matematikçi d.1640 – ö.1718.

uygulayarak IGNQT basınç çizgisini belirlemiştir. KLOP doğrusu ise kuvvetler poligonunu²³ ifade eder. (Cecchi 2012 : 5)

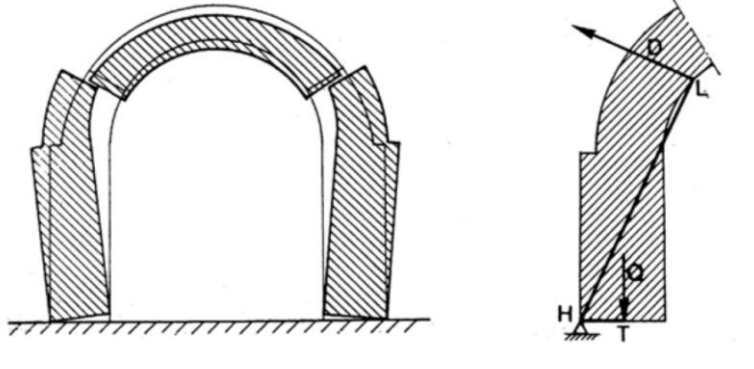


Şekil 1.19. La Hire'in kemer mekaniği (Cecchi 2012 : 5)

La Hire, kemerlerin çökme mekanizması için de üç durumdan bahseder:

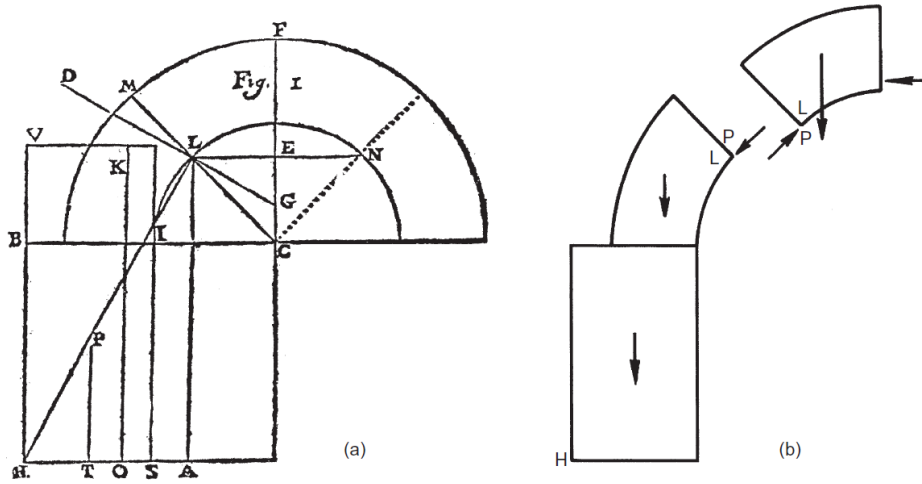
1. Kemerde çatlakların oluştuğu nokta, üzengi taşı ile kilit taşı arasında 45 derecelik açı olduğu noktadır.
2. Oluşan çatlaklar arasında kalan taş sıraları bütün birer blok olarak davranırlar. Temeller hasara uğramazlar
3. İtme kuvveti, kırılma noktasının alt ucunda gerçekleşecektir. (Tomasoni 2008 : 98 - 99)

²³ 90 derece döndürülmüş şekliyle



Şekil 1.20. La Hire'in çökme mekanizması (Tomasoni 2008 : 99)

Statik hesaplamalarla payanda tasarımını deneyen ilk kişi de La Hire olmuştur.²⁴ Kemerin belli bir noktada kırıldığını var sayar. Bu noktada tonozun üst kısmının yanall itkisi iç kemerin eğrisi doğrultusunda etki eder. (Şekil 1.21.b.) La Hire kırılma noktasını veya kuvvetin yönünü belirlememişti, en kötü senaryoyu bulmak için denemeler yapmak gerekiyordu, bu da La Hire'in bu çalışmalarının pratik olarak uygulanmasını zorlaştırıyordu. (Huearta 2010 : 6)



Şekil 1.21. a - La Hire'in çizimi b- Heyman'ın anlatımı (Huearta 2010 : 7)

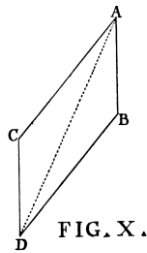
²⁴Yıl 1712

La Hire'in fikrini bir mühendislik alanında kullanılabilecek şekle çeviren Belidor'dur.²⁵ Kırılma noktasını iç kemerin en tepe noktası ile üzengi noktası arasındaki orta bir noktaya yerleştirir. Böylelikle, yanal itki noktanın merkezinden etkir ve noktanın düzlemine dik etkir. Bu sayede kemer yanal itkisi kuvvetler paralelkenarı²⁶ ile (Şekil 1.22.) belirlenebilir.²⁷ (Huearta 2010 : 6)

La Hire de, Belidor da çalışmalarını yaparken payandayı monolitik kabul ettiler. Denge hesaplarını payandanın dış kenarlarına göre yaptılar. Yanal itkinin momentiyle payandanın ağırlığının dengeyi sağladığı hal, kritikti ve dolayısıyla da güvenli değildi. Bu sebeple Belidor, hesaplarının sonucunda çıkan payanda genişliğinden birkaç inç fazlasının uygulanmasını önermiştir.

Aslında, statik hesaplar yoluyla elde edilen değerler, geleneksel yöntemlerle elde edilenlerle ve mevcut yapılarda gözlenenlerle örtüşme içindeydi. Ancak bunun asıl sebebi bu statik hesaplardaki yanal itkini gerçekte çöküş anında olması gerekenden çok daha fazla olarak hesaplanmış olmasıdır. Bu yanlış hesaplanmış yanal itki güvenlik

²⁵Yıl 1729. Fransız mühendis. d.1697 – ö.1761.



²⁶

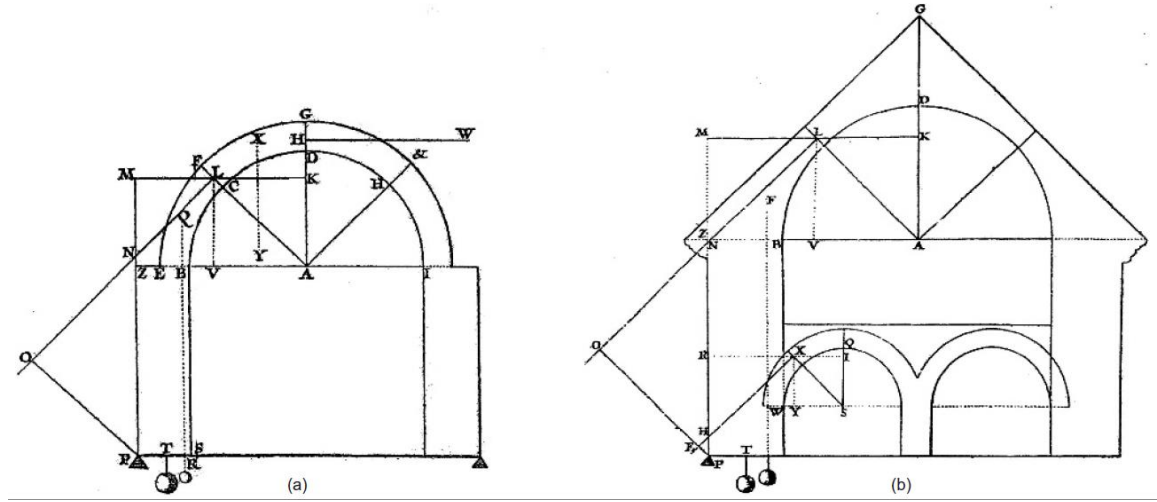
Şekil 1.22. Diyagonal şiddet. (Poleni 1747 : 36)

Bir cisime aynı uygulama noktasından uygulanan M ve N kuvvetleri ile sırasıyla AB ve AC mesafeleri aldırılabilir, bu hareketlerle ACDB paralelkenarını oluşturur. Aynı cisim her iki kuvvetin etkisinde eşit zaman içinde AD diyagonaline kadar yol alır. Bu iki kuvvet bir sebepten cisme hareket veremezse, bunların oluşturacağı birleşik kuvvet yine AD diyagonaline şiddeti ve yönünde olacaktır. (Poleni 1747 : 36)

²⁷ Belirli bir kemer için payanda tasarımı 2. Dereceden bir denklemin çözümünü gerektirmektedir. Matematiksel hesaplar Fransız mühendisleri için bir problem teşkil etmezdi. Ancak mimarlar ve ustalar hala ampirik kuralları uygulamaktadırlar.

marjını sağlamış oluyordu. Ne var ki, Belidor bunun farkında değildi. (Huearta 2010 :

6)



Şekil 1.23. Belidor'un geometrik hesabı (Huearta 2010 : 8)

Belidor birleşik payanda sistemleri ile ilgili de çalışmalar yaptı. Duvar ve ona destek payanda sistemini de monolitik olarak aldı ve denge momentlerini payandanın dış sınırına göre hesapladı. (Huearta 2010 : 7)

Ancak doğru yanal itki değerlerine göre payanda tasarlayan ilk kişi Fransız Mühendis Audoy'dur²⁸ ve Coulomb'un unutulmuş teorisinden faydalanmıştır. (Huearta 2010 : 7)

Charles Coulomb çalışmalarını yaptığı sırada kohezyon ve sürtünmeye²⁹ ilişkin hesaplar gerçeğe yakınlaşmıştı ve bu da kemere yaklaşımı değiştirmişti. Önceden

²⁸ Yıl 1820. Fransız mühendis

²⁹ Coulomb sürtünme yasasını ortaya koymuştur. (1773). Coulomb'un sürtünme yasasının basit özeti şöyledir: Hareket halinde, sürtünme kuvveti normal kuvvetle direkt olarak orantılıdır. Bu orantı matematiksel olarak belirlenebilir. Bu bir katsayıdır ve adı sürtünme katsayısıdır. Sürtünme kuvveti değen yüzeyin alanından bağımsızdır. Sürtünme katsayısı sürtünen malzemelerin cinsine, yüzeylerinin pürüzlülük durumuna ve zeylerde sıvı olup olmamasına göre değişiklik gösterir. (Muvdi, Al-Khafaji, McNabb 1997 :539)

gerilme altındaki tonozun geometrisi, optimum kabul edilen bir takım statik verilere göre belirlenmeye çalışılırken, şimdi formu belirli yapının üzerine etkiyen kuvvetlerin olası limitleri araştırılmaktaydı. Coulomb kemerde çökmenin de La Hire'nin belirttiği gibi üç noktadan değil dört noktadan olacağını ileri sürmüştür. (Tomasoni 2008 : 101, 102, 103)

Charles August Coulomb'a³⁰ göre kemerin çökmesi için iki durum söz konusudur: kemeri oluşturan blokların birbiri üzerinden kayması veya birbiri üzerinde dönmesi. (Cecchi 2012 : 11)

Diferansiyel matematiğin sınır değer hesaplamaları yardımıyla kemer yanal itkisi H 'ın maksimum – minimum değerlerini hesaplar. Bunu yaparken yanal itki H 'ın kemerin en üst kısmındaki uygulanma noktasını belirsiz bırakır. H değerini 4 limit durumu inceleyerek belirler. Bunlarda limit değerler: $H1_{max}$, $H2_{min}$ ³¹, $H3_{max}$ ve $H4_{min}$ 'dir³². Kayma ve dönme halleri için göz önüne aldığı tablo Şekil 1.24.'de görüldüğü gibidir. Mm mafsal noktası olarak alınır. Mafsallar arasında kalan parçaların her biri tek bir blok olarak davranır. Coulomb 1 ve 2. durumlarının gerçekte oluşmayacağını³³ ifade eder.³⁴(Kurre 2008 : 60)

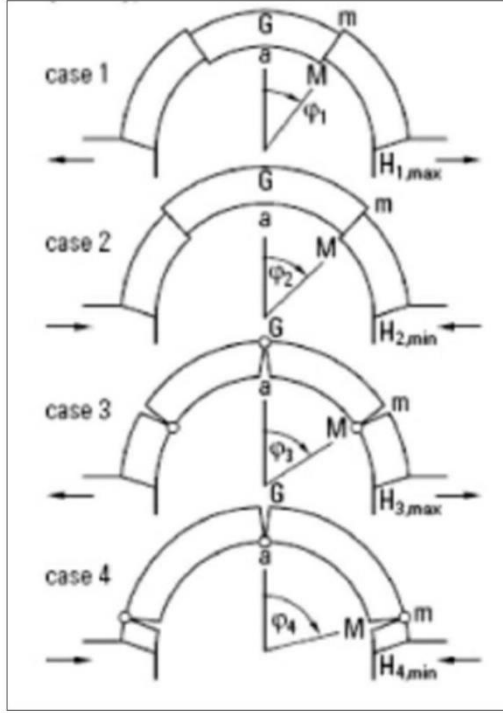
³⁰ Charles August Coulomb. Corps des Ponts et Chaussees mühendisi (Fransız askeri mühendisi) ve "kamu"(civil) mühendisi. . d.1736 – ö.1806. Fransız Bilimler akademisine 1773'te "essai" diye bilinen bir çalışmasını sunar. 1776'da akademinin "memoires"lerinde yayımlanır bu çalışma. Galileo'nun giriş problemiyle başlattığı giriş statüğünü tamamlamakla kalmaz, aynı zamanda şev basıncı ve taş kemer teorilerinde yeni çözümler geliştirir (Kurre 2008: 59, 60)

³¹ Kemer parçalarının birbiri üzerinden kayma hali

³² Kemer parçalarının birbiri üzerinde dönme hali

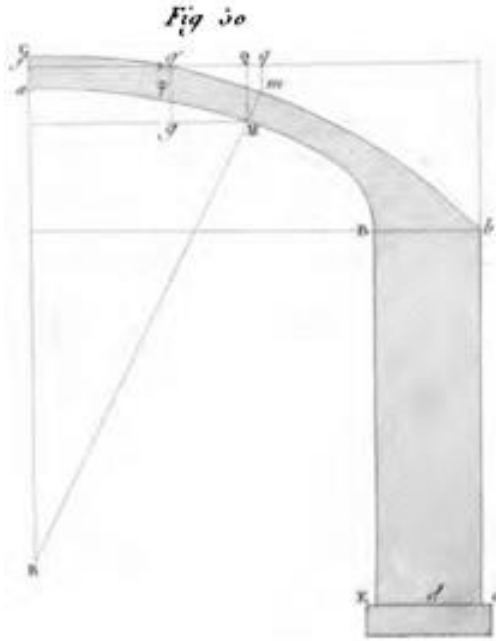
³³ Çünkü bu durumlar ancak çok kalın kemerler söz konusu olduğunda oluşacaktır.

³⁴ Coulomb'la aynı yaklaşık aynı dönemlerde yaşamış olan Fransız matematikçi Charles Bossut (1730 – 1814) iki soru üzerinde durmuştur: Sıraları üzerine etkiyen yükler bilinen tonozun şekli nasıldır? Ve de şekli bilinen tonozun sıraları üzerine etkiyen yükler nasıl bulunur? Şekli ne olursa olsun her tonozu oluşturan sıranın bir izole bir kemer gibi düşünülebileceği sonucuna varmıştır. (Tomasoni 2008: 101 - 103). Bossut'un bu çalışmaları Reserches sur l'équilibre des voutes (1777) ismiyle Paris Bilimler Akademisi "Mémoires"lerinde yer almıştır. (Otoni 2008: 336, not xxxvi) Bossut yayımının akabinde,



G,a, M ve m olası mafsall oluşum ve kayma noktaları

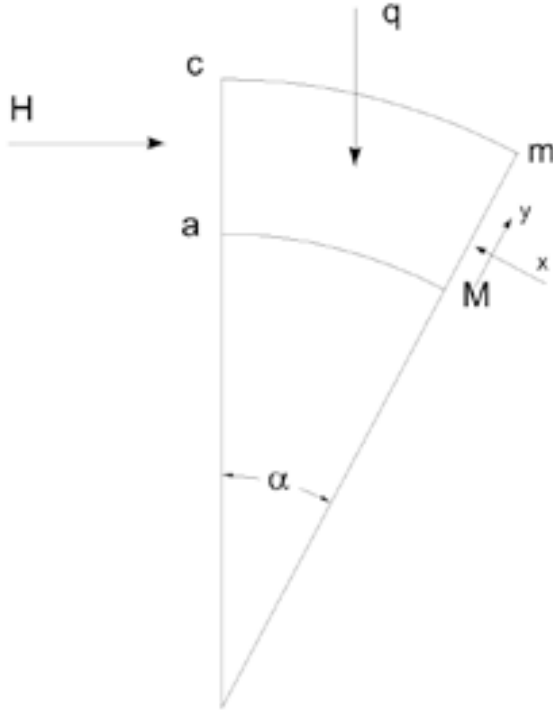
Şekil 1.24. Coulomb'un kemer çökme mekanizması (Kurre 2008 : 60)



Şekil 1.25. Kemer sadece yatay H itkisi (Kilit noktasında uygulanır) etkisinde bir simetrik kemerdir. (Cecchi 2012 : 11)

hesaplarını Sainte Geneviève Kilisesi'ne uygulayarak Soufflot'un projesinin stabilitesini göstermeye çalışmıştır. (Ottoni 2008: 307)

Kayma halinde:



Şekil 1.26. Kayma halinde kemer analizi (Cecchi 2012 : 12)

Şekil 1.26.ile belirtilen durumda, Y yan bloktan iletilen sürtünme kuvvetidir ve yukarı doğrudur. Blokların birbirini üzerinden kayması halinde İki limit durum söz konusudur. Kemer ya aşağı doğru hareket edecektir, ya da yukarı doğru.

Kemerin aşağı doğru hareket etmesi halinde:

$$H = \frac{q \cos \alpha - \mu q \sin \alpha}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \quad (35) \text{ (Formül 1.1)}$$

Buradaki H değeri dengeyi sağlayan minimum değerdir.

³⁵ Sürtünme katsayısı (μ)

Kemerin aşağı doğru hareket etmesi halinde:

$$H = \frac{q \cos \alpha - \mu q \sin \alpha}{-\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \text{ (Formül. 1.2.)}$$

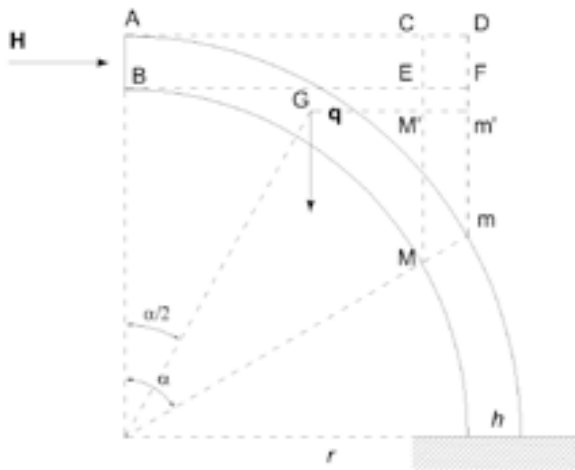
elde edilir. Burada H maksimumdur.

Ancak bu her iki değerin α 'nın yarı kemeri oluşturan tüm değerleri için karşılanması gerektiği unutulmamalıdır. Bu halde H'nin minimum ve maksimum değer aralığını

$$\frac{q \cos \alpha - \mu q \sin \alpha}{-\mu \cos \alpha + \sin \alpha} = H_{\min} - \max \geq H \geq H_{\max} - \min = \frac{q \cos \alpha - \mu q \sin \alpha}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \text{ (Formül 1.3.)}$$

İle ifade etmiştir. (Cecchi 2012 : 12)

Dönme halinde:



Şekil 1.27. Dönme halinde kemer analizi (Cecchi 2012 : 12)

Şekil 1.27.'de görüldüğü üzere, mM kemer üzerinde bir mafsaldır. G, ABMm parçasının ağırlık merkezidir. Kemerin α ile sınırlı parçası m veya M etrafında dönebilir. m etrafında dönme meydana gelmemesi için:

$$\overline{HmF} \leq \overline{qGm'} \text{ (Formül 1.4.)}$$

Formülünün sağlanması gerekir. H yanal itkisi B'ye uygulanır ki H'nin değeri maksimum olsun³⁶.

M etrafında dönme olmaması içinse:

$$\overline{HCM} \geq \overline{qGM'} \text{ (Formül 1.5.)}$$

Formülünün sağlanması gerekir. Yanal itki H, değerinin minimum olması için A noktasına uygulanır.

Bu iki eşitsizlik α 'nın her değeri için sağlanmalıdır. Ancak ilk durum maksimum limiti, ikinci durum minimum limiti verir. Bu minimum ve maksimum değerler, ancak H'nin A ve B noktalarına uygulanmasıyla geçerlidir. Ayrıca Coulomb mM mafsalının düşeyle yaptığı açığı da 45 derece olarak belirlemiştir. Bu sonuca da deneyimden varmıştır. (Cecchi 2012 : 13)

Coulomb'un bu tezi 50 yıl boyunca unutulmuştur. Daha sonra Audoy, Coulomb'un bu teorisini yeniden gündeme getirir. Teoriyi en çok kullanılan taş kemer tiplerine uygular. Hesaplardan çıkan kemer itkilerini payandalara uyguladığında elde edilen payanda kalınlığının o zamana değin uygulanmış örneklere oranla çok daha az olduğunu fark eder, bu kritik bir haldir. Böylelikle bir güvenlik faktörü kavramını ortaya atar³⁷. Audoy, güvenli payanda kalınlığını belirlemek üzere, kemerin en tepe noktasındaki birleşim yerine etkiyen yanal itkinin belli bir sayısal değer ile çarpılmasını önerir. (Kurre 2008 : 60) Ancak bu değeri matematikle bulmak neredeyse imkansız

³⁶ Kuvvet kolunun en kısa olduğu hal kuvvetin en büyük olduğu değeri verecektir.

³⁷ Günümüzde taşıyıcı bir elemanın emniyeti; elemanda izlenen maksimum gerilmenin malzeme emniyet katsayısına kıyaslanmasıyla belirlenir. (Çamlıbel 1998: 71)

olacaktır, zira incelenmesi gereken çok etken vardır. Sonunda payanda kalınlığının Belidor'un elde ettiği değere ulaşması gerektiğini düşünerek kendi değeriyle Belidorunki'ni eşitleyecek olan çarpanı bulmaya çalışır ve faktörü 1,9 olarak belirler. Böylece güvenli payanda kalınlığına ulaşır. (Huearta 2010 : 8)

San Pietro'nun konsolidasyonu için görevlendirilen Poleni³⁸ de kemer statığıyla ilgilenen isimler arasındadır. San Pietro'nun yapısal sorunlarını ortaya koyup çözüm yöntemlerini araştırdığı “memorie” çalışması sayesinde kemer problemiyle ilgilenmiş pek çok kişinin ismine erişilir. Örneğin Poleni, P. Francesco Derand'ın 1743'te, yazımından neredeyse yüz sene sonra – gün yüzüne çıkıp yayımlanan kemer çalışmasından bahseder. Akabinde Francesco Blondel'in uçan payandaları geometrik olarak tariflediği 1699 tarihli çalışmasını³⁹ hatırlatır. (Poleni 1748 : 31)

La Hire'in “Traite du Mechanique”ine ve Pietro Couplet'in 1729 tarihli “memorie”sine de atıfta bulunur. (Poleni 1748 : 32, 33) Akabinde Jacopo Sterling'in sürtünmesiz kürelerinden bahseder. Bu gösterimin, kemerin dengede duruşunun ifadesi olduğunu söyler.⁴⁰ (Cecchi 2012 : 8)

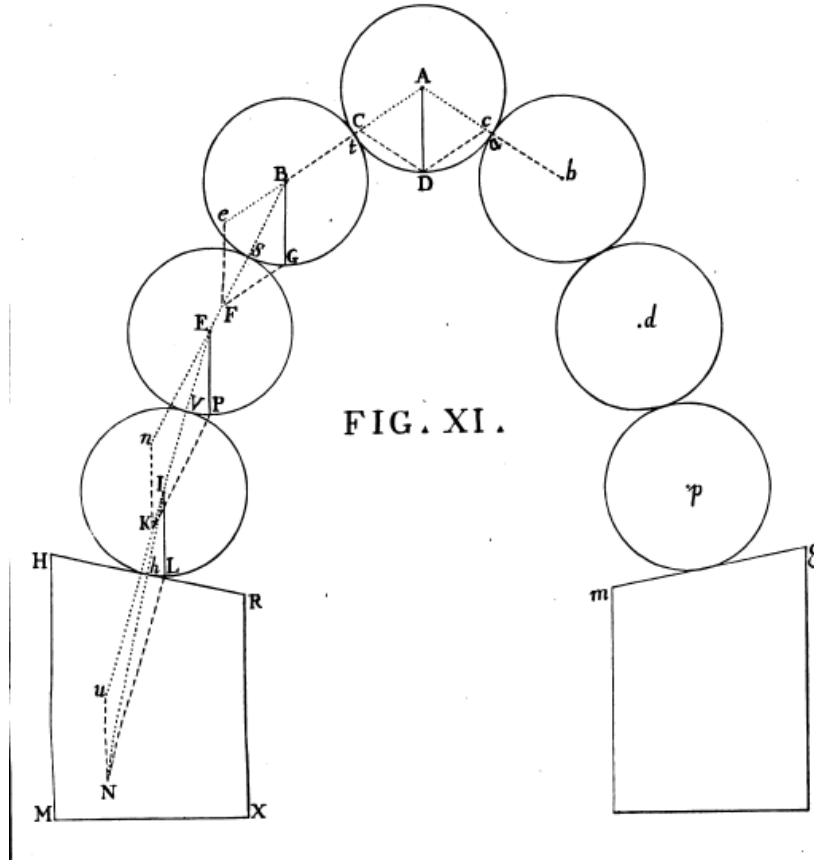
Sterling'in çalışması 1717 tarihlidir. (Poleni 1748 : 33). Sterling'in küre - kemerinde, bir kemerin parçaları olarak birbirine eşit boyutlarda, aynı malzemedan yapılmış A kilit taşı yerine olmak üzere bir tarafta B,E,I, diğer tarafta b,d,p ile işaretlenen küreler vardır. AD, BG, EP, IL, kürelerin birbirine eşit ağırlıklarını gösteren yataya dik doğrulardır. A ve b küreleri merkezleri arasına çizilen AB ve Ab doğruları,

³⁸ Giovanni Poleni. İtalyan matematikçi, fizikçi ve mühendis. d.1683 – ö.1761.

³⁹ Memories de l'academie royale des Sciences. Kraliyet bilimler akademisi raporu

⁴⁰ Esasen bu dengede duran “ip - zincir” ifadesini ilk gün yüzüne çıkaran David Gregory'dir. Aynı konuda Leibnizio, Bernoulli ve Christiano Vgenio gibi isimler de çalışmalar yapmıştır. (Poleni, 1748, 33)

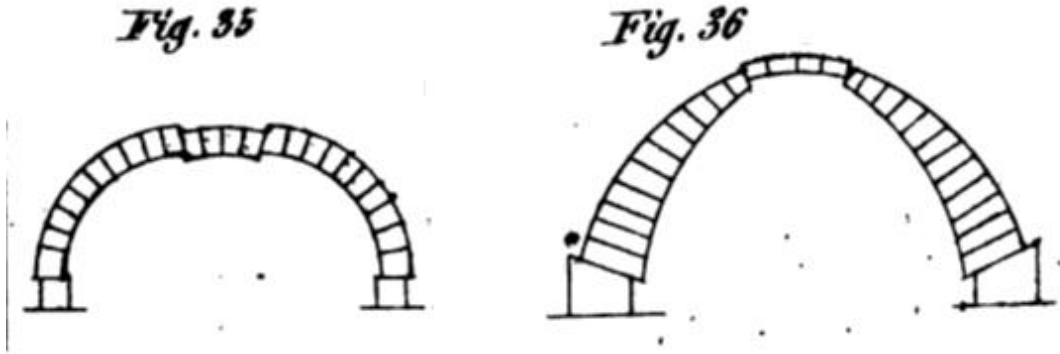
ACDc paralelkenarının diyagonali olan AD bileşkesinin B ve b kürelerine iletilme doğrultularını gösterir. AC ve Ac de AD bileşkesini oluşturan kuvvetlerdir. A ve b küreleri hareket etmediği takdirde, t temas noktasından B küresine iletilen AC kuvveti eşit şiddette Be doğrusuyla ifade edilir. B küresinin ağırlık merkezine etkiyen BG ağırlığıyla birlikte BeFG paralelkenarını oluştururlar. Bu da BF diyagoneli ile B küresinden E küresine harekete dönüşmeyen kuvvet uygulamasının bileşke kuvvet olarak iletilmesini sağlar. Bu iletim payanda noktasına kadar A küre merkezinin her iki tarafındaki kürelerde aynı şekilde devam eder. HR payanda yüzeyine iletilen IN bileşke kuvveti HR düzlemine diktir. Böylece küreler birbirlerini ağırlıkları ile dengede tutmuş olurlar. Kürelerin büyüklükleri bu dengenin sağlanması açısından efektif değildir. (Poleni 1748 : 37, 38)



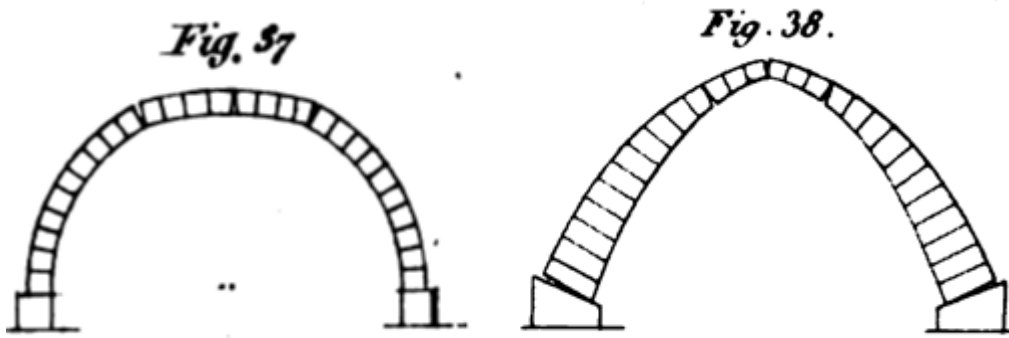
Şekil 1.28. Sterling'in küreleri (Poleni 1748 : 34)

“Kemerlerin parçaları düşmeye eğilimlidirler. Ancak düşmezler. Çünkü gösterdikleri kuvvetlerin hareket etkileri karşı etkilerle ve reaksiyonlarla yok edilir. Düşme eğilimlerinin etkisine karşılık verecek tepki bulamayan parçalar ise aşağıya doğru hareket etmeye çalışırlar, alçalırlar. Uygulanan bu etkiden etkilenen kemerin diğer bazı parçaları da yükselir. Yani, takip eden parçalar ve hareket halindeki kuvvetler birbirlerini dengelerler.” (Poleni 1748 : 36)

Navier⁴¹ de Coulomb’un hipotezi üzerinden çalışma yapanlardandır. (Cecchi 2012 : 13)



Şekil 1.29. Navier’in kemer mekanizmaları (Navier 1839 : PL.II)



Şekil 1.30. Navier’in kemer mekanizmaları (Navier 1839 : PL.II)

⁴¹Claude-Louis Navier. Fransız mühendis ve fizikçi. d.1785 – ö.1836.

Şekil 1.29. fig. 35'te tam orta noktasında kayma yaşayan kemerin bu noktada alçalarak üzengi noktalarında dışa açılması görülür. Şekil 1.29. fig. 36'da kemerin orta noktası üste doğru hareket eder ve üzengi noktalarında daralma gerçekleşir. Şekil 1.30. fig. 37'de beş adet mafsalsal noktası oluşması sonucu çökme hali görülür. Mafsalların biri kemerin en üst iç yüzeyinde, ikisi kemerin kilit taşlarının yanlarındaki dış yüzeylerde ve üzengi noktalarında da iç yüzeyde. Şekil 1.30. fig. 38'de yine beş mafsaldan ötürü çökme görülür. Üzengi noktalarında dış kemerde, kilit kısmında dış kemerde ve iki yan kısmında iç kemerde. (Cecchi 2012 : 13)

2. ORTAÇAĞ'DAN 19. YY.'a ŞANTIYE ORGANİZASYONU

2.1. İş gücü örgütlenmesi - Loncalar

17.yy.'da, duvar ustaları ve mimarların loncaları, meslek birlikleri arasında en meşhur ve tarihi en eskilere dayananıydı ⁴². Bu mason loncalarının üyeleri için geliştirdiği hizmetler arasında eğitim ve zanaatın mükemmelleştirilmesi faaliyetleri vardı. Bundan iki sonuç doğuyordu: hiyerarşi ve gizlilik. Hiyerarşi meslek bilgisi ve yeteneğe göre üç aşamalıdır; çıraklık, kalfalık ve ustalık. Ustalar eğitimi iki aşamalı olarak verir ve üyenin hiyerarşide basamak çıkıp çıkmayacağına karar verirlerdi. Eğitimin teknik içeriğinin yanı sıra ahlaki ve dini boyutları da vardı. Ayrıca geometri ve matematik ile kilisenin dekorasyonu da söz konusu olduğundan üyeler, artistik, felsefi ve teolojik eğitim de alırlardı. (Francovich 1974: 4)

Bu birliğin üyelerinin Avrupa'nın bir bölgesinden diğerine seyahatleri gösterir ki, 14. yy.'dan itibaren, belki de daha öncesinden beri, bu birlik kiliseden katkı muafiyeti ve yerel otoritelerden de tabiyet muafiyeti elde etmiştir. Karşılıklı yardımlaşma birliğin esasıydı. Dünyanın herhangi bir bölgesindeki herhangi bir duvar ustası birlikten kardeşine iş veya diğer ihtiyaç konularında yardımcı olurdu. Aşağı yukarı tüm birliklerin böylesi kuralları vardı. Ancak duvarcılarının bu birliği yüzyıllar içerisinde hep daha sıkı olagelmıştır. Katedral vb. yapıların inşası için kiliseye daha fazla bağımlı olmaları, kıta boyunca seyahat etmeleri, duvarcılarını, taş ustalarını ve mimarları daha yoğun ve etkili ilişkiler içinde olmaya itmiştir. (Francovich 1974: 5)

⁴² Ortaçağ'da birlik, Roma'daki "collegia fabrorum"dan itibaren en başarılı dönemine ulaşmıştı. 7. yy.'da "maestro comacini" ile devam eden yapılanma, 11. ve 12. yy.'larda manastır kardeşlik cemiyetine dönüştü. Cemiyet üyeleri, kilise ve manastırları inşa ediyorlardı. 14. yy.'dan başlayarak laik birliklere dönüşmüş ve en sonunda da gerçek bir kurumsal yapılanma olan lonca halini almıştır. (Francovich 1974: 4)

2.2. 19. yy.'a kadar şantiye ve aktörler

15. – 16. yy.'lardan itibaren, yeni dünyanın ve yeni deniz yollarının keşfi ile toplumların ekonomik yaşamının çok farklılaştığı bir dönem başlamış oldu. Dünyanın ekonomik merkezi Akdeniz kıyıları ve İtalyan cumhuriyetleri olmaktan çıkıp, Atlantik okyanusu kıyılarında önce İspanya ve Portekiz'e, sonra da Hollanda ve Fransa'ya kaydı. İspanya'nın Meksika, Orta Amerika ve Peru'ya hakim olması ile Avrupa'ya bol ve sürekli olarak akan gümüş ve daha az oranda olsa da altın, gıda ve diğer ürünlerde uzun ve kalıcı fiyat artışlarına sebep oldu. Öte yandan yeni ticari aktiviteler ve denizaşırı gelişmeler sayesinde zenginliğin artması evsel ve sivil yapı alanlarındaki talebi artırmıştır. Bu finansal kaynak sayesinde Ortaçağ'da, inşaat işleri için gerekli maddi yatırım bu şekilde sağlanmıştır. (Knoop & Jones 1933: 185)

Kilisenin yapı biriminin⁴³ sorumlusu aynı zamanda yapı kaynaklarının da hazinecisiydi. Bu kişi, finansal alanda yetkindi ancak teknik veya mimari alanda hakim değildi. Teknik konular, bazen “yapının ustası” olarak da adlandırılan baş taşçı ustasının sorumluluğundaydı. (Knoop & Jones 1933: 33)

Yapının tasarlanması da baş taşçı ustasının göreviydi. Bu ortaçağ dönemi taşçı - mimar figürü, taşçılık hünelerine ek olarak, metraj bilgisi, maliyet bilgisi ve eğer büyük bir şantiyeyi yönlendiriyorsa çok sayıda işçinin gördüğü çeşitli işleri aynı anda yönetme kabiliyetine sahipti. Planlar ve çizimler detaylı değildi. Tasarıma ilişkin detaylar ancak baş taşçı ustasının zihninde hazır olurdu⁴⁴. Dolayısıyla da, detaylara ilişkin kararlar ya taşçı ustasının insiyatifindeydi, veyahut işverenle yapılmış genel sözlü mutabakatın ürünüydü. (Knoop & Jones 1933: 198)

⁴³ “Fabric”

⁴⁴ Ortaçağ'da, bir katedral yapısının taşçı ustası, plan ve hatta görünüşler çizebilecek kapasitededir. (Knoop & Jones 1933: 34)

Kilisenin yapı biriminin baş taşçı ustası kilisenin yönetici birimi⁴⁵ ile taşçılar arasındaki bir pozisyondaydı. Baş taşçı ustası yönetici birim tarafından atanırdı. Taşçıların mesuliyeti baş usta ve ikinci baş ustaya aitti. Baş ustalar kurallara riayeti sağlayacaklarına dair yemin ederlerdi. Baş taşçı ustası işin zamanında başlamasından ve işçilerin hatalarının raporlanmasından⁴⁶ sorumluydu. (Knoop & Jones 1933: 61)

Yapı yapımında yer seçiminin ardından en önemli konu malzeme temini idi. Özellikle taş, daha az miktarda da olsa ahşap⁴⁷, kireç, kum⁴⁸ ve kimi zaman da tuğla kullanılan malzemeler arasındaydı. Taş söz konusu olduğunda en iyi çözüm, bina yapımında çalışacak taşçıların ve işçilerin bir taş ocağı açıp taşı oradan temin etmesiydi. (Knoop & Jones 1933: 46)

Ortaçağ'da İngiltere ve Galler'de 900 ile 1.000 arası sayıda manastır yapısı vardı. Bunlardan küçük olanlarının yapımı pek kamaşık değildi, tamiratı da zor değildi. Ancak büyük çaplı yapılar veya eklemeler hem çok pahalı hem de kapsamlı idi. (Knoop & Jones 1933: 2)

1278 - 80 arasında inşa edilen Vale Royal Abbey⁴⁹'de 15 ocak taşçısı ve 30 nakliyecisi ile çalışılmıştı. Beaumaris Kalesi'nde⁵⁰ yoğun bir çalışma döneminde 400 taşçı, 30 demirci ve marangoz, 1.000 vasıfsız işçi ve 200 nakliyeciyeye ihtiyaç duyulmuştu. 1377'de Londra nüfusunun 35.000'den fazla olmadığı ve bunların ancak

⁴⁵ "Chapter"

⁴⁶ Raporlanan kişi çoğunlukta finans ve idareden sorumlu rahip olurdu.

⁴⁷ Hatırı sayılır miktarda ahşap; kirişler, direkler, tablalar, iskele, döşeme, şatı, kaplamalar için gerekliydi. (Knoop & Jones 1933: 48)

⁴⁸ Harç yapımında kullanılırdı

⁴⁹ Cheshire, İngiltere

⁵⁰ Anglesey Adası, Galler

10.000 – 12.000’inin yetişkin işçi olabileceği hesap edilirse bu rakamların anlamı daha iyi anlaşılır. (Knoop & Jones 1933: 3)

Vale Royal Abbey’nin yapımında bir grup işçinin yer tesviyesi, harç yapma, harç taşıma, el arabası ile taşçuların atölyelerine taş taşıma, kazı yapma ve kilise temellerini oluşturma göreviyle çalıştığından bahsedilir. Bu işleri yapan işçiler taş ustalarının yardımcılarıydılar. Erken 14. yy.’da, Beaumaris’te de benzer şekilde taş ustası yardımcılardan söz edilir. Ayrıca kireç yakıcılarından, taş ustalarının aletlerini tamir için dökümhaneye taşıyanlardan, kül yapıcılardan (siyah çimento yapımı için) da bahsedilir. (Knoop & Jones 1933: 70, 71)

İngiltere’de, coğrafi keşifler sonucu ülkeye giren çok miktarda Amerikan gümüşünün yarattığı enflasyonun toplumun tüm kesimleri üzerinde etkisi olduğu gibi taşçı ustaları üzerinde de etkisi oldu. Bu ekonomik olumsuzluk yanında, 1540’tan sonra keşişler artık manastırlarını yıkıp tekrar yaptırma geleneklerinden vazgeçtiler. Bu da taşçı ustalarının iş sahasını daraltıyordu. 1550’den sonra enflasyon daha da arttı. Ayrıca Mary Tudor’un masnastırlara ait zenginliklerin manastırlara geri verilmeyeceğine hükmetmesi ve de Elisabeth’in hükümlerinin başlamasıyla, 16. yy’dan itibaren manastır sistemi çözülerek, büyük kilise yapımında azalmaya sebep oldu. (Knoop & Jones 1933: 187)

Taşçı - mimar, Ortaçağ’da olduğu gibi, 16. ve 17. yy.’larda da rastlanan bir figürdü. Bu dönemde, pek çok büyük yapının mimarlarının taş ustaları olduğu görülür. Ancak 17. yy.’da, daha farklı donanımda mimarlarla karşılaşmaya başlanır. Atölye eğitimi olmayan, klasik ve kıta stillerinden daha fazla haberdar olan, Ortaçağ’daki meslektaşının neredeyse hiç aşına olmadığı bilimlere hakim bir figürdür bu yeni

mimar. Bunların ilk örnekleri Thorpe⁵¹, Jones⁵², Webb⁵³, Wren⁵⁴ olarak sayılabilir. (Knoop & Jones 1933: 198)

16. yy.'da, Ortaçağ'daki büyük ölçekli yapılarla karşılaştırıldığında, bunlarda çalışanlarınkine oranla daha fazla katip çalıştırılmaya başlanmıştır ve bu katipler daha uzmanlaşmışlardır. 17. yy.'da Scotland Yard'daki kraliyet yapı ofisindeki çalışanlar: metrajcı, kontrolör, taş ustası, marangoz ustası ve bir takım zanaatkar⁵⁵ ile idarecilerden⁵⁶ oluşmaktadır. (Knoop & Jones 1933: 191, 192)

İngiltere'de 16. yy.'dan itibaren büyük çaplı dini yapı inşaatının azalmış olmasına rağmen, bugünkü İtalya'nın çeşitli bölgelerinde dini yapı inşaatının 16. yy.'da da genel olarak inşaat alanında önemli bir yer tutmaya devam ettiği söylenebilir. Yine İngiltere'den farklı olarak, yapının teknik sorumluluğu henüz daha modern tanıma uygun olan mimarlara devredilmiş değildir. Örneğin, San Antonio Şapel'inin⁵⁷ yapım günlükleri, bu şapelin 16. yy.'ın sonu 17. yy.'ın başında inşa edilmiş olduğunu gösterir. (Codini 2003: 1215) Şapelin mimarı Giambologna⁵⁸, aslında bir heykeltıraştır. 16. yy.'da yaygın olduğu üzere heykeltıraş ve ressam, aynı zamanda mimarlık görevini üstleniyorlardı. Strüktürel işlerin görülmesi halen taş ustalarına ve

⁵¹John Thorpe. İngiliz mimar d.1565 – ö.1655.

⁵²İnigo Jones. İngiliz mimar d.1573 – ö.1652.

⁵³John Webb. İngiliz Mimar d.1611– ö.1672.

⁵⁴Sir Christopher Wren. İngiliz mimar, fizikçi, matematikçi ve gökbilimci d.1632 – ö.1723.

⁵⁵Sıvacı, doğramacı, kartonpiyerci, tuğlacı, çilingir

⁵⁶Tedarikçi, dört katip ve depo katibi

⁵⁷Floransa'daki San Marc kilisesi'nde

⁵⁸Jean de Boulogne.Flandralı heykeltıraş. d.1529 – ö.1608

marangozlara bırakılıyordu ⁵⁹. (Codini 2003: 1218) Şapelin tasarımı sırasında, planlayıcının düşüncesi uygulayıcılara maketler yardımıyla aktarılmıştır. Bunun için hem bütünü, hem de detayların modelleri yapılmıştır. Maket yapımından sorumlu olan kişi maket yapımı işinde ehil bir marangozdur ⁶⁰. (Codini 2003: 1219) Şantiye organizasyonu ise tamamen Giambologna'ya aittir. Süpervizör ve yapı ile ilgili günlüklerin ⁶¹ tutulması görevi Gondi'ye ⁶² verilmiştir. Gondi iki defter tutmuştur. Biri günlük yapılan işleri listeler mahiyettedir, diğeri ödemeleri türlerine göre belirtir⁶³. Mimari işlerde kullanılacak mermerleri seçmek ve nakliyelerini sağlamak için Carrara'ya⁶⁴ gitmekle taş kesici Jacopo Piccardi görevlendirilmiştir⁶⁵. Piccardi ayrıca Giambologna'nın tasarımlarından yapılacak işi anlamak ve uygulanmasını sağlamakla da görevliydi. Formen gibi çalışıyordu. İşleri, malzeme ve aletleri organize edip işçileri süpervize ediyordu. Taşkesiciler işçi yönetiminde 75 kişilik gruplara kadar bir sayıya yön verirken taş ustası sadece 15 ile sınırlı olabiliyordu. İşçi listesine göre çalışanlar: marangoz, sıvacı, badanacı, pirinç işçisi, demirci, ahşap kaplama ustası, bakır tel sağlayıcısı, tenekeci, demir ve bakır sağlayıcı, çilingir, tasfiyeci, uygulayıcı, tekerlekçi, bot sürücüsü, maden işçisi, bıçkıcı, ocakçı, bileyici, kum kazıcı, çizimcidir. (Codini 2003: 1220)

⁵⁹ Alberti (1404 - 1472), De re aedificatura'da belirtir ki, mimarın bizzat işleri üstlenmesi gerekmez, işlerin görülmesini maharetle yönetir. (Codini 2003: 1218)

⁶⁰ Bernardo di Francesco

⁶¹ "Quoderno" – defter

⁶² Benedette Gondi. Dönemin alimlerinden ve Florentin sanat koleksiyoncusu. d.1539 – ö.1616.

⁶³ Tutulan ilk deftere göre; Ağustos 1579'da işler için hazırlık yapılıyor. 1580'de taban güçlendiriliyor. 82 - 85'te şapelin zemin üstü bölümleri inşaa ediliyor, kubbe Ağustos 1585'te yapılıyor. İzleyen 4 yılda mimari işler gerçekleştiriliyor

⁶⁴ Floransa'ya yakın bir kent

⁶⁵ Bu, bir yıl süren ve pek çok seyahat gerektiren bir iş olmuştur.

Kullanılan yerel kaynaklı malzemeler olarak da kaba küfeki taşı, sert taş, çini, dörtgen tuğla, tuğla tozu, pirinç, teneke, bakır, kurşun, demir, kestane servi ve köknar kerestesi, kireç, cam vs. sayılabilir. (Codini 2003: 1221)

Daha sonraki yüzyıla ait bir örnek ise Roma'daki San Pietro Meydanı'ndaki sütunların yapımı işidir⁶⁶. İşin yüklenicisi 16. yy.'dan beri San Pietro'da' inşaat ve onarım işlerine bakan ve pek çok yetkin teknik personele sahip "Reverenda Fabbrica"dır⁶⁷. Bu kurum, gerek artistik açıdan, gerek yönetsel açıdan ve gerekse mimari bilgi açısından Roma'daki inşaat işlerini çokça etkilemiştir. Zira atölyenin mimarları, baş ustaları ve yetkin işçileri oldukça mobilizedir. Roma'daki diğer inşaat sahalarında da çalışmaktadırlar. Böylelikle, inşaat makinesi tasarımı ve işin organize bir şekilde yapılması gibi organizasyon ve teknoloji konularındaki deneyimlerini Roma'ya yayarlar. İşin mimarı Bernini'dir⁶⁸. (D'Amelio 2003: 693)

Papa, San Pietro kilisesinin önüne sütunlu bir meydan yapılmasını öngören bu projenin hızlı gitmesi için yönetsel, planlamasal, organizasyonel ve finansal işlerle bizzat ilgileniyordu. (D'Amelio 2003: 694)

Ustalar, karşılığında düşük para aldıkları ağır kolon temeli ve çatısı yapma işlerini yürütmekte ayak direyince, 1661'de bir kontrat imzalanarak dört usta taşçıyla anlaşıldı. Bunlar atölye ile, tüm malzemeyi sağlayarak bir kolon sırasını tamamlayıp diğer bir sırayı da tümüyle yapmak konusunda anlaşılar. Bu tarz bir kontratla ustalar işin yüklenicileri oluyorlardı ve hem işi yapmak, hem de malzeme ve ekipmanı

⁶⁶ Yapım yılları 1657 – 1668

⁶⁷ Saygın atölye

⁶⁸Gian Lorenzo Bernini. İtalyan ressam, heykeltıraş, mimar.d.1598 – ö.1680.

sağlamakla yükümlü oluyorlardı. Bu ustalar ekipmanları atölyeden kiraliyorlardı. (D'Amelio 2003: 700)

Rönesansta Roma'daki pek çok şantiye bu yolu izliyordu zira küçük işçi gruplarının iskele, vinç vb. ekipmanları karşılayacak parası olmazdı. Sonrasında atölyeler taş ustalarını doğrudan çalıştırmak yerine kontratla çalıştırmaya başladı. Bu, atölyenin her şeyi kendisinin yaptığı ve pahalıya mal olan sistemin değiştirilmesi anlamına geliyordu. (D'Amelio 2003: 701)

Taş blokları şantiyeye kabaca kesilmiş halde getiriliyordu ve atölyenin taş ustaları tarafından şantiyede son hallerine getiriliyorlardı. (D'Amelio 2003: 695) Traverten malzemelerin taşınması için nehir kenarlarındaki ağaçların temizlenmesi gerektiğinde, bu iş için, işleri karşılığı cezalarının bir kısmını çeken mahkumlar da kullanıldı. (D'Amelio 2003: 697)

İnşaat süresince taş ustalarının altında her hava şartında çalışmayı sürdürebilecekleri üzeri kapalı barakalar yapıldı⁶⁹. (D'Amelio 2003: 696) Tuğla döşeyicileri yağmur yağdığında taş ustalarının barakalarına gönderiliyor ve buradaki traverten işinden kalan artık mermer parçalarının toplanması işinde görevlendiriliyorlardı. Bunlar ocaklara gönderilir, ezilerek toz haline getirilirlerdi. (D'Amelio 2003: 699)

Fransız taş işçiliği geleneğinde, mimar nitelendirmesi yer almıyordu. Ancak taşçılar arasındaki hiyerarşi ödenen maaşlarla belli oluyordu. Ayrıca, kimi taşçılar devam eden diğer şantiyeleri kontrol etmek, veya yeni açılacak şantiyenin alanını görüp keşif yapmak üzere hareket halinde olabiliyorlardı. Taş ustalarının götürü usulü

⁶⁹ Esasen bu, hem rönesansta hem de barok da da izi sürülebilecek bir ortaçağ geleneğidir.

işlerde taşeron - müteahhit gibi çalıştığı da oluyordu. Taşçılar, uzmanlaşmış işçiler ve zanaatkarlar, genellikle bir baş taşçı ustasının altında takım olarak çalışıyorlardı. (Bardati 2006: 297)

Örneğin, Gaillon Kalesi'nin ⁷⁰ şantiye çalışanları arasında; 22 taşçı, 14 marangoz, 7 heykeltıraş, 19 ressam, 5 vitray ustası, 8 doğramacı, 3 ergitmeci, 3 su tesisatçısı, 7 varakçı, 6 tuğla yapım ustası, 4 demirci, 2 nalbant, 6 kayrak taş çatıcı, 7 taşıyıcı, yaklaşık 30 kireç sağlayıcı, 3 kuyumcu, 11 döşemeci ve nakışçı ve 3 Flaman dokumacı listelenmiştir ⁷¹. (Bardati 2006: 296)

Fransa'da o dönem pek bilinmeyen mermer konusunda usta bir İtalyan'ın Gaillon kalesinde çalıştığı bilinmektedir. Bu, rönesans dönemi şantiyelerinde farklı milletlerden ve farklı uzmanlık alanlarından insanları barındırıyor olduğunun bir işaretidir. Bu sayede farklı tekniklerin de ülkeler arasında taşınmasını sağlanmıştır. (Bardati 2006: 298)

18. yy.'ın sonlarına gelindiğinde, Sainte Geneviève Kilisesi'nin ⁷² şantiyesindeki durum Jean Baphtise Rondelet tarafından "Traité Theorique et Pratique de l'Art de Bâti" ⁷³ adlı kitabında şöyle değerlendiriliyor: "*Modern inşaatların hemen tümünde ⁷⁴, taşkesici ve yerleştircilerle oluşturulacak duvarın (yüzeyin) en dış kısmına bakılarak fiyatta anlaşılıyor. Bu yüzeydeki derz tabakası ölçülmeden anlaşma yapılıyor. Halbuki her şey dahil olan bu fiyatla nitelikli bir duvar örülmesi zor.*

⁷⁰ Normandia, 1498 – 1510.

⁷¹ Bu listede sadece ana aktörler belirtilmiş, yardımcıları, işçiler ve küçük sağlayıcılar dahil edilmemiştir. Ayrıca, listede kimi ustaların, birden fazla ustalık alanında adı geçerken, kimi çok yönlü ustaların ise sadece bir ustalık alanı altında adının geçtiği görülüyor.

⁷² Yapımına 1757'de başlanır, 1806'da konsolidasyon çalışmalarına başlanır

⁷³ Yayınlanma yılları 1802 – 1817 arasındadır

⁷⁴ Kesme taşla yapılan o günün yapılarından bahsetmektedir

Deneyimli kontrolörler de bu yanlışın içinde bulunuyorlar; bu yöntemi gelenek olarak adlandırıyorlar fakat böylelikle görevlerinin gereğini yerine getirmiyorlar. Kötü yapılan duvar sıraları nedeniyle, duvarların sadece ön kısımları yük taşıyıcı nitelikte oluyor. Görünür kısımdaki taşlar daha sıkı bir şekilde örülüyor. Ancak içteki taşlar bunlara uydurulabilmek için taştaki hataları kapatacak şekilde ya ahşap kamalarla veya harçla dengelenerek diziliyor. İç kısımlardaki derzler dış kısımlara oranla 4 ile 6 kat daha kalın oluyor.” (Rondelet 1832b: 24 - 25) Görülüyor ki, götürü usulü bir yöntemle ve taşeronla çalışma yöntemleri bu tarihlerde artık yapının kalitesine etki etmeye başlıyor.

2.3. 19. yy’da şantiye ve aktörler

19. yüzyıl inşaat sektöründe artık inşaatların genelinden sorumlu müteahhitler vardır. Kimi durumlarda taşeronlar da çalıştırılmaktadır. Bunun yanı sıra bağımsız mimari tasarım firmaları da inşaat piyasasının bir parçası olmaya başlamıştır. (Powell 2003: 1651)

1850’lerin Londra’sı, müteahhit firmaların ihale usulü ile seçilip binayı yaptıran sermayedarlar için yapı ürettiği bir çevredir. İnşaatın genel kontrolü artık yapı sahibinde değil, müteahhitlerdedir. Yapılar parasını işverenin ödediği bağımsız mimarların tasarımına göre bina inşa edilir. Şantiye elemanlarını neredeyse tümüyle müteahhit çalıştırmaktadır. Özellikle ufak işler de, yine müteahhidin kontrolünde olmak üzere, taşerona ihale edilir. Şantiyede yönetsel olarak ilki atölyeleri ve üretim sahasını gözetenler, diğeri de genel olarak bütün sahadan sorumlu olmak üzere iki çeşit idare yapısı vardır. Sahada işlerin entegrasyonu ve kontrolünün öne çıktığı bir organizasyon vardır. (Powell 2003: 1651)

1800'lerin sonuna gelindiğinde, New York'ta da halen ihale usulü ve müteahhitlik bazlı inşaat şekli devam etmektedir. İşverenler artık yaptırdıkları işlerin kaynaklarını giderek artan şekilde fonlardan sağlamaktadırlar. Yapının tasarımını üreten mimari firmalar artık daha büyük ve güçlüdürler. İleri teknoloji, demir iskelet sistemler ve asansörler ile ve daha sıkı bina yapım yönetmelikleri ile inşaat süreci daha karmaşık hale gelmiştir. Artık daha yoğun bir taşeron kullanımı vardır, müteahhit kaynaklarına sahip olmadığı işi taşeronlara vermektedir. Ciddi anlamda uzmanlık isteyen karmaşık işler söz konusu olduğunda taşere etme yetkisini mimarlar da kullanmaya başlamıştır. Şantiyeye prefabrik olarak gelen parçalar önceki dönemdekilere oranla miktarca daha fazlalaşmıştır. Şantiyedeki bu yoğun taşeron varlığı müteahhitin yönetsel ve muhasebesel yükünü artırmıştır. Genel proje sorumluluğunu taşıyor olsa da müteahhit uzmanlaşmış firmaların yaptığı işlere bağımlı hale gelmeye başlar. Şantiyede artık entegre düzen değil, iş bölümlerine ayrılmış düzen ağır basmaktadır. (Powell 2003: 1652)

3. GELENEKSEL EĞİTİM

18. yy.'ın ilk yarısından hemen önce, kubbelerle ilgili çalışmalar ve uygulamalar yapılırken, elde edilen teorik bilgiler ile yapı geleneğinin karşılaştırılması ve harmanlanması ihtiyacı doğdu. Antik ve Rönesans yapıları incelendi, yeni analitik ve mekanik yaklaşımlar, teknik ile kompozisyonun mükemmelliğini aramak için kullanıldı. 19. yy.'ın başlarında yeni teoriler mimarlık alanını etkiliyor ve mimarlar artık projelerini yazılı kaynaklar ve Fransız akademilerinin çalışmalarından izledikleri matematiksel yöntemlere dayandırıyorlardı. (Tomasoni 2008: 104, 105)

Akademilerin çalışmaları uygulama yapanlar tarafından benimsenince, akademisyenler de teori – pratik birlikteliği konusunda destekleyici bir tavır belirlediler. Vincenzo Ruffo⁷⁵ örneğin, yapı inşasında kullanılan malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin⁷⁶ dönemin bilimsel yöntemleriyle aydınlatılmasının yapı bilimiyle ne kadar alakalı olduğundan bahseder. Yapı biliminin mükemmelleştirilmesi için fizik biliminin deney ve gözlemlerine ihtiyaç duyulduğunu belirtir. (Raia 2007: 23)

Bilimsel gelişmelerin, teorilerin pratik hayata geçirilmesi noktasında akademilerin / eğitim kurumlarının ve yeni yeni şekillenen eğitim sisteminin önemi ortaya çıkmıştır. Zira eğitim kurumları teorisyen bilimadamı ile mimar – mühendis vb. uygulayıcı teknik insanların formasyonunun şekillendiği yerler olarak hayata geçmeye başlar.

⁷⁵ Kraliyet Akademisi bünyesindeki Floransa Güzel Sanatlar Akademisi'nde Akademisyen

⁷⁶ Ruffo'ya göre; “Malzeme bilimi; malzemelerin bileşimleri, ortalama kaliteleri, dayanımları ve mukavemetleri, kombinasyonlarının yapısının bilinmesi, yapı bilimi ile yakından ilgilidir. Yapı bilimi fizik bilimiyle birlikte çalışarak, mükemmelliğine erişmek için, malzemelerle ilgili halen ihtiyacı olan bilgileri gözlem ve deneyler yoluyla elde etmelidir.” (Raia 2007: 23)

Endüstri devrimiyle birlikte, artık mesleki ihtiyaçlar doğrultusunda eğitim planlaması yapılmaktadır.

Devrim öncesinde, ortaçağ, Rönesans ve hatta aydınlanma çağı boyunca, sanatçı, mimar, mühendis, bilimadamı sözcükleri hep birbirleri yerine kullanılmıştır. Nihayet 18. yy.'dan sonra tanımları netleşmiş, çalışma alanları ayrılmış kavramlar haline gelmişlerdir.

3.1. Sınırları Belirsiz Mesleklerden Tanımlı Mesleklere Geçiş

Ortaçağ boyunca mimar- ustabaşı, teknik mucit, makine projecisi veya hidrolikçi uzmanlıkları aynı kişide toplanıyordu. Ancak modern dönemin başlangıcında bu meslekler kimliksizlikten çıkarak özgül meslekler haline geldiklerinde, bu akımdan mimar - ustabaşı birleşik figürü de etkilendi. (Buccaro 2010: 262).

Aydınlanma çağına değin, mühendis figüründe mekanik yapıcılık ve mucitlik ile mimarlık bir aradaydı. Ancak, 18. yy.'ın sonlarındaki akademik alan tartışmaları ve diğer mühendislik dallarının doğması bu iki alanı ayrılmaya itti (Buccaro 2010: 261).

Mesleklerin bu kimlik kazanma süreci yüzyıllara yayılmış uzun bir dönemde incelenebilir. Bu sürece etki eden ana başlıklardan biri bilimsellik yaklaşımının benimsenmesi ve bunun getirdiği teorik / pratik yenilikler olmasının yanı sıra, bunların anlaşılıp uygulanması noktasında ihtiyaç duyulan teknik / bilimsel alt yapı ve formasyon, yani eğitimidir.

Söz konusu sürecin nüvesi 16. yy.'ın başlarından itibaren güney İtalya'da Da Vinci tarzı eğitimin yaygınlaşmasıyla atılmıştır. Aynı görüşe göre, 18. yy.'da Leonardo'nun genel prensiplerin sürekli doğrulanması ve yüksek deneysel aktivite metotlarının kullanılması, pratikle teoriği daha kolay bir arada götürebilen bir

“mühendis” yapısını ortaya çıkarmıştır. 1500’lerin ortalarında Leonardo’nun notları ve el yazmalarının kopyaları önemli napoliten ailelerinin kütüphanelerinde yerlerini almıştır. Dönemin mühendislerinin deney yaklaşımını benimsediği görülmüştür. 16. yy.’ın ikinci yarısı ile 17. yy.’ın başlarında Leonardo yaklaşımı eğitimde de görülür; Carlo Theti’nin 1569 tarihli çalışması, “Discorzi di Forticationi”⁷⁷’de askeri mimarinin sürekli artan teknik uzmanlık talebi karşısında, matematik ve geometri bazlı askeri mimarlık konseptini göz önüne almış, sadece pratik temellerin mesleğe katkısı olabileceği anlayışını reddetmiştir. (Buccaro 2010: 265).

Pratikte teoriyi birleştirici figür, Napoli’de Murat⁷⁸ tarafından 1811’de kurulan mühendis okuluna kadar, özellikle kamu işlerini gören karaktere bürünüp son olarak bilim adamı - sanatçı rolünü üstlenmiştir. (Buccaro 2010: 261).

3.2. İlk Akademiler ve Çalışmaları

Somut kurumlar üzerinden gidilerek, İtalya’daki akademilerin ilk örneklerine bakıldığında daha klasik bir yaklaşım görülür. Hala antik metinler üzerinde çalışma geleneği sürmektedir, henüz deneysel yaklaşımdan bahsetmek mümkün değildir. Dolayısıyla henüz belirgin bir program ve net bir meslekler ayrımı da görülmemektedir. Örneğin, “La compagna del Pantheon”⁷⁹, 1542’de, Papa Paolo III’ün⁸⁰ de onay vermesiyle birlikte kurulur. Topluluğun üyeleri, dini sebeplerle toplanmanın yanı sıra, çalışmalarını açıklamak ve tartışmak üzere de Pantheon’un “atrium”unda

⁷⁷ Burçlar üzerine

⁷⁸ Gioacchino Murat. Napoli Kralı. D.1767 – ö. 1815.

⁷⁹ “Pantheon Gurubu”. İsmi sonradan “Accademia dei Virtuosi”, “Virtüöz Akademisi” olarak değişecektir.

⁸⁰ Alessandro Farnese

toplanıyorlardı. Bu tartışmaların teması Vitruvius ile antik işlerin karşılaştırılmasıydı. Aynı dönemde, Tolomei'nin akademisinde de benzer bir çalışma yapılıyordu. (Bruschi 2000: 23, 24)

Roma ve Padua'da Vitruvius'un "De Architettura"sı üzerinde çalışmak için iki akademi daha kuruldu. Tolomei⁸¹, Roma'da "Accademia delle Vertu"yu⁸² kurdu. Amacı De Architettura'nın tam baskısını yapmak ve tamamlayıcı olarak da örneğin onuncu kitapta geçen makinalarla ilgili de açıklayıcı çalışmalar yapmaktı. (Drake 1999: 143, 144)

Üyeleri arasında geleceğin Papa'sı Marcello Cervini⁸³ gibi din adamları arasından isimlerin de olduğu "Accademia delle Vertu" için Da Vignola⁸⁴, Roma'daki kimi antik eserlerin rölöve çalışmasını yaptı ve bunlar 1583'te yayımlandı. Akademi, Farnese'nin⁸⁵ kendi etrafında topladığı bir grup alimle mimarlık çalışmalarının güncelleştirildiği bir kurumdu. Akademinin net bir programı yoktu, içerik değişkendi. Üyeleri ve üye olanların formasyonları da öyle. 1541'de ayrılanlar yerine örneğin, başka alanlardan kişiler gruba dahil oluyor ki bunların arasında bir şair⁸⁶ dahi vardır. Papalık mimarı olan Antonio da Sangallo da akademinin danışmanlarından biridir. Uzun zaman yoğun bir çabayla antik yapılar üzerinde Vitruvius'un eseriyle karşılaştırmalı olarak çalışmıştır. (Günther 2002: 126)

⁸¹Claudio Tolomei. İtalyan hümanist, filolog, şair, diplomat. d.1492 – ö.1556.

⁸² "Accademia Vitruviana", Vitruvius Akademisi olarak dabilinir. Kuruluşu 1542'den önceye denk gelir.

⁸³ Marcello Cervini. Papa. d.1501 – ö.1555. Papalığa gelişi 1555.

⁸⁴ Jacopo Barozzi da Vignola. İtalyan mimar. d.1507 – ö.1573.

⁸⁵ Alessandro Farnese. Papa, Paolo III. d.1520 – ö.1589. Papalığa gelişi 1534. Aynı zamanda koleksiyoncu ve sanat hamisi.

⁸⁶ Francesco Maria Molza . İtalyan hümanist şair. d. 1489 – ö. 1544.

Akademi, Vitruvius'un çalışmasını antik yapılarla karşılaştırmalı olarak incelemeyi ve böylelikle her ikisini de daha iyi anlamayı hedefler. Bu kapsamda metne eklemeler yapmak ve bir sözlük oluşturmak ihtiyacı hissedilir. Genelde İtalya ve özelde de Roma'daki tüm antik yapıların ve bunların detaylarının çizimlerinin yapılması da gerekli görülmüştür. Netice olarak resimlendirilmiş yeni bir Vitruvius edisyonu yayımlanması bu çalışmaları takip eder. Bir başka çalışmada da antik yapıların çizimleri yer alır. Bu çalışmaya yapılara ilişkin tarihi bilgiler, örneğın yapılış sebepleri, yapımlarında izlenen kurallarr vb. de dahil edildi. Takiben, bütün Roma kültürünü; tüm sikkelerin, makinelerin, aletlerin, madalyonların kısaca tüm antik sanatın resimlendiğı ve yorumlandığı bir çalışma daha yapılmıştır. (Günther 2002: 127)

Aradan yaklaşık bir yüzyıl geçtiğinde Fransa'da ise geleneksel düşünce ve anlama yapısının artık terk edilmiş olduğı görülür. 1660'lardan itibaren kurulmuş bilimsel dernekler buluşları kendi üyeleri ile paylaşmakla yetinmeyip bu buluşları kayıt ettirip tutanak ve gazete olarak yayımlama yoluna gitmekteydiler. Bir diğerr çok önem verilen yeni bilimsel yaklaşım da deney yapmaktı. 17. yy.'ın bilimle ilgilenen bu gruplarının değışmez hedefi bilimsel gerçekleri göze görünür kılmaktı. (Hahn 1971: 3)

Paris Bilimler Akademisi ilk toplantısını 22 Aralık 1666'da yaptı. Bilimle uğraşanlar bu tarihten çok evvel bir araya gelip çeşitli çalışmalar yapmaktaydılar. Ancak bir akademinin kraliyet desteğıyle kurulmuş olmasının önemi, artık bu bilime meraklı kişilerin gerçekleştirecekleri deneylerle ilgili finansal kaynak için devletten destek alabilecek şekilde⁸⁷ bir kurum çatısı altında toplanmış olmasında ve bu bilim

⁸⁷ Bilimadamları artık, deneyler ve deney makinalarının yapımı gibi kaynak gerektiren işler için kraliyetin başbakanı Jean – Baptiste Colbert'e başvuruyorlardı.

meraklılarının da kraliyetin hizmetinde birer profesyonel bilimadamına dönüşmesini sağlamasındadır. Kraliyet için de bilimin gelişmesi teknolojinin ve teknik eğitimin gelişmesi demektir. Bu da ticaret ve üretimin gelişmesi anlamına geliyordu. Bu her iki tarafın da karşılıklı fayda elde ettiği bir halin doğal olarak işbirliğine dönüşmesini göstermesi açısından kayda değerdir. Aynı zamanda bu akademi Avrupa'daki sınırlar ötesi bir etkileşimin ürünüdür: Floransa'daki Accademia del Cimento'nun⁸⁸ ve Londra'daki Royal Society'nin⁸⁹ Fransa Kraliyet Akademisi'nin kuruluşunda önemli etkileri vardır. (Hahn 1971: 4, 6, 8, 9)

Paris Bilimler Akademisi'ne kabulde en önemli etken ciddi bir eğitimi. Zanaatkarlar açıkça akademi üyeliği dışında tutuluyordu, çıraklık akademi tarafından kabul gören bir eğitim metodu değildi. Akademiye kabulde Colbert ve seçim komitesi söz sahibiydi ve bilimsel konuda yeterlilik kabul koşuluyla ki, bu kriteri karşılamak ancak eğitimle mümkündü. Eğitim almayaysa o dönem için ancak zengin ve soyluların imkanı vardı. Ancak yüksek sınıftan gelen eğitimlilerin başvuruları da amaçları gerçek anlamda bilimsel çalışma yapmak değilse reddedilebiliyordu. Kartezyen ve Cizvitler de, açık görüşlü gerçek arayıcıları olmadıkları düşüncesiyle üyelik kapsamı dışında bırakılıyorlardı. Akademi, müsbet bilimler (matematik) ve deneysel bilimler (fizik, kimya, anatomi, botanik) olmak üzere iki temel bölümlü olarak kuruldu. (Hahn 1971: 14, 15)

Akademi kimi zaman krallığın yeni haritasının hazırlanmasında kimi zaman da çeşitli askeri silahların menzil çalışmaları ile ilgileniyordu. Ancak, bu uygulamalı bilim yanında saf bilimle de uğraşmaları için Colbert gerekli dengeyi kuruyordu.

⁸⁸Kuruluş tarihi 1657

⁸⁹ Kuruluş tarihi 1660

Akademi zamanla spesifik teknik konular üzerinde de çalışır oldu. Örneğin: tuzlu suyun içilebilir hale getirilmesi, ışık huzmelerini bir araya toplayarak yüksek ısı sağlayan metal ayna, insanı görevler üstlenebilecek bir takım savaş makinaları vb.. Bu çalışmaların neticeleri Louis XIV'e sunuluyordu. Akademiye, incelenmek ve onaylanmak üzere çokça icat ve makine projesi geliyordu. Dolayısıyla akademi zanaatkar ve fikir adamının da, üretimlerini tasdik ettirmek için kapısını çaldığı bir kurum haline gelmişti. (Hahn 1971: 17, 21, 24)

Paris Bilimler Akademisi'nin kurum olarak yüklendiği bir takım görevleri olduğu gibi, diğer Paris akademilerinin de, örneğin, Resim ve heykel akademisi'nin de, konuları doğrultusunda üstlendikleri görevleri vardı. Resim ve Heykel Akademisi estetik kuralları tartışmak ve oluşturmak için toplanıyordu. Mimarlık akademisinin de ilk işi sanatta "zevk" in ne olduğuna karar vermektir. Bu akademilerin kurulduğu esnada Fransa'da klasisizm baskın kültürdü. Dolayısıyla klasisizmin resmi ve baskın bir şekilde topluma estetik referans noktası olarak salık verilmesi bu akademilerin ilk yan ürünüdür. (Hahn 1971: 47, 48)

Avrupa genelindeki diğer akademilerle kıyaslandığında ise, Paris Bilimler Akademisi'nin bu örneklerden farklı olduğu görülür. Bu farklardan en önemlisi Paris Bilimler Akademisi'nin kapsamını matematik ve doğal bilimler ile net olarak belirlemiş olmasıdır. İkincisi ise, hükümet nezdinde fonksiyonel olmasıdır. Hükümet başbakanı Colbert'in akademi harici mimari, ekonomik, finansal danışmanları, bürokratları zaten vardı.⁹⁰ Dolayısıyla, akademideki bilim adamları ürettikleri iş için maaşa bağlanmış bürokratlar veya zanaatkarlar değildiler. Akademik kurumdaki akademisyen kimlikleri sebebiyle maaşa bağlanmışlardı. Bu kurumsallaşma öncelikli

⁹⁰ Örneğin, Louvre'un yapım çalışmalarında görüşlerini beyan eden Claude Perrault, mimari alanda bunlardan biridir. (Rondelet 1834a: 95, 96)

olarak bürokratikleşme alanında diğer bütün Avrupa ülkelerinden daha hızlı gitmekte olan Fransa'da, onun da özelinde Paris'te daha erken görüldü. Fransa kırsalında ise geleneksel çok yönlü genel kültür bir müddet daha, devlet yapısının ihtiyacını karşılayan uzmanlaşmış bilginin önünde gitti. (Hahn 1971: 50-52)

Akademi, zanaatların gelişiminin de ancak bilimin onlara uygulanmasıyla gerçekleşeceğine inanıyordu. Zanaatkarı yerinde saydıran geleneksel bakış bilim sayesinde yerini teknolojik gelişmeye bırakabilirdi. Bu düşünceyle Colbert de 1675'te Akademi'ye mekanik sanatların tanımlanması görevini vermiştir. 18. yy. boyunca akademi bu konuda 24 cilde ulaşan bir çalışma yapmıştır. Kendi bilimsel alanlarında başardıkları değişimi zanaat alanında da gerçekleştirmek için kendi meslek standartlarını zanaatkarlara empoze ettiler. (Hahn 1971: 68)

1730'larda akademisyenler danışman olarak Fransız bürokrasisine teknik destek verdiler. Akademik kimliklerinden ötürü özel sektörde; tekstil, seramik, kimya, madencilik, metalurji gibi önemli endüstriyel alanlarda yönetsel görevler almaya başladılar. (Hahn 1971: 69)

Özellikle 1750'den sonra, şehirlerin büyümesi ve şehir halkının problemleri de akademinin ilgi alanlarından biri haline geldi. Örneğin sokakların ışılandırılması, şehir suyuyla ilgili problemler; suyun temizlenmesi, taşınması, yangın söndürme sistemleri, su değirmenleri vb., 1760'tan devrimin ilk yıllarına kadar akademisyenlerin tartışma konuları arasında yer almıştır. Halk sağlığı da akademilerin gündeminde olan bir diğer konudur. (Hahn 1971: 120)

Bilim ve teknik gelişmeler sayesinde Avrupa'da giderek daha çok teknik yeterlilik gerektiren uygulama biçimleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu uygulamalar

hem askeri⁹¹, hem de sivil⁹² vasıflıdır. Özel sektörde de burjuva ve soylu kesim yaptıracağı işlerde uzmanlık aramaktadır. (Edallo 2011: 3)

3.3. İlk Askeri Okullar

Akademilerin zanaatkarların içinde buldukları geleneksel eğitimi bilimle destekleyerek zanaatları geliştirmek yolunda adımlar atmasından sonra, “uygulamacı”lar yetiştirmek üzere askeri ve sivil okullar kurulmaya başlandığı görülür. Uygulamacılar, geleneksel usta – çırak eğitim modeliyle yetişmiş zanaatkarlardan farklı olarak, pratik çalışmalarını da kendi yorumuyla eğitime dahil eden bir bilimsel eğitim programıyla yetiştirilmeye başlanmıştır. Bu okullardan mezun olan uygulamacıların yetkinlikleri, askeri ve kamusal alanda halkın ve devletin kalkınmasına sunulmaya başlanmıştır.

İlk kuruluşundan beri askeri mühendislik birliklerinin amacı savunma sistemlerin inşa ve bakımı suretiyle alan güvenliğini sağlamaktır. Bu, sur bakım ve restorasyonu işlerinin yanı sıra, yol inşa ve bakımını da içeriyordu. Askeri mühendisler ayrıca, yoğun teknik gerektiren kamu işlerinde de müdahil oluyorlardı. Topoğrafya işleri de, topoğrafyanın bilinmesi ve resmedilmesi de genellikle doğrudan ilintili olduğu için, bu mühendislerin görevleri arasındaydı. 1700’lerde, akademik enstitüler sayesinde askeri mühendislerin mesleki becerileri gelişti. (Pezzone 2010: 643).

İtalya’da da 18. yy’ın ikinci yarısından sonuna kadar geçen sürede çeşitli isimler altında askeri akademiler kurulmuştur. “Reale Accademia e Scuola di Matematica”⁹³

⁹¹ Ateşli silahlar, yollar, köprüler

⁹² Su temini ve kadastral planların oluşturulması

⁹³ “Kraliyet matematik akademisi”

1744 veya 1745'te, kraliyet emriyle topçu akademisi ile mühendis akademisinin birleşmesiyle oluşan "kraliyet harp akademisi" ve 1786'da, daha yeni ve iyi askeri teknik modellerine göre kurulmuş yeni bir okul bunlara örnek gösterilebilir. 1786'da kurulan okulun eğitim süresi 10 yıldır. Dersler arasında askeri mimari, taktik, teorik ve pratik topçuluk, kimya, askeri mimari çizimi, top çizimi, sivil mimari çizimi ve modelleme sanatı bulunuyordu. Dokuzuncu yılın dersleri arasında ise kuşatma savaşı, ileri taktik, silahlı savaş egzersizi gibi askeri hünelerli geliştirmeyi hedefleyenlerin yanında, top ve sivil mimari çizimi gibi inşaa alanındaki faaliyetere yönelik dersler de vardı. Onuncu yıl derslerine sadece proje ve hidrolik alanlarında görev alacak mühendisler alınıyordu. Ayrıca bu onuncu senede, bir grup başarılı öğrenci de geometri ve ileri matematik eğitimi görmeye devam ediyordu. Eğitimlerine ileri safhada devam eden bu öğrenciler, mezun olacakları akademide eğitmen olarak değerlendirileceklerdi. Bu okulda hoca olarak görev alan pek çok subay yeteneklerini geliştirmeleri için Fransa ve Almanya'ya gönderiliyor, bu yerlerden de yabancı hocalar yenilikçi katkıları sunmak için davet ediliyorlardı (Pezone 2010: 643).

Deniz kuvvetlerine gelince, 1735'te "Reale Accademia de los Guardias Estendartes de las Galeras" kuruldu. Okula yalnızca krallığın ve ileri gelen bölgelerin genç asilleri alınıyordu. 1787'de hidrolik birliğin yetenekli gençleri, yeniliklerden haberdar olmaları amacıyla, o yılların en önemli görülen okulları olan Fransa'daki "Ecole des Ponts et Chaussées"⁹⁴ (1747) ve "Ecole des Ingenieurs de Mézieres" (1748) okullarına gönderildiler. (Pezone 2010: 643).

⁹⁴ Köprüler ve yollar okulu

Fransa’da askeri amaçlı kurulan okulların ilk örnekleri ise “l’Ecole Royale du Genie” (1748), “Ecole des Eleves du Corps d’Artillerie”⁹⁵ (1756) ve “Ecole por les Eleves Ingeniurs de la Marine”⁹⁶ (1765)’dir. (Russo 2006: 197).

3.4. İlk Sivil Okullar

Kamu mühendisliği için eğitim veren kurumların tarihçeleri incelendiğinde, mühendisler için ilk olarak Paris’te 1747’de “Écoles des Ponts et Chaussées” adlı okulun kurulduğu görülür. Bu okul mühendisler için profesyonelliğin ve uzmanlaşmanın başlangıcıdır. Bu dönemde müfredatlarda teknik ve hümanistik alanlar ayrılmıştır. Daha ileriki bir tarihte, 1783’te de, Paris’te “kamu (civil) mühendisi” yetiştirmek için “l’Ecole des Mines” kurulmuştur. (Russo 2006: 197).

Eğitim sistemindeki yeniliklere gidilmiş olmasına rağmen, okullara kabul kriterleri henüz gelenekseldi. Fransa’da, öğrencilerin sosyal geçmişi önemli bir yüksek öğrenim kriteriydi. Ancak orta ve üst sınıf mensupları yüksek öğrenim görebiliyordu. Ayrıca eğitim kurumlarına girişte kayıt ücreti talep ediliyordu. Bu durumda, alt sınıftan insanlar için dini kariyer hala en iyi sosyal yükselme yöntemi idi. Şehirlerdeki ve kasabalardaki okullar arasında da, başkent Paris ve diğer kentlerin okulları arasında da farklar vardı. 1830’larda demokratikleşme atılımıyla yüksek okulların alt sınıflara da açık hale getirilmesi üst sınıfların tepkisel olarak özel okullara kayıt olması ile sonuçlandı (Zuccolo 2006 – 2007: 9).

Fransız Devrimi’nin ilk yıllarında, 1795’te ilk laik okul örnekleri olan “Polytechnique” ve “Ecole Normale” okulları kurulur. (Zuccolo 2006 – 2007: 9) 1795’te Ecole Polytechnique’in kuruluşu Vitruviyen geleneğin çok yönlü (sanatçı –

⁹⁵ Silah Okulu

⁹⁶ Deniz mühendisleri okulu

mimar-mühendis-mucitliği tek bir kişide toplayan) karakterinin, rönesansta da “artifex polytechnes”in sonu olmuştur. (Dato, Di Pietro, Perretti, 2008: 185).

Ecole Polytechnique ilk etapta “Ecole Centrale des Travaux Publics”⁹⁷ adıyla kurulur. Bu okul kamu işleri bakanlığına bağlı olarak kurulmuştur ve geleceğin kamu sektörü “memurlarını” ve pozitif bilim eğitmenlerini yetiştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yüzden okul müfredatının hem kültürel hem de siyasi bir yönü vardır. Müfredat matematik ve fizik temellidir. 1795’te okulun hem adı hem de amacı değiştirildi ve “Ecole Polytechnique” adıyla İç işleri bakanlığına bağlandı. Sadece sivil mühendis değil, “askeri mühendis” de yetiştirmeye başladı. Sonraları da fizik, matematik ve kimya bilmeyi gerektiren alanlarda çalışan serbest profesyoneller yetiştirmeye başladı. Bonaparte okula askeri kolej statüsü verdi (Russo 2006: 197, 198).

Napolyon İtalya’da da eğitim sistemine müdahale eder. Fransız ihtilali sonrası Fransa’da kurulmuş olan Ecole Polytechnique modeli ile 1807’de, köprü – sokaklar, madenler ve topçuluk bölümleri bulunan mühendislik alanı için bir “Acque e Strade”⁹⁸ okulu açar. Gioacchino Murat da Napoli’de 1811’de yine, Fransız modeline göre, mühendisler için bir teknik okul açmıştır. (Edallo 2011: 15)

1860’da kurulan “Scuola di Applico per l’Ingegneri di Torino”⁹⁹ da yine Ecole Polytechnique örnek alınarak Fransız ekolüne göre kurulmuştur. Bu okula girişin ön koşulu üniversitenin 3 yıllık matematik fakültesinden mezun olmuş olmaktır. Takip eden 2 yılda bu okulda mimarlık ve inşaat mühendisleri için uygulamalı eğitim

⁹⁷ Kamu işleri için merkezi okul

⁹⁸ Su ve sokak

⁹⁹ Torino mühendisleri için uygulamalar okulu

veriliyordu. Milan Politeknik'in kurucusu Brioschi¹⁰⁰ matematiğin deneylere anlam kazandırmakta ve kural oluşturmakta bir mühendis için ne kadar elzem olduğundan bahseder (Silvestri 2010: 35) “*Matematiğin, bu bilime gönül vermiş gençlere öğretilme metotları ile bu bilimi doğal kuvvetlerin etkisine ilişkin araştırmalarının enstrümanı olarak kullanan diğerlerine öğretilme metotlarına ilişkin fikirlerime bir kez daha değinmek istiyorum: İlk durumda genç en yüksek teorilere yönelecek, eğer salt bilim alanında kalacaksa, bu ehil işidir. İkinci halde böyle olmayacaktır; en yüksek teorilerden ziyade, hiç de kolay olmayan, yöntemi gerçek problemlerde uygulama ve kullanma yolu tutulmalıdır. Bu noktadan bakıldığında, ileri matematik eğitimi üniversitede verileden farklı olmalıdır. Kapsamı belirtmiş olduğum şekilde olsa da, matematiğe aynı zamanda bir tümevarım karakteri kazandıran doktrinlere de ev sahipliği yapması gerektiğinden şüphe yoktur. Demek istiyorum ki, ihtimal hesapları, interpolasyon formülleri, gözlem teorisi vs. bütün bu disiplinler geleceğin mühendisi için çok önemlidir, en az diferansiyel denklemler veya integral hesaplar kadar”¹⁰¹ (Silvestri 2010: 36)*

Teknik okullarda okutulan ders kitaplarına örnek olarak, De Cesare'nin¹⁰² sivil mimarlığa giriş adlı kitabı gösterilebilir. Kitap 1830'larda basılır ve Kraliyet Askeri Kolejinde ders kitabı olarak kullanılır. Kitap bir yandan geleneksel Napoliten inşaatlarında kullanılan teknikler ile malzemeleri ortaya koyarken, diğer yandan da o

¹⁰⁰ Francesco Brioschi. İtalyan Matematikçi, politikacı ve rektör. D.1824 – ö. 1897. Pavia matematik fakültesinden mezundur, o zamanlar bu bölüm esasen inşaat mühendisleri ve mimarlar için bir mühendislik okulu niteliğindedi. (Silvestri 2010: 29)

¹⁰¹ Sainte Geneviève Kilisesi'nin yapımı esnasında süregelen tartışmalara taraf olan mühendis Gauthey de matematikçilerin gerçekleştirdiği kemer çökme mekanizmaları hesaplamaları sırasında gösterdikleri koşulların (örn: sürtünmenin yokluğu) gerçekte var olmadığını belirterek mühendisler ile salt matematikçilerin hesap yaklaşımlarının farklılığına dikkat çekmiştir. (Otoni 2008: 308)

¹⁰² Francesco de Cesare. İtalyan Mimar. d.1801 – ö.1884.

günlerde henüz yeni yeni gelişmekte olan, malzemelerin fiziksel ve kimyasal karakterlerini ortaya çıkaran yapı malzemelerinin deneysel biliminin gelişimini gözler önüne sermektedir. Kitap, yurt dışındaki deneysel gelişmelere de, örneğin; Rondelet, Buffon, Coulomb, Ronzier, Soufflet, Gauthey gibi isimlerin gerçekleştirdiği yük testleri ve kimyasal analizler gibi deneylerin sonuçlarına da yer vermektedir. Ayrıca De Cesare'nin bizzat Napoliten şantiyelerinde gerçekleştirdiği deneylerin sonuçlarını da içermektedir. (Raia 2007: 36, 38)

Avrupa'nın bir diğer ülkesi Almanya'da da, ilk politeknik okulları Napolyon'dan ve endüstriyel gelişmelerden etkilenecek şekilde kurulmuşlardır. (Edallo 2011: 4) Almanya'da, esas hedef hep bürokrasiye ve teknik kamu sektörüne yüksek eğitilmiş profesyoneller, geleceğin milli elitlerini yetiştirmek olmuştur. Üniversite eğitimi ekonomik kriz dönemlerinde de işsizlikten kurtulma yolu olarak görülmüştür (Zuccolo 2006 – 2007: 3) Almanya'da, ancak 1850'den sonra teknik eğitim bir değere haiz olabildi ve öğrencilerin teknik eğitim aldıktan sonra üniversitelerde 4 anadaldaki eğitimlerine devam etmelerine izin verildi¹⁰³. 1859'dan 1900'lara kadar teknik okullar üniversitelerle eşit diplomalara sahip olmak için uğraştı ve kazandı. 1900'de, Almanya'da üniversite sınavına herkesin girebilmesi serbestliği sağlanmış olsa da, Latince ve Grekçe bilme gerekliliği teknik lise - okul mezunlarının üniversitelere girmesi önünde bir engeldi ve bu engel üniversitelerin ve bunlardan mezunların oluşturduğu saygın mesleklerin korunması için konmuştu (Zuccolo 2006 – 2007: 6).

Britanya'da ise mühendislik ve mühendislik eğitimi kıta Avrupası'ndan oldukça farklı şekillenmiştir. Britanya'da mühendislik talepleri pazardan gelmektedir. Okullar yoktur, sadece şantiye alanları vardır. Girişimciler, teknikerleri ihtiyaç doğrultusunda

¹⁰³ Orta derecede bürokratiklik, askeriye, tarım, ticaret (ekonomi)

talep ederler. Mühendislik endüstriyel gelişmelere endeksli olarak formlanır ve devletin bununla bir ilişkisi yoktur. Kolejler ve üniversiteler yoktur. Britanya’da mühendislik, “Kanal deliliği” (canal mania / canalomania) diye adlandırılan dönemde askeri köklerinden kurtulmuş ve mimarlıktan ayrılmıştır. Bu farklılık Britanya’da, 19. yy.’ın ortasına kadar üniversitelerdeki mühendislik eğitime kuşkuyla bakılmasına sebep olmuştur. Zira bu zamana değin “sahada öğrenmek” esastı. Akademikleşmeye rağmen, Britanya’da en prestijli kurum olan sivil mühendislik enstitüsüne dahil olmak için diplomalı veya alaylı olmak fark etmiyordu. (Edallo 2011: 9)

3.5. Teknik Resimin Gelişimi

17. ve 18. yy.’lar arasında yaşanan endüstriyel devrim teknik çizim alanında da önemli değişikliklere yol açmıştır. Objelerin kolaylıkla inşaa edilmesini mümkün kılan, aynı düzlemde ortogonal olarak gösterim yapma metotlarının gelişmesi ile boyutsal bilgiler yeterli şekilde görselleştirilme imkanı buldu. 19. yy.’da ise teknik resimi etkileyen iki önemli gelişme oldu. Bunlardan biri büyük bir endüstrinin doğuşudur. Diğeriyse bu endüstrinin talebini yarattığı kurumsal eğitim ihtiyacıdır. Endüstrinin gelişimi projelendirme ve üretim alanlarında bir yoğunluk yarattı. Bu iki sektör arasındaki teknik bilgi paylaşımı da çizim ile ifade edildi. Böylelikle, matematiğin yanı sıra çizim (tasarım), profesyonel formasyonun yapıtaşları oldular (Chirone, Rovida 2010: 243)

G. Monge’un¹⁰⁴ da, teknik resimin geliştirilmesine önemli katkıları olmuştur. 1768 – 1818 yılları arasında üç boyutlu objelerin dizayn amaçlı iki boyutlu hale getirilmesi konusunda çalışmıştır. (Ferone, Trombetti 2006: 43)

¹⁰⁴Gaspard Monge. Fransız matematikçi. d.1746 – ö.1818. L’ecole Polytechnique’de hocalık yapmıştır. Analitik geometri ve diferansiyeli geliştirmiştir

4. GELENEKSEL YAPI MALZEMELERİNDEN YENİ MALZEMELERE GEÇİŞ SÜRECİ

4.1. Demirin yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması

Demirin silah yapımında veya alet yapımında kullanılması M.Ö 5 bininci yıllara dayandırılır. Demirden yapılmış ilk antik buluntulardan anlaşıldığı üzere bunlar cevher demirden üretilmemiştir, metal halinde bulunan meteorlardan üretilmiştir. Gökten kuvvetli bir yanma ve gürültüyle inen meteorlar insanlar tarafından tanrısal silahlar olarak değerlendirilmiştir. Göktaşları Almanya'nın bazı bölgelerinde “şimşek taşı” olarak adlandırılmıştır. Mısır hiyerogliflerinde demir “göksel metal” olarak adlandırılır. (Mair, Maddin 2004: 35, 37, 40)

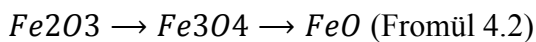
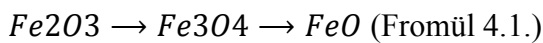
İnsanın demir metaliyle kurduğu emek – fayda ilişkisi geliştikçe, “göksel” madde “dünyasal” hale gelmiştir. Öyle ki, dünyasallığı su götürmez taştan mamül yapıların meydana getirilmesinde yaygın bir araç olarak kullanılmıştır.

4.2. Demirin Elde Edilme Süreci

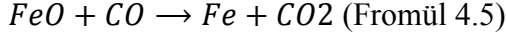
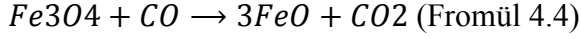
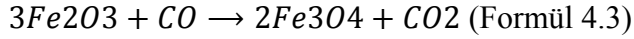
Demirin insanın dünya üzerindeki yaşamını kolaylaştırıcı ve ilerletici kullanımındaki gelişmeleri izlemeden önce, daha temel bir bilgi olan demirin elde ediliş sürecine göz atmak yerinde olur.

Demirin elde edilmesi iki yöntemle gerçekleştirilebilmektedir: Direkt redüksiyon ve indirekt redüksiyon. (Baraldi, 2004: 150)

Demirin oksit formları:



Demirin bu farklı oksitlerinin redüksiyonu prosesi de aşağıdaki gibidir:



Bu prosesler demirin en oksitli hali olan Fe_2O_3 halinden metal formdaki demirin elde edilmesine kadar devam etmesi halini göstermektedir. (Baraldi, 2004: 150)

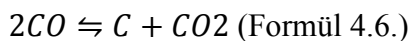


Şekil 4.1. Fe_2O_3 (demir oksit)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Iron\(III\)_oxide#mediaviewer/File:Iron\(III\)-oxide-sample.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Iron(III)_oxide#mediaviewer/File:Iron(III)-oxide-sample.jpg)

Redüksiyon oksijenin kimyasal olarak oksitten ayrılmasıyla olur. Karbon Monoksit (CO) demir oksitten çektiği oksijenle birleşerek karbon dioksiti (CO_2) meydana getirir ve bu şekilde redüksiyon gerçekleşmiş olur. (Baraldi, 2004: 150)

Karbon monoksit ve karbon dioksit arasındaki ilişki şöyledir:



710 derecenin üzerindeki ısılarda reaksiyon sola doğru, karbon monoksitin açığa çıkması yönünde işler. 710 derecenin altındaki ısılarda ise sağa doğru işler ve

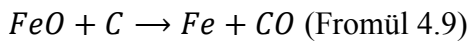
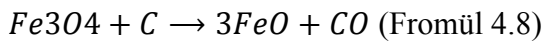
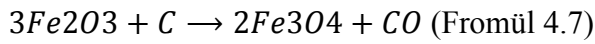
karbondioksitin açığa çıkmasına sebep olur. Demir oksitinin redüksiyonu için her zaman CO'nun açığa çıkması gerekir. (Baraldi, 2004: 150)

710 derece altındaki ısılarda gelişen reaksiyonlarda açığa çıkan CO₂ havaya dağılır ve reaksiyona girmeye devam etmez. Bu tip redüksiyonlara indirekt redüksiyon denir. (Baraldi, 2004: 150)

710 derece üzeri ısılarda ise CO₂ C ile derhal reaksiyona girip CO'yu oluşturur ve tekrar redüksiyona girip tekrar CO₂ oluşturur ve bu döngü bu şekilde devam eder. Buna da direkt redüksiyon denir. (Baraldi, 2004: 150)

CO'nun oluşumu öyle hızlıdır ki, C ile tepkimeye giren CO₂ tepkimenin olduğu ortamda neredeyse hiç açığa çıkmıyormuş gibidir. Öyle ki sanki redüksiyon C'nin oksitten O'yu CO oluşturmak üzere çekmesi ile oluyormuş gibi görünür.

Böylece direkt redüksiyon:



İle ifade edilebilir. Bu reaksiyon kalori tüketici bir reaksiyondur. (Baraldi, 2004: 150)

Direkt redüksiyon “düşük ateşler”in içinde olur. Maden ergitme ocaklarındaysa her iki tipte redüksiyon da gerçekleşir, ancak farklı termik yapılarından dolayı bu iki tip redüksiyon fırının farklı noktalarında meydana gelir. (Baraldi, 2004: 150)

4.2.1. Demir Elde Etme Sürecinde Fırınlar ve Makinelerin Gelişimi

Roma döneminde Colosseum'un¹⁰⁵ yapımında taş bloklarını birleştiren kenetler için 300 ton çelik¹⁰⁶ kullanılmıştır. Bir Roma lejyonunu silahlandırmak için gerekli çelik miktarı ise 38 tondur. (Mair, Maddin 2004: 114) Sadece Colosseum için kullanılan çelik miktarının bir lejyonu silahlandırmak için gerekli olanın neredeyse 10 katı olması bu metalin taş yapıların inşasındaki önemini ve kullanımının yaygınlığını ortaya koyar. Ne var ki ilerleyen dönemde, mineral çıkarımı ve çelikten yapılmış objelerin geniş çevrelerce kullanımı ve bu objelerin çelik kalitesi kavimler göçü esnasında hatırı sayılır şekilde gerilemiştir. Çünkü barbar kavimlerin istilası Roma sistemini çökertmiştir. Avrupa'ya barbarların ulaşmasından itibaren basit fırınlar kullanılmaya başlanmıştır. Çelikle ilgili bir başka sıkıntı da, roma hidrolik makinalarının madencilikteki kullanım yönünün unutulmasıdır. Bu anlayışın geri dönüşü M.S. 13. yy.'ı bulur. (Mair, Maddin 2004: 135, 136)

12.yy'ın sonlarından itibaren İtalya'nın ve Fransa'nın çeşitli bölgelerinde düşen suyun enerjisi ile çalışan makinalarla ergitme tesisleri işletilmeye başlandı. Manuel örs darbelerinden daha kuvvetli örs darbeleri elde etmek, veya manuel köruklerden daha iyi havalandırma elde etmek için hidrolik tekerin uniform rotasyon hareket gücünün kullanılmasına aslında 1000'li yıllarda başlanılmıştır, ancak yaygınlaşması 12. yy.'ın sonlarını bulmuştur. (Baraldi 2004: 149) & (Belhoste 2004: 188)

¹⁰⁵ Kolezyum, Roma. Roma imparatorluğu döneminde, M.S. 70 – 80 yılları arasında inşaa edilmiş amfityatro.

¹⁰⁶ Modern dönemde demir “düşük karbon içerikli çelik” olarak adlandırılmıştır. (Baraldi 2004: 149)

Hidrolik ventilasyon ve hidrolikle çalıştırılan örsle ¹⁰⁷ üretim yapan haddehaneler, demiri dikdörtgen kesitli veya düzleştirmiş olarak standart şekillerde ve seri olarak pazara sunabiliyordu, ki bunu manuel çalışmayla yapmak çok zordu. (Belhoste 2004: 189)

Hidrolik sistemle üretim sayesinde binaların güçlendirmesinde ve vitrayların sabitlenmesinde kullanılan demirin, ayrıca çeliğin, levha ve tel halindeki demirin üretilmesi üzerinde de etkileri olmuştur. ¹⁰⁸ (Belhoste 2004: 191)

Bu hidrolik makineyle “indirekt redüksiyon”la üretim yapılmıştır. Dökme demir üretiliyordu, ancak bunu demir veya çelik haline getirebilmek için fırının hemen yanında açık ve ikinci bir tesis olması gerekiyordu. Bu ikinci fırında ergitme ve oksidasyonu sağlamak için 1200’lü derecelerde çalışmak gerekiyordu. Bu şekilde kurgulanan haddehanenin, 14. yy.’ın ikinci yarısından itibaren görülen direkt redüksiyon yapabilen fırınların öncülü olduğu söylenebilir. (Baraldi 2004: 149)

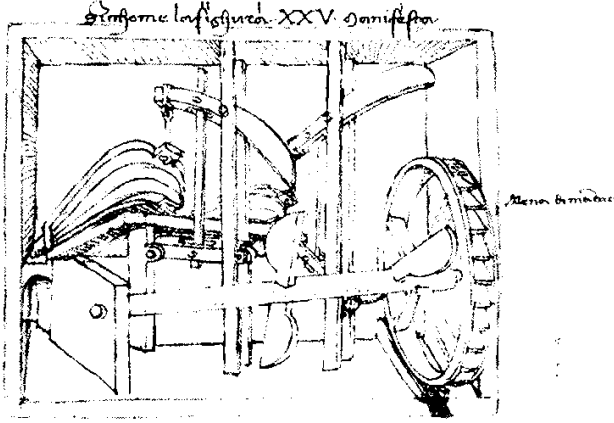
Direkt redüksiyon fırınlarının çalışma süreci, 14. yy.’ın ikinci yarısından başlayarak, kapasiteleri ve birincil enerji kaynağının odun kömürü olması açısından 19. yy.’ın ortasına kadar pek değişikliğe uğramamıştır. (Baraldi 2004: 180)

Rönesans’ın ilk dönemlerindeki kimi fırınların ve özellikle de onların işletiminde kullanılan körüklerin, redüksiyonu son derece güç olan bazı cevherlerin işlenmesinde bile faydalı oldukları ve tüm İtalya’ya yayılmaya başladığı bilinmektedir. (Baraldi 2004: 149)

¹⁰⁷ Sadece hidrolik düzenek kullanılan fırınlarda 10’larca kiloluk demir kütleleri elde edilebiliyordu. (Belhoste 2004: 189)

¹⁰⁸ Ancak Ortaçağ’da örneğin İle de France bölgesindeki gotik katedrallerin yapımında çok miktarda kullanılan gergi demirleri, demir kasnakların ve de vitraylı camlarda kullanılan demirin hidrolik sistem kullanılarak bu bölgede veya civarında üretilip üretilmediği, veya nasıl üretildiği bilinmemektedir. (Belhoste 2004: 191)

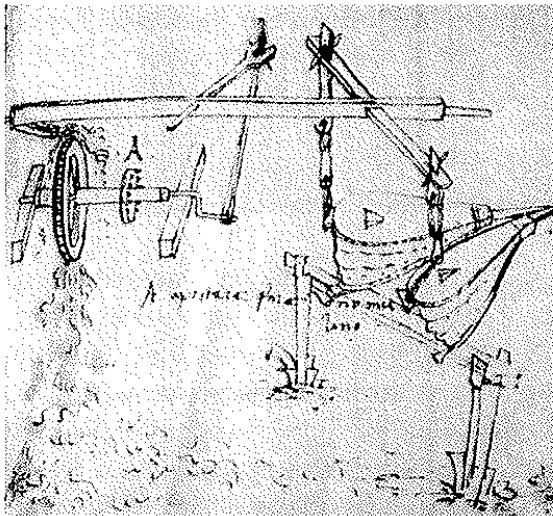
İlk mekanik olarak hareket edebilen ve büyük körüklerin düzenli olarak çalıştığı karmaşık ve güçlü makine 1464'te tasarlanmıştır. Krank mili yardımıyla suyun düşmesiyle dönen milin hareketi körüğe basınç yapacak şekilde iletilir. Bu makine sonraki yüzyılda yaygınlıkla kullanılır. (Baraldi 2004: 151)



Şekil 4.2. Körüklü makine (Baraldi 2004: 151)

Dairesel hareketi alternatif bir harekete çeviren ikinci bir makine piston kolu ve manivelayla tasarlanmıştır. (Baraldi 2004: 152)

15. yy.'ın ikinci yarısında, körüklerin havayla şişirilmesi prensibine dayanan bir başka tasarım daha geliştirilmiştir. (Baraldi 2004: 153)

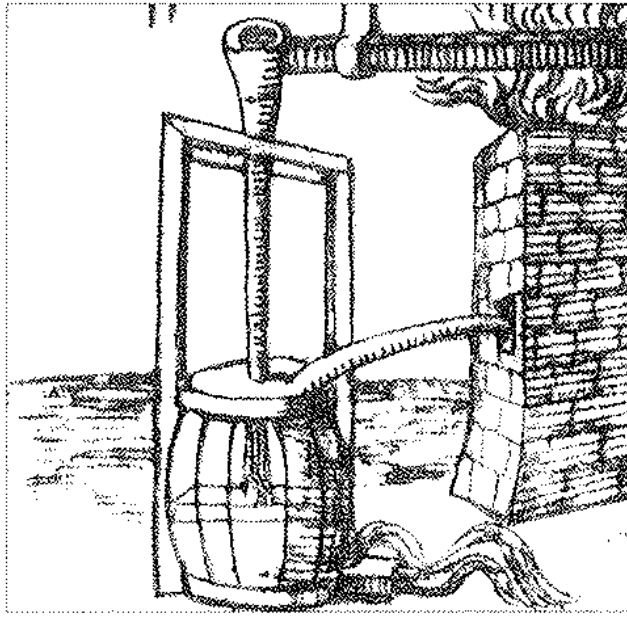


Şekil 4.3. Körüklü makine (Baraldi 2004: 153)

1460'ta, mühendis - mimar Filarete tarafından da benzer bir sistem tarif edilmiştir. (Baraldi 2004: 153)

1660'tan sonra ventilasyon hidrolik borularla sağlanmaya başlamıştır. (Belhoste, 2004: 195) Hidrolik boruların körükler yerine kullanılmaya başlanması tam bir devrim yaratmıştır. Bu borular körükler kadar güçlü fakat hareketli parçaları olmayan sistemleri oluştururlar ki bu da kullanım ve bakım kolaylığı sağlamaktadır. 16. yy. ile 17. yy.'ın ilk yarısı arasında tüm direkt redüksiyon tesislerinde kullanılmışlardır. (Baraldi 2004: 153)

1678'e gelindiğinde ise körüklere alternatif bir tasarım ortaya konur: fırının içindeki, yanmaya negatif etki yapan nemi içeriden emerek azaltan bir sistem. (Baraldi 2004: 154)



Şekil 4.4. Nem azaltan sistem (Baraldi 2004: 154)

17. yy.'ın sonlarına kadar körüklü sistemler demir elde edimi süreci için yeni tip tesislerin geliştirilmesi noktasında önemli olmuşlardır. Bu tesisler iki kategoriye

ayrılırlar. 1. İndirekt üretim yapılan, haddehanenin içinde dökme demiri demir veya çelik haline getirmek üzere açık ateş yeri bulunan fırın ¹⁰⁹ tipi. (Baraldi 2004: 154 - 155) Bu üretim tipi bugün de bildiğimiz prensiplerle çalışır. Metali rafine eden, metal fırınlı (demirhane) indirekt dökme demir ocaklarıdır bunlar. Dökme demirin bu tesiste bağımsız bir bölümde, dövme ekipmanları ile karbonu giderilir. Bu yeni tip tesiste, metal ocaktan dökme demir formunda akışkan olarak çıkar ve minyatür bir demir ocağında büyük bir örs vasıtasıyla rafine edilir. (Belhoste 2004: 191) Bu şekildeki demir üretim yönteminin gelişiminin 15. yy.'ın başlarından itibaren silah sanayiinin gelişmesiyle, özellikle de 1450'den sonra da seri top üretimi ile nitelikli silah üretiminin önem kazanmasıyla yakın ilişkisi vardır. (Belhoste 2004: 192)

Dökme demir üretimi fırınların alt kısmında olurdu. Ancak bu tip fırınlar sadece dökme demir elde etmek amacıyla geliştirilmemişlerdir. Elde edilmiş tüm dökme demiri bünyesine alıp dökme demir ocağında dekarbonize edecek bir tesise de ihtiyaç vardır. Bu tip tesisler üç ocaklı olurlardı ve bu tesisler de dökme demir ocaklarıyla eş zamanlı olarak yaygınlaşmıştır. (Belhoste 2004: 192)

Her 12 satte bir demir külçesi üretimine yükselen kapasite ile ve tesislerin sayıca çoğalmasıyla demirin daha bol ve pazarı daha iyi bir metal olduğu görülür. Böylelikle demirin silah sanayiinde, alet edevat yapımında ve inşaatta kullanım alanı genişlemiştir. (Belhoste 2004: 192)

Direkt üretimde ise; ya kapalı ocaklarda¹¹⁰ ham çeliğin üretildiği tesisler veya dövülebilir demirin üretildiği açık “alçak fırınlar”ın¹¹¹ (yeni hidrolik körüklü yeni

¹⁰⁹ Forno con canecchio

¹¹⁰ Fornelli

¹¹¹ Bassi fuochi

nesil üretimhanelerdir) oluşturduğu tesisler.¹¹² (Baraldi 2004: 154, 155) Yine ancak 1678'e gelindiğinde, fırınların ergitme kapasitesinin iç profiline ve yüksekliğine bağlı olduğu anlaşılır. (Baraldi 2004: 151)

17. yy.'da, özellikle 1660'tan sonra, XIV. Louis döneminde¹¹³, geniş ormanlık alanlar, yakınlarındaki büyük bir şehir tarafından sahiplenilmedilerse, büyük ergitme tesislerine hizmet ederek değerlendiriliyorlardı. 1669'da çıkarılan bir kanunla bu kerestelik alanların kendini yenilemesi için ormancılık faaliyetleri yürütülmesi sağlanmıştır. Bu şekilde beslenen ocaklar, artık gelişmiş özelliklere sahip dökme demir ve demir üretimiyle XIV. Louis'in yeni oluşturduğu donanmasının ve Amerika'yla ticaret yapan şirketlerin ihtiyacını karşılıyordu. Bu dönemde fırın tekniğinde değişiklik olmasa da, üretim kapasitesi hatırı sayılır şekilde artmıştır.¹¹⁴ İhtiyaç duyulan çok miktarda suyun göletlerden çekilerek sağlanması hidrolik mühendisliğinin gelişmesini sağlamıştır. (Belhoste 2004: 194)

18. yy.'ın sonlarında Fransa Avrupa'da, Rusya'dan sonra ikinci büyük dökme demir üreticisidir. (Belhoste 2004: 195)

1780'de Rusya'da demir çelik üretimi İngiltere'ninkinin 3 katıdır. Özellikle ural bölgesinde maden kaynağı bol. Ancak ilerleyen yıllarda İngiliz mühendislerinin

¹¹² Alpler ve Pireneler'de daha ziyade direkt redüksiyonla üretim yaygındı. (Belhoste 2004: 192)

¹¹³ Bu dönem İngiltere'de de 17. yy.'ın başında Kral I. James ile başlatılan ve akabinde I. Charles'ın devam ettirdiği su kanallarıyla nehir yatakları ve bataklıkların deşarj edilerek toprak kazanıldığı döneme (kanal mühendisliği) denk gelir. Toprak kazanımının ardından su kanalı çalışmaları nehir yollarının taşımacılık ve dolayısıyla ticareti kolaylaştırıp ucuzlaştırmak amacıyla yapılan bölgeler arası nehir taşımacılığını iyileştirici bir amaç kazanmıştır. (Smiles 1864:17, 19, 43, 124-125,). Öneğin bu su yolları sayesinde Manchester'a ucuz ve düzenli olarak kömür gelmeye başlar. Kömürün fiyatı yarı yarıya azalmıştır. Ama bu suların asıl faydası buhar motorunun bulunması ve onun üretime angaje edilmesi ile görülecektir. Bu makinanın ucuz yakıtının Manchester'da temin edilebilmesi Manchester ve çevresinin gelişmesini sağlar(Smiles 1864: 183). Manchester ve Liverpool arasındaki su kanalı da 1773'te tamamlanır. (Smiles 1864: 223).

¹¹⁴ Bir fırında 12 saatte üretilen miktar 1 tonu bulmaktadır.

çalışmasıyla bu rakam tersine döner. İngiltereye kıyasla kıta avrupasında demir çelik üretimi çok azdır. Örneğin fransada iç markette talep zaten azdır. (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 145)

İngiltere’de demir çelik için büyüyen talebin karşılanmasında yakıt kıtlığı sebebiyle zorluk çekilir. Kömür kullanımının başlamasıyla¹¹⁵ önce bakır sonra kurşun ve 1709’da da demir üretilmeye başlandı (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 146)

4.2.2. Buhar Motorunun Bulunması ve Demir Elde Etme Sürecine Etkileri

Yunanlı fizikçi Hero’ya¹¹⁶ göre, eskiler tarafından buharın gücü bilinmektedir. Ayinlerde, vesair gösterilerde insanları etkilemek için kullanılır. Büyü gösterileri yapmak için çeşitli aletler vasıtasıyla buharın gücünden faydalanırlır (Smiles 1865: 5). Şu halde, o dönem insanları tekerlek, dişli ve aksı, hatta silindir ve pistonu biliyorlar, hareketi iletebiliyorlardı. (Smiles 1865: 6, 7) . Hero’nun bu dönemi açıklayan kitabının bir çevirisine, Rönesans döneminde, 1547’de, Bologna’da bir kütüphanede rastlanır. Bu tarihte artık, doğa güçlerinin bilinmezliğinin gizemli gösterilerde kullanılması söz konusu değildir. Kitap matbaada çoğaltılır ve yaygınlaşır. Bir yy. içinde 8 farklı edisyonda ve farklı dillerde yayımlanır (Smiles 1865: 7). Buhar gücü ile ilgilenip deneyler, ve buhar gücünü iş gücüne çevirecek aletler yapan 17. yy. kişileri arasında çok geniş bir mesleki yelpazeden insanlar vardır. Örneğin; kraliyet için hizmet veren mimarlar, mühendisler, mekanikçiler, bilime merak sarmış soylular, ve hatta tıp

¹¹⁵ Esasen demir üretiminin miktarı, indirekt redüksiyon için ihtiyaç duyulan ucuz maliyetli yakıtın elde edilebilirliğine bağlıdır. Yakıt kıtlığına da sebebiyet veren karbon fosilin (kömürün) içerdiği zehirli maddelerdir. Bunların başında da sülfür gelir. Öte yandan odun kömürü sağlanan ormanların hızla tüketilmesi bu kaynakların korunması yönünde kanunlar çıkarılmasına yol açmış ve demir üretimini bu da olumsuz yönde etkilemiştir. Sonunda Abraham Darby I, demir elde etmek amacıyla kömürü kullanılabilir hale getirmeyi başarmıştır. Darby’nin yönteminde bir kısmı yanmaya başlamış olan kömürün üzeri toprakla kapatılır. Toprağın altında yükselen ısı, yanmaya katılmamış olan kömürü distile eder ve sülfürden arındırır. (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 146)

¹¹⁶ M.Ö.1. yy.

doktorları. Hepsi de kendi alanları için önem arz eden konuları araştırırken sonunda buhar makinasının icadına varacak bir takım yenilikler keşfeder, bir takım makinalar yaparlar. (Smiles 1865: 7, 8, 10, 297, 3) Bu sürecin önemli isimlerinden biri de Thomas Savery'dir¹¹⁷ (Smiles 1865: 39). Erken buhar motoru örneğini oluşturur. Amacı madenlerin derin katmanlarındaki suyu kolayca boşaltmaktır zira, madenciliğin böylesi daha ucuz ve kullanımı kolay yönteme ihtiyacı (Smiles 1865: 52). Böylece maden çıkarmadaki harcamanın 1/3'ü kurtarılır (.Smiles 1865: 54) . Demir üretimi için daha çok kömür gerektiğçe, bu yeni icat talep görür. Ancak makine henüz etkili bir çözüm yaratacak gelişkinliğe ulaşmamıştır (Smiles 1865: 56) Zaman içinde makine geliştirilmeye devam eder. Bu sürecin önemli isimlerinden biri olan Thomas Newcomen, 1712'de bu yeni makinayı kullanarak bir madenden su çekme kontratı yapar (Smiles 1865: 65)

Bir başka önemli isim James Watt'tır.¹¹⁸ (Smiles 1865: 102). 1765'te kondensatörü pistondan ayırma fikrini geliştirir (Smiles 1865: 129). Böylelikle atmosferik buhar motorunu geliştirmiş olur (Smiles 1865: 133). 1776'da John Wilkinson'un¹¹⁹ kalibre ettiği silindirle ortağı ile Watt'ın ilk ürettiği motor oluşur ve başarılı olur (Smiles 1865: 216). 1777'de Cornwall'daki kömür madenleri için motorlar hazırlandı (Smiles 1865: 229). 1784'te William Murdock¹²⁰ bir buharlı lokomotif prototipi yapar (Smiles 1865: 336). Bu sırada kağıt, pamuk, un ve demir

¹¹⁷Thomas Savery. İngiliz mucit ve mühendis. d.1650 – ö. 1715. Makinacılık okumuştur

¹¹⁸ James Watt. İskoç mucit ve makine mühendisi. d.1736 – ö.1819Londra'da, matematik aletleri yapıcısı olarak çıraklık yapmaktadır.

¹¹⁹ John Wilkinson. İngiliz sanayici. d.1728 – ö.1808

¹²⁰ Boulton ve Watt'ın önce mekanikeri sonra ortağı olur

fabrikaları için “rotating engine”, Amerika, İtalya, Fransa ve İspanya için “pumping engine” talepleri artar (Smiles 1865: 359).

Brindley, 1742’de Leek’de değirmen ustası olarak kendi işini yapmaya başlar¹²¹ (Smiles 1865: 138). Cliften kömür madenlerinin sudan arındırılması işine girişir (Smiles 1865: 142). Akabinde bir ipek atölyesi için makine dizayn edip kurulumunu yaptı (Smiles 1865: 145). 1711’de Newcomen buhar motorunu bulduktan sonra, James Brindley bunu daha az yakıtla çalışacak şekilde geliştirmek istemiştir. 1756’da Brindley de bir buhar motoru yapar ve bu motor buhar zaiyatını yarıyarıya azaltır (Smiles 1865: 150).

1776’da çelik üretiminde buharlı makinelerin kullanılmaya başlamasıyla üretim alanlarının sudan uzak yerlerde olabilmesi ve üretim firmalarının da farklılaşmasını sağlayarak hem üretim çapının hem de miktarının büyümesi sağlandı.¹²² (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 147)

1784’te Cort’un¹²³ geliştirdiği yeni tür fırın ile hem çeliğin üretimi kolaylaştı, hem de çeliğin üretimine lamine (levha haline getirme) prosesi eklendi. Böylece çelik kiriş, çubuk ve ray şekillerinde de üretilmeye başlandı. Bu üretim tekniği ile elde edilen çeliğin taşıma gücü daha yüksekti, mekanik dayanımı daha iyi olan bu demir

¹²¹ James Brindley, 1733’te bir değirmen ustasının yanında çırak olarak çalışmaya başlar. O vakit değirmen ustaları devrin yegane mühendisleridir (Smiles 1865: 130). Sırasıyla ayak tornası, marangoz tornası ve örs ile çalışırlardı. Böylelikle malzemelerin özelliklerini ve dayanımlarını ve çeşitli aletleri kullanma yeteneklerini edinirlerdi. Kasabalarda şehirlerdeki gibi her işte uzmanların çalışması imkanı olmadığı için, değirmen ustaları şartların kendilerini zorladığı acil durumlarda kendi çözümlerini üretmek zorunda kalırlardı. Bu ihtiyaç onları mekanik konularda, özellikle de değirmen ustalığının bağlantılı olduğu değirmen, buharlı motor, pompa, vinç vb. konularda donanımlı kılıyordu. Üretim ve tarımsal endüstrinin geliştiği dönemde işte bu değirmen ustası olarak yetişmiş Brindley, Meikle, Rennie ve Fairbairn gibi adamlar mühendislik alanında en üst basamaklara tırmanıyorlardı (Smiles 1865: 131).

¹²² Kömürden elde edilen sıcaklığın yüksek olması da daha sıvı dökme demirin elde edilmesine, böylece de dökme demirin daha kolay ve daha çok miktarda üretilmesine olanak verdi. (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 147)

¹²³ Henry Cort. İngiliz Mühendis. D. 1741 – ö.1800

çelik ürünleri kullanım alanlarını da genişletti: tarımdan denizciliğe, tekstil makinelerine ve buhar makinelerine kadar. 1779'da ise, ilk demir köprüünün inşası bunları takip etti: Ironbridge. Akabinde kömür madenleri için ilk demir yolu döşendi. (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 148)

Rönesanstan kelimenin gerçek anlamıyla yenilenmiş olarak çıkan Avrupa'da, her şey hızla değişmeye başlamıştı. Atölyelerin yerini fabrikalar ve makinaları aldı. Dökme demir ve çelik işleminin endüstrileşmesi ile 17. yy. başlarından itibaren inşaat sektörüne yeni malzemeler kazandırıldı. Ayrıca, yüzyılın sonlarına doğru, buhar kazanının icadıyla bu yeni enerji formuna fonksiyonellik kazandırdı. İnşaat sektörünün endüstrileşmesi 18. yy.ın ortalarını buldu. Dökme demir kolonlar 1780'lerde bulundu ancak İngilterede yaygınlaşması 1830'ları buldu. Çimentonunki 1850'leri. Buharla çalışan ilk eskavatör Amerika'da, 1834'te bir şantiyede kullanıldı. (Ausiello 2006: 587, 588).

Demir çelik üretimindeki bu gelişmeler Avrupa ülkelerine yansdı. Fransa'da demiryolu yatırımları hız kazandı. 1860'ta Fransa İngiltere ile gümrük anlaşması yaptı, böylece Fransa'da demir çelik sektörünün modernleşmesi hızlandı (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 151). 1880'de Fransa konservatif politika gütmeye başladı ve Lorena'daki fosfordan zengin demir yataklarını yeni tekniklerle değerlendirdi. Bu üretken sistemleri Eiffel gibi uluslararası ses getiren çelik inşaat yapıları meydana getirdi. (Nicodemi, Mapelli, Corna 2008: 152)

4.3. Malzemedeki Yeni Formların Geliştirilmesi

İnşaat tekniğinin gelişimi ve özellikle kanal mühendisliği çelik sektöründeki gelişmelerden çok büyük hız almıştır. 1796'da ilk demir kutu profil kolon, 1801'de dairesel kesitlisi üretilmiştir. Bunlar sayesinde serbest planlı ve çok katlı depoların

inşası mümkün olmuştur. Ancak geleneksel cephe duvarları kullanılmaya devam ettiği için klasik stil de devam etmiştir. 1830’da Hodgkinson dökme demir “I” profili geliştirmiştir. 1850’de levha olarak üretim başlamıştır. Böylelikle de Horta ve Behrens gibi mimarlara “Maison du Temple” ve “Turbinenfabrik AEG” gibi yapıları yapmalarının yolu açılmıştır. Aynı dönemde, Fransa’daki teknik, matematik ve kültürel formasyonun ilerlemiş olması neticesinde, 1840’ta Polonceau kirişi geliştirilmiştir. (Dato, Di Pietro, Perretti 2008: 187)

1855’te Bessemer prosesi ile ilk endüstrileşmiş çelik üretimi başlamış ve 1880’lerde de yaygınlaşmıştır.¹²⁴ Bu durum geleneksel atelye üretimini değiştirmiş, beraberinde, inşaat tipolojisi de farklılaştırmıştır¹²⁵. 1800’lerin sonuna doğru dilatasyon katsayısı birbirine çok yakın olduğu için beraber çalışabilen iki malzemenin birleşiminden yeni bir inşaat malzemesi keşfedilmiştir. Bu malzeme “betonarme”dir. Betonarme, Joseph Monier’in patenti (1855), Francois Cogniet’in kirişi prefabrik hale getirmesi (1891) ve Francois Hennebuque’nin monolitik hale getirdiği iskelet sistemi ile yapı endüstrisine kazandırılmıştır. (Ausiello 2006: 589)

4.4. Bilimdeki Gelişmelerin Yeni Yapı Malzemeleri Sürecine Etkileri

Bilim ve teknikteki bu gelişmeler geniş bir zaman dilimi içerisinde olgunlaşır. Bu olgunlaşma Rönesans’a kadar nisbeten ağır bir tempoda gider. Ancak Aydınlanma Çağı sonrasında bilimsel gelişmelerin, keşiflerin, yeni çözümlene yaklaşımlarının yardımı ile yüksek bir hıza kavuşur.

¹²⁴ Bu yeni metot sonrası, dökme demirin yerini artık çelik almıştır. (Eriç 1996: 282)

¹²⁵ Büyük demir yapılarda, şantiyeye bağımlı işler haricindekilerin prefabrik yapılmaya başlandı. Bu, üretimde iş süreçlerinin geliştirilmesi ile de yakından bağlantılıdır. 1850’den sonra yapılan, J. Paxton’un Londra’daki Crystal Palace’ı tümüyle prefabrik olarak üretilmişlerdir (Ausiello 2006: 589) Bu yapı dökme demir kullanılarak yapılmıştır. (Eriç 1996: 282)

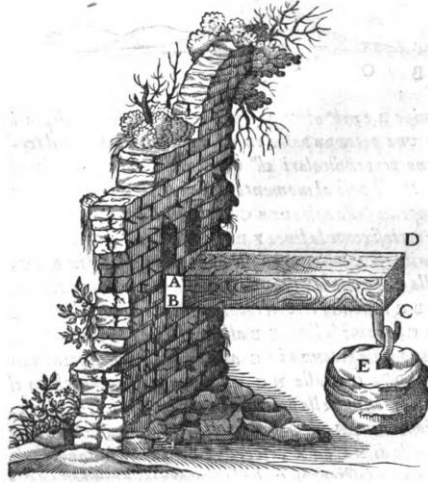
4.4.1. Deney ve Teori Yaklaşımı

15. - 17. yy.'lardaki reformlarda Aristotalyan yaklaşım bir kenara bırakılıp fiziğin gerçek yasalarına eğilinmiştir. (Rankine 1868: 3) Bu dönem, bilimsel gelişmelerin artık “tesadüfi” buluşlar bağlamından çıkıp daha sistematik şekilde araştırılıp bulunmaya, “aranmaya” başlandığı bir bilimsel süreci işaret eder. (Ferone, Trombetti 2006: 40).

Elastisitenin Galilei tarafından incelenmesi de bilimsel yaklaşım sürecinin bir örneği olarak gösterilebilir. Galilei, Noailles kontuna yazdığı metinde çeşitli sorular sorar ve bu soruların cevaplarını verir. (Galilei 1638: giriş bölümü).

Örneğin aynı ahşap materyalden yapılmış iki farklı boyuttaki çubuğun dayanımlarının aynı olup olmayacağını sorgular (Galilei 1638: 3, 4). Malzemelerin yük taşıma kabiliyetlerinin sadece boyutlarıyla değil, yapısal özellikleri ile ilintili olduğunu ifade eder (Galilei 1638: 5)

Galilei, bu metinde “Yeni bilim”den bahseder. Aristo'nun sonuç çıkarımlarının temelsizliğinden, gerekli şekilde ispat edilmemesinden bahseder. İlk iş olarak, uçları sıkıca sabitlenmiş bir parça ahşapta (veya başka bir katı materyalde) neler olduğunun anlaşılması gerektiğini, bunun temel araştırma konusu olduğunu ifade eder. (Galilei 1638: 6)



Şekil 4.5. Galilei'nin kirişin dayanımı sorusu (Galilei 1638: 114)

Galilei'nin aynı dayanıma sahip katı maddeler araştırmaları, matematiksel elastisite teorisinin gelişmesinde etkili olmuştur. (Todhunter 1886: 4).

Elastisitenin modern anlamıyla keşfi Hooke'un¹²⁶ çalışması (1678) ile olmuştur. Hooke, her helozonik yapıdaki doğal haline geri dönme gücünün o halinden uzaklaştığı mesafeye orantılı olduğunu söyler. (Todhunter 1886: 5).

Galilei'nin metni ile başladığı söylenebilecek olan bu soru sorma ve araştırma etkinliği bu şekilde tüm Avrupa'da yaygınlaşır. İtalyan, İsviçreli, Alman, Fransız, Hollandalı vb. araştırmacılar; matematik, fizik, astronomi vb. alanlarda çalışmalar yaparak bu alanlara katkıda bulurlar. Araştırmaların sonuçları olarak hipotezler ve teoriler doğar. (Todhunter1886: 6, 12, 14,16, 24, 26, 27,33, 35, 39, 40, 44).

Bunlar arasında, geleneksel bilgiyi ve bunun çıkarımlarını sorgulamak üzere yola çıkarak bilimsel yaklaşımla "bilimsel olarak doğru" sonuca ulaşanlara çarpıcı bir

¹²⁶Robert Hooke. İngiliz bilimadamı. d.1635 – ö.1703.

örnek olarak Lagrangia¹²⁷ gösterilebilir. “Sur la figure des colonnes”¹²⁸ adlı çalışmasında Lagrangia, Vitruvius’un şişkin kolon tasvirinden yola çıkılarak insan bedenine benzetilen kolon için optimum şekli matematik yoluyla bulmaya çalışmıştır. (Todhunter 1886: 61). Dönme eksenli söz konusu olduğunda Vitruvius’un “karınlı” kolonlarını dairesel kolonlarla bertaraf etmiş olur. (Todhunter 1886: 66). Lagrangia sonuca ulaşırken “calculus of variations”un öncül bir uygulamasını yapmıştır. Hesaplarına göre dümdüz bir dairesel silindir çözümlerden yalnızca biridir. Ancak bir dizi karmaşık hesaptan sonra, en verimli kesit olarak yine dairesel silindiri belirleyecektir. . (Todhunter 1886: 67)

Bu yoğun soru sorma ve cevap arama dönemiyle ilgili en isabetli yorumu 1886’da Elastisite teorisinin Galilei’den o döneme değin geçirdiği devinimi inceleyen Todhunter¹²⁹ yapmıştır. Çalışmaları sırasında incelediği Girard’ın¹³⁰ kitabı ile ilgili “... tüm kitap bilimin kendini teolojik - metafizik açıklamalardan bağımsızlaştırdığı ve fiziksel kanıtlamaların ve organize edilmiş deneyimlerin bunların yerini aldığı bir dönemin gelişinin habercisi gibidir” yorumunda bulunur. (Todhunter 1886: 77)

Ancak hala bu dönemde, elastisiteye ilişkin ortaya atılan Kartezyen görüşler de vardır. Bu görüşlere göre, elastisite bir sıvı madde tarafından sağlanmaktadır. Maddenin

¹²⁷ Giuseppe Lodovico Lagrangia. İtalyan matematikçi ve gökbilimci. d.1736 – ö.1813.

¹²⁸ “Kolonların figürleri üzerine” Sur la figure des colonnes. Miscellanea Taurinensia, Tomus V. Bu çalışma “Ryal Society of Turin”in 1770 – 1773 yılları arasındaki “memoir”lerinin matematik bölümünde yer almıştır.

¹²⁹ Isaac Todhunter. İngiliz matematikçi. d.1820 – ö.1884.

¹³⁰ Pierre Simon Girard. Fransız matematikçi ve mühendis. d.1765 – ö.1836. Elastisite konusunda çalışmıştır. Sözü geçen kitap “traite analytique de la resistance des solides, et des solides d’egale resistance, auquel on a joint une suite de nouvelles experiences sur la force, et l’elasticite specifique des Bois de chene et de sapi”dir. (Paris, 1789)

boşluklarında bulunan sıvı madde baskılanınca dışarı çıkmakta, baskı ortadan kalktıktan sonra da tekrar içeri hücum etmektedir. . (Todhunter 1886: 24)

4.4.2. Demir Üzerine Deneyler

Olasılıkla yüzyıllardır yapı inşaasında kullanılmış olan bir malzeme olmasından ötürü demir, bilim dünyasında pek çok deneye konu olmuştur. Demir elde etme ve şekillendirme tekniğindeki gelişmenin de bu metalin üzerinde çalışılması, ve yeni formlara getirilmesi, bu formların dayanımının değerlendirilmesi ve akabinde yeni yapı tasarımlarının parçası haline gelmesi üzerinde etkisi vardır.

Sainte Geneviève'in mimarı Soufflot da demirlerle deneyler yapmıştır. Deneylerinde çeşitli şekillerde dövülmüş demirlerin, çeşitli demir kesitlerinin dayanımını incelemiştir. Soufflot deneylerinde görür ki, tokmakla dövülen demirlerde yüzeyden içeride kalan kısımların aderansı azalmaktadır. Dolayısıyla yassılaştırılmış kesitler kare kesitlere oranla daha tercih edilir durumdadır. (Rondelet 1832a: 306)

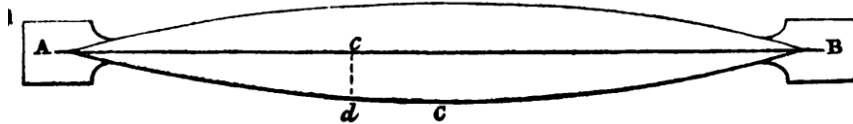
Soufflot'un deneylerinden çıkan sonuçlardan kimi, demirin moleküler yapısının da bu deneylerde elde edilen sonuçları değerlendirmekte göz önünde tutulduğunu gösterir. Örneğin Soufflot, demirin, tokmağın gücüne kalınlığı ile orantılı olarak tanelerinin arasındaki kararlılık sayesinde direnç gösterdiği sonucuna varmıştır. Örsün değdiği yüzeyde vuruşun gücü kadar bir tepki olduğundan, dayanımın demirin yüzeyinden iç kısımlarına doğru gittikçe azaldığından bahseder. Dövülmüş demirde dayanım yüzey doğrultusunda ve kalınlıkla ters orantılı olarak artmaktadır. (Rondelet 1832a: 310)

Soufflot, yaptığı pek çok deneyde görür ki, demir çubuğun kalınlığı sabit kalıp boyu arttıkça, dayanımı azalır. Ancak boyu arttırıldığı oranda kalınlığı da arttırılırsa kesit dayanımı aynı kalır. (Rondelet 1832a: 339) Kuşkusuz Soufflot bu deney

sonuçlarından inşaa etmekte olduğu Sainte Geneviève'de kullanacağı demirle güçlendirme yöntemini uygularken faydalanmıştır.

1800 – 1822 arası yıllarda sergilenen bilimsel yaklaşım yapı sektörüne en önemli etkilerini yapmaktadır. Bilinen malzemelerin bilinmeyen yönlerinin ortaya konduğu, böylelikle yapı malzemelerinde devrim niteliğinde yeniliklere götüren dönem başlamıştır.

Demirle yapılan deneylerin ana konusu malzeme üzerindeki yüklerin çekme ve basınç etkisi ve buna bağlı olarak gelişen deformasyonları ile bunlara karşı dayanımlarıdır. (Todhunter1886: 84, 102, 126, 127,132) Bu dönemin dikkat çekici isimlerinden biri olan Hodgkinson¹³¹, demir üzerine yaptığı çeşitli basınç ve gerilme deneyleri neticesinde, dövme demir için, iki ucundan mesnetlenmiş halde iken hem çekme hem basınç gerilmesine en dayanıklı, dolayısıyla ezilme noktasına veya elastisitesinin sonlandığı noktaya kadar dayanacak formun alt ve üst flanşların birbirine eşit olan “**I**” formu olduğunu fark eder. Dökme demirde ise, en yüksek gerilmeye dayanması için alt flanşın üst flanştan birkaç kat daha büyük tasarlanması gerekli olduğunu görür. (Todhunter 1886: 126, 127). Dahası, flanşların sonuna doğru gerilme azaldığı için, flanş sonlarının parabolik olarak şekillenmesi gerekmektedir. (Fairbairn 1854: 124)

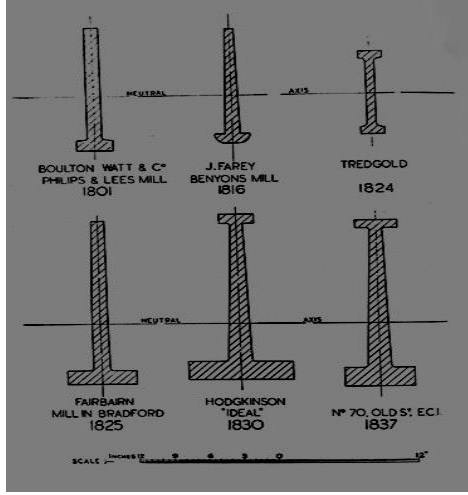


Şekil.4.6. Flanş tasarımı (Fairbairn 1854: 124)

¹³¹Eaton A. Hodgkinson. İngiliz mühendis. d.1789 – ö.1861.

Kirişlerin yapısına ilişkin olarak, Hodgkinson'un bu deneylerinin yayımlanmasına değin, uygulayıcılar demirin uygulamada ne formda kullanılması gerektiği konusunda mesnetsizdirler (Fairbairn 1854: 123)

Demir kirişlerden başka, kolonlarla ilgili de deneyler yapılmış, teoriler üretilmiştir.



Şekil 4.7 Demir dikme kesitleri.

http://www.tatasteelconstruction.com/en/reference/teaching_resources/architectural_studio_reference/history/cast_and_wrought_iron_and_their_uses_in_architecture/mills_and_industrial_buildings/.

Örneğin, çok uzun dikmelerin dayanımı malzemenin dayanımına değil, sertliği ve eğilmeye direnci ifade eden elastikliğine bağlıdır. Dökme demirin ezilme dayanımı dövme demirden 2 - 3 kat daha fazla olması sebebiyle, kısa bir dökme demir aynı boyda dövme demirden daha fazla yük taşıyacaktır. Ancak çok uzun bir dövme demir aynı uzunluktaki bir dökme demirden daha fazla yük taşıyacaktır. Çünkü dövme demirin elastiklik katsayısı dökme demirinkinden daha fazladır. (Stoney 1869: 188, 189) Aynı boyutlardaki uzun dikmelerde, eğilme sebebiyle ezilme dayanımı, ayakları düz ve sabitlenmiş olanlarda ayakları yuvarlak ve oynak olanlara oranla yaklaşık 3 kat daha yüksektir (Stoney 1869: 193) Dökme demir dikmelerden, altında disk olanlar, sadece düz bitişlilere oranla biraz da olsa daha dayanıklıdır (Stoney 1869: 194)

Gerilme dayanımı konusunda; demirin ve çeliğin farklı türleri birbirinden değişik sonuçlar vermektedir. Germe liflere paralel uygulandığında dayanım dik uygulandığından daha yüksektir. Demir veya çelik küçük parçalara indirgenmişken büyük parçalar halinde olduğundan daha dayanıklıdır. Dökümün en dış kısmı diğer kısımlardan daha yüksek dayanımlıdır. Ahşaptaki varyasyonlar metaldekinden çok daha fazladır. Tuğla ve taşa ise değerler, kullanılacak cinse göre her durum için deneye tabi tutularak tekrar belirlenmelidir (Fleeming, 1776: 286)

Örneğin, uzun dökme demirin (Low moor) dayanımı 1000 birim alınırsa; Dövme demirin (Best Staffordshire) 1745, dökme çeliğin (sertleştirilmemiş) 2518, Dantzick meşenin 108.8, Kızıl çam kerestesinin 78.5 dur. (Stoney 1869: 199).

İçi dolu yuvarlak kesitli uzun dökme demir dikmenin dayanımı 100 birim ise kare kesitlisinin 93 birim, üçgen kesitlisinin 110 birimdir. Hodgkinson'a göre, “+” şekilli dökme demir bir dikmenin gerilme dayanımı çok küçük ve dayanımı aynı ağırlık ve uzunluktaki uçları yuvarlatılmış içi boş dikmenin yarısı ölçüsündedir. Uçları

yuvarlatılmış “**I**” formlu dökme demir dikme önceki örneğe göre daha dayanımı yüksektir ancak aynı ağırlıktaki içi boş silindirik dikme kadar değildir. (Stoney 1869: 209).

Hodgkinson zaman elemanını da gözeterek deneyler yapmıştır. Böylelikle deney değişkenlerine zaman faktörünün de göz önünde alındığını görüyoruz. Yüklenmiş dört dikme ile bir yılı aşkın süreyle deney yapılmış ve eğilmeler ölçülmüştür (Todhunter 1886: 526)

1826 - 27’de, Rusya’da bir grup Fransız mühendis tarafından asma köprülerde kullanılabilir çeşitli demir tipleriyle ilgili araştırmalar yapılmıştır. Araştırmaların sonuçları arasında, demir çubuklardaki homojenlik¹³² gerekliliği ve yüzeyden içeriye gidildikçe değişiklik gösteren elastisiteden bahsedilmiştir. Ayrıca, kare veya dikdörtgen kesitli çubukların dairesel kesitli olanlara oranla daha ani şekilde ezildiğinden de bahsedilir (Todhunter 1886: 546)

1830 -1840 yılları arası artık demir halatların ve çubukların derin bir şekilde mercek altına yatırıldığı bir dönemdir. Bu ilginin kaynağını askeri yapılanmaların kamu hizmetleri olarak köprü ve yol yapıcılığına girişmesi olarak görmek yanlış olmaz. (Todhunter 1886: 508)

Bu dönemde demir malzemeye ilişkin dayanım bilgisi iyiden iyiye artmıştır. Öyle ki artık asma köprülerde demirin halat olarak mı çubuk olarak mı kullanılacağına ilişkin çalışmalar yapılmaktadır. Demirin ısı etkiyle şekil değiştirmesi, hareketli ve sabit yükler altındaki davranışları, farklı şekillerde üretilmiş demirlerin farklı dayanım sonuçları vermesi artık bilinen konular olmuşlardır. Araştırmaları yürütenler arasında

¹³² İsootropluk 1826’da keşfedilmiştir

artık bilim adamlarının yanı sıra ordularda görevli topçular, mühendisler ve topoğraflar da katılmışlardır. (Todhunter 1886: 380, 381, 384, 387, 388, 403, 413, 452, 453, 455, 463, 478).

1840 – 1850 yılları arasında önceki yıllardaki gibi deneyler sürmekle beraber, artık yeni malzeme ve deneyler / araştırmalar / teoriler sonucu oluşan bilgi birikimine dayanan yeni yöntemlerle yapılmış yapılardaki bir takım hasarlar da çalışma konusu olmaya başlamıştır. Böylelikle bir sürekli iyileştirme ve geliştirme dönemine de girilmiş olunmuştur.

Örneğin, Stokes¹³³, 1847’de yıkılan bir demiryolu köprüsüne ilişkin çalışma yapmıştır. Bir kraliyet komisyonu, “aşırı sarsıntı ve vibrasyona maruz kalan yapılarda demirin kullanılmasına ilişkin bir mühendislik çalışması” yapılmasına karar vermiştir. Bu çalışmada deneyler, bir trenin hızının üzerinden geçmekte olduğu putrel köprünün çökmesi ihtimalini azaltması veya artırması ile ilgilidir. Deneyler çok basit iki putrelle hazırlanmış kısa bir köprü üzerinden üzerine çeşitli ağırlıklarda yükler yüklenen bir vagonun geçirilmesi ile yapılmıştır (Todhunter 1886: 690, 691). Köprüyü oluşturan demir putrellerin atalet kuvvetlerinin göz ardı edilebilir olup olmadığı ve putrelerde oluşan eğilmenin göz ardı edilebilir olup olmadığı araştırılmıştır. (Todhunter 1886: 695) Ayrıca, köprüden geçen bu hareketli yükün aşırı büyük ve aşırı küçük olduğu haller (köprünün ağırlığına oranla) de araştırılmıştır. (Todhunter 1886: 698)

Demirin moleküler yapısının gelen yükün türüne göre farklı haller gösteren değişimi de önemli inceleme konuları arasındadır. Vibrasyonların sert ve lifli yapıdaki malzemeyi kırılğan hale dönüştürmesi incelenir. Tekrarlanan kesme darbesi, parlak bir

¹³³ Sir George Gabriel Stokes. İrlandalı matematikçi ve fizikçi. d.1819 – ö.1903

görünümü olan bir kırılma yaratır. Örneğin motorların birleştirici rodları boylamasına etkiye maruz kaldığı için yıllarca hasar görmezken, şaft ve akslar gibi kesme etkisine maruz kalan kısımların “yapıları değişerek” parlak yüzeyle kırıklar gösterir. (Todhunter 1886: 768)

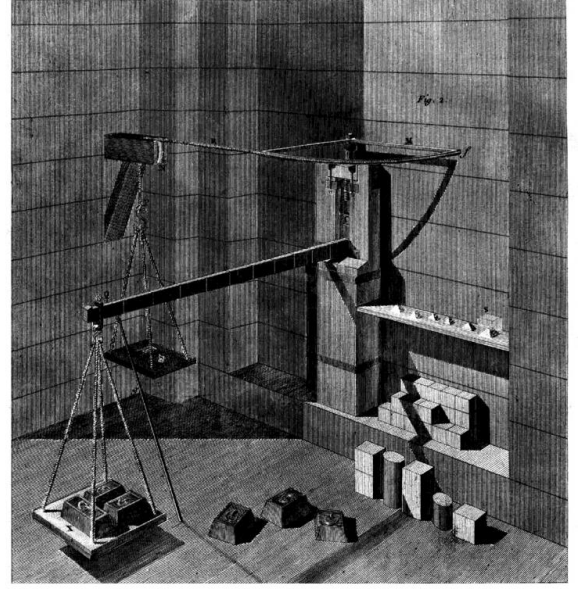
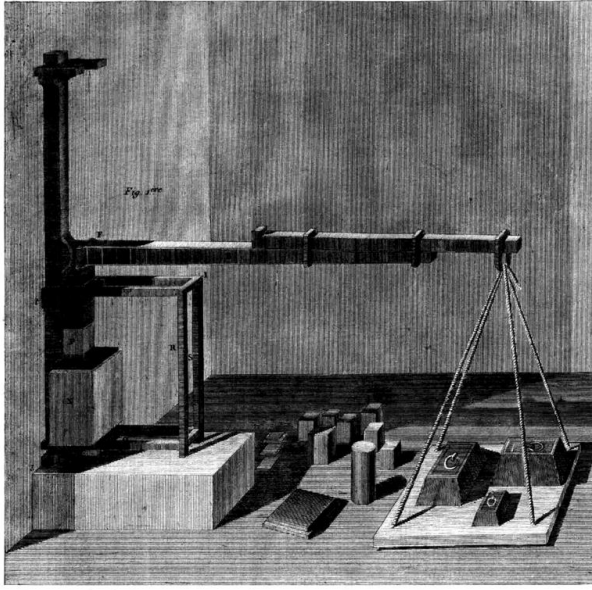
Elastisitenin moleküler teorisinin oluşturulması ile birlikte bu yeni alanla dinamiğin arasında bağ kurma imkanı oluşmuştur ve moleküllerden meydana gelen katı maddelerin sıvı ve gazlardan farklı olarak şekillerini koruma eğiliminde oldukları sonucuna varılmıştır. Moleküllerin içinde gerçekleşen çekim ve itim dengesinden –bu, universal çekim kuvveti yasasındakine benzer - molekül çiftleri arasındaki mesafe oluşumu ortaya çıkar. Bu mesafe, bir dış kuvvetin etkisiyle deforme olacaktır. Navier elastisite teorisini bunun üzerine inşa eder. Kirişlerin (çubukların) dengesi gibi basit bir konuda, dayanımı (stress) ortaya çıkaran moleküller arasındaki itme ve çekme kuvveti varyasyonlarını göz önüne aldı. Bu noktada Hooke’un kanunundan yola çıkmıştır; bu kuvvetler deformasyondan ötürü ortaya çıkmaktaydılar. Bu deformasyon da kirişte gözlemlenebilirdi. Böylece, her malzeme için, deformasyonun ölçüsü olacak bir sabitin (katsayı, modül) varlığından söz edilebilirdi. Basite indirgenmiş bir yaklaşımla, dinamikte tanımlanan masif bir kütlenin atalet momenti, kirişlere (çubuklara) da uygulanmış oluyordu. Elastisite modülünün üzerinde tanımlanmasıyla, ideal bir birim yapı elde edilmiş oluyordu. Böylece bir tip- modülle, heterojen malzemelerin elastisite modüllerini karşılaştırma yolu geliştirilmiş oluyordu. Bu da beton ve çelik gibi heterojen malzemelerin yapısal klasifikasyonunun yapılmasının önünü açmıştır. (Di Pasquale, Bati 2001: 103)

4.4.3. Metal Dışı Malzemelerle Deneyler

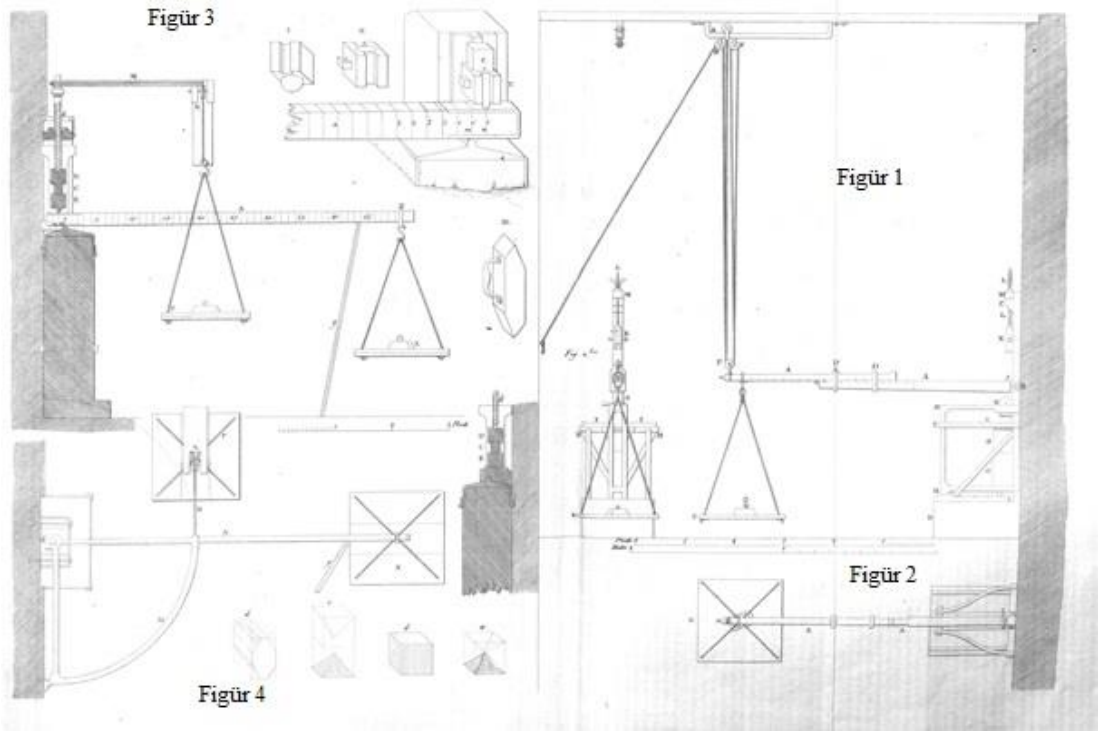
Sainte Geneviève Kilisesi'nin yapımı esnasında, Soufflot ve çevresindekiler taşların birbiriyle karşılaştırmalı olarak dayanım güçlerini ölçecek deneyler yaptılar ve bu çalışmaların sonuçlarını matematikle fomülize edebildiler. Böylelikle modern yapısal analizin temelleri atılmış oldu. (Rizzuto 2010: 263)

Sainte Geneviève Kilisesi'nin yapımı sırasında yaşanan strüktür problemi tartışmalarına katılan Gauthey de ¹³⁴ taşların dayanımı ölçen bir makina da tasarlamıştır. (Rondelet 1844: 132) Bu makinayla bir dizi denemeler yapmıştır. Soufflot, bu deneylerden yola çıkarak, tamamen demirden, Gauthey'in makinasına benzer bir makina yapar. Bu makinadaki bir takım aksaklıkları gören Rondelet de sonradan kendi makinasını tasarlamıştır. (Rondelet 1834b: 134)

¹³⁴ Gauthey deneysel yaklaşımı desteklemiştir. Mekanik ve fenni bilgisi çok kuvvetli olarak tanımlanmasa da, özellikle kemerlerin kırılma yükleriyle ilgili deneyler yapmaktaydı. Pantheon'un yapımı sırasında süregiden tartışmalarda da bir deney makinası geliştirdi. Soufflot'u La Hire'in kemer teorisine dayanarak eleştiren Patte'ye karşı, bu teorinin kemerlerin çökmesiyle ilgili söyleminin uygulamada güvenilir olmadığı ve Patte'nin eleştirisinin de aslında tamamen bu teoriyi temel almadığını söyleyerek savunmuştur. Gauthey, teoriyi değerlendirip, deney, deneyim ve gözlemi kullanarak pratiğe dönük çıkarımlar yapmaktaydı. La Hire'in teorisine yapılan değerlendirmeye karşı çıkmasının tek sebebi teorinin dayandığı hipotezi reddetmesinden kaynaklanmıyor, ancak aynı zamanda bu hipotezin uygulamada karşılaşılan deneyimlerle örtüşmemesinden kaynaklanıyordu. Gauthey teoriyi pratik olarak yapı sanatının sınırlarının geliştirecek veya uygulamada görülen gerçeklerin limitlerini ortaya çıkaracak pratik bir araç olarak görmekteydi. Teorik analize önem veriyordu, ancak uygulamanın tümüyle teoriye dayandırılmasına karşıydı. (Kranakis 1997: 106, 107)



Şekil 4.8.a. Soufflot'un basınç testi yapan makinesi. Şekil 4.8.b. Rondelet'in basınç testi yapan makinesi (Rondelet 1832a: Tavola VII)



Şekil 4.9. Basınç test makinaları (Rondelet 1834b: Tavola CLXXXIII)

Şekil 4.9.'da, Fig. 1 ve Fig.2'de “Scuola Ponti e Strade”den Perronet'in¹³⁵ basınç testi yapan makinesi görülmektedir. Figür 3 ve 4'te Rondelet'in basınç testi yapan makinesi görülmektedir. (Rondelet 1844: 134)

Rondelet bu makinayla 450 taş türü üzerinde 800'den fazla deney yapmıştır. Deney sonuçlarına göre en kullanışlı taş çeşitlerini içeren ve bunların inşaatın hangi bölgesinde kullanıma uygun olduğunu belirten bir fihrist hazırlamıştır. (Rondelet 1844: 136)

Rondelet, St. Geneive kilisesinin yan neflerinin inşasında kullanılan Bagneux (banc - franc) taşı ile ve (Rondelet 1844: 138). St. Geneive kilisesinin kubbesinin ayaklarının yapıldığı Mont - Souris taşıyla da deneyler yapmıştır. (Rondelet 1834b: 143)

Rondelet deneylerden şöyle sonuçlar çıkarır:

“Birbiri üstüne yerleştirilmiş küp taşların dayanımı, küp sıralarının aynı oturma alanına ve küp sıralarının toplam yüksekliğine sahip tek bir paralelkenar taşın dayanımından daha azdır. Üst üste binen küplerdeki dayanım azalmasının sebebi, taşlar gevreklik noktasına ulaşmadan evvel taşlarda oluşan çatlaklardır. Bu çatlaklar bir taştan diğerine geçerek devam ederler ve taşlarda kayma düzlemi¹³⁶ oluşmasını engellerler. Çünkü bir taşta çatlak oluşturmak için gerekli olan kuvvet, gevrekliğe neden olan kayma düzlemini oluşturmak için gerekli kuvvetten daha azdır. Bu sebeple birbiri üzerine dizilen taşlar, harçla birleştirilen taşlara oranla daha küçük bir kuvvet altında hasar görürler. Deneylerde elde edilen bir başka sonuç da şudur ki, küp taşlar,

¹³⁵ Jean – Rodolphe Perronet. Fransız Mimar ve Mühendis. d.1708 – ö. 1794. Köprü inşaatı konusunda çalışmıştır. (Otoni 2008: 307)

¹³⁶ “içsel piramit”. Rondelet olasılıkla doğal taşların kayma mukavemetinden bahsetmektedir.

oturma alanını oluşturan uzunlukları yüksekliğinden daha fazla olan taşlara oranla çatlamaya daha güç maruz kalırlar.

Tüm bu deneyler neticesinde denebilir ki, bir ayağın dayanımının değerlendirilmesi söz konusu olduğunda, bu ayağı oluşturan taş sıralarının yüksekliğine ve sıra sayısına bakılmalıdır. Birden fazla sayıda taştan oluşmuş sıra var ise, bu taşların ağırlığı hatırı sayılır değerde olacağı için ayakların dayanımını etkiler. Ayrıca, makina ile test edildiğine dayanımı yüksek çıkan taşlar; büyük inşaatlardaki yükler altında kullanıldığı vakit aynı dayanımda davranmayabilirler, daha kırılğan ve parçalanmaya müsait olabilirler.” (Rondelet 1834b: 145)

St. Geneive’in kubbesinin ayaklarında yaşanan kaza bu son ifadeye bir örnek teşkil etmiştir. Yapılan deneylerde Mont - Souris taşının dayanımı Bagneux taşının dayanımının 1 / 7'si kadar çıkmasına rağmen, Mont - Souris taşı sağlam kalmış ve fakat Bagneux taşı her bölgesinde kırılıp ufalanmıştır. (Rondelet 1834b: 146)

Soufflot ve akabinde Rondelet, kesit şekilleriyle de deneyler gerçekleştirmişlerdir. Rondelet St. Geneive kilisesinin kubbesini taşıyan ayakların formunda iki örnek yaptırır. Bunlarla kıyaslayabilmek için tüm örneklerin yüzey alanı aynı olmak üzere ikisi dairesel kesitli, diğer ikisi kare kesitli, ikisi de eşkenar üçgen kesitli olmak üzere altı örnek daha yaptırır. Yükleme deneylerinin sonunda ilk parçalanan Sainte Geneviève'in ayakları formundaki örnekler olmuştur. En dayanıklı çıkan örneklerse silindirik olanlardır. (Rondelet 1834b: 149)

Dayanımın bu deneyler vasıtasıyla ön plana çıkışı ve yapılarda “esas” olan iç gerilmelerin karşılanmasının yapı teorisinin ana konusu olmasının yapı bilimindeki gelişmeler sağlamıştır. Navier 1826'daki ders notlarında, yapı teorisini 3 denklemin çözülmesi olarak açıklar. Bunlar: denge, elastik madde ve uyumluluk'tur. Yapıdaki iç

gerilmeler bunlarla net bir şekilde hesaplanır ve deneylerden elde edilmiş malzeme dayanımlarıyla karşılaştırılır. (Huerta 2006: 49)

5. 18. YY.'DA TARİHİ TAŞ YAPILARIN METAL KULLANILARAK KONSOLIDASYONU: SAN PIETRO (ROMA) ÖRNEĞİ

5.1. Genel

Bugünkü San Pietro Kilisesi, 324 (veya 326) yılında I. Konstantin¹³⁷ tarafından yaptırılmış olan San Pietro Bazilikası'nın yıkılıp yenilenmek istenmesi sayesinde inşa edilmiştir. (Poleni 1748: 8, 9) Eski kilisenin Neron'un içinde gösteriler düzenlediği bir yapının¹³⁸ yıkıntılarının üzerine yapıldığı söylenir. (Poleni 1748: 10) Orijinal bazilika yüzyıllar boyunca farklı Papalar'ın yönetimi altındayken, bazilikanın kendi "yapı birimi" tarafından defalarca onarılır ve restore edilir. Ancak Niccolo V¹³⁹ Konstantin dönemi bazilikasının yıkılıp yerine yenisinin yapılmasını ister. (Poleni 1748: 14) Buna rağmen Konstantin dönemi bazilikası Niccolo V'ten Giulio II'ye¹⁴⁰ kadar yedi Papa'ya daha hizmet etmeye devam eder. (Poleni 1748: 15) Giulio II döneminde bazilikanın bazı kısımları yıktırılır.¹⁴¹ Giulio II, 1506'da yeni bir bazilikanın yapılmasında faaliyet göstermesi için yeni bir yapı birimi kurdurur. Yeni yapılacak olan bazilikanın mimarı olarak da Bramante'yi¹⁴² seçer. Paolo V¹⁴³, yeni yapılacak olan bazilikanın daha uzun olmasını istemiş, Konstantin dönemi bazilikasının da kalan

¹³⁷I. Konstantin, Constantino il Magno. Roma imparatoru..d.274 – ö.337.

¹³⁸ Circo di Nerone: Neron'un Sirki

¹³⁹ Niccolo V. Papa. d.1397-ö.1455. Papalığa çıkışı 1447'de gerçekleşmiştir.

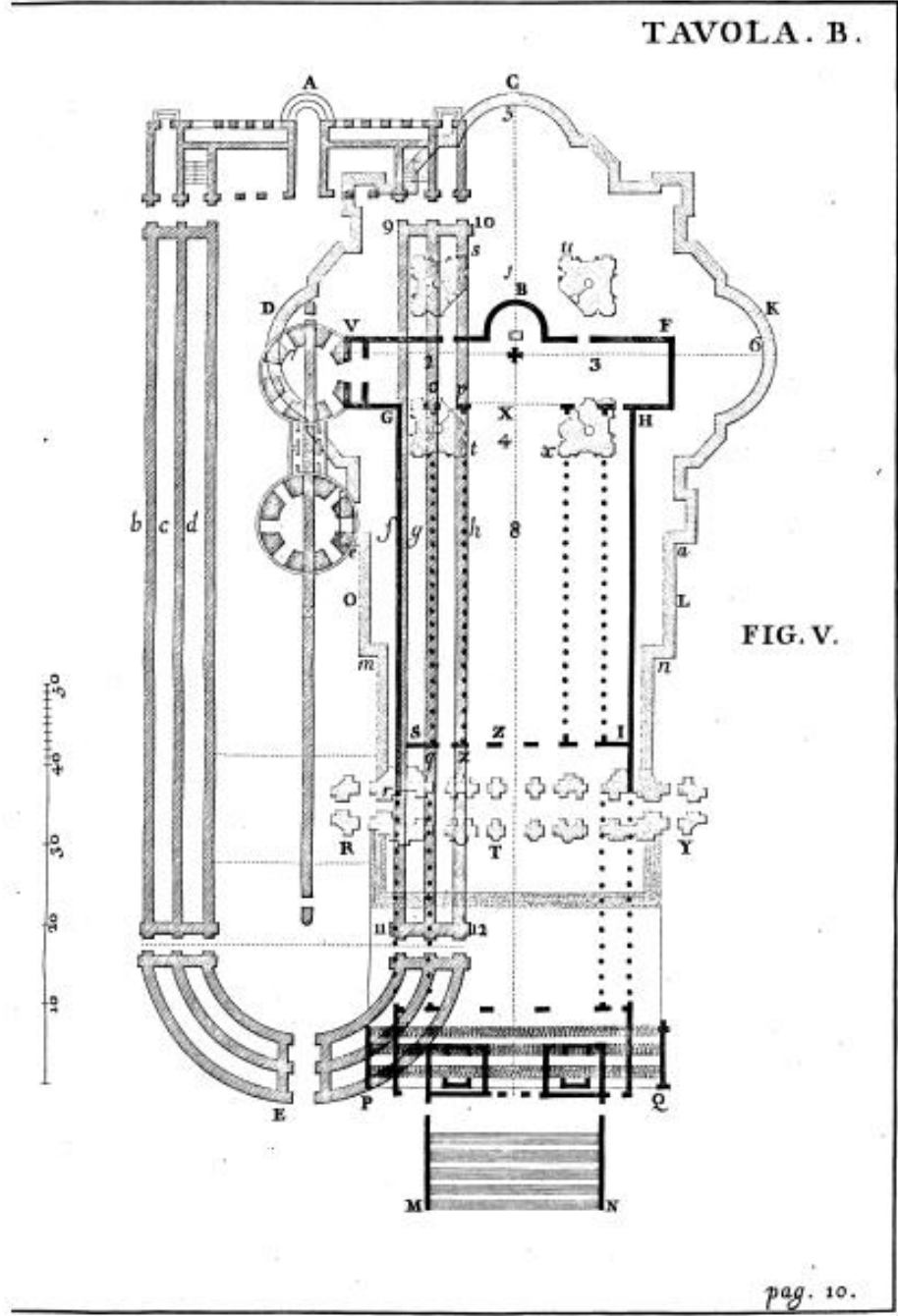
¹⁴⁰ Giulio II. Papa. d.1443-ö.1513. Papalığa çıkışı 1503'te gerçekleşmiştir.

¹⁴¹ Michelangelo Giulio II'ye giderek, Bramante hakkında şikayette bulunmuştur. Kutsal bir yapı olan kilisenin yıkımını çok özensiz ve saygısızca yaptığından bahsetmiştir. Yapının parçalarının bütün olarak korunacak yerde paramparça edildiğini belirtmiştir. (Poleni 1748: 16)

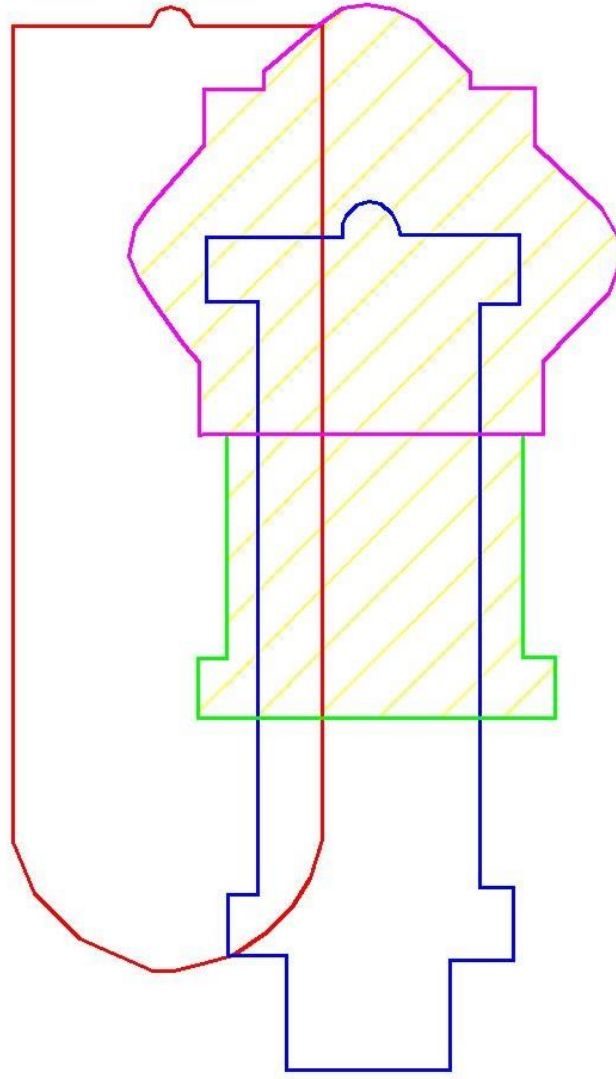
¹⁴² Donato Bramante. İtalyan mimar ve ressam. d.1444 – ö. 1514.

¹⁴³ Paolo V. Papa. d.1552 – ö.1621. Papalığa çıkışı 1605'te gerçekleşmiştir.

kısımlarının – aniden yıkılması tehlikesine karşılık – tümüyle yıkılmasına karar vermiştir. (Poleni 1748: 15 - 17)



Şekil 5.1. San Pietro planı (Poleni 1747: 10)



- Neron'un sirki
- Konstantin dönemindeki bazilika
- Yeni bazilikanın ilk yapılan kısmıdır. Michelangelo'nun önerdiği plana göre yapılmıştır.
- Yeni bazilikanın Papa Paolo V döneminde mimar Carlo Moderna tarafından yapılan kısmıdır.
- ▨ Günümüz bazilikası

Şekil 5.2. San Pietro planı (Poleni 1747: 10, 13, 17)

Bramante 1514'te ölür. Yerine üç mimar geçer: Fra Giacondo (ö.1520), Raffaello da Urbino (ö.1520) ve Giuliano da S. Gallo (ö.1520). Bramante'nin ve onun yönettiği yapı biriminin temelini attığı San Pietro'daki çalışmalara devam ederler. Bu üç mimarın da ölümü üzerine ve kilisenin yapımına uzunca bir arar verildikten sonra, Antonio da S. Gallo (ö.1546) kilisenin yapımını üstlenir. A.S.Gallo'nun ölümü üzerine Michelangelo Buonarroti 1546'da kilisenin yapımını ele alır. Michelangelo döneminde Bramante'nin planı ciddi değişikliklere uğrar. Michelangelo 81 yaşında Floransa'ya döner ve yapı biriminin yönetimini bir süreliğine Pirro Ligorio üstlenir. Michelangelo'nun ölümünden¹⁴⁴ (1564) sonra, Ligorio 1566'da görevden alınır. Bunun üzerine San Pietro'nun yapımına Jacopo Barozzi da Vignola (ö.1573) devam eder¹⁴⁵. Da Vignola öldüğünde, San Pietro'nun kubbesinin yapımına hala başlanmamıştır. Kubbenin yapımına 1588'de başlanır. Yapı kubbesiyle beraber nihayet 14 Mayıs 1590 yılında tamamlanır¹⁴⁶. (Poleni 1748: 20-25, 27)

¹⁴⁴ Michelangelo, San Pietro'nun yapımında 17 sene çalışmıştır. Michelangelo öldüğünde henüz Papa olarak görev yapan Pio IV, yapı birimine, San Pietro'nun yapımında herşeyin Michelangelo'nun karar verdiği şekilde devam ettilmesini, hiçbir değişikliğe gidilmemesini söylemiştir. Pio IV, kendinden sonra Papa olacak olan Pio V'i de aynı yolu izlemesi konusunda teşvik etmiştir.

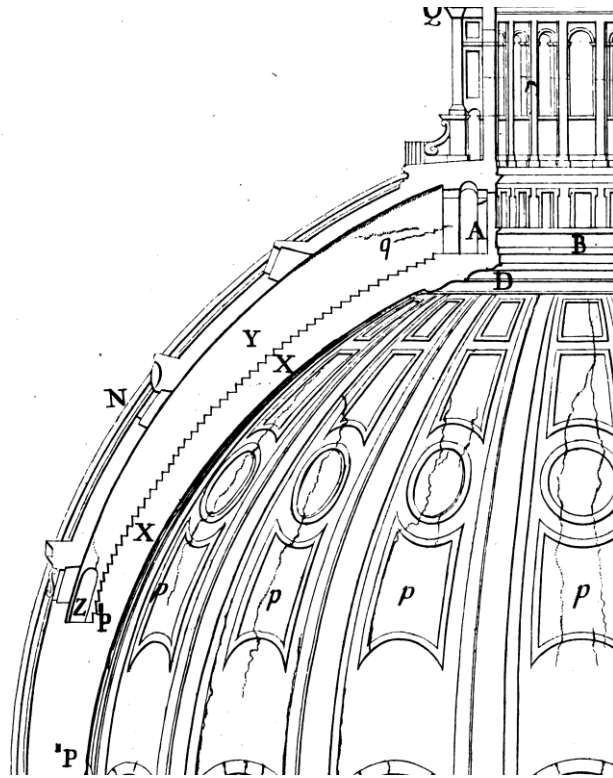
¹⁴⁵ Michelangelo'nun ölümünden 1588'e kadar San Pietro'nun yapı biriminin yönetimi de 24 yıl boyunca Jacopo della Porta'ya bırakılmıştır.

¹⁴⁶ Della Porta tarafından (Otoni 2008: 144)

5.2. Mimari Yapı ve Teknik

San Pietro'nun kubbesinde, tüm kabuk ve kemer duvarları tuğla veya taverten bloklardan örülmüştür. Birleştirici olarak kireç harcı¹⁴⁷ kullanılmıştır. (Como 2008: 983)

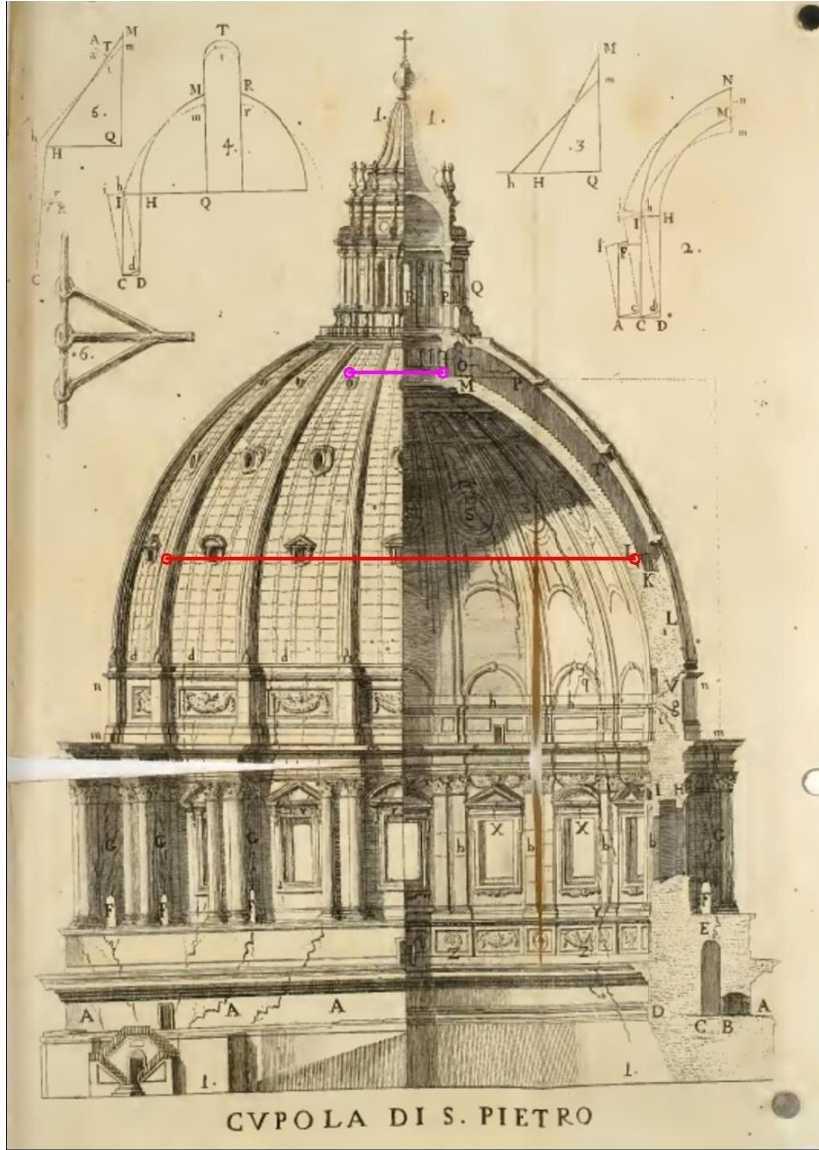
San Pietro'nun kubbesi çift cidarlıdır ve 16 sivri kemer kaburgası üzerine oturur. Kubbenin ortalama yarıçapı 30,50 mt.'dir. İç kabuk kalınlığı 2 mt., dış kabuğunki ise yaklaşık 1 mt.dir. Kaburga kalınlığı da alt kısımlarda 2 mt. iken kilit noktasında 5 mt.'ye varır. Kasnak silindirik yapılıdır, 3 mt. kalınlığındadır ve iç yarıçapı 21,42 mt.'dir. 16 payanda ile desteklenir. İki demir kasnak kubbe çevresine yerleştirilmiş ve duvara gömülmüştür. (Como 2008: 982)



Şekil 5.3. San Pietro'nun kubbesinin çift kabuk ve fenere çıkan merdiven detayı. (Poleni 1748: 201 – 202, Tavola XV)

¹⁴⁷ Puzolanlı. Bu harca “cement”, çimento da denir. (Poleni, 1747: 51)

Kubbeye bu demir eklemelerinin 1590 yılında yapıldığı iddia edilse de, tam olarak ne zaman ve kimin tarafından yaptırıldığı bilinmemektedir ¹⁴⁸. (Poleni 1748: 29)



— Birinci demir kasnak

— İkinci demir kasnak

Şekil 5.4. İlk demir kasnakların yerleri.

¹⁴⁸ Sanat tarihçisi Filippo Baldinucci, bu kasnakların Nisan 1591 tarihinde eklendiğini iddia eder. Ancak Poleni 1591 değil, 1590 yılı olabileceğini söyler.

Bu iki demir kasnaktan biri kubbenin iki kabuğa ayrıldığı yerde, fenere çıkan ilk basamağın bulunduğu yerden ve iç kabuğun dışından geçer. Demir kasnak 11 cm¹⁴⁹ genişliğinde ve 7 cm¹⁵⁰ kalınlığındadır. İkinci demir kasnak, iki kabuğun tekrar birleştiği noktada, et kalınlığının orta noktasından geçer. İç kubbenin çıkış noktasının yaklaşık 2 mt.¹⁵¹ üzerindedir. Bu demir kasnağın ölçüleri ilk demir kasnağıyla aynıdır. (Rondelet 1834a: 83, notlar bölümü)

İç kubbenin zirvesine doğru bir takım delikler vardır. (Şekil 5.5.'te "e" ile işaretli). Bunların içinde demir çubuklar vardır. (Şekil 5.5.'te "mt" ile işaretli). (Poleni 1748: 30) Bu demir çubuklar, kubbe yapısının içindeki farklı elevasyonlardaki demir kasnaklarla bağlantılı oldukları izlenimi verirler. Bütün bu demir çubuklar iç kubbenin ışıklık açıklığındaki son bir demir kasnakta sonlanır. (Rondelet 1834a: 83, notlar bölümü)

¹⁴⁹ 35 linee

¹⁵⁰ 20 linee

¹⁵¹ 6,5 feet

Poleni'nin alıntılandığı bir kaynağa göre, duvar örgüsünde dayanıksız ve kötü malzeme kullanılmıştır. İlk kısımların inşasının akabinde, ayaklar ve kemerler henüz yapılmışken ve üstlerinde yük yokken çatlaklar oluşmuştur. Poleni, bu hataların atık “örtülü” olduklarını, “görülemez” olduklarını ifade eder. Dolayısıyla bunları doğrulamak veya reddetmek yoluna başvuramaz. Eğer bu hatalar gerçekten varlarsa da, bunların bir takım hasarları yaratabilecek tohumlar olmuş olabileceğini söyler. (Poleni 1748: 114)

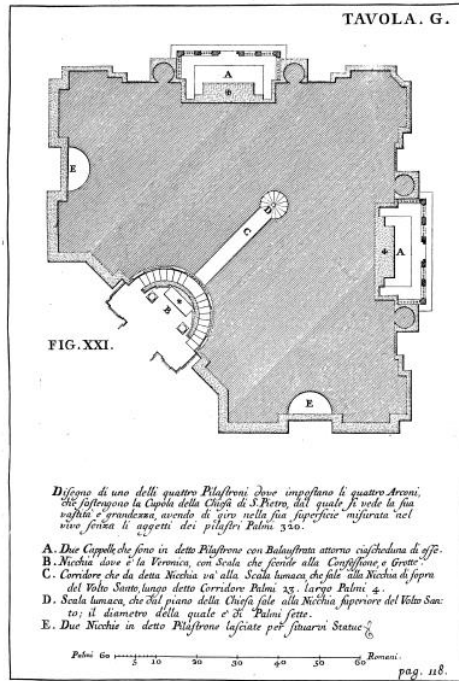
Poleni'nin aktardığı diğer bazı görüşlere göre, Mimar Carlo Maderno döneminde de yapıda sonradan sorunlar yaratacak bir takım uygulamalar yapılmıştır. Örneğin, Maderno'nun yaptırmakta olduğu dış cephe duvarlarının sürekli sallandığı ve bu sebeple hep yıkılma tehlikesi yaşadığı iddia edilir. Maderno yapının “sarsıntı emici bantlarını” (yatay hatıllar) yerleştirme konusunda da hata yapmıştır. (yükselmekte olan binanın yatay hatıl sıralarını düzgün şekilde oluşturup, kademe kademe tekrar edip inşaata öyle devam etmeyi ihmal etmiştir.) Poleni özellikle kubbeye yakın yerlerdeki bu tür sallanmaların kubbeye zarar vermiş olabileceğinden bahseder. Yine de, mekanik kaynağı henüz bilinmeyen bir takım çatlakların yakındaki bir etkiden değil de, tamamen farklı bir lokasyondaki farklı bir sebepten oluşmadığının bir garantisi olmadığını belirtir. (Poleni 1748: 115)

Üçüncü hasarla ilgili söylentiler, 1680'lerde çıkar. Reliklerin altındaki nişlerden ve diğer bazı işler sebebiyle ayaklarda bir takım kırıklar oluştuğu ve bunların kubbeye kadar uzandığına dair söylentiler yayılmıştır. Halbuki 1680 Nisan ayında tespit edilen bu kırık uzun zamandan beri zaten o noktada görülmekte olan eski bir kırıktır. Ancak bu sefer de kubbenin hareket ettiği söylentisi yayılır. Söylentiye göre de bu durumun sebebi Gian Lorenzo Bernini'nin kubbeyi taşıyan ayaklara yaptığı şapel ve nişlerdir. Hatta kubbenin tamamlanmasının hemen ardından fenerin altına yerleştirilmiş olan

eski demir kasmağın Bernini'nin çalışmalarının çatlak oluşturması üzerine Bernini zamanında eklendiği dahi ileri sürülür. Poleni bu iddiaları tümüyle reddeder ve önyargı ürünü olduklarını söyler. (Poleni 1748: 117 - 118)

Dördüncü hasar söylentileri 1735'lerde, çatlaklara –bunlar önceden var olan çatlaklardır - mermer geçme kilitler¹⁵³ yerleştirikten hemen sonra, 1740'larda ortaya çıkar. Bunların yeni çatlak olduklarından şüphelenilir. Bundan sonra kubbedeki hasarla ilgili tartışmalar başlar. (Poleni 1748: 119)

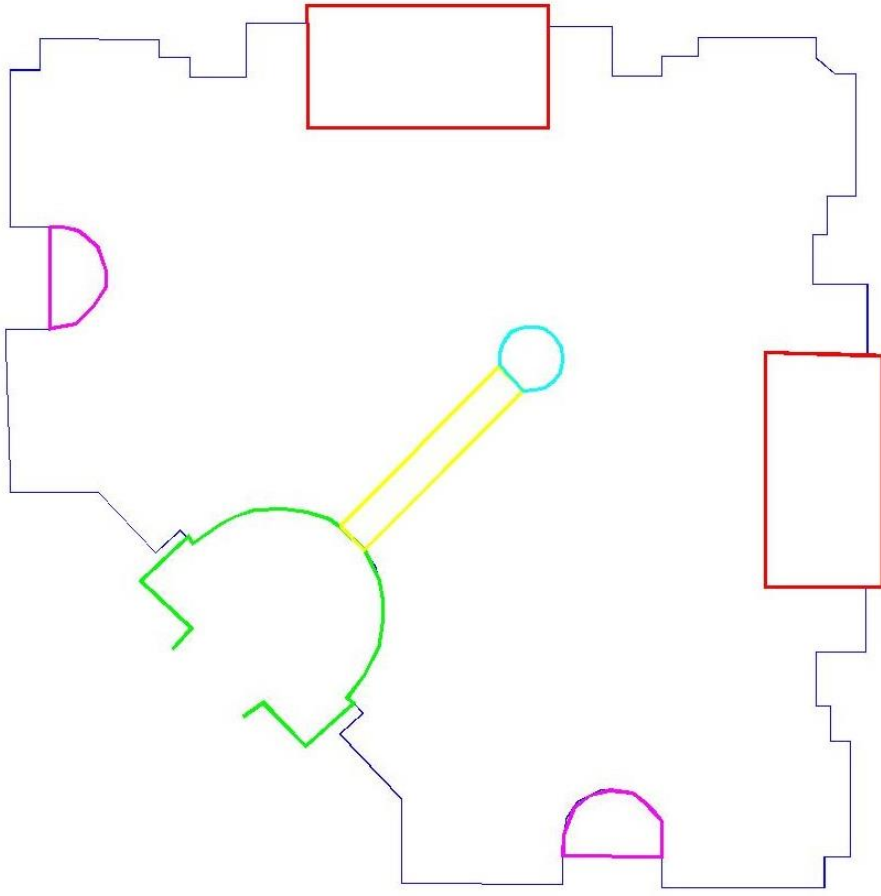
1742'lerde tartışma giderek büyümüştür. Konu artık sadece hasarların nevi üzerine değil, tamiratın nasıl yapılacağı üzerine de gelişmektedir. (Poleni 1748: 121)



Şekil 5.6. San Pietro'nun kubbesini destekleyen ayaklardan birinin detayı. Detay üzerinde Bernini'nin yaptığı eklemeler de gösterilmektedir.¹⁵⁴ (Poleni 1748: 118)

¹⁵³ “dovetail”

¹⁵⁴ Bernini'nin yaptığı bu eklemeler, Bramante'nin orijinal planında yer almaktaydı. Ancak Michelangelo tarafından kubbenin desteklerinin güçlendirilmesi amacıyla projeden çıkarılmıştır. (Ottoni 2008: 146)



- St. Pietro'nun dört ayağından biri
- İki yanında iki sütunçe bulunan şapel
- İçlerine heykel konmak üzere açılmış nişler
- "Veronica" heykeli bulunan niş. Aşağıya inen merdivenlerle bir odaya ve hücreye geçilir
- Yukarıdaki "Volto Santo" nişine çıkan salyangoz merdivenlere giden koridor
- "Volto Santo" nişine çıkan salyangoz merdivenler

Şekil 5.7. San Pietro ayak detayı (Poleni 1748: 118)

San Pietro'nun kubbesindeki çatlaklar kasnaktan başlayıp meridyenel bir biçimde yukarıya çıkmakta ve fener – kubbe birleşim noktasına kadar devam etmektedir. Bu çatlaklar yatay sıraların bütünlüğünün bozulmasına sebep olmuştur¹⁵⁵. Günümüze kadar kubbelerle ilgili edinilen tecrübeler göstermektedir ki, bu kırıklar örme kubbelerde sıklıkla görülür. Bunların, kubbe örgüsünün kendine paralel alt tabakalardaki çekme gerilmelerini karşılayamaması yüzünden segmentlere ayrılmaya zorlanması sonucu oluştuğu görüşü hakimdir. Bu demektir ki, kubbe çatlaklar nedeniyle zaman içinde yanal itkilerden etkilenmeye başlamıştır. (Como 2008: 983, 984)

Rondelet de, San Pietro'daki konsolidasyon çalışmalarından çok sonra yayınladığı “Trait theorique et pratique de l'art de batir” kitabında St Pietro'daki, konsolidasyona yol açan hasarlarla ilgili yorumlarda bulunmuştur:

“Geçen yüzyılın matematikçileri yapılarla ilgili önemli problemlerin çözümleri için çalışma fırsatı buldular. Kemer teorisi bilimin en önemli araştırma alanlarından biriydi. Dönemin yapı sanatı ile ilgilenen tüm önemli kişilerine bu çalışmalarını açıklama ve bunların dönemin en önemli yapılarında uygulandığını görme şansını elde ettiler. O dönemde San Pietro'da birtakım sorunlar belirmişti. Dönemin mühendisleri ve mimarları yanlış temeller üzerine kurdukları teorilerle bu güzel binanın ilk yapımından itibaren sağlamlığı hakkında şüpheler türettiler ancak Poleni, uzun çalışmalar sonucunda bu muhteşem yapı hakkındaki bu şüpheleri giderdi ve bu yapının dengesinin ne şekilde mükemmelleştirilebileceğini gösterdi”. (Rondelet 1832a: introduzione, VIII - IX)

¹⁵⁵ Ayrıca kasnaktaki demir kasnaklardan birinin kırıldığı konsolidasyon çalışmaları sırasında Vanvitelli tarafından tespit edilmiştir.

Rondelet'e göre San Pietro'nun kubbesinde meydana gelen sorunların sebepleri;

1. Kubbeyi destekleyen 4 ayağın temellerinin üzerinde yükseldiği alanın dengesiz olarak oturması¹⁵⁶
2. Yapı için kullanılan birbirinden farklı inşaa yöntemleri
3. Kubbenin yanal itkileri (yeterince dik olmaması sebebiyle fener yapısının da ağırlığı üzerine binince durum kötüleşmiştir.)
4. Depremler'dir. (Rondelet 1833a: 181)

Roma'daki San Pietro kilisesinin kubbesi tuğla ve kesme taş kaplamalı taş duvar tekniği ile yapılmıştır. Ancak inşaa sırasında antik dönemde alınan tedbirlere uyuulmadığından ve duvarlara hatırı sayılır bir yük bindiği için, kasnağın altındaki taşıyıcı yapının duvarlarında hasarlar görülmüştür ve bu kubbenin oluşturduğu yanal itkilere bağlanmıştır. Halbuki bunun oluşmasına zemin hazırlayan kubbenin dengesiz bir şekilde oturma yapmış olmasıdır. (Rondelet 1833a: 55)

San Pietro'nun konsolidasyonu öncesinde incelemeler yapan Poleni ise hasarın sebebinin kubbenin ağırlığı olduğunu düşünüyordu. Ayrıca yalnızca Poleni, kubbeyi taşıyan ayaklarda görünür olmayan bir takım küçük hasarlar olabileceğine inanıyordu. Kubbedeki en büyük hasarın da tam ayakların üzerindeki kasnak noktasında olduğunu düşünüyordu. (Lopéz 2006: 1962, 1963)

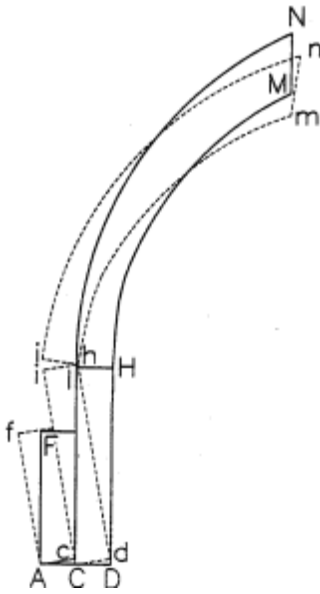
Poleni kasnaktaki sorunun kötü duvar işçiliği ve malzemenin iyi birleşmemesi olduğunu söyler. Ayrıca kubbenin yükünü kasnağa bitişik payandanın değil de

¹⁵⁶ San Pietro kireçli toprak (pekmez toprağı) ve killi kumdan oluşan bir tabaka üstüne serilmiş bir sıra daha kumdan oluşan zemin üzerine inşaa edilmiştir. Doğu yönündeki iki ayak doğrudan bu zemin üzerine, diğer iki ayak önceki Roma kalıntısı (Neron'un Sirki) üzerine yerleşmiştir. (Ottoni 2008: 145)

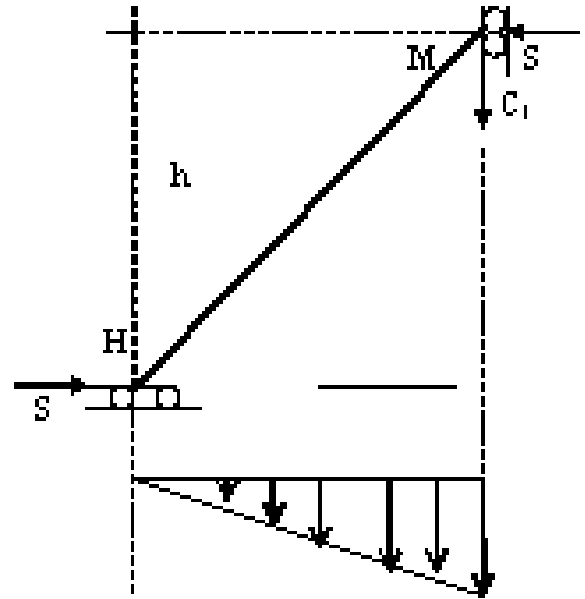
kasnağın taşıdığını, bu yüzden daha çok hasar gördüğünü söyler. (Lopéz 2006: 1964-1966)

5.4. Yapıdaki sorunlara ilişkin tartışmalar, çalışmalar

1742’de kubbeyle ilgili baş gösteren tartışmalar üzerine Benedetto XIV¹⁵⁷ kubbenin stabilitesinin incelenmesini ve güçlendirme yollarının aranmasını istemiştir. Kubbenin stabilitesi hakkında bilim adamları arasında çıkan ihtilaf üzerine - ki aralarında matematikçiler de vardır - Benedetto XIV, Giovanni Poleni’ye başvurur. Poleni, 1743’te yazdığı raporda durumun matematikçilerin belirttiği kadar kötü olmadığını belirtir. Çatlakların sebebini ve kubbenin güçlendirme yollarını açıklar. (Como 2008: 981)



Şekil 5.8. Çökme mekanizması (Como 2008: 984)



Şekil 5.9. Çökme mekanizması (Como 2008: 985)

¹⁵⁷ Benedetto XIV. Papa. D. 1675 – ö. 1758. Paplığa çıkış tarihi 1740.

Tartışmalarda taraf olan üç matematikçi ise, Şekil 5.8.'e göre oluşacak bir çökme tasavvur ediyorlardı. Şekil 5.8'de AD, tamburun en alt sırasını ve payandaları ifade ederken Af, payandaların dış sınırını gösterir. Öne sürülen harekete göre kubbenin HMNI parçası H noktasında mafsallı olarak içeri doğru yönelirken, AC düzleminde de ters bir dönme etkisi yaratır ve çatı galerisi ile payandalar da ters tarafa yönelirler. Matematikçiler kubbenin yıkılma hareketinin yana yatık bir çubuğun serbest kayma hareketi gibi olacağını düşünüyorlardı (Şekil 5.9) . Çubuğun çökme hareketi ise baş tarafında düşey boyunca ve alt kısmında ise yatay boyunca kayma şeklinde olacaktır. Payandalarla tambur, aralarındaki yüzey bağlantısı azaldıkça birbirlerinden ayrılmış gibi davranacaklardır. Meridyenel çatlaklar yüzünden parçalara ayrılan kubbe içeri doğru, ayaklar ve tambur dışarı doğru dönme hareketi yapacaktır. Şekil 5.9'dan da anlaşılacağı gibi, kubbenin tüm ağırlığının yarattığı itkiye karşı H noktasında etki eden S kuvveti öyle büyük olmalı ki, kasnak ve ayaklar tarafından da karşılanmasın. Poleni bu açıklamayı kabul etmiyordu. Ayrıca kubbedeki çatlaklarla kasnak ve ayaklardakinin bağlantılı olduğunun da düşünmüyordu. Hasarı malzeme kalitesizliğine ve kötü uygulamaya bağlıyordu. (Como 2008: 985, 986)

Fig. J.

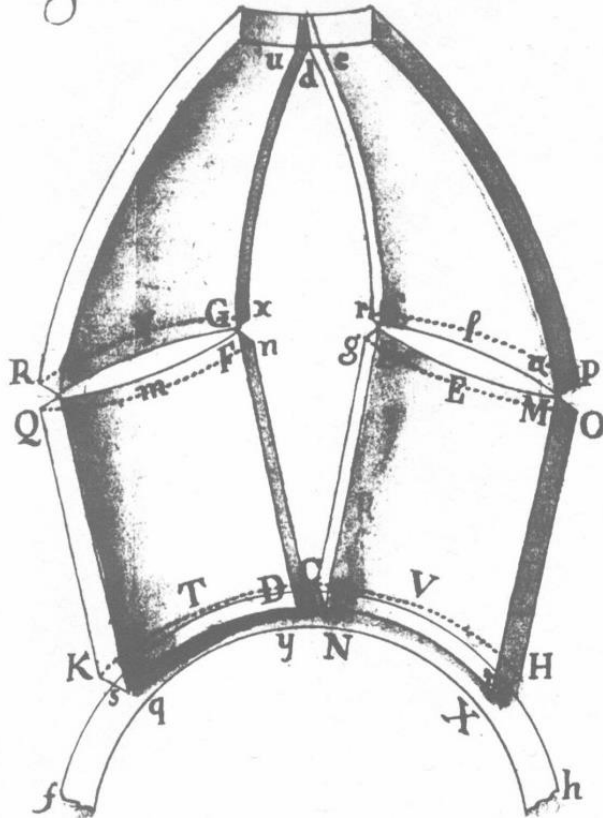
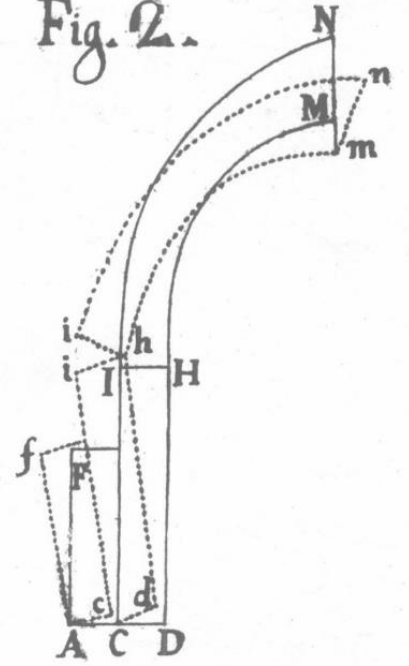


Fig. 2.



Şekil 5.10.a. Kubbe modeli, solda. b. Matematikçilerin çökme önerisi, sağda (Lopéz 2006: 1961)

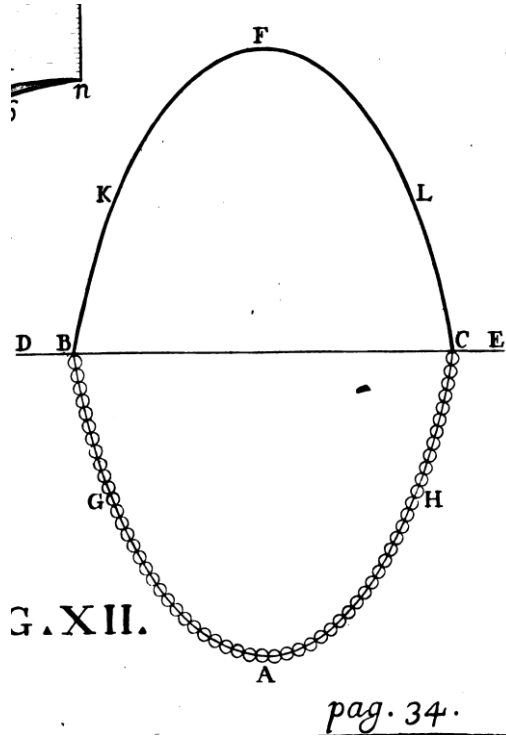
Poleni, üç matematikçinin Şekil 5.10.b'de önerdiği hareketi kubbenin nasıl yapabileceğini görmek için, kubbenin ve kasnağın bir modelini yaptırdı ve onu boyuna dört parçaya böldü. Model üzerinde yaptığı çalışma sonunda matematikçilerin önerdiği bu hareketi yapabilmesi için kubbenin hem enine hem de meridyenel yarıklara ayrılması gerektiğini gördü. Gerçekte böyle bir yarık hali yoktur, olsaydı ve kubbe bu hareketleri yapmış olsaydı, aynı modelde olduğu gibi, çökmüş olacağını düşünmüştür. Poleni, kubbe bu açılmaları yüzeyinde göstermeden bu şekilde durmayı başarsaydı bile, o vakit de, halihazırdaki demir kasnakları germiş olacağı ve bunların da yatay çatlaklar oluşturmuş olacağını düşünmüştü (Lopéz 2006: 1959-1960)

Benedetto XIV Poleni'den kubbeyi tekrar incelemesini ister. Poleni'ye göre, durum kötü değildi, hemen gerçekleşecek bir çökme yoktu, ama zaman aleyhe

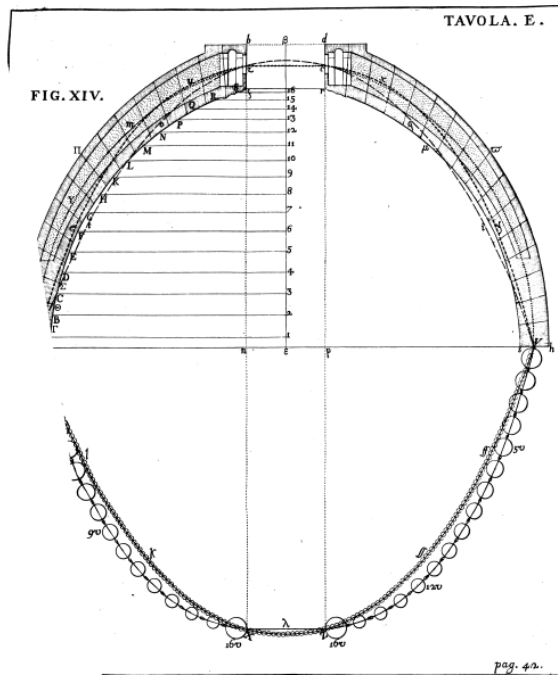
işliyordu. Bunun üzerine güçlendirme için demir kasnaklar kullandı ve bunların sebebi olarak önerilenleri kabul etmese bile üç matematikçinin kimi tamirat önerilerini kabul etti. Poleni ayrıca kubbenin tehlikeli olmadığı sonucunu veren statik bir doğrulamasını da yapmıştır. Bunu yaparken, Robert Hooke'un 1675'te oluşturduğu bir teoriden yola çıktı. (Como 2008: 986)

Esasen Hooke, bir teori kurmamıştı, zira bir denklem meydana getirememişti. Ancak sezgisini bir kitabın kenarına Latince anagram olarak işledi. Çözümlendiğinde anagramın söylediği şey şu idi : “*ut pendet continuum flexile, sic stabit contiguum rigidum inversum*”. Elastik kordonun kendi ağırlığı ile dengede durduğu hal, yükleri basınç olarak tersine çevrildiği şekilde rijit kemerin olduğu halin aynıdır. Poleni bu yoruma göre San Pietro'yu incelemek için kubbeyi dilimlere ayırdı. Bu dilimlerin üzerindeki taş sıralarının birbirine eşit olmayan temsili ağırlıklarını da “zincir” modeli üzerine 32 noktada astı. Bu zincir şeklinin San Pietro'dan aldığı kemer diliminin¹⁵⁸ kesit sınırları içinde kaldığını ispatladı. Zira bir kuvvet çizgisi söz konusu kesitin içinden geçtiği sürece o kesit yapısının bu kuvvetler altında dengede olduğu söylenebilir. (Block, DeJong, Ochsendorf 2006: 10)

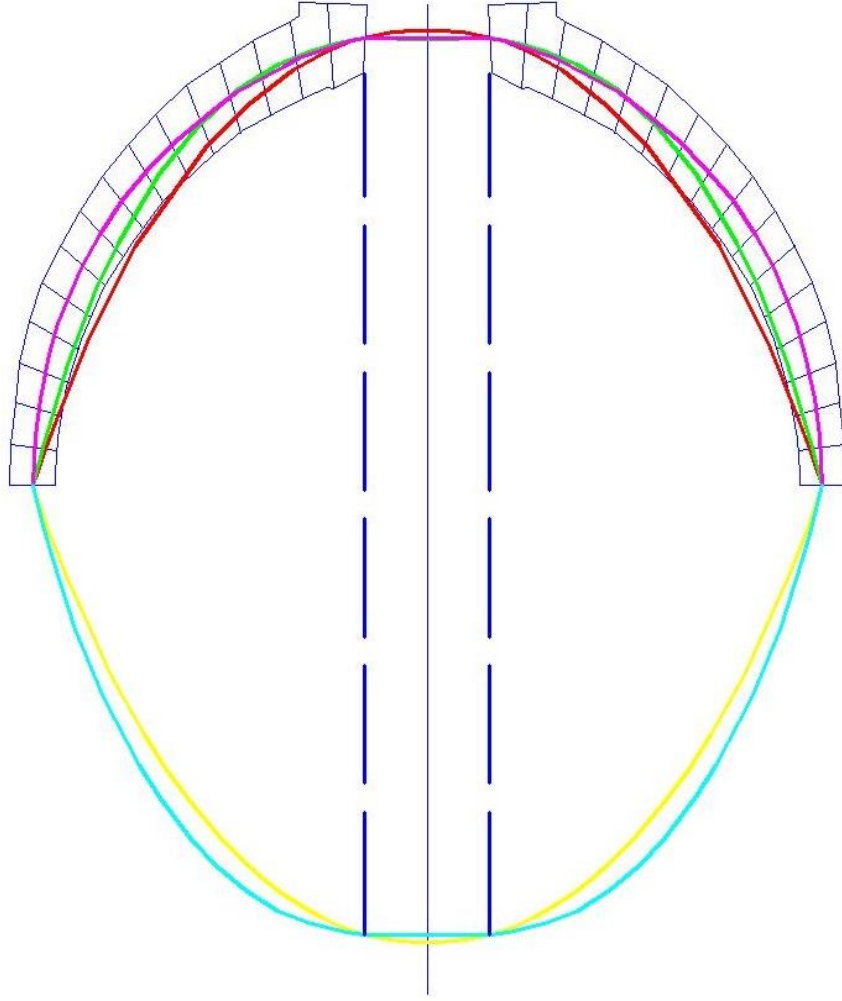
¹⁵⁸ 18. yy.'da kubbeleri yan yana kemerlerden oluşmuş yapılar gibi çalıştığı düşünülüyordu. Ancak 1800'lere gelindiğinde membran teorisi geliştirilebildi. (Ottoni 2008: 137)



Şekil 5.11. Hooke'un diyagramı (Poleni 1748: 34)



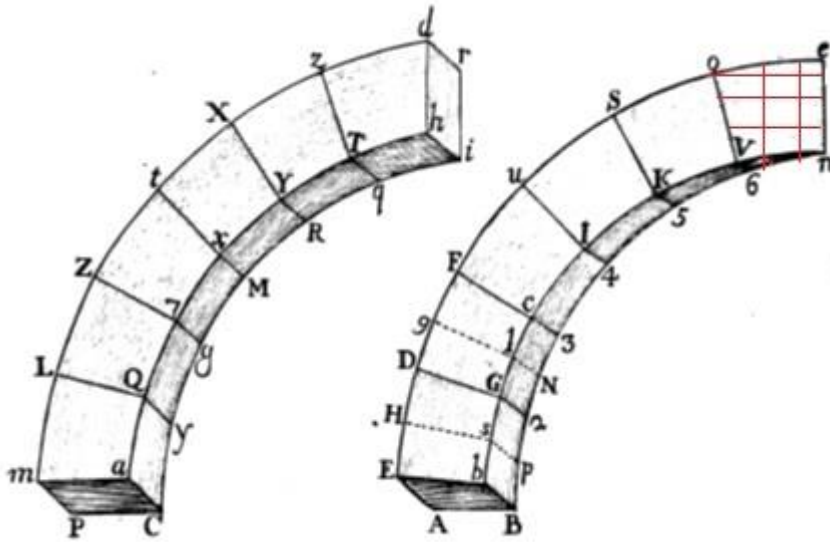
Şekil 5.12. San Pietro'nun Hook'un diyagramıyla analizi (Poleni 1748: 42)



- | | |
|---|---|
| <p>— Her biri birbirine eşit halkalardan oluşmuş kürelerin merkezinden geçen zincir eğrisi modeli, Zincir A</p> <p>— Zincir A'nın ters çevrilmesi ile oluşan eğri, Zincir B</p> <p>— Kubbe modeli üzerindeki taş sıralarının ağırlık merkezinden geçen eğri, Zincir C</p> | <p>— Zincir D</p> <p>— Zincir D'nin ters çevrilmiş hali, Zincir E</p> |
|---|---|

Şekil 5.13. Poleni'nin Sterling kürelerini San Pietro'ya uygulaması

Poleni, Şekil 5.4'ü baz alarak şekil 5.13'deki kubbe çizimini hazırlamıştır. Bu çizim üzerinden iki metot uygulamıştır. Her biri birbirine eşit halkalardan oluşmuş zincirlerin merkezinden geçen zincir eğrisi modelini de, Şekil 13.'deki Zincir A olacak şekilde tasarlar. Bu modeli I ve V noktalarından ters çevirir, Zincir B eğrisini elde eder. Bu eğri Şekil 5.14.a'da gösterilen her bir parçası birbirine eşit ve eğimli olarak kesilmiş taş sıralarından oluştuğu varsayılan kemerin taşlarının ağırlık merkezinden geçen eğriyi temsil etmektedir. Zincir C eğrisi ise, çizilen kubbe modeli üzerinden taş sıralarının ağırlık merkezlerinden geçen eğriyi ifade eder. Görülmektedir ki Zincir C eğrisi ile ters çevrilen Zincir B örtüşmemektedir ¹⁵⁹. Ayrıca Zincir B, belli bir kısmında kubbenin iç kontuarından dışarı çıkmaktadır. Bu durumda, hipoteze göre, San Pietro'nun kubbesi kasmağa oturduğu kısımlardan ve fener kısmından kabul edilebilir sınırlardan fazlaca dışarı doğru açılmaktadır. Bunun neticesinde de çatlaklar oluşmuştur. (Poleni 1748: 42- 44)



Şekil 5.14.a ve b San Pietro'nun Hook'un diyagramıyla analizi (Poleni 1748: 42)

¹⁵⁹ Hipoteze göre kemerin şeklinin mükemmel olması için bu iki çizimin örtüşmesi gerekir. (Poleni 1748: 44)

Poleni ikinci metotta, kubbeyi Şekil 5.12'deki $\beta\epsilon$ aksı doğrultusunda 50 eşit dilime ayırır. Fenerin bulunduğu kısmı da şekil 5.14.b.'deki σV_6 ne parçası şeklinde tasarlar. Karşılıklı iki dilimle, yine Şekil 5.13'deki çizimi elde eder ve bu iki dilimi yatayda 16 parçaya ayırır. Bu dilimdeki her bir bloğun hareketsiz kalarak üstteki bloğu nasıl desteklediğini araştırmıştır. Çünkü bu yapı bu haliyle dengededir, sadece blokların ağırlık kuvvetleriyle desteklenmektedir. Ancak buradaki denge durumu Sterling'in kürelerindeki gibi birbirinin eşi parçaların denge durumu gibi değildir. Tam tersi, eşitsiz parçaların denge durumu incelenmiştir. Bu nedenle Poleni matematiksel hesaplarla inceleme yoluna gitmeyip mekanik olarak inceleme yapmayı tercih etmiştir. (Poleni 1748: 44 -47)

Şekil 5.14.b.'deki dilim gibi bir forma sahip olan ve şekil 5.13 üzerinde gösterilen 16 yatay parçaya ayrılmış bir kubbe dilimindeki blok birim ağırlıklarını belirten Tablo 5.1'i oluşturmuştur. Bu tablo sayesinde yeni oluşturacağı metal zincirin hangi noktasına ne yük konumlandıracağını belirlemiş olur. Bu yeni zincir Şekil 5.13 üzerinde Zincir D ile gösterilmiştir. Bu zincir üzerindeki her bir noktaya kubbeden karşılık gelen birim ağırlık miktarı kurşun küre olarak asılmıştır¹⁶⁰. Bu zincir ters çevrildiğinde Şekil 5.13'de gösterilen Zincir E'yi verir. Birinci metottan elde edilmiş olan, taşların ağırlık merkezinden geçen Zincir C ile Zincir E karşılaştırıldığında, bu iki eğrinin yine örtüşmediği görülür. Ancak aradaki fark çok büyük de değildir. (Poleni 1748: 47-49)

İlk metoda göre eğri taş sınırları dışına çıkmışken, ilkinde göre daha doğru bir yöntemle uygulanan ikinci metotta bu olmamıştır. Dolayısıyla Poleni, San Pietro'nun kubbesinin formunun yanlış olmadığını düşünmektedir. Ancak yine de, en tepe

¹⁶⁰ "grani" cinsinden. 1 grani = 64,79891 miligram'dır.

noktadaki fenerin ağırlığının, orada fener bulunmadığı halde, o boşlukta yer alacak taşların ağırlığına eşit olmaması halinde, o boşluğun doldurulması gerektiğini ifade etmiştir. Zaten fenerin ağırlığının yarattığı basıncın yönü ile orada fener olmaması halinde bulunacak olan kilit taşının yaratacağı basıncın yönü birbirinden farklı olacaktır. Ancak bu bile, fenerin kenarındaki taşların hemen yanlarındaki taşları sıkıştırarak şekilde yerleştirilmesi ve ona göre kesilmeleri ile kompanse edilebilmektedir. Ancak burada zaten ağırlığı 30 bin libreyi¹⁶¹ (yaklaşık 9,9 ton) geçen bir demir kasnak uygulaması yapılmıştır, böylece armatür yoluyla buradaki sıkışma problemi aşılmıştır. Dahası, kubbenin, ağırlığı bir milyon libreyi (yaklaşık 327,2 ton) geçen kurşun dış yüzey örtüsü yanal kuvvetleri dengelemiştir. (Poleni 1748: 49-50)

COLONNA I.	COLONNA II.	COLONNA III.	COLONNA IV.
NVMERI DE' CVNEI.	LVNGHEZZE DE' RAGGI.	PESI DE' CVNEI.	PROPORZIONE DE' PESI IN NVNERI MINORI.
A. 1. l	200. l	88976. l	89.
B. 2. l	198. l	88086. l	88.
C. 3. l	195. l	86752. l	87.
D. 4. l	191. l	84972. l	85.
E. 5. l	184. l	81858. l	82.
F. 6. l	177. l	78743. l	79.
G. 7. l	168. l	74740. l	75.
H. 8. l	159. l	70735. l	71.
K. 9. l	148. l	65842. l	66.
L. 10. l	135. l	60059. l	60.
M. 11. l	122. l	54275. l	54.
N. 12. l	108. l	48047. l	48.
P. 13. l	92. l	40929. l	41.
Q. 14. l	76. l	33811. l	34.
R. 15. l	60. l	26693. l	27.
S. 16. l	41. l	18240. l	18.
	l 2254.	l 1002758.	l
S. 16.	43.	18240. Cape lino. 81629.	
l	l	99869.	l 100.

Tablo 5.1. Dilim parçaları ağırlık tablosu¹⁶²

¹⁶¹ Libbra. Antik Roma ölçü birimidir. Farklı bölgelerde farklı değerlerde kullanılmıştır. Örneğin 1 Roma libresi = 327,168 gr'dır. 1 Paris libresi ise 489,5 gr.'dır.

¹⁶² Poleni tüm kubbenin ağırlığını 50.138.000,00 Libre olarak üç matematikçinin "Parere" çalışmasından alıntılanmıştır. Üçüncü sütündeki her bir bloğun ağırlığını veren değerlerin toplamı tüm kubbe ağırlığının 1 / 50'sidir. Şu halde toplam ağırlık 1.002.758,00 Libre olacaktır. Her bir bloğun

Papanın San Pietro ile ilgili çalışması için görevlendirdiği matematikçiler, Boscovich¹⁶³, Le Seur¹⁶⁴, Jacquer¹⁶⁵'dir. (Poleni 1748: 124) Bu matematikçilere göre, “kasnağın iç kısmındaki sütunçeler ve kasnağın dış duvarı yerlerinden oynamıştır.” (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XV) Buna kanıt olarak Şekil 5.15'te L ile gösterilen noktada, iç kubbenin etrafını dönen demir kasnağı tutan gözlerin düşey doğrultuda yerinden hareket etmiş olmasını gösterirler. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: IX) Bundan başka, “fener, MN noktalarında hem iç hem de dış kubbeye baskı yapmaktadır. Kaburga ile kubbenin kendi ağırlığı da birleşince, üzerinde durdukları kasnağı dışarı doğru itmektedirler. Yine fenere doğru, Şekil 5.15'te gösterilen OP'de yatay açılmalar görülmüştür. K ile gösterilen koridor kısmında da pencere pervazlarında da yatay açılmalar vardır.” (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XV)

Şekil 5.15'te, 2. Figürde, “MNIH kaburgası, kendisini destekleyen HICD duvarı üzerinde görülmektedir. AFC payandası da onları desteklemektedir. Kaburga kısalmıştır ve onunla birlikte tüm kubbe M noktasından m noktasına kadar alçalmıştır. Duvar ile payanda da I noktasında H h noktasına gelecek şekilde açılmıştır. Ayak C noktası etrafında dhiC şeklini oluşturacak şekilde döner. Payanda da üzerine binen bütün bu yüklerle birlikte A noktası etrafında döner.” (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XV)

ağırlık olarak karşılığı bu bir tek dilim ağırlığının sütun 2'deki katsayılara oranlanmasıyla elde edilmiştir. 4. Sütunsa bu ağırlıkların birim olarak karşılığını ifade eder. Sütun 2'deki katsayılar ise, her bir bloğun alt ve üst yatay sınırlarının birbirlerine göre hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Fenerin toplam ağırlığı da 4.081.461,00 Libre'dir. 1/50'sine karşılık gelen 81.629,00 Libre, 16.parçanın ağırlığına eklenmiştir ve bu parçanın toplam ağırlık oranı 100 birim olarak alınmıştır. (Poleni 1748: 48)

¹⁶³ Ruggiere Giuseppe Boscovich. Peder ve “Collegio Romano” da matematik hocaları. d.1711 – ö.1787.

¹⁶⁴ Tommaso Le Seur. Matematik hocaları. d. 1703 – ö. 1770

¹⁶⁵ Francesco Jacquer. Matematik hocaları. d. 1711 – ö. 1788

“Kasnağın DV duvarı, DA ve HI duvarları ile G payandasını iterek, D noktasından açılarak A noktası etrafında döner. Çünkü söz konusu duvarlar incedir. AB sadece 2,70 mt¹⁶⁶ genişliğindedir. B noktasında ayrışma olur.” (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XVI)

Matematikçiler, feneri, kubbeyi ve payandayı ve onların hareketini ifade etmek için Şekil 5.15'teki Figür.3'ü tasarlarlar. Buna göre MH çubuğu kaygan MQ ve HQ yüzeyleri arasında yaslanmış bir çubuktur. Mh konumuna geçmeye zorlanır. H noktasında bir dirençle karşılaşır, bunu eğiminin oranında değişen bir kuvvetle iter. Ayrıca M noktasında etkiyecek fazladan bir yük de H noktasında daha büyük bir yanıl kuvvet uygulanmasına neden olacaktır. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXII)

Matematikçiler aynı fikri Şekil 5.15'teki Figür.4'teki çizime aktarırlar. Buna göre MH çubuğu yerini MH kemerine¹⁶⁷ bırakır. MQ yüzeyi yerine MR'deki daire ve MTR kemer parçası¹⁶⁸ vardır. MTR kemer parçası M noktasını yer değiştirmeye zorlar. QH yüzeyi yerine de HDCI destek yapısı yer almaktadır. MH kemeri gerek kendi ağırlığının etkisiyle gerekse MTR kemerini itmesinin etkisiyle M noktasından m noktasına harekete zorlanır. Bunun sonucunda da HICD payandası C noktası etrafında dönmeye zorlanır ve dhiC şeklini alır. Eğer C noktasındaki tepkiyi aşamazsa, aynı noktayı zorlamaya devam eder, aşılırsa dönme hareketi gerçekleşir. Bundan yola çıkarak matematikçiler sorulması gereken soruları şöyle belirlerler: oluşacak en büyük itkinin yeri neresi olacaktır ve değeri ne olacaktır; oluşacak tepkilerin yeri neresi olacaktır ve değeri ne olacaktır; itkinin değeri tepkiyi aştığı vakit, yapıyı sabit tutmak

¹⁶⁶ 12 “palmi”. 1 palmi = 222mm.

¹⁶⁷ Kaburgayı temsil eder

¹⁶⁸ Feneri temsil eder

ve stabilitesini sürdürebilmesini sağlamak için nereye iyileştirme uygulanacaktır. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXII)

Matematikçiler, kemer çökme mekanizması ile ilgili yapılan çalışmalardan La Hire ve Couplet'inkileri genel tarifler olarak ele alırlar. Zira San Pietro'daki durum bu iki bilimadaminin üzerinde çalıştıkları durumlardan farklılıklar gösterir. Örneğin, Couplet ve de La Hire'in incelediği fiktif yapılarda hasar yoktur, destek yapılarına uygulanan fazla itki kemerin parçalarının bir bütün olarak hareket etmesine ve sonunda bir noktada kırılmanın gerçekleşip parçaların bu kırılma noktasında birbirlerinden ayrılmasına sebep olur. *“La Hire¹⁶⁹, kemerlerde kırılmanın üzengi noktalarının arasında kalan kısımla en tepenin tam orta noktasında olacağını var saymaktadır. Üst parçadan uygulanmakta olan kuvvetinse alttaki iki destek nokta etrafında devrilme gerçekleştirebilecek kadar yüksek olduğunu düşünmektedir. Couplet ise¹⁷⁰, kemer en tepe noktada ve üzengi noktalarında içeriden, arada kalan kısımlarda ise dışarıdan kırıldığını düşünür. Halbuki, San Pietro'da durum farklıdır. Düşey açılmalara rastlanmaz. Ayrıca en tepe kısımda, iç bölgede demir kasnak vardır. Dolayısıyla bu özel durum özel bir inceleme gerektirir.”* (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXIII)

Matematikçilerin hesaplamalarına göre, eğer kasnağı oluşturan yapı payanda ile birlikte bir bütün olarak – birbirinden ayrılmadan A noktası üzerinde dönmeye zorlanacak olsaydı, sonunda, demir kasnaklar ile kasnak-payanda sisteminin gösterdiği dayanım kubbe ve fenerin yarattığı yanal itki değerinin çok üzerinde olacaktır. Bir başka deyişle, eğer payandada ve kasnağın en alt bölümündeki, E

¹⁶⁹ Çalışmasının tarihi 1712'dir.

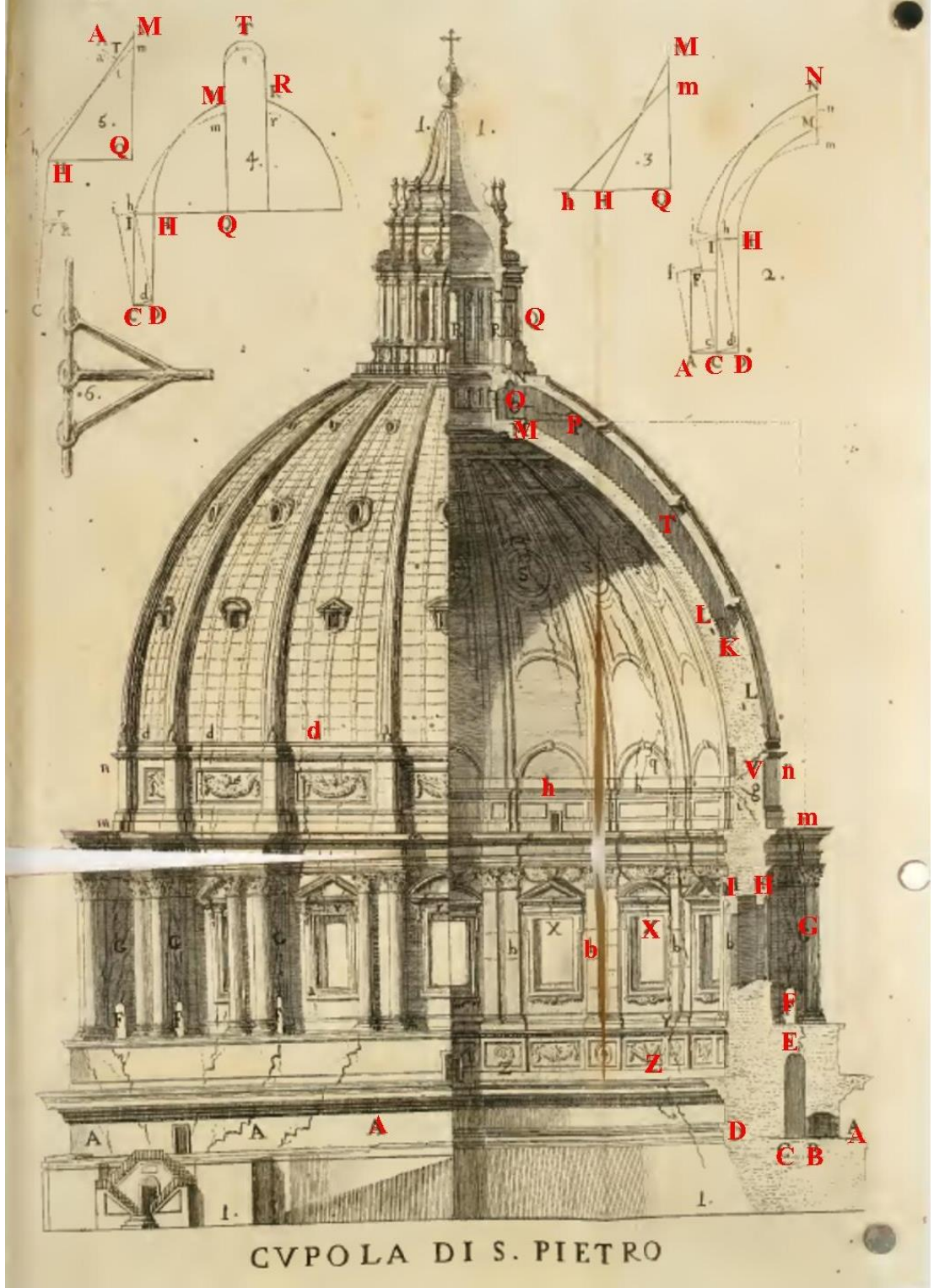
¹⁷⁰ Çalışmasının tarihi 1730'dur.

noktasındaki ayrılmalar olmasaydı ¹⁷¹ bu yanal itki bu destek sistemini hareket ettiremeyecekti ve böylece kubbe yapısı tehlike içinde olmayacaktı. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXIX)

Ancak, gerçek durumu göstren Şekil 5.15. Figür2'deki birbirinden ayrılmış kasnak ve payanda sistemi için hesaplamalar yapıldığında fener ve kubbe sisteminin yarattığı itkinin kasnak ve payanda sisteminin gösterdiği dirençten % 50 daha fazla olduğu ortaya çıkar. ¹⁷² Matematikçilere göre, kasnak üzerinde sürekli olarak baskı yaratan, onu devrilmeye zorlayan ve demir kasnakları da dilatasyona ve aşırı gerilmeye maruz bırakan bu durumun en ufak bir depremde, şimşek veya gökgürültüsünde yapıda tamir edilemeyecek hasarlar yaratmasına sebep olabilecektir (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXX)

¹⁷¹ Matematikçiler ayrılmanın sebebi olarak CEB koridorunun çok yüksek olarak tasarlanması ve bunun sonucunda da EF tonozunun kalınlığının sadece 9 “palmi”, yani yaklaşık 2 mt. olarak kalmasını gösterirler. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXX)

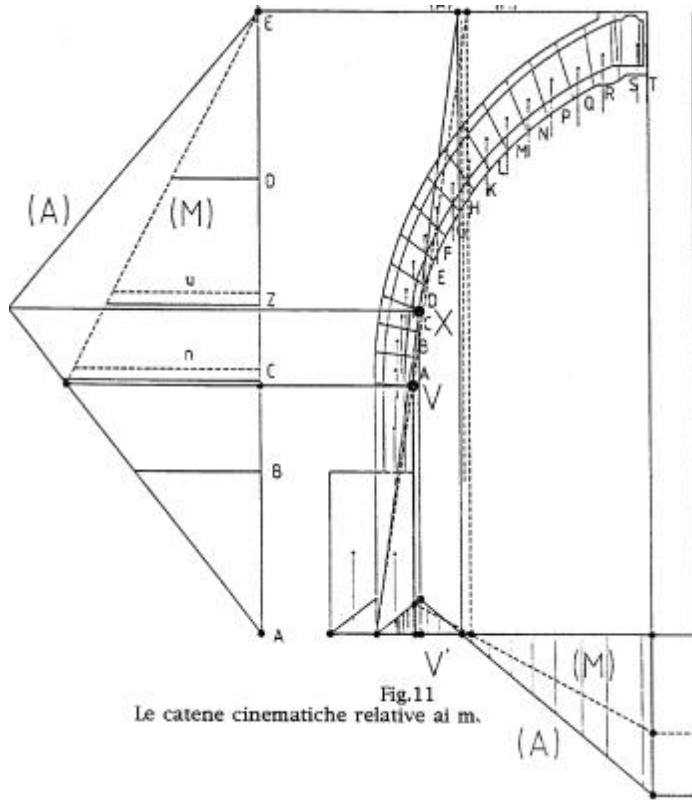
¹⁷² İtki toplamı 9.373.650,00 Libre (Yaklaşık 3.2 tona tekabül eder. Kubbe, kaburgalar ve fenerin oluşturduğu itkidir) . Tepki toplamı 6.136.294 libre (Yaklaşık 2,1 tona tekabül eder. Çatı galerisi, kasnak, payandalar ve demir kasnakların oluşturduğu tepkidir) (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXX)



Şekil 5.15. Üç matematikçinin üzerinde San Pietro'nun hasarlarını gösterdikleri çizim. Figür 1-6. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743)

Üç matematikçinin modeli incelenirse: ayakların ve çatı galerisinin dışarı doğru rotasyonunun tüm kubbenin alçılmasıyla örtüşmesi gerekir. Şekil 5.16.'da kubbe

Poleni'nin yaptığı gibi bölümlendirilmiştir tek bir farkla, çatı galerisi ve ayaklar da sisteme dahil edilmiştir. Çatı galerisi ve ayakların dışa doğru rotasyonunu sağlayan mekanizmada kubbe parçasının iç kısmında bir mafsal oluşmuş olması beklenir. Şu halde dairesel çatlaklar da kubbe dışında oluşmalıdır. Oluşacak mafsal ayaklardan uzak kubbe üzerinde bir nokta olarak (A, Bknz. Şekil 5.16.) alınır ve karşı koyan kuvvetlerle itki kuvvetleri arasındaki minimum hareket yaklaşımına göre hesap yapıldığında da görülür ki kubbenin geometrisi ile çatı galerisi ve ayakların statığı tutarsızdır. (Como 2008: 988)



Şekil 5.16. Üç matematikçinin modelinin incelemesi (Como 2008: 988)

Poleni'nin statik kontrolünde de, çatı galerisinin bir kısmı ve kasnakların hesapta eksik olduğu görülür. Poleni bunları da hesaba katsaydı sistemin dengede olmadığını

ve basınç çizgisinin duvardan dışarı çıktığını görecekti. Sadece 16 ayağın¹⁷³ varlığı, o da az bir payla, sistemi dengede tutmaktaydı. Dolayısıyla Poleni'nin kubenin statik dengesini Hooke'un ters çevrilmiş zinciri ile açıklama çabası, kasnak ve ayakların geometrisi gibi yetersizdir. Matematikçilerin sonucu ise, kinematik ifadesi yeterli olmasa bile doğrudur. Kubenin statik sorunlarını çözen yerleştirilen demir kasnaklar olmuştur. (Como 2008: 989)

¹⁷³ Kasnak seviyesinde

5.5. Tamirat Önerileri

Papa'nın başvurduğu matematikçiler Boscovich, Le Seur ve Jacquier, tamirat için demir kasnaklar ve de çatlamış olan kubbe ayaklarının onarımını önermişlerdir. (Lopéz 2006: 1957)

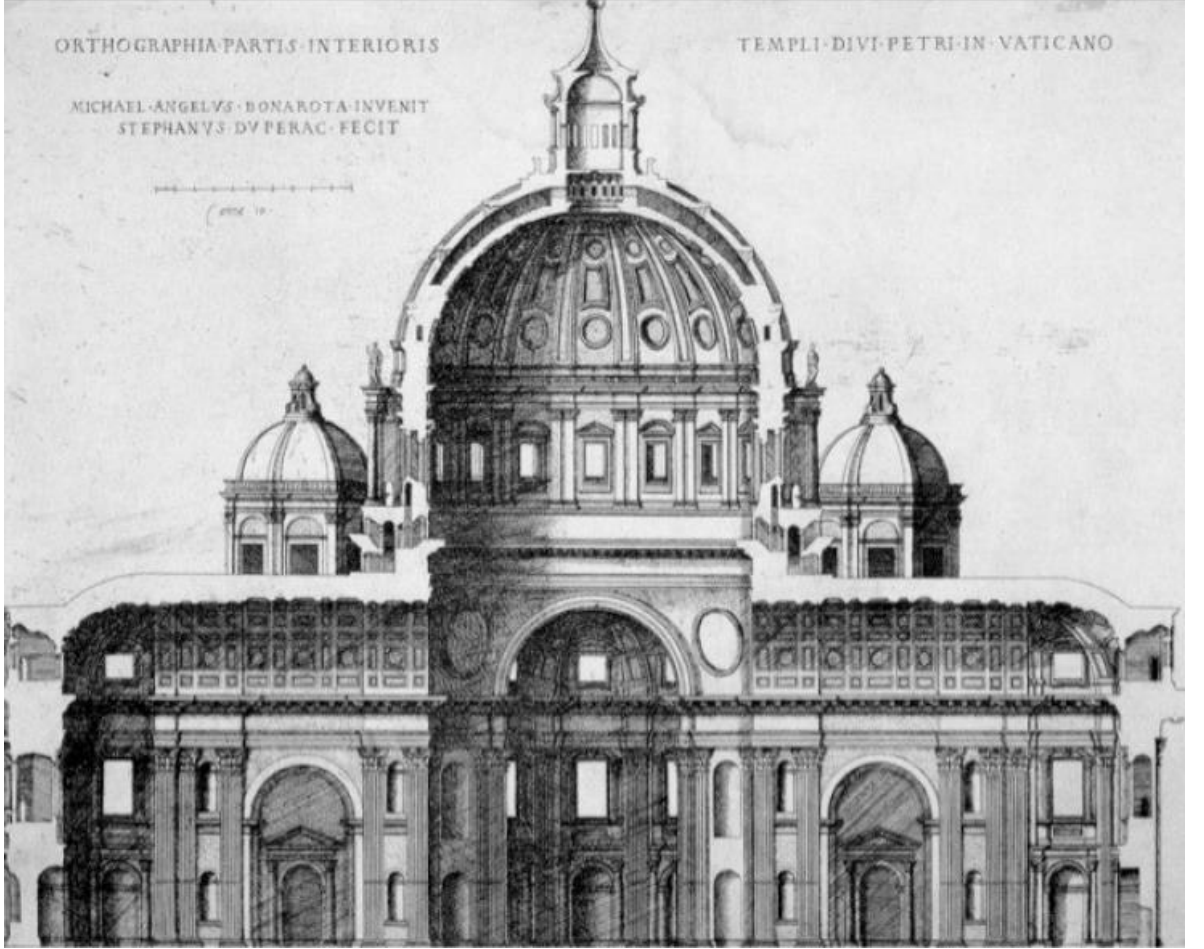
Matematikçiler üç türlü çözüm önerisinde bulunurlar:

1. Demir kasnak, gergi ve çubuklarla hareketi durdurmak,
2. Boşluk olan yerleri doldurmak, veya payandalar eklemek,
3. Gereksiz yük yaratan duvar vb. kısımları kaldırmak.

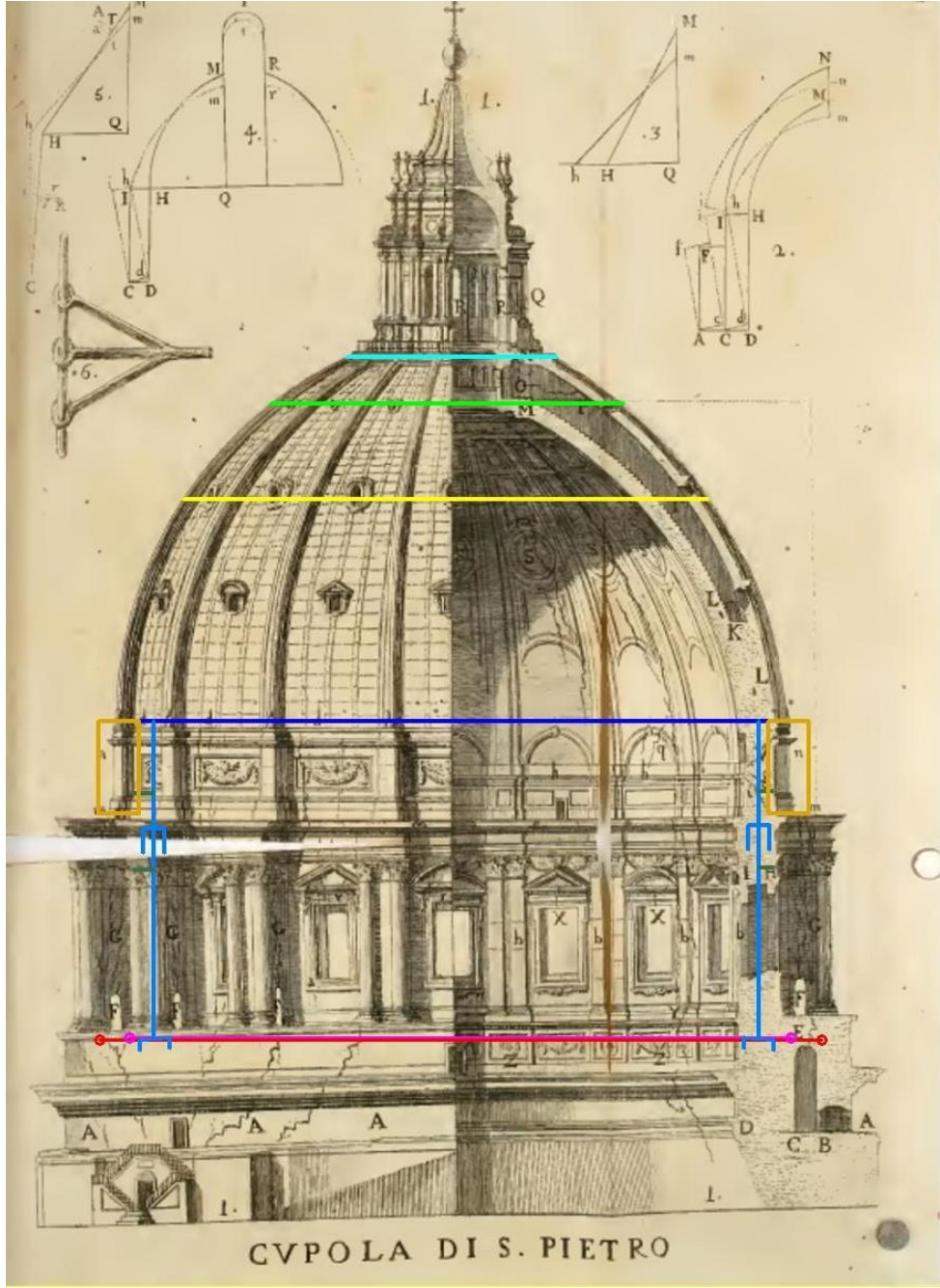
Birinci önerilerinin daha uygulanabilir ve kolay olduğunu düşünerek, demir kasnak yerleştirilmesi gerektiğini düşündükleri noktaları şöyle sıralarlar: üzengi noktası, n'in hemen üzerine bir adet; kubbenin fenerle birleştiği N ve M noktalarına birer adet, Kubbenin orta noktasında denk gelen T'ye bir adet. (Bakınız Şekil 5.18.) (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXXI)

Matematikçiler ayrıca, payanda ve kasnağı birlikte hareket edebilecek şekilde stabilize etmek için m noktasının altına, kasnakta E koridorunun soluna ve payandada aynı hizada sağına demir kasnak konmasını tavsiye ederler. E koridorunun sağ ve soluna konan kasnakların bir gergiyle bileştirilip bunun da bir demir çubukla yukarı m noktasının altına konmuş olan demir kasnağa birleştirilmesini önerirler. Ayrıca tamburun I noktasının da kaburgayla birlikte çalışmasını sağlamak için I'nın düşey hizasına denk gelecek şekilde mümkün olan en yüksek hizaya, örneğin m noktasının altına, da bir gergi konmasını önerirler. Düşeyde birleştime için kullanılan gözlü çubukların da Şekil 5.15, Figür 6'da görüldüğü gibi tasarlanmasını tavsiye ederler. Ayrıca n ve m noktasındaki demir kasnakları birleştirecek bir düşey demir çubuk

eklenmesini de düşünürler. Bu çubuğun bir heykelle kamufle edilebileceğini, bunun zaten tarif edilen şekilde Buanarroti'nin tasarımında var olduğunu ileri sürerler. (Bknz. Şekil 5.17) Böylece tambur ile kubbe de birleştirilmiş olacaktır. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743: XXXIII - XXXIV)



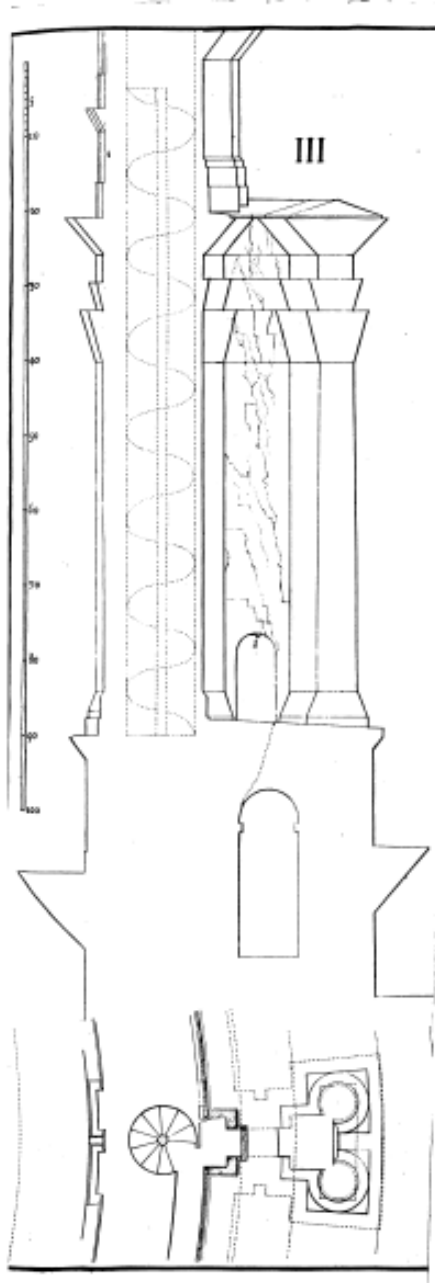
Şekil. 5.17. Michelangelo'nun projesine göre St. Pietro'nun kesiti. Kubbe kasağının silmesi üzerinde matematikçilerce tarif edilne heykeller görülebilmektedirler. (Otoni 2008: 133)



- Birinci demir kasnak
- İkinci demir kasnak
- Üçüncü demir kasnak
- Dördüncü demir kasnak
- Armatürlü Heykel
- Beşinci demir kasnak
- Altıncı demir kasnak
- Gergi, Kasnak birleştirici gergi
- Düşey? gergi

Şekil 5.18. Matematikçilerin demir takviye önerileri (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743)

Matematikçiler, başkalarınca önerilmiş olan çeşitli iyileştirmelerden de bahsederler çalışmalarında. Bunlar arasında feneri veya fenerin süslemelerini kaldırmak, çatıdaki kurşun örtüyü kaldırıp yerine bakır örtü sermek gibi öneriler de vardır. Matematikçiler bunların hepsini, oluşturdukları yükün toplam kube yapısındaki oranının çok az olması sebebiyle reddederler. Kendi önerdikleri altı demir kasnak ve ek gergiler için de hesapladıkları ağırlık yaklaşık 300.000 libredir. Diğer önerileri olan demir takviyeli heykeller, düşey demir çubuk takviyeleri ve payandaların kalınlaştırılması önerileri ile birlikte toplam ek ağırlık 2.800.000 libre olacaktır. Bu, kasnağın en alt kısmından kubbenin en üst noktasında kadar tüm kubbe yapısının ağırlığının 175.500.000 libre olduğu düşünülürse, oldukça küçük bir rakamdır. (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743:XXXV)



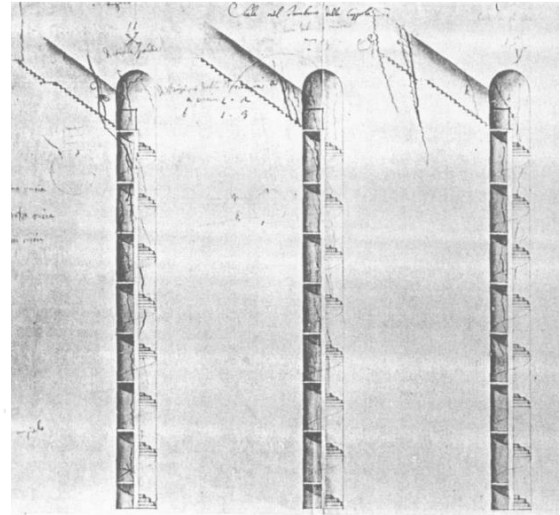
Şekil 5.19. Spiral merdivenlerin konumu.

(Poleni 1748: Tavola III çizimleri, pafta III)

Kasnakta oluşan çatlakların çoğu spiral merdivenlerin olduğu bölgededir. Hasarın tehlikeli olmadığı halde zaman içinde tehlike arz edeceğini düşünmektedir.

(Lopéz 2006: 1972)

San Pietro’da yerinde inceleme yaptıktan sonra Poleni’ye göreyse, ayaklar sağlam, ana kemerlerdeki çatlaklar önemsiz ve az, payandaların eğilmesi de düşündüğünden azdır. Ancak kimi yerlerde çatlaklar duvar boyunca ilerlemiş, hatta bazen fenerin iç kısımlarına kadar nüfuz etmiştir.



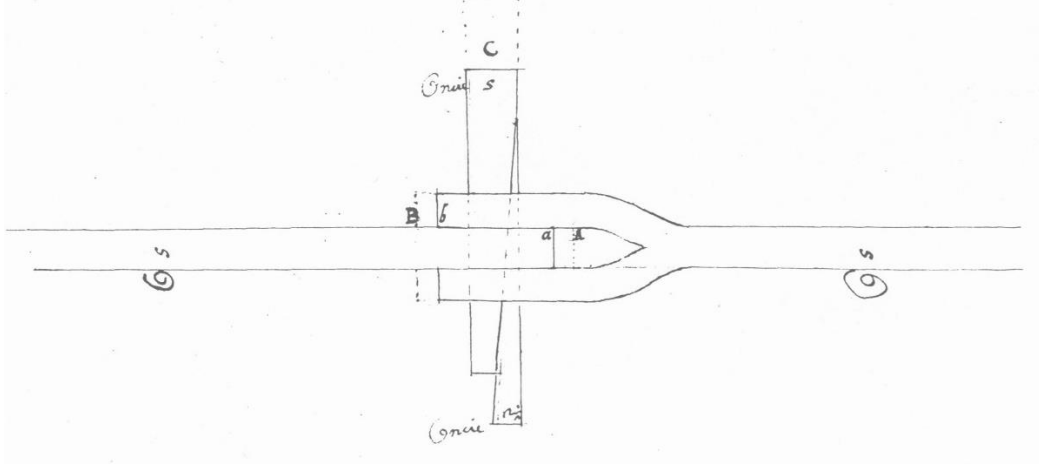
Şekil 5.20. Spiral merdivendeki çatlakların Vanvitelli’ye ait çizimleri (Lopéz 2006: 1972)

Tamirat işlemleri için sök ve yerine koy tekniği ile kubbe duvarları yeniden örülmüştür. Beş adet dövülmüş demir kasnak kubbeye Vanvitelli'nin¹⁷⁴ kendi oluşturduğu bir yöntemle yerleştirildi. Bu çalışmalar sırasında kırıldığı fark edilen önceki iki demir kasnaktan kırık olanı da 1748'de yenisiyle değiştirildi. Daha sonraki yüzyıllarda da ayaklarda birtakım güçlendirme çalışmaları yapıldı, ancak bunların kubbede yapılanlarla bir ilişkisi yoktur. Bugün kubbe statik olarak iyi bir durumdadır. (Como 2008: 987)

Poleni de, kubbeye yerleştirecek kasnak demirlerinin en iyi malzeme kalitesi ve en iyi işçilikle yapılmasını istiyordu. Tek bir kalın plaka kullanılmasındansa pek çok plakanın birleştirilmesini tercih ediyordu ki, böylece titreşim önlenecekti. Ayrıca duvarın yanlış örülmüş olmasından ötürü, kasnakların kesitin dış kısmına yerleştirilmesini öneriyordu. (Lopéz 2006: 1969)

San Pietro'daki eski demir kasnaklarda uygulama yöntemi 16 parça demiri birleştirmek olmuştur. Ancak Poleni konsolidasyonda, özellikle üst kısımlarda 23 -24 parça kullanmayı karar vermiştir. Çünkü, farklı bir uygulamada, kasnakları yerleştirmek için büyük delikler açmak gerekecektir. Kasnaklar paslanmadan korumak için kireçle kaplanmalıydılar. (Şekil 5.21.'de, Vanvitelli'nin demir çubukları birleştirme detayı görülmektedir.) (Lopéz 2006: 1973)

¹⁷⁴ Luigi Vanvitelli. İtalyan ressam ve mimar. d.1700 – ö. 1773. İlk olarak resim ve desen üzerine çalışmaya başlamıştır. Daha sonra bunlara dekorasyon ve mimari çalışmaları da eklenmiştir. 20 yaşında San Luca akademisinde, dönemin önemli ismi Filippo Juvarra'ya kimi mimari çizimlerini sunmuştur. 26 yaşında A.Valeri'nin asistanı olarak San Pietro'da ilk etapta Barigione'nin yönetimi altında dekorasyonda başlayıp 10 sene içinde önce denetçiye ve sonra da amir mimarlığa yükselmiştir. (De Martino 2008: 238, 239)



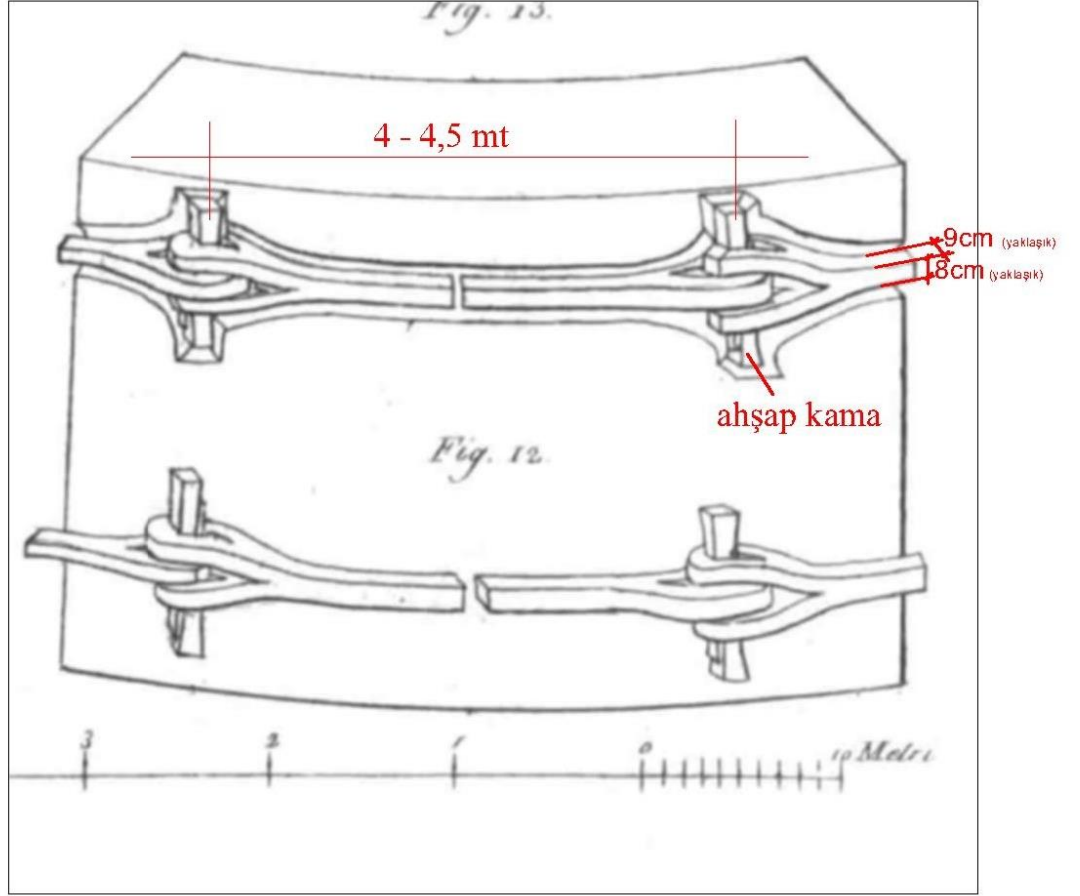
Şekil 5.21. Vanvitelli'nin demir çubukların birleşim detayı (Lopéz 2006: 1969)

Konsolidasyon çalışmaları sırasında konulacak demir kasnakların 5 adet olmasına karar verildi. Demirler Roma yakınlarındaki Conca demirhanesinde üretildi. Bu kasnaklar büyük tabakalar halindeki düzleştirilmiş demirlerden üretilmişlerdir. 4,5 – 5 mt.¹⁷⁵ uzunluğunda, 9 cm.'den ¹⁷⁶ daha geniş ve yaklaşık 8 cm.¹⁷⁷ kalınlıkta demir çubuklardır bunlar. Yine bu çubukların bir ucu basit bir gözle, bir yuvarlakla bitirilmiştir. Diğer ucu ise bir çeşit gözlü çatala sonlandırılmıştır. Bu çatal, diğer uçtaki gözle birleşmek üzere tasarlanmıştır. Bu iki parçanın birleştirilmesi 2 büyük ahşap kama ile yapılmıştır (Şekil 5.22) . (Rondelet 1834a: 83, notlar bölümü)

¹⁷⁵ 15 – 16 piedi

¹⁷⁶ 3,5 pollici

¹⁷⁷ 25 linee



Şekil 5.22. Vanvitelli'nin önerdiği birleşim detayının kubbe duvar örgüsü üzerinde gösterimi. (Rondelet 1834a: TAVOLA CXLVIII, Figür 12)

Bir balyoz yardımıyla ve ahşap kamalar kullanılarak iki uçtaki üç göz birleştirilmiş oluyordu. Kamaların uzunluğu yaklaşık 50 cm.'dir. 70 cm genişliğinde ve en kalın yerinde yaklaşık 8 mm. kalınlığındadırlar. Bu kalınlık kamanın diğer ucunda sıfırlanmaktadır. Kasnakların tuğla duvarın üzerine geldiği noktalarda demirin alt yapıyı parçalamaması için altına kurşun levhalar serilmiştir.¹⁷⁸ Yine de, demirin kesme taş üstüne geldiği noktalarda da bu yöntem uygulanmıştır. Özellikle birleşim noktalarında ki, balyoz darbeleri taşa parçalanma etkisi yaratmasın.

¹⁷⁸ Bir başka kaynağa göre, Poleni demir kasnakların paslanmadan korumak için kireçle kaplanmaları gerektiğini ifade etmiştir. (Lopéz 2006: 1973)

İlk demir kasnak, dış stilobatin kornişinin hemen altına yerleştirilmiş¹⁷⁹ ve yerleştirme için yaklaşık 20 cm. derinliğinde bir oyuk açılmıştır. 38 adet¹⁸⁰ demir çubuk kullanılıyor. İkinci demir kasnak, payandaların kornişinin hemen üstüne yerleştirilmiştir. 33 parçadan oluşmuştur.¹⁸¹ Üçüncü demir kasnak, çatı galerisinin hemen üstüne, dış kubbenin çıkış noktasına yerleştirilmiştir. 32 parçalıdır.¹⁸² Dördüncü demir kasnak, dış kubbenin yüksekliğinin orta noktasından geçmektedir. 28 parçalıdır.¹⁸³ Beşinci çember, fenerden geçer. 16 parçalıdır.¹⁸⁴ Demir kasnaklardan ilk ikisi 1743'te, diğerleri 1744'te yerleştirilmiştir. (Bknz. Şekil 5.23) Yerlerini, formlarını ve boyutlarını da Poleni belirler. Mimar Vanvitelli de tüm operasyonu yönetmiştir. (Rondelet 1834a: 84, notlar bölümü)

¹⁷⁹ Bu kornişin üzerinde kolonlarla bezenmiş payandalar bulunur.

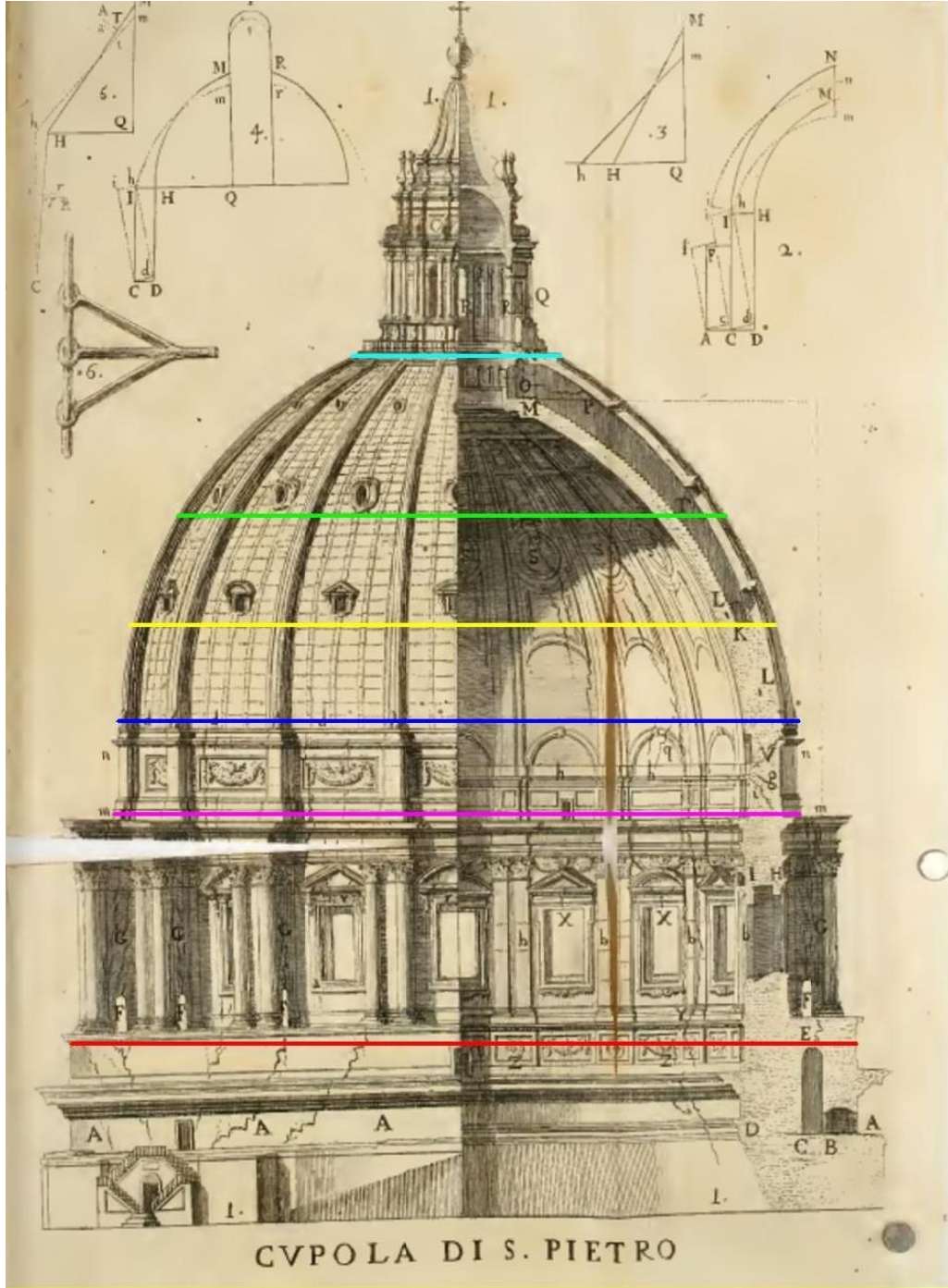
¹⁸⁰ Her demir parçası yaklaşık olarak 4,6 mt.dir. Toplam kasak uzunluğu ise yaklaşık 177 mt.dir. Kasnağın ağırlığı ise; gözler ve kurşun levhalar dahil, (32542 roma libbre'si = 32542 x 327,168 gr = 10.646 kg), yani yaklaşık 11 ton'dur

¹⁸¹ 147,5mt uzunluğunda, yaklaşık 9 ton ağırlığındadır.

¹⁸² Çevresi 144, 8 mt.'dir. Ağırlığı yaklaşık 8,8 tondur.

¹⁸³ Çevresi 123,7 mt., ağırlığı yaklaşık 7,5 tondur.

¹⁸⁴ Çevresi 47,3 mt.'dir, yaklaşık 3 ton ağırlığında.



- | | |
|------------------------|-------------------------|
| — Birinci demir kasnak | — Dördüncü demir kasnak |
| — İkinci demir kasnak | — Beşinci demir kasnak |
| — Üçüncü demir kasnak | — Altıncı demir kasnak |

Şekil 5.23. San Pietro’da uygulanan konsolidasyon demirleri (Boscovich, Le Seur, Jacquer 1743)

Eylül 1748’de, kubbenin kabuğunun ikiye ayrıldığı noktanın yaklaşık 30cm. aşağısına altıncı bir demir kasnak konulmasına karar verilmiştir. Bu demir kasnak 22 parçadan oluşmaktadır.¹⁸⁵ (Rondelet 1834a: 85, notlar bölümü)

1747’de, çatlakları doldurmakla görevli işçiler, ilk yerleştirilmiş olan demir kasnakları keşfetmişlerdir. Papa XIV. Benedict’in isteği üzerine demir kasnakların durumları incelenir: İç kubbenin üzerindeki merdivenlerin ilkinin içinden geçen demir kasnağın iki yerden kırılmış olduğu görülür. İlk incelenen kırık çubuğun orta noktası civarındadır. Kırık kısımlar parçalanmıştır. Bu da kullanılan demirin kalitesinin yüksekliğini gösterir. Demiri çevreleyen duvar tümüyle bozulmuştur. İkinci kırık çubuğun uç kısmına doğrudur. İkinci kırıktaki parçalanma önceki gibi düşeyde değildir. Verevine ve tırtıklıdır. Bu da demirin kırılmadan evvel oldukça yüksek bir dayanım gösterdiğini işaret eder. (Rondelet 1834a: 84, notlar bölümü) Sözü edilen kubbenin iç kısmında bu iki parçalı kırığı olan demirler de kırık kısımlarında yenileriyle değiştirilmişlerdir. (Rondelet 1834a: 85, notlar bölümü)

Yukarı kısımda tekrar birleşmiş iki kubbenin tam ortasından geçen demir kasnak ise o dönem incelenememiştir. Ancak ayrışmaları çok büyük olan kırık kısımlar uzaktan da görülebilmektedir. Kasnakta belirlenen iki kırığın arası yaklaşık 12 cm.’dir ve yarıkların açıklığı yaklaşık 28 cm.’dir. Bu demek olur ki, çember kırılmadan önce yaklaşık 18 cm uzamaya maruz kalmıştır, ki bu 122 mt.’lik bir çember için hiç de şaşırtıcı değildir. Bu ilk demir kasnakların yerleştirildiği dönemde, kubbeleri olası bir yıkımdan kurtarmak için, demirle takviye etmek henüz deneysel bir yöntemdir. (Rondelet 1834a: 85, notlar bölümü)

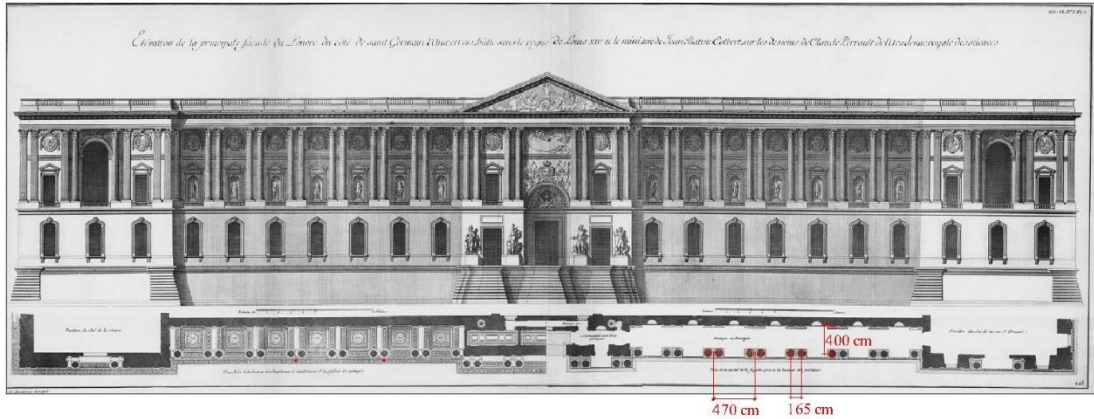
¹⁸⁵ Çevresi 134,5 mt., ağırlığı (18762 paris libresi x 489,5 gr) yaklaşık 9, 2 ton’dur.

6. 18. YY.'DA GELENEKSEL TAŞ YAPIM TEKNIĞİNİN METAL KULLANIMI ile DESTEKLENMESİ : ST. GENEVİEVE (FRANSIZ PANTHEON'U) ÖRNEĞİ

6.1. Sainte Geneviève'de Uygulanan Armatürlü Lento Tekniğinin Geliştirilmesi ve Öncül Uygulamaları

Sainte Geneviève'in revak saçaklarının yapımında armatürlü düz atkı sistemi kullanılır. Bu sistem daha önce bir takım önemli yapılarda da kullanılmıştır. Örneğin Jacques Le Mercier, Sorbonne'daki şapelin arşitravlarında (1635) bu sistemi uygulamıştır. Bir diğer örnek Jules Hardouin- Mansart'ın Versailles'ın saray şapelinin arşitravlarında yaptığı uygulamadır (1699 - 1710). Jean Nicolas Servandoni'nin 1732 – 1745 yılları arasında yaptığı Saint Sulpice'in II. düzen revaklarında ve 1666 – 1678 yılları arasında Claude Perrault tarafından Louvre'un kolonlarında da bu yöntem kullanılmıştır. (Samsa 2014)

6.1.1. Louvre'un Kolonlarının Armatürleri



Şekil 6.1. Louvre'un Kolonları – görünüş – plan
http://en.wikipedia.org/wiki/Perrault%27s_Colonnade#mediaviewer/File:Louvre_-_%C3%89l%C3%A9vation_de_la_principale_facade_au_c%C3%B4t%C3%A9_de_Saint-Germain-l%27Auxerrois_-_Architecture_fran%C3%A7oise_Tome4_Livre6_P17.jpg

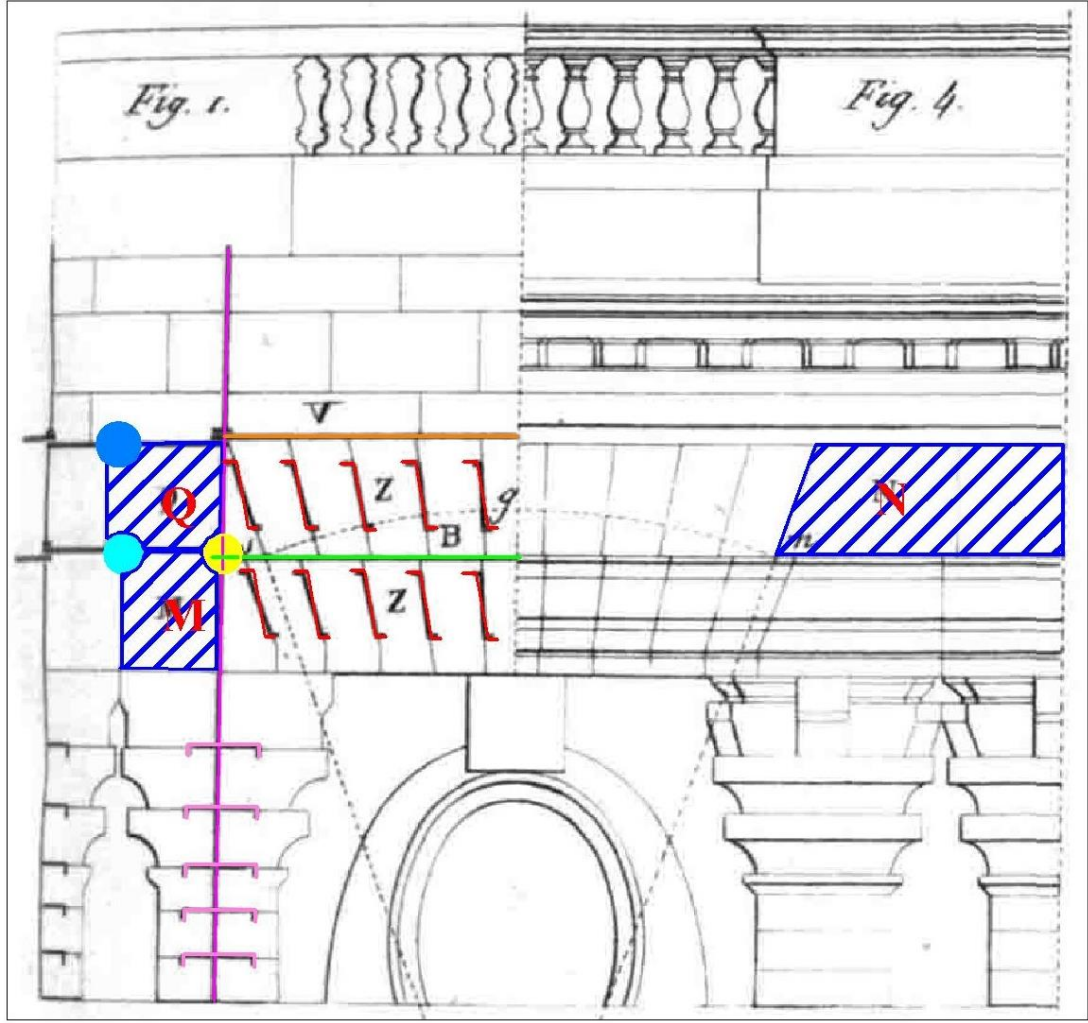
Louvre kolonları iki sıra Korint düzenli kolondan oluşur. Kolonlar çifttir. Bunlar arasında üç adet öne çıkarılmış dekoratif öğelerle süslenmiş cephe bulunur. Bu üç cephe de aynı şekildeki kolonlarla desteklenmiştir ve üzerlerinde aynı düzendeki sütunçeler vardır. Kolon sıralarının bulunduğu alan bir zemin üzerinde yükseltilmiştir. İki kolon çifti arası mesafe yaklaşık 4 metre 70 cm.'dir. Kolonların kendi aralarındaki mesafe ise yaklaşık 1 metre 65 cm.'dir. Kolonlar ile gerideki duvar arasındaki mesafe ise yaklaşık 4 mt.'dir. (Rondelet 1834a: 94)

Perronet, Louvre kolonlarını projelendirirken her kolonun aksına yaklaşık 5 cm. kalınlığında demir çubuklar yerleştirmişti. Bu çubuklar üç parçalıydılar ve kolon boyunca uzanacak şekilde birbiri üzerlerine birleştirilmekteydiler. (Rondelet 1834a: 94)



Şekil 6.2. Çubuk birleşimleri. risorseelettroniche.biblio.polimi.it

Tahminen, kolonların her bir parçasının üstünde, orta noktasında, akstan geçecek çubukları karşılayacak şekilde demirden bir haç vardı. Haçın iki ucu üstteki parçayı, diğer iki ucu alttaki parçayı tutmaktaydı. (Rondelet 1834a: 94)



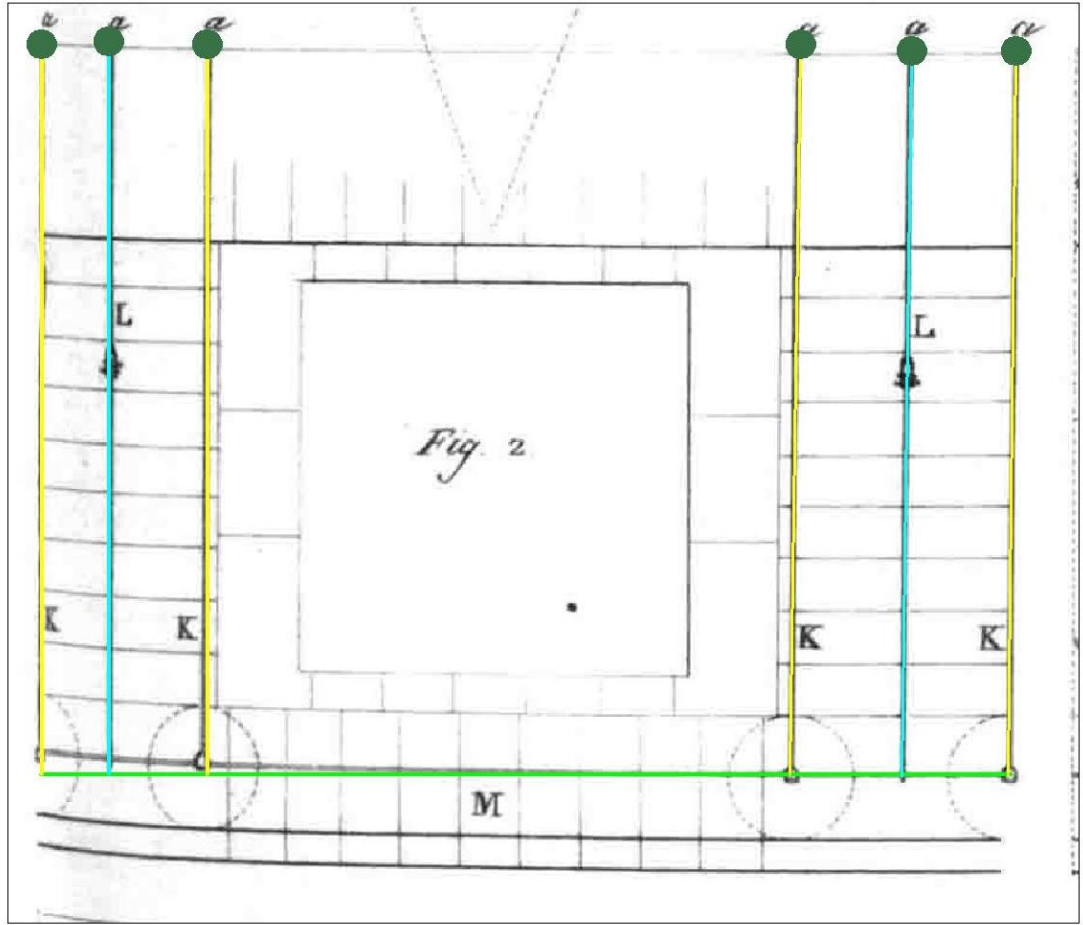
- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| — Z şekilli demir parça | — Kolon aksından geçen demir çubuk |
| ▨ Kaplama (Q, M, N) | — Yatay gergi |
| ● K gergisi | ● L gergisi |
| — V gergisi | ● r gergisi |
| — Haç biçimli klapalar | |

Şekil 6.3. Kolon ve düzatkı armatür kesit detayı. (Rondelet 1834a: Tavola CL)

Her kolonun üstünde M ile işaretli, arşitrav yüksekliğinde, büyük kaplamalar vardır. Kolon aksından gelen demir bu kaplamalardan da geçer. Arşitravın tüm taşları verevine açılı şekilde kesilmiştir. Birleşim yerlerinde yaklaşık 40cm.'lik “Z” şekilli

demir parçaları konmuştur. Z parçasının üst ucu bir taşa, alt ucu diğerine saplanır.
(Rondelet 1834a: 94, 95)

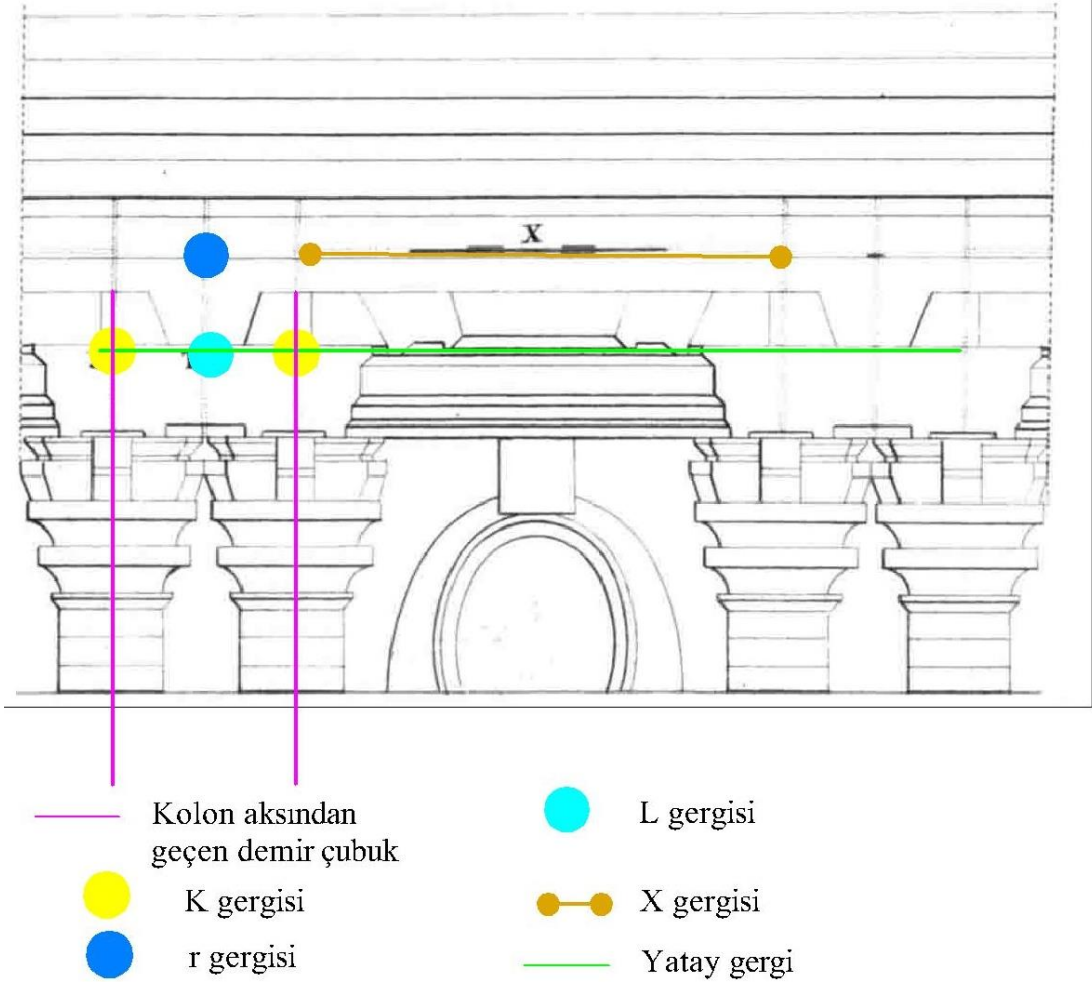
Arşitravın taş sıralarının en üst kısmına yatay gergiyi yerleştirmek için bir kanal açılmıştır. Bu gergi şekil 6.3.'de B, şekil 6.4.'de M ile gösterilmiş. Gerginin kalınlığı yaklaşık 5cm.'dir. Bu gergi sayesinde kolon aksları birbirleri ile ilişkilendirilmektedir.
(Rondelet 1834a: 95)



- | | |
|---------------|-------------------------|
| — Yatay gergi | — L gergisi |
| — K gergisi | ● Arka duvar ankrajları |

Şekil 6.4. Kolon ve düzatkı armatür plan detayı. (Rondelet 1834a: Tavola CL)

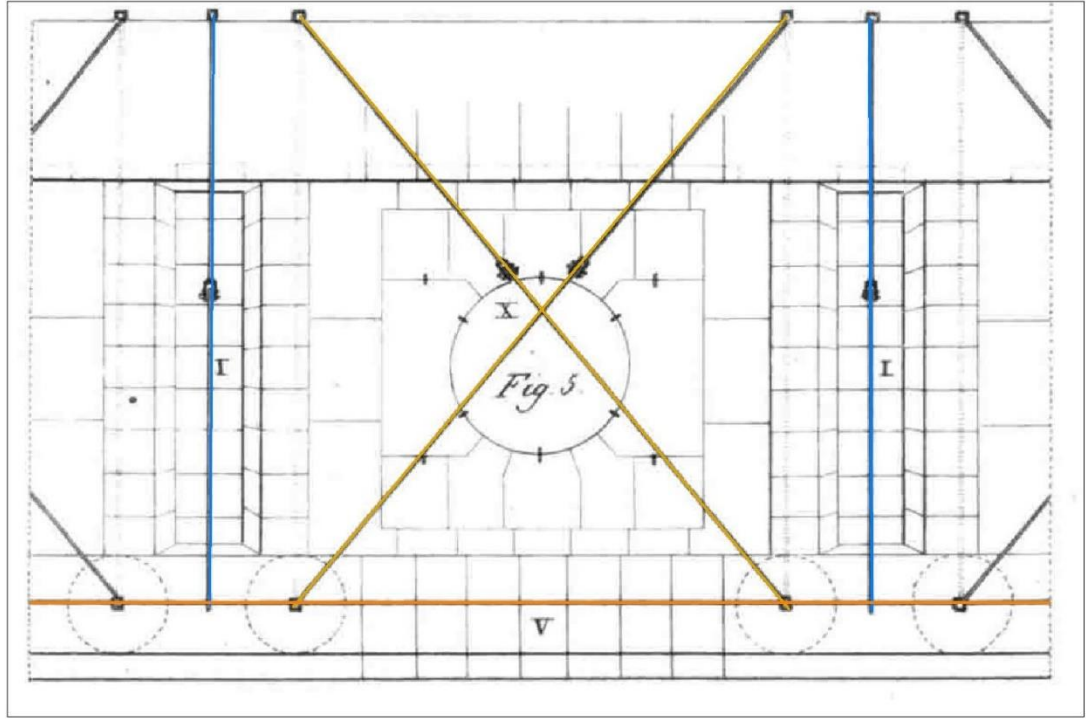
Bu gergiyle aynı hizada ve her kolon çiftinde karşılıklı gelecek şekilde üçer adet daha gergi yerleştirilmiştir. Bunlardan KK isimdekiler kolon uçlarındaki ankrajlara, L ile gösterilenler a ile işaretlenmiş arka duvarların içindeki ankrajlara ve diğer uçları ile H yatay gergisine bağlanırlar. (Rondelet 1834a: 95)



Şekil 6.5. STS, KLG gergilerinin kesitteki yerlerini göstermektedir. (Rondelet 1834a: Tavola CL)

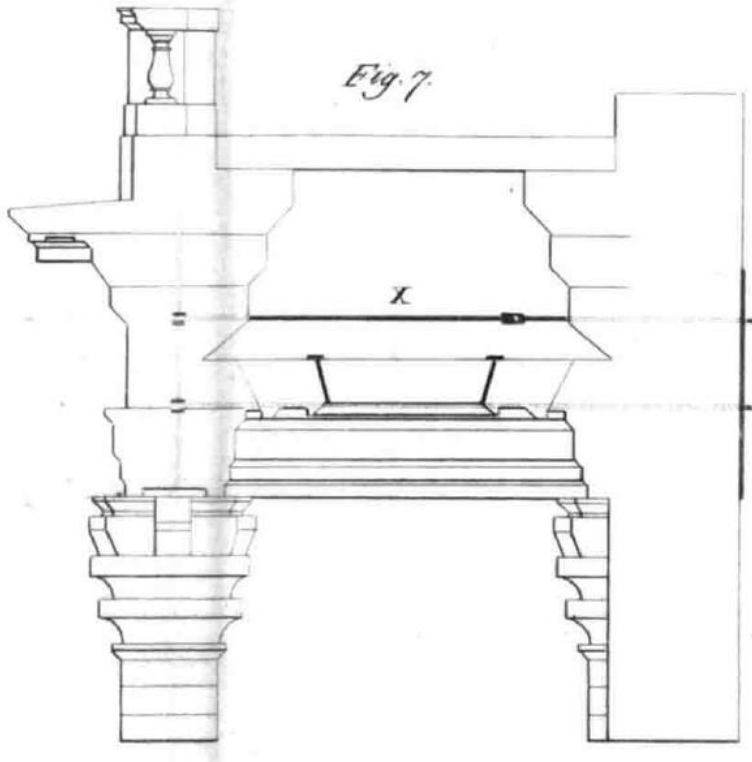
Bundan sonra friz yerine yerleştirilmiştir. Kolonların üzerine Q ve N kaplamaları yerleştirilir. Kolon akslarındaki demirler bunlardan da geçer. Arşitrav taşları gibi şekillenen friz taşları yerleştirilir. Z demirler de arşitravdaki gibi yerleştirilir. Akabinde de tavan taşları yerleştirilir. (Rondelet 1834a: 95)

Arşitravda olduğu gibi frizde de gergiler yerleştirilmiştir. Yatay V gergisi kolonlar arasına, r gergileri iki kolon arasından duvar arasına gerilir. X gergileri de çapraz olarak bir uçları kolon başlarında, diğer uçları duvar arkasında olacak şekilde, tavan kirişleri üstüne gerilir. (Rondelet 1834a: 95)

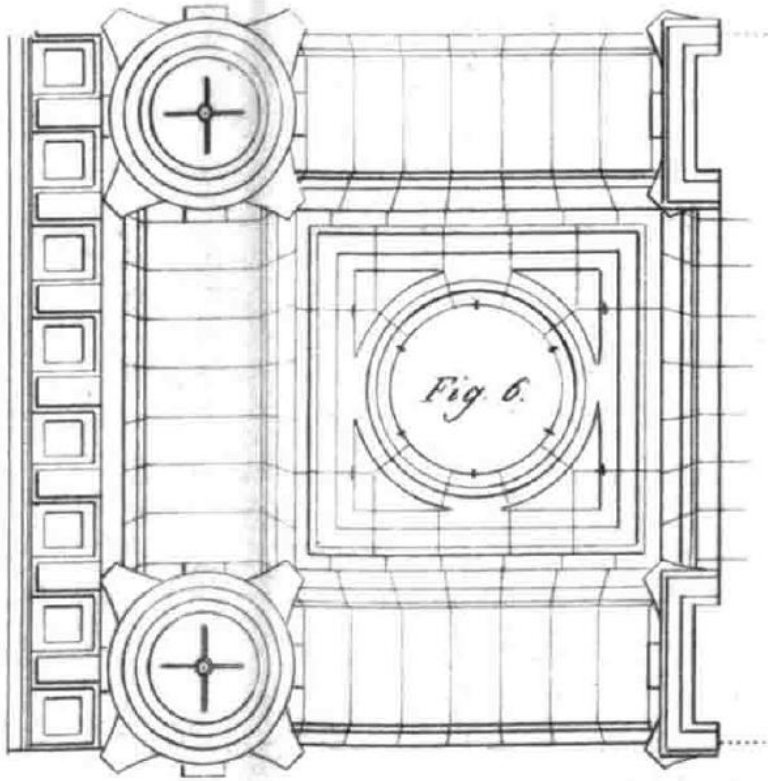


— r gergisi — V gergisi
— X gergisi

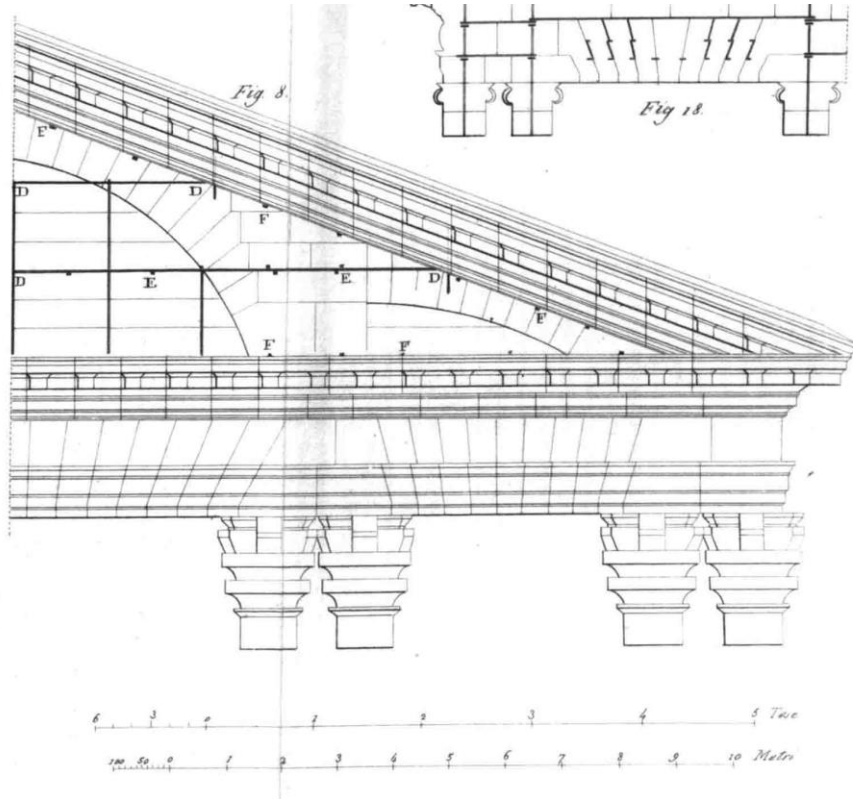
Şekil 6.6. X ve V gergileri kotunda tavan planı (Rondelet 1834a: Tavola CL)



Şekil 6.7. Tavan kesiti (Rondelet 1834a: Tavola CL)



Şekil 6.8. Tavan Planı (Rondelet 1834a: Tavola CL)



Şekil 6.9. Üçgen Alınlık (Rondelet 1834a: Tavola CL)

Üçgen alınlığın uzunluğu 28 mt., yüksekliği (saçaktan en tepeye) yaklaşık 5,5 mt.'dir. Yanyana ikişerli olarak dizilmiş toplamda sekiz korint kolon üzerinde yer almaktadır. Kolonların çapları yaklaşık 1,10 mt.'dir. Lento, kolon dizilerinin üstlerindekiyle aynı mantıkta yapılmıştır ancak, bu kısmın uzunluğu 7 mt. 30 cm.'dir. Orta noktasında yaklaşık 4 cm.'lik bir konvekslik söz konusudur. Üzerinde taşıyacağı yük hesaba katılarak böyle tasarlanmıştır. Eğimli kornişin parçalarının birleşim çizgileri düşeydir, eğime dik değildir. Saçaklığın¹⁸⁶ köşelerinde – yani alının uçlarında – 2,5x 3,70 mt.'lik büyük taşlar yerleştirilmiştir. Bu taşların hatırı sayılır bir bölümü duvar örgüsünün içindedir. Amacı hem saçaklığın kornişini desteklemek hem de alının eğimli kornişinin o doğrultuda yaptığı itkiyi karşılamaktır. Alının yüzeyine heykeller

¹⁸⁶ Arşitrav, freze ve korniş yapısı.

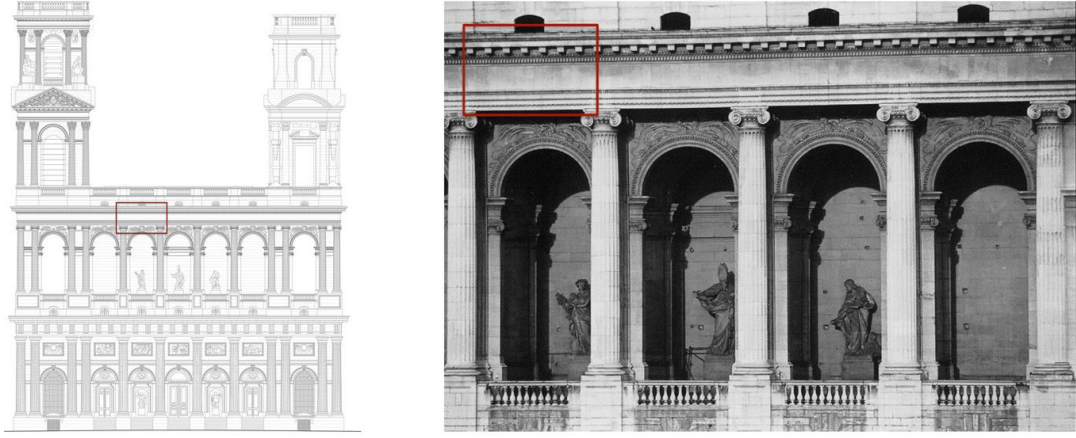
yapılması planlanmıştır. Arkasında ise üç adet hafifletme kemeri vardı. Ortadaki sivri payanda, diğer ikisi uçan payanda olarak tasarlanmıştır. (Rondelet 1834a: 96 - 97)

Şekil 6.9.'da görülen DD demir gergileri iki sıradır ve alının heykelli kapağının arkasındadır. Alının eğimli kornişinin iki yanını uçlarındaki ankrajlar vasıtasıyla bir arada tutarlar. (Rondelet 1834a: 95)

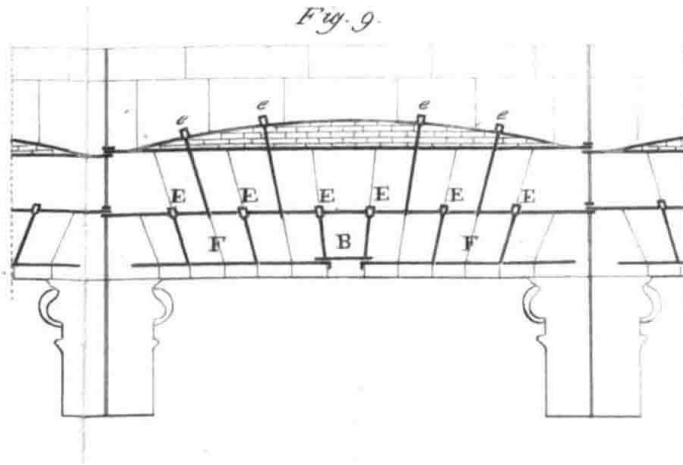
Şekil 6.9.'da EE'yle gösterileneler kare kesitli demir çubuklardır. Sivri kemerin boşluğunda DD çubuklarını desteklemek ve alınlığın heykelli kapağının ağırlığının bir kısmını duvara geçirmek için tasarlanmıştır. (Rondelet 1834a: 95)

Şekil 6.9.'da gösterilen F'ler kancalardır. Görevleri, üzeri heykel oyulmuş alın kapağını kemerlere ve karşılaştıkları noktalarda da alınının eğimli kornişine sabitlemektir. (Rondelet 1834a: 95)

6.1.2. St. Sulpice'in Portiko Armatürleri



Şekil 6.10. St. Sulpice (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012 : 294)



Şekil 6.11. St. Sulpice düzatkı kesit detayında görülen armatürler (Rondelet 1834a: Tavola CL)

St. Sulpice'in ikinci sıra Ionik düzendeki portikosunu mimar Servandoni tasarlamıştır. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 290)

Patte, “Costruzione delle Piattabande del Portale di Saint Sulpice”¹⁸⁷ adlı çalışmasında, St. Sulpice'in düzatkısının yapımına asiste ettiğini belirtmiş ve montaj

¹⁸⁷ St. Sulpice'in giriş kapısının düzatkılarının inşası

aşamalarını anlatmıştır. Ayrıca neden bu inşaa tekniğinin tercih edildiğini de açıklamıştır. (Mazzoli, Gulli, Brocato, 2012: 292)

St. Sulpice'in düzatkısı taş sıralarından oluşur. Yatay gergi armatürleri ve bunları birbirine bağlayan düşeydeki etriyelerle takviye edilerek yana itkisi azaltılmış bir sistem elde edilmeye çalışılmıştır. Taşlar arasındaki armatürleri ve eğimli etriyeleriyle 100 yıl sonra Hennebique¹⁸⁸ tarafından tasarlanacak beton – arme sistemini anımsatır. (Mazzoli, Gulli, Brocato, 2012: 292 - 294)

Portikonun düzatkıları Louvre'daki gibi iki katlıdır. Şekil 6.11'de görülen F demirleri düzatkının alt kısmındaki taşlarla sürtünmelerini engellemek için, sağdan ve soldan açılan deliklerden kilit taşına kadar iki parça olarak içeri sokulmuştur. Bu demirler yaklaşık 5 cm. kalınlığındadırlar. Demir E kelepçeleri ile uzunlukları boyunca ve her iki taşta bir, bir kolondan diğer kolona uzanan yatay gergiye bağlanmaktadır. (Rondelet 1834a: 97, 98) Kilit taşı da B çubuğu ile desteklenir ve diğer çubuklar gibi E kelepçesi ile yatay gergiye bağlanır. (Rondelet 1834a: 98)

Bütün friz boyunca devam eden ve öncekinden biraz daha yüksek olan ikinci düzatkı, kolon akslarına bağlı iki demir çubuk arasına hapsedilmiştir. Her iki düzatkıya dayanım gösterebilecek demir çubuklar elde edebilmek için bükülmüş bir demir çubuk ile üstlerinde bir kemer oluşturulmuştur. Bu bükülmüş demirin uçları, iki düzatkı demirinden üsttekinin uçlarında oluşturulmuş halkalara tutturulmuştur. Daha da güçlü kılmak için de kemerin altındaki boşluk harç ve tuğla ile örülmüştür. (Rondelet 1834a: 98)

Bu armatüre bu şekilde 4 kelepçe bağlanmıştır. Bu kelepçeler bu şekilde ilk düzatkının kelepçelerini taşıyan demir çubuğu üstteki kemere bağlarlar. Böylelikle her

¹⁸⁸ François Hennebique. Fransız mühendis ve girişimci. d. 1842 – ö. 1921.

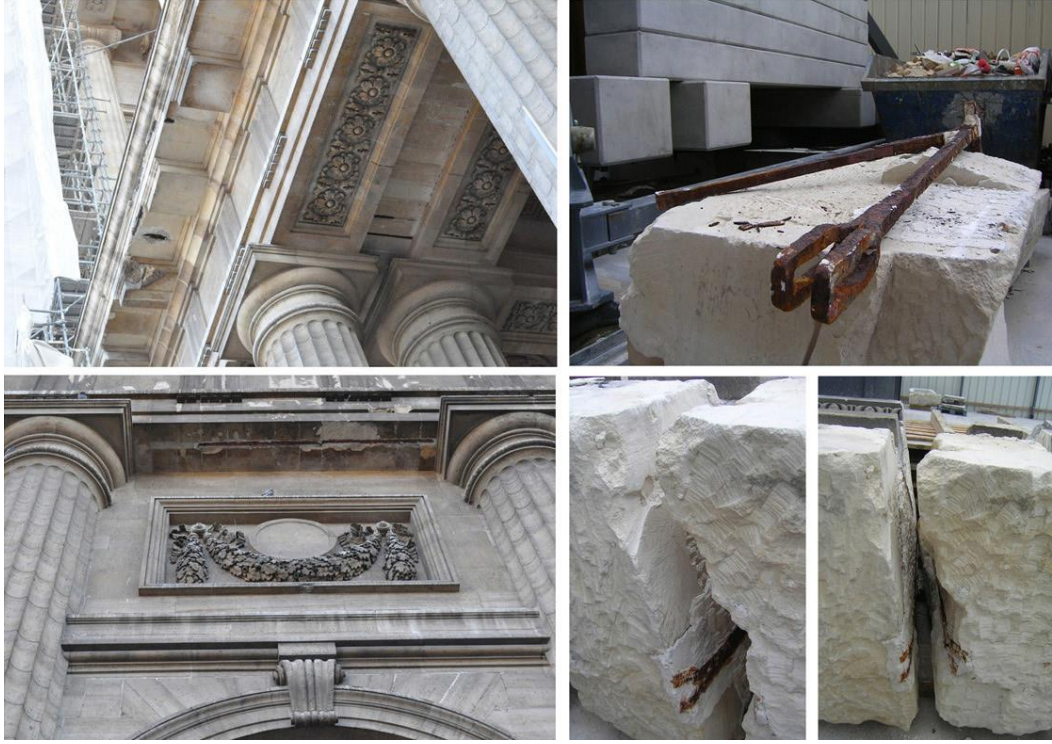
iki lento da kemere taşınmış olur. Bu kemer aynı zamanda üstteki kesme taş olmayan yapının da yükünü taşımaktadır. Rondelet'e göre, bu sistem Louvre'dakinden daha karmaşık olmasına rağmen daha dayanıklı değildir. Bu sistemin kolonları arası mesafe akstan aksa yaklaşık 5,90 mt.'dir. (Rondelet 1834a: 98)

Düzatki dışardan arşitrav gibi görünse de strüktürel olarak incelendiğinde yanal itkisi olan bir kemerdir. Denebilir ki lento, basık kemerden türemiştir; bu kemerin iki yatay düzleme bölündüğü, iç kemer yüzeyi dümdüz, yarıçapı sonsuza uzanan bir kemer olarak düşünülebilir. Blok tabir edilen elemanlardan oluşur, ve bu elemanlar birbirlerini karşılıklı olarak "iterek" dengede tutarlar. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 292)

Kemer yüksekliği sıfır olduğu için düzatkı yanal itkisi olan yapıların en tehlikelidir. Bu nedenle çok geniş açıklıkları geçmek için kullanılmaz. Roma döneminden beri, daha büyük açıklıklara ulaşmak için demirle takviye edilerek kullanılmıştır. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 292)

Yatay gerginin kemer üst eğrisine yakın yerde konumlandırılması ihtimaldir ki, (Bknz. Şekil 6.11.) yanal itkinin kilit taşı seviyesinde olduğunu varsayan yanlış tanımlanmış strüktürel davranışa göre yapılmıştır. Bir diğer hipotez de, kemer alt eğrisine armatür konduğu takdirde görünebilecek olmasından dolayı kemer sırtına yakın konarak gizlenmek istenmesidir. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 294)

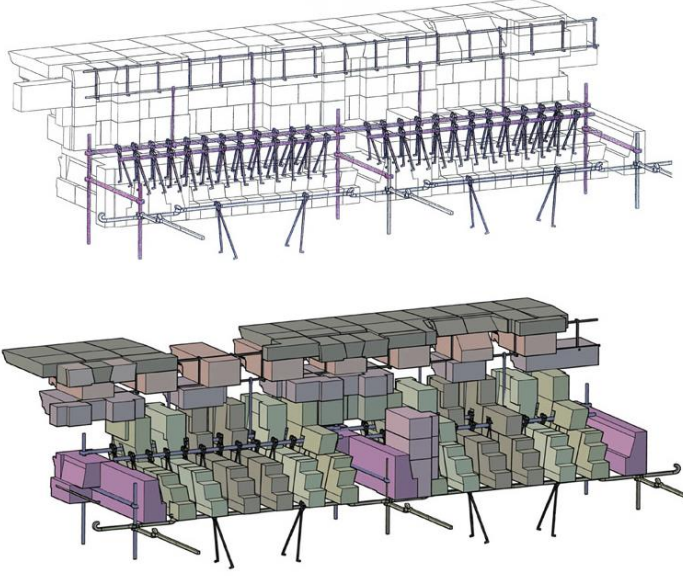
St. Sulpice Kilisesi 2006 – 2010 yılları arasında restorasyona alınmıştır. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 294)



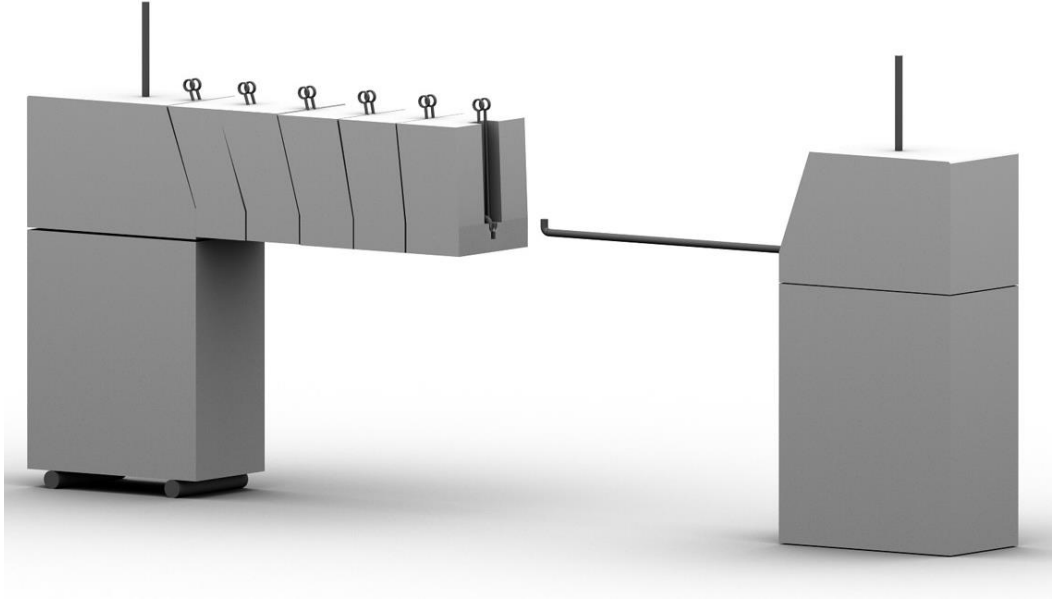
Şekil 6.12. 2006 – 2010 yılları arasındaki Restorasyon şantiyesi. St. Sulpice'deki İonik düzenli 2. Düzen portikosundan detaylar. Düzatki armatüründeki bozulma görülmektedir. Bozulmanın olduğu yerde taşta kırılma ve kopmaya sebep olmuştur. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 296)



Şekil 6.13. 2006 – 2010 yılları arasındaki restorasyon çalışmaları sırasında düzatkiya yerleştirilen etriyeler. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 299)

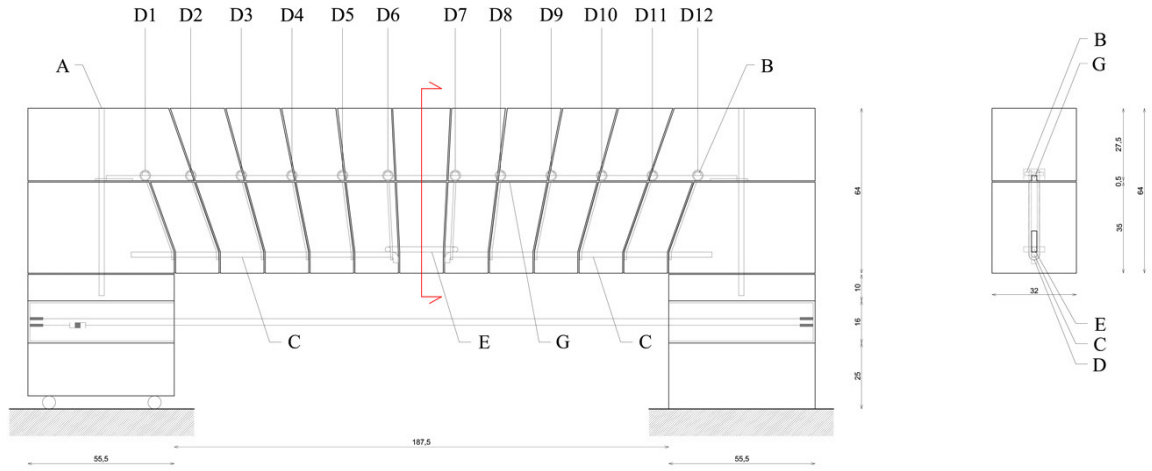


Şekil 6.14. Restorasyon çalışmaları sırasında oluşturulan aksonometrik görüntüler. Arşitravdaki taş sıraları arasında yerleştirilen yeni armatürler: gergiler, kelepçeler, etriyeler, kamalar (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 299)



Şekil 6.15. Düzatkının montaj similasyonu. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 301)

Düzatkının ikinci yarısının montajında ilk önce en alt gergi demiri üzengi taşındaki kanala diğer ucundaki kıvrık kısım üste gelecek şekilde yerleştirilmektedir. Akabinde taş sıralarının yerleştirilmesine başlanmıştır. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 301)



Şekil 6.16.Restorasyon çalışması sırasında 1:2,5 ölçeğindeki modelleme. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 301)

Restorasyon esnasında, bu modelleme üzerinde çeşitli deneyler yürütülmüştür. Sonuçta düşey yer değiştirme değerinin son derece düşük olduğu anlaşılmıştır ve armatürlü lentonun tasarım amacını gerçekleştirdiği görülmüştür. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 301) Yatay olarak yerleştirilmiş gergilerin amacı sadece taşlar arasında yerleştirilmiş kelepçelerin asılması değil, aynı zamanda lentonun yatay itkisinin de alınmasıdır. Gergi uygulaması, taş sıralarının birbirleri üzerinden kayması ve olası bir çökmeye karşı yapı tekniğinde çok zamandır geleneksel olarak bulunan bir yöntemdir. Bu yöntemle hem çekme hem de basınç gerilmelerini karşılayabilen, aynı zamanda etriyelerin de sisteme katılmasıyla kayma gerilmelerini de elimine eden bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem günümüzden henüz iki yüzyıl önce Hennebique tarafından geliştirilen beton - arme karma yapısını anımsatmaktadır. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 303)

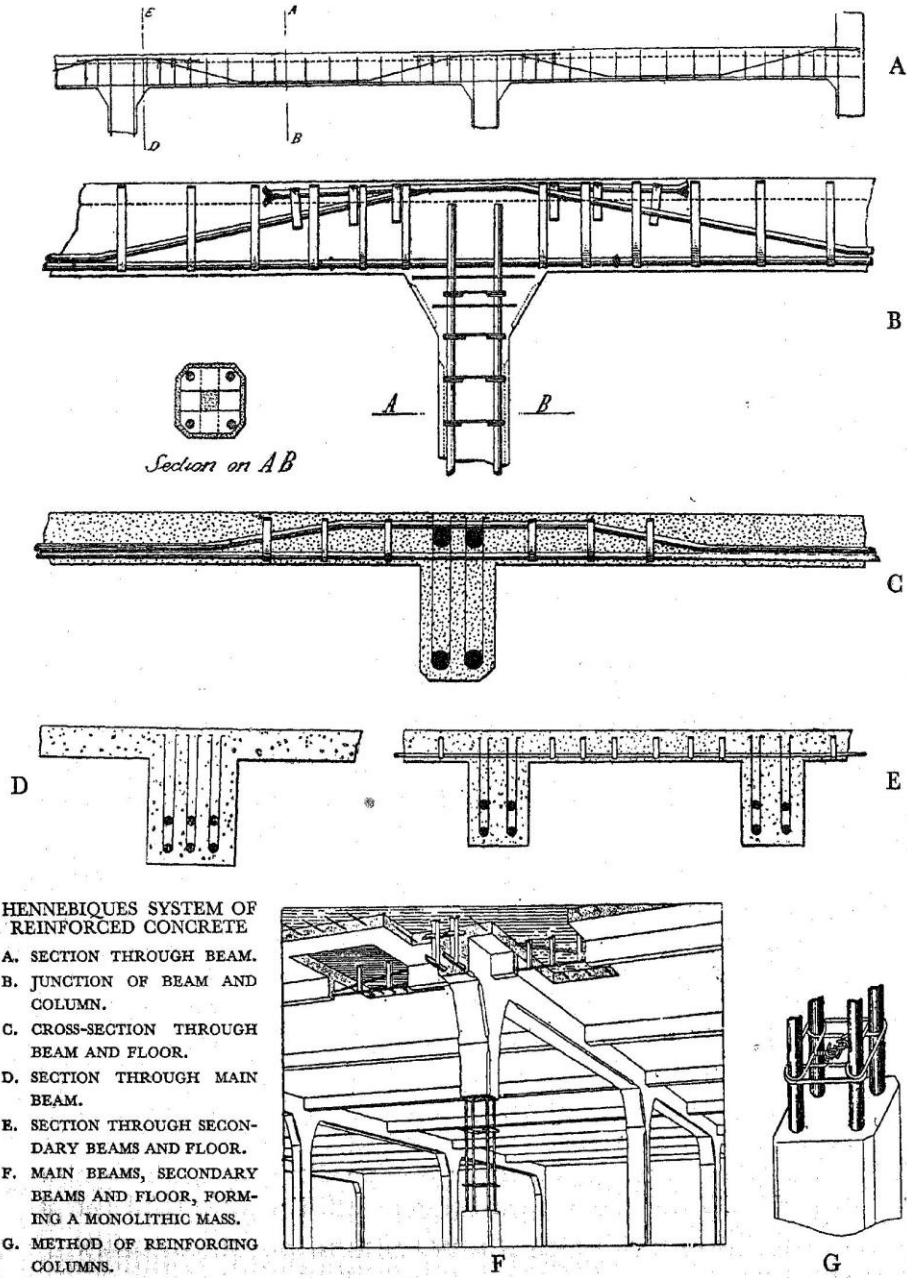


PLATE XXVII

Şekil 6.17. 1892’de Hennebique tarafından patenti alınan beton – arme sistem. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 301)

Betonarme sistemde, etriyeler eğilme momenti ve kesme kuvvetinin sebep olduğu gerilimi karşılamak için, birleşme noktalarında, şekil verilmiş metal çubuklarla birlikte kullanılırlar. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 303)

Modelleme üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde görülmüştür ki, armatürlü lentolar dayanım gösteren elemanlardır, ve yanal itki neredeyse elimine edilmiştir. (Mazzoli, Gulli, Brocato 2012: 302 - 306)

6.2. Sainte-Genevieve (Fransız Pantheonu)



Şekil 6.18. Sainte Geneviève'in ön cephe görünümü (Bersano, 2008 – 2009: 214)

Paris'in koruyucu azizi Sainte Geneviève için 1757'de Sainte Geneviève kilisesinin yapımına başlanır ¹⁸⁹. Ekonomik aksamalardan dolayı ancak 1789'da

¹⁸⁹ Sainte Geneviève, aslında daha önceden var olan bir “manastır”dır. Manastır 508’de kurulmuştur ve duvarları St. Etienne du Mont kilisesi ile komşudur. 1222’de St. Jean du Mont kilisesi’ne bir kısım toprağı satılır ve Sainte Geneviève’in din adamları tarafından bu kilisenin şapelini büyütmesi izni verilir. 17. yy’ın ikinci yarısından itibaren St Genevieve manastırını önem kazanmaya başlamıştır, çünkü 1619’da bu manastır Kardinal Rochefoucauld tarafından “Congrégation de France”ın (bir tür cemaatler birliği) ana toplantı yeri yapılır. Bu nedenle de manastırın yenilenmesi için çalışmalar başlar. Yanındaki St. Etienne du Mont kilisesi de bu arada, tamamen bağımsız bir yapı olarak 1626’da takdis edilmiştir. St. Etienne du Mont’un yapımına 1492’de başlanmıştır. (Matricola, 2011 – 2012: 83, Notlar bölümü, 254 no.lu not)

mimarı Soufflot'un¹⁹⁰ ölmünden 9 yıl sonra tamamlanabilmiştir¹⁹¹. Yapıyı öğrencisi Rondelet¹⁹² tamamlar ve 1791'de, devrim sonrası hükümetince ulusun önemli milli kişiliklerinin defnedildiği Pantheon binasına dönüştürülür. (Bersano, 2008 – 2009: 214)

¹⁹⁰ Jacques - Germain Soufflot. Fransız mimar. d.1713 – ö.1780. Resmi bir mimarlık eğitimi yoktur. 1731'de mimarlığa ilgi duyar ve Roma'ya gider. İki yıl sonra Roma'daki Fransız Akademisi'nde kendine bir yer edinir. 1738'de 25 yaşında Fransa'ya döner ve Lyon kentinde belediye mimarı olarak çalışmaya başlar. (Braham, 1980: 19, 20) Lyon'da 1773'te "controleur general des batiments" olarak görevlendirilir. Lyon'da olduğu sürece Lyon akademisiyle hep temastadır. Bu akademiye bir takım mimari fikirlerini içeren çalışmalar sunar. Burada ağırlıklı olarak kamu binaları tasarlar. Ancak özel kişilere de çalışır. (Braham 1980: 26) 1741'de, 28 yaşındayken Lyon Akademisi'ne "Mémoire sur l'architecture gothique" çalışmasını teslim eder. (Matricola 2011 – 2012: 143) 1747'de Lyon Akademisi'ndeki bir göreve getirilir. (Braham 1980: 28) 1751'de Paris'e taşınır. (Braham 1980: 30) Soufflot Madame Pompadour ve kardeşi Marigny'nin (Surintendant des batiments – royal park bahçe bina vb.den sorumlu - 1751) öğrencisidir. Marigny'nin gayretleri sayesinde 1755'te "Contrôleur des Bâtiments du Roi"un (royal binalar kontrolörlüğü) Paris departmanına seçildi ve Sainte Geneviève'in tekrar inşası ona verildi. (Matricola 2011-2012: 94, 95) 1755'te Paris akademisi'nin birinci sınıfına üye olarak seçilmiştir ve ertesi yıl da ressam ve edebiyatçılara verilen alt seviyede bir nişan olan bir nişan ile ödüllendirilmiştir. (Braham 1980: 32)

¹⁹¹ Soufflot 1780'de öldüğünde kilisenin yapımı kubbe aşamasına ulaşmıştır. (Braham 1980: 79)

¹⁹² Jean-Baptiste Rondelet. Fransız mimarlık teorisyeni. d. 1743 – ö. 1829. Lyon'da Cizvit kolejinde klasik formasyona göre yetişmiştir. Matematik ile dizayn ve linguistic (latince ve italyanca) eğitimleri de görmüştür. (Samsa 2014)

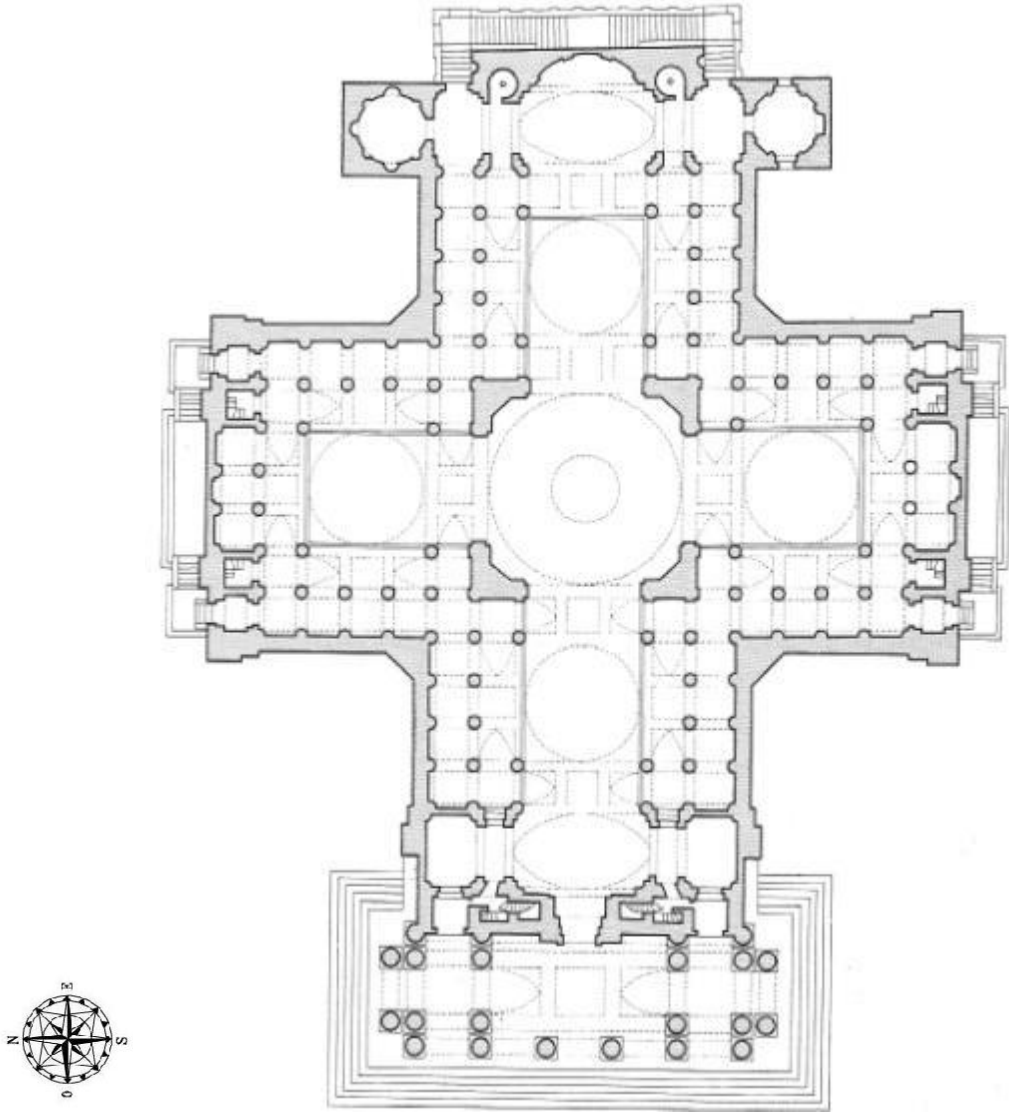
1795'te Rondelet "conseil des batiments civils"ın 6 departmanına – hükümet, adalet, eğitim hastaneler, kamu iyileştirmeleri, kabuller - danışman olarak atanır. Rondelet Sainte Geneviève ile ilgili kitaplarınıysa 1797 – 1806 arasında yayımlar. (Braham 1980: 252)

Sainte Geneviève'i bitirmek için çalışırken Rondelet mühendislik problemleriyle karşılaşır ve 1783'te, yerel mühendislik metotlarını incelemeye İtalya'ya gider. (Braham 1980: 254) Demirin ve statik potansiyelinin ilk olarak sistematik analizini yapan Rondelet'tir ve bunu Soufflot ile birlikte çalışırken gerçekleştirmiştir. 1799'da Güzel Sanatlar Okulu'nda akademisyen olarak yer almıştır ve 1806'da Stereotomy (taş malzeme ile yapı yapma tekniği) ve Yapı İnşaatı kürsüsünün başkanı oldu. (Rizzuto 2010: 286)

Trait theorique et pratique de l'art de batir (1802- 17, tarihleri arasında 5 cilt olarak yayımlanır) kitabında ağırlıklı olarak yapı malzemeleri, dayanım ve özelliklerini işler. Yapı birimlerindeki basıncı belirlemek ve bunları boyutlandırmak için matematiksel hesap yöntemlerinin öğretilmesi gerektiğini savunur. (Rizzuto 2010: 287) Kitabında ayrıca Grek ve gotik inşaa metotlarına yer verir. Demiri bir yapı malzemesi olarak örnekleriyle ele alıp inceler. (Braham 1980: 254)

1789'da Rondelet yeni hükümete bir mühendislik akademisinin kurulmasını önerir. Bunun üzerine 1794'te Ecole Centrale des Travaux Publics kurulur ve 1795'te Ecole Polytechnique olarak tekrar adlandırılır. (Rizzuto 2010: 289)

6.2.1. Mimari Yapı ve Teknik



Şekil 6.19. Sainte Geneviève'in planı (Bersano, 2008 – 2009: 215)

Yapı, 110 x 84 mt. ölçülerindedir. Planı Yunan haçı şeklindedir ve giriş kısmındaki avlu 24 korint kolon düzenlidir. Yapının 3 cidarlı ana kubbesi 4 ince dorik ayakla taşınır. Her bir ayağın çevresinde 3 adet kolon vardır. En içteki kubbe küresel geometridedir. Bu küresel kubbenin çevresinde, üst 1 / 3 'lük kısmını kaplayan bir cidar onun da üzerinde dış cidar yer alır. Ara kısımdaki cidar, esasen kubbenin üzerindeki fenere destek olan bir yapıdır. (Bersano 2008 – 2009: 215) Mimari açıdan bakıldığında

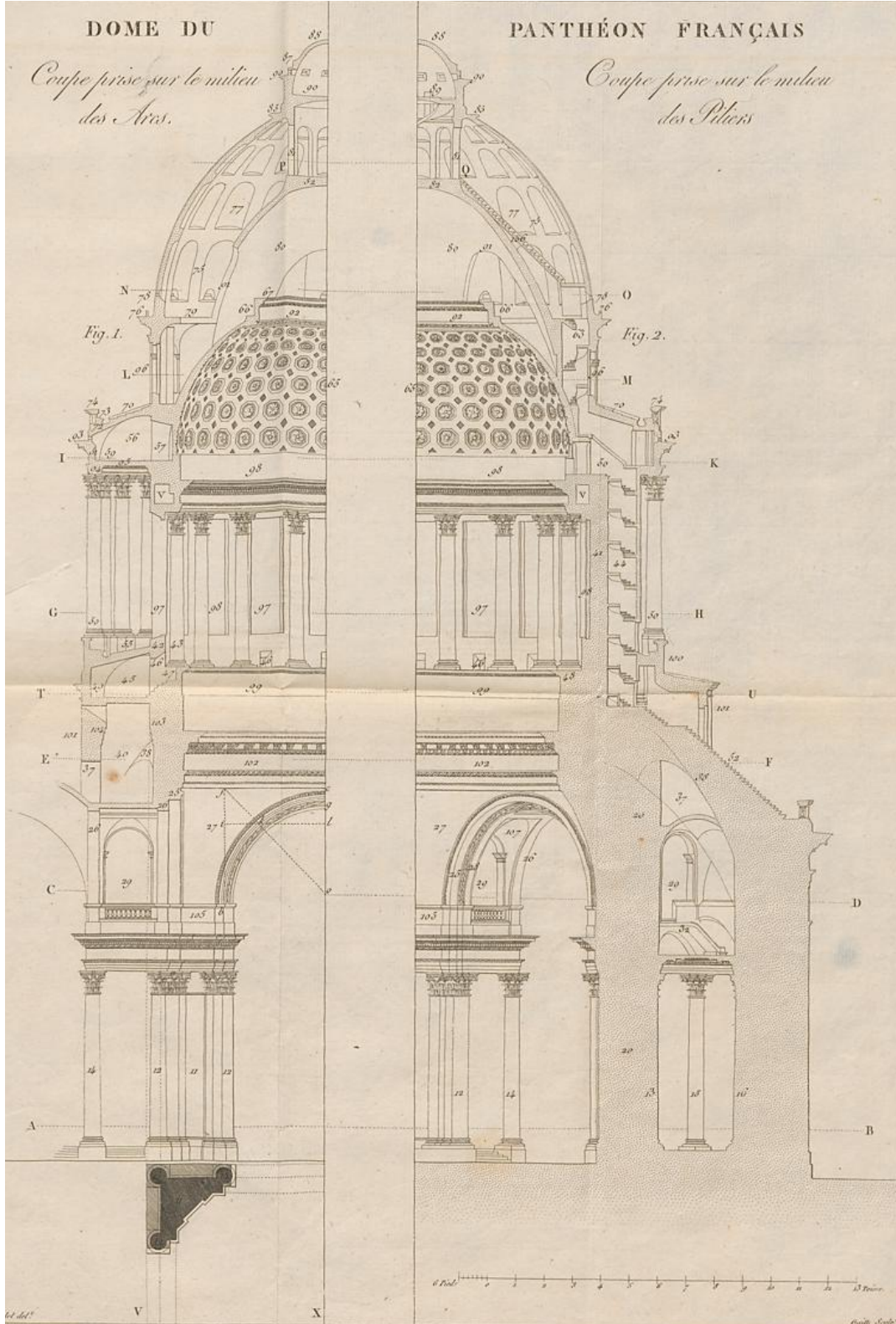
Sainte Geneviève'in Gotik mimari ile Greco - Roman mimarinin karışımı olduğu görülür ¹⁹³. (Bersano 2008 – 2009: 216) Sainte Geneviève'in Gotik strüktürel yapıya göre planlandığı söylenegelse de, kubbenin yükünü taşıyan asıl içerideki kolonların üzerindeki saçak yapısıdır. Halbuki gotik yapılarda yükler kemerlerle sütunlara aktarılır. Sainte Geneviève'de bu aktarım zemine dek Gotik strüktürüyle devam etmemiştir. (Rizzuto 2010: 262) Zira 17. yy.'ın ikinci yarısından itibaren klasik mimari kuralların Fransız mimari diline aktarılması sürecinde özellikle yüklerin dağıtılması konusunda gotik mimari strüktürü yeniden yorumlanmıştır. İşte bunun neticesinde kiliselerin içinde tonozlu ayaklar yerine arşitravlı kolonlar görülmeye başlanmıştır. (Matricola 2011- 2012: 83) Bunlar ışığında, denebilir ki, Soufflot gotik yapıların hafifliği ile Grek mimarisinin netliğini ve ihtişamını birleştirmek istemiştir. ¹⁹⁴ Soufflot'un Sainte Geneviève'i projelendirmesi ¹⁹⁵ 1769/70'ten 1780'e kadar devam etmiştir ve 4 kemer yardımıyla (bu kemerlerin üzerinde fener kulesinin pandantifleri yer alıyordu) birbirine bağlanan kolonlar sayesinde sınırlandırılmış üçgen formlu 4 ayak ile ve hemen yanbaşında birbiri ardına sıralanan kolonlar yardımıyla strüktür oluşturulmuştur. Sainte Geneviève'de denge karmaşık bir kemerler sistemi ve

¹⁹³ Tapınak formlu portiko, merkezi yapılı bir grek haçı planı, 4 yan nef ve merkezi bir kubbe (Matricola 2011 – 2012: 95)

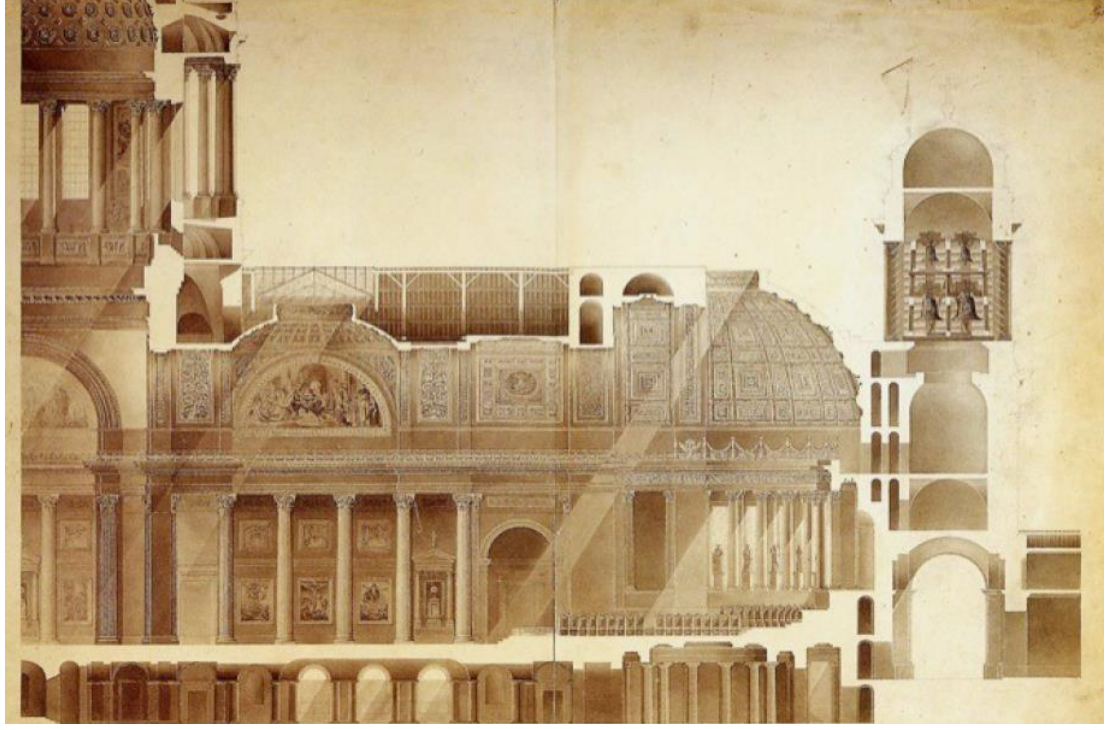
¹⁹⁴ Soufflot formal sadelikle ve son derece karmaşık bir strüktürel ağ ile tasarladığı bu yapıda grek ve gotik imarilerin mükemmel uyumunu yakalamaya çalışıyordu. Bu, bir önceki yüzyılın mimari araştırmalarının ve eğilimlerinin bir ürünüydü. Dönemindeki herkesin bu projeye ilgili aynı heyecanı paylaşmamış olmasına rağmen bu proje 1700'ler Fransa mimarisinin önemli referans noktalarından biri olarak kabul edilebilir. Nitekim bu kilise 1791'de Pantheon'a dönüşmüştür. (Matricola 2011 – 2012: 95, Not 309)

¹⁹⁵ Esasen Sainte Geneviève kilisesinin ilk yenilenme planlarını Charles ve Claude Perrault hazırlamışlardır, 1670 – 1680 tarihleri arasında. İlk arşitravlı planlar da bunlardır. (Matricola 2011- 2012: 83)

armatürlerle sağlanmıştır ki böylece arşitravlar ve cephenin dışına gizlenmiş uçan payandalar desteklenebiliyordu. (Matricola 2011 – 2012: 95)



Şekil 6.20. Sainte Geneviève boy kesit (Rondelet 1797: Planche 2)



Şekil 6.21. 1823'te St. Geneviève ile ilgili değişikler öneren bir projeden kesit (Ottoni 2008: 278)

Soufflot kubbeyi taşıyan ayakları mekan genişliğini sağlamak için en küçük kesitte tutmuştur. Kolonlar kubbe ve kemerleri dış duvarların arkasına saklanan uçan payandalar yardımıyla taşırılar. (Braham 1980: 35)



Şekil 6.22. Dört yapının kubbe strüktürlerinin ölçekli mukayesesi. Sol üstten saat yönünde: 1. Sant Paul, Londra 2. San Pietro, Roma 3. Sainte Geneviève 4. Les Invalides, Paris (Rondelet 1797: Planche 5)¹⁹⁶

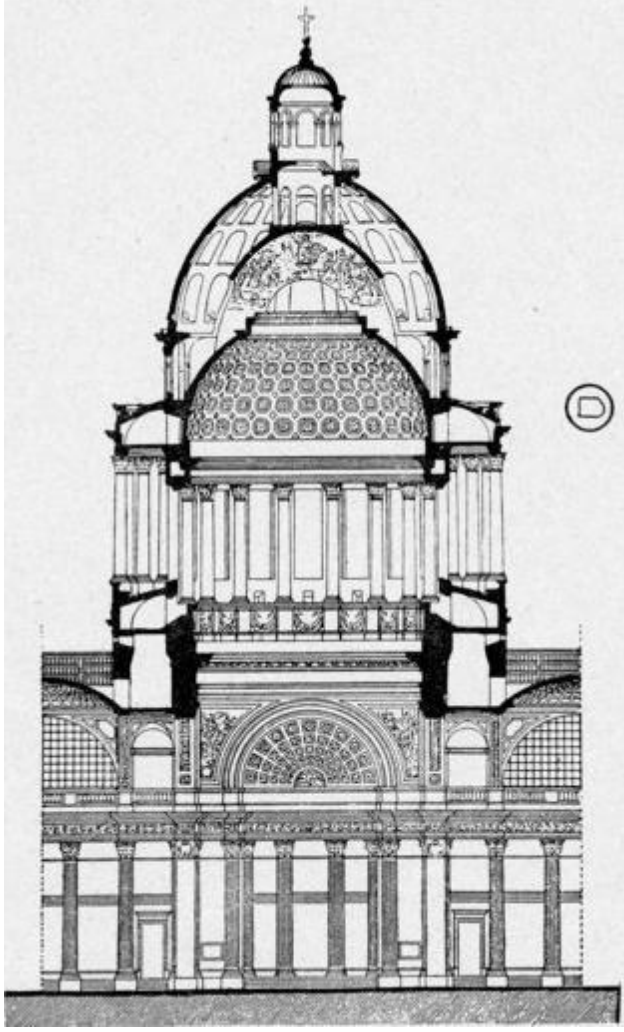
¹⁹⁶ Bu yapılar Pierre Patte'nin Sainte Geneviève'le ilgili strüktürel yetersizlik iddialarını savunmak için Sainte Geneviève'le karşılaştırmasını yaptığı yapılardır. Patte'nin Sainte Geneviève için uygulanması gerektiğini düşündüğü kural; kubbeyi taşıyan ayakların kalınlığının kubbe çapının 1/10'undan az olmaması kuralıdır. (Ottoni 2008: 305)



Şekil 6.23. Sainte Geneviève aksonometrik görünüm (Royer- Cerfagni 2008: 5)



Şekil 6.24. Üç cidarlı kubbenin model kesiti (Royer- Cerfagni 2008: 6)



Şekil 6.25. Sainte Geneviève'in ana kubbe kesiti (Bersano 2008 – 2009: 216)

Sainte Geneviève'in yapımında demirle güçlendirilmiş taş tekniği kullanılmıştır. Ayrıca klasik mimaride yeri olmayan yeni bir yöntem olarak duvarları da ince tutulmuştur. Bu nedenle çok titizlikle hesaplamalar yapılması gerekmiştir. Bundan yola çıkılarak denebilir ki, Sainte Geneviève, yapı mühendisliğinin modern metotlarına dayanılarak tasarlanan ilk binadır. (Blasi, Coisson, Iori, 2)

Sainte Geneviève'in mimarlık tarihinde iki önemli işlevi vardır:

1. Tonozlarla lentoların birleşimiyle yeni bir alan yaratımı metodu oluşturuyor
2. Demirle güçlendirilmiş duvar tekniğinde son noktadadır

Bunlar, matematikteki sonlu elemanlar metodundan geliştirilen taş dayanımı analiz yöntemlerinin rasyonalize edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. (Rizzuto 2010: 258)

Louvre'un kolonlarında kullanılmış olan demirden yapılan armatürler Sainte Geneviève'de önerilmiştir¹⁹⁷. Bu yöntem, yüklerin dengelenmesine ve daha dinamik bir şekilde dağıtılmasına farklı bir bakış açısı getirmekteydi. Metal elemanlar üst örtünün stabil ve sağlam olmasını sağlayacaklardı. (Matricola 2011 – 2012: 84)

Louvre'dan alınan teknikler arasında, ortaçağ geleneksel uygulaması olan demir çubukların blokların birleştirmesinde kullanılması tekniği de vardır. Özellikle kolonların başlıklarını oluşturan kısımlarda bu teknik kullanılmıştır. Bu metal şeritlerden oluşan blokların üstünde, arşitravlar kesme taşların içinde alttan sıkıştırılır. Böylece kolonların stabilitesi artar. Metal elemanların gerginliği kamalarla birleştirildikleri tutamaçlarla sağlanır. Neticede bu çeşit strüktürel yaklaşımlar hem kolonun taşıyıcılığını artırır hem de yüklerin dağıtımını dinamikleştirir. (Matricola 2011 – 2012:.88, 89)

Taş yapılarda demir klapa kullanımı antik Yunan'a kadar giden eski bir tekniktir ve fakat Sainte Geneviève'deki demir çubuk kullanımı daha karmaşık, gelişkin ve kompleks yapılıdır. (Rizzuto 2010: 265) Sainte Geneviève'de kullanılan demirle güçlendirilmiş yapım tekniği, demirin kullanımının endüstri çağının başlangıcı ile yayılması sayesinde ortaya çıkmıştır. (Blasi, Coisson, Iori, 9)

¹⁹⁷ Bu kolonları tasarlayanlar da Charles ve Claude Perrault kardeşlerdir. (1667 – 1670 yılları arasında)

6.2.2. Sainte Geneviève'de Yapı Sorunları: Dönem Bakışı, Yaşanan Tartışmalar ve Günümüz Bakışı

Sainte Geneviève'de, tamamlanır tamamlanmaz bir takım strüktürel problemler yaşanmaya başlanmıştır. Bunun üzerine 1791'de yan pencereleri kapatılmış¹⁹⁸, 1806'da da üzerinde çatlaklar oluşan ayaklar güçlendirilmiştir. (Bersano 2008 – 2009: 216)



Şekil 6.26. 1790'larda Sainte Geneviève. Pencerelerin kapatılmasından ve çan kulelerinin yıkılmasından evvelki hali. (Braham 1980: 80)

¹⁹⁸ Pencereler Soufflot'un ölümünden sonra Quatremère de Quincy'nin (1755 – 1849. Fransız mimarlık teorisyeni) yönetiminde kapatılmıştır. (Ottoni 2008: 314)



Şekil 6.27. Sainte Geneviève'in pencereleri kapatıldıktan sonraki görüntüsü (Bersano 2008 – 2009: 215)

St. Geneive kilisesinin duvarlarının kalınlığı ile ilgili anlaşmazlık 1770'de¹⁹⁹ mimar Patte'nin yayınladığı çalışmasında kilisenin kasnağını taşıyacak olan ayakların yeterli kesitte projelendirilmediğini söylemesi ve bu sebeple de kubbeyi taşıyacak olan kasnağın duvarının kesitinin de, kubbenin yaratacağı yanal kuvvetleri karşılamak için yetersiz olacağını ıspat etmeye çalışmasıyla başlamıştır.²⁰⁰(Braham 1980: 78)

¹⁹⁹ Aslında tartışmalar henüz yapı temel aşamasındayken, 1760'larda başlamıştır bile denebilir. Bu tarihte daha yapı sorunları ortaya çıkmadan, geleneksel yapı elemanı boyutlandırması alışkanlığının dışına çıkılması sebebiyle tamamen teorik olan tartışmalar başlamıştır. Çünkü Sainte Geneviève için hazırlanan plan, daha önce yapılmış hiçbir anıtsal yapıya uymamaktadır. Denebilir ki bu yapının yapılmaya başlanması ve üzerine gelişen tartışmalar, Galileo'nun yolunu açtığı mekanik strüktür anlayışı ile geleneksel oran – orantı anlayışı arasında yaşanmıştır. Sainte Geneviève'in yapımı sırasında yaşanan tartışmalar ve bu tartışmalara çözüm olarak Rondelet ve Gauthey ve diğerlerinin izlediği yöntemler artık Galileo'nun yolunu açtığı bu geçiş döneminin de misyonunu tamamlayarak yerini yeni bilime bıraktığı bir dönemin açılmasına vesile olmuştur. Bu projeye karşı çıkanların büyük çoğunluğu, o ana değin yeni malzemelerle, özellikle de demirle gerçekleştirilmiş olan deneyleri ve bunların sonuçlarını tam olarak kavrayamamışlardır. (Ottoni 2008: 301 – 302, 304)

²⁰⁰ Soufflot ile Patte arasındaki ilişkinin ayrıntıları şöyledir: Patte de gotik mimarinin dini yapıları gerçekleştirmek için ekonomik bir yöntem olarak görür ve bu nedenle de Ortaçağ mimarisini derin incelemeye değer bulur. İkilinin zıtlaştığı nokta, Soufflot'un Patte'nin 1761'deki Madeleine kilisesi işleri için müfettiş seçilme talebini reddetmesi ve 1767'de de Accademia Reale d'architettura'daki St.

Patte²⁰¹ Londra ziyareti akabinde 1769 – 70 arasında “M moire sur la construction du d me projet  pour couronner l' glise de Sainte Genevi ve”²⁰²’i yayınlar ve burada Wren’in katedralinin²⁰³ modelini baz alan bir kubbe önerir. Patte’ye göre – ve bu konu o sıra tüm Fransız mimarları arasında ihtilafa yol açmıştır Sainte Genevi ve’in planı kule fenerini taşıyacak yapıda değildi.²⁰⁴ Ancak bu iddianın gotik ve klasik mimarinin brleştirilmesini sorguladığı düşünülebilir. Marigny bu iddialar karşısında tarafsız kalmıştır. Frezier Patte’nin görüşünden taraf almıştır ve “Directeur de l' cole des Ponts et Chauss es” görevindeki Perronet ise Soufflot’un yanında yer almıştır. (Matricola 2011 – 2012: 97,98)

Bu konudaki anlaşmazlık yıllarca sürmüştür ve Patte de bu konudaki yazılı çalışmalarına devam etmiştir. 1777 – 1778 yılları arasında, kubbeyi destekleyecek ayaklardan ikisinde çatlaklar meydana gelmesinden²⁰⁵ iki sene sonra, Blondel’in “Cours d’architevture” çalışmasının son iki cildinde bu projenin aleyhine argümanlarını yineler. (Matricola 2011- 2012: 99)

Her şeye rağmen proje Soufflot’un pek çok meslektaşı, Perronet ve “ cole des ponts et chaussees” tarafından desteklenmektedir. (Braham 1980: 78)

Sulpice’in portikosunun desen işlerinin tamamlanmasında kendisini tercih etmemesidir. (Matricola 2011 – 2012: 97, not 305)

²⁰¹ Pierre Patte. Fransız mimar. d.1723 –  .1814

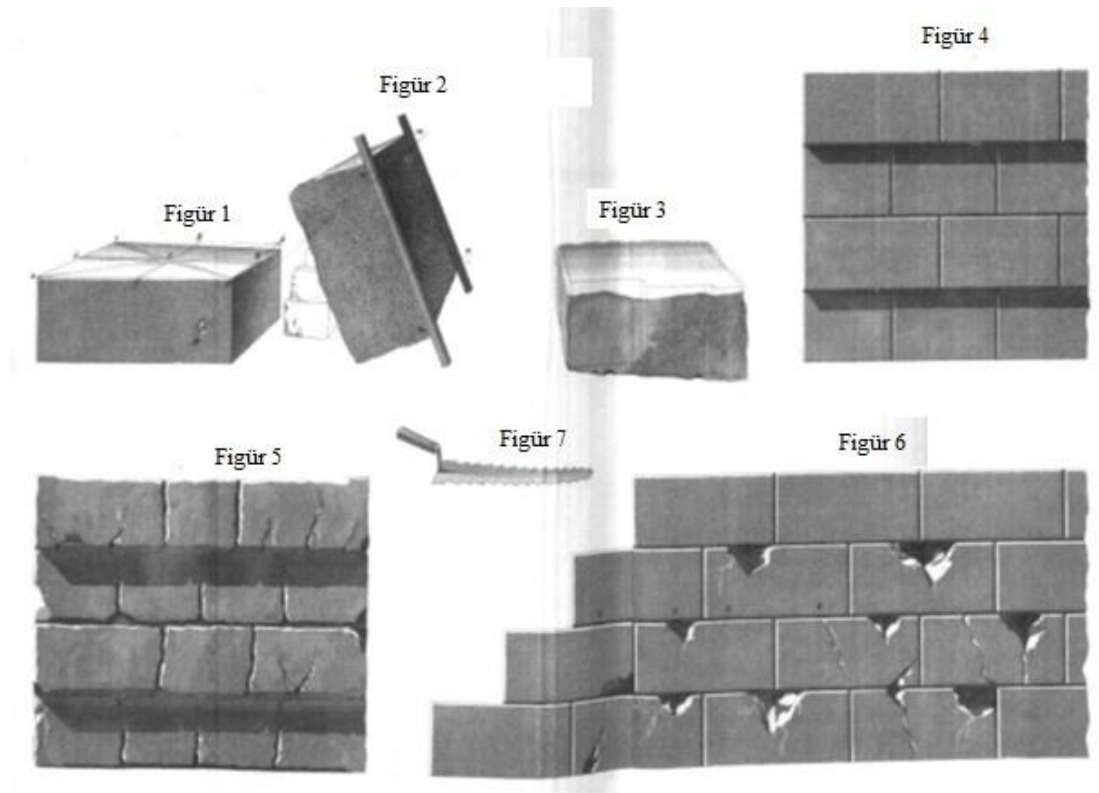
²⁰² Sainte Genevi ve kilisesi kubbесinin yapımı üzerine notlar

²⁰³ St. Paul Katedrali. 1675 – 1720 yılları arasında yapılmış, 1708’de takdis edilmiştir.

²⁰⁴ Yazısında; 19 mt. genişliğindeki bir kubbenin tamburunun destek duvarlarının 2,4 mt kalınlıkta olması gerektiğini belirtir. Kasağı destekleyecek olan ayakların sadece 0,9 mt’den biraz fazla kalınlıkta olmasının bu ayakların kubbeyi taşımakta yetersiz olmaları anlamına geldiğini ifade eder. (Braham 1980: 78)

²⁰⁵ Rondelet bunun proje hatası olmadığını, sadece estetik etkinin yapısal sağlamlığın önüne geçtiği bir teknik  z mden kaynaklı olduğunu söyler. (Matricola 2011 – 2012: 99, not 310)

Rondelet'e göre de ayaklardaki çatlaklar uygulamadaki hatadan kaynaklanmaktadır. Ona göre hatalı şekilde örülen bu duvarlarda, harcın suyu buharlaştığında, tüm yük ahşap kama üzerine biner. Bu kuvvetin eşit şekilde tüm yüzeye dağılması gerekirken, kama harç gibi gevşek bir malzeme olmadığı için, bu kuvveti arasında bulunduğu taşlara temas ettiği noktalara iletir. Dolayısıyla da, tüm yüzeyin onda biri olmayan bu noktalarda çatlamlar oluşmuştur. (Rondelet 1832b: 24, 25)



Şekil 6.28. Figür 5 ve 6, yanlış duvar örme uygulamasının sonuçlarını gösteriyor. Figür 4'te, doğru yapılan uygulama görülmektedir. (Rondelet 1832b., Tavola XV)

Rondelet'e göre, eğer taşların üzerindeki yük hatırı sayılır bir miktar ise, bu çatlaklar kırıklara dönüşür. Sainte Geneviève'in kubbesini taşıyan ayaklarda yaşanan da budur. Orta kısımlardaki derzler daha kalın olduğu için, daha bariz bir oturma yaşamışlardır ve yük daha fazla kenarlara (ahşap kamalara) binmiştir. Taşlar kırılıp

kütleden ayrılmışlardır. Boşluklar, çatlaklar oluşmuş ve bunlar yapının en içlerine kadar penetre etmiştir. (Rondelet 1832b.: 26)

Sainte Geneviève'in dış avlusunun kolonlarının başlıklarına kadar aynı şekilde örülen duvarlarda ise benzer sorunlara rastlanmamıştır. Çünkü burada kullanılan kamaların yüzeyleri karşıladıkları yüke dayanacak genişliktedir. Ancak iki kat uzunlukta olan kulelerde ve kubbenin yükünün bir kısmının da taşınmakta olduğu kubbeye yakın kısımlarda, kamaların karşıladığı yüklerle orantılı kırılmalar oluşmuştur. Bunlar, kama kullanılmadan uygulanmış kaliteli taş yapılarda rastlanacak etkiler değildir. (Rondelet 1832b: 27, Not I)

Eşit olmayan derz boşluklarını dengelemek için kama yerine kurşun kullanıldığında, kurşun yük altında ezilirken üzerine etkiyen bu yükü sağlıklı bir şekilde çevresindeki alana iletir. Pandantiflerin üstünden itibaren tambur bu şekilde inşaa edildiği için, ayaklar sorunla karşılaştığı halde tambur bundan etkilenmeden kalabilmiştir. (Rondelet 1832b: 27, Not I)

Ayaklardaki sorunlara ilişkin günümüzde yapılan çalışmalar, Rondelet'in kötü işçilik savını doğrular niteliktedir. Yapılan deneyler neticesinde ahşap kamaların bulunduğu yerlerdeki basınç birikimi görülmüştür. (Royer- Cerfagni 2008: 81) Bu sağlıksız durum sebebiyle ayaklar üzerine düşen bütün yük ayakların dış yüzeyine binmektedir. (Blasi, Coisson, Iori, 3)

Tartışmalara katılan bir başka isim olan Gauthey'e göre ise, taşlardaki çatlakların sebebi farklıdır: kubbenin yarattığı yanal itki. Çözüm olarak yapıya payandalar

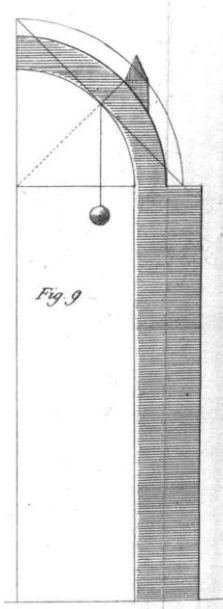
eklenmesini önermektedir. Rondelet'e göre ise, bu yükler taşların içindeki metal armatürlerle karşılandığı için yanal itki oluşmuyordu²⁰⁶²⁰⁷

²⁰⁶ “18. yy.’da Rondelet’in başını çektiği bir grup mimar / mühendis, kubbe ve kemerlerde yanal itkilerin sıfır olabileceği bir tasarımla çalıştıklarına inanıyorlardı. O dönemde bu konuyla ilişkin bilimsel araştırmalar olmasına rağmen böylesine basit bir yaklaşımda olmalarının bir sebebi de, bu bilimsel çalışmaların çok yüksek bir matematik bilgisi gerektirmiş olması olabilir. Bu nedenle, pratik sorunlara uygulanamıyorlardı. Bir diğeri de, mekanikçilerin en basit tipteki kemerlerle tanımlamalar yapmış olmaları, genel olarak kullanılan örtü sistemlerinin kompleks şekilleriyle çalışmamaları idi. Böylece bu mimar / mühendisler kendilerini bilim adamları tarafından yalnız bırakılmış olarak buldular.

18. yy.’dan 19. yy.’a geçerken, mekanik üzerine hazırlanan bilimsel metinlerin haricinde, teorik – pratik metinler de statik davranış ve statik tasarım prensiplerini içeriyordu. Dönemin bilimsel gelişmelerinden uzak olsa da, yüksek, geniş açıklıklı yapıların gerçekleştirilmesinde etkili olanlar bu yayınlardı.” (Wendland 2007: 8)

Aslında Rondelet’in yanal itkisi olmayan kubbe varsayımı, membran teorisinin en erken düşüncesinin Rondelet’in zihninde ortaya çıkmasını takip eder. Rondelet, Patte ve diğerlerinin Soufflot’un kubbesini Belidor’un izole kemer parçasının çalışma mekanizmasıyla yorumlanmasını reddetmiş, küresel bir yapı olan kubbenin itliklerinin bir beşik tonoz parçası olan kemer parçası gibi düşünülerek çözülemeyeceğini ifade etmiştir. Bunu takiben yürüttüğü bir mantıkla da kürenin aksından ikiye ayrıldığında iki parçanın dışarıdan bir dengeleme kuvvetine ihtiyaç duymadan öylece durabileceğini düşünmüştür. Buna göre, Rondelet, yanal itkisi sıfır olan bir kubbe yapılabileceğini iddia eder. (Ottoni 2008: 327, 328)

²⁰⁷ Rondelet’e göre, “bir tonozun payandalarının yanal itmeleri karşılaması konusunda tehlike varsa, bu ayağın dayanımı ile itme kuvveti arasındaki farkın iki katı olan bir ağırlık göz önüne alınabilir ve bu yük kemerle ayakların birleştiği noktanın ortasından geçen bir çizgiden geçen noktaya etkiyormuş gibi düşünülebilir. Veya, yine bu farka eşit bir ağırlık, söz konusu birleşim noktasının altından geçen bir çizgi üzerinde hesaplanır. (bknz. Fig. 9) Sainte Geneviève’in revaklarının lentolarının armatür sistemi buna göre oluşturulmuştur. (Rondelet 1834b: 231)



Şekil. 6.29. Rondelet’in tonozun yanal itkisi problemi (Rondelet 1834b: TAVOLA CLXXXVIII Fig.9)

Fransız Pantheon’unun kubbesini oluşturan 3 cidarın alt kısmındaki toplam kalınlığı 1,37 mt.’dir. Buna rağmen, farklı yüksekliklerde bu kabukları destekleyen dairesel duvarın kalınlığı 1 mt.’yi bulmaz. Bu duvar, her biri 2,5 mt. açıklıkta olan 12 pencereyle açılmıştır. Ancak incelemeye rağmen ve pandantiflerde meydana gelen kazaya rağmen duvarları yana iten başkaca bir kuvvet tespit edilememiştir”

“Kemer ve pandantiflerle taşınan bu kubbede oluşan ilk etki, kubbenin kendi ağırlığından kaynaklanan içeri doğru güçlü bir yöneliştir. Bu, pandantiflerle, kemerlerle ve ayakların iç yüzleriyle karşılanmaktadır.

Pendantifler çıkış noktaları ayakların iç yüzleri olan bir küresel tonozun parçaları olarak düşünülebilirler. Bu tonozun çapı kubbenin çevre çapından daha fazladır. Bu tonoz, nefleri oluşturan dört büyük kemerden düşey doğrultuda kesilmiş gibidir. Yatay olarak da kubbenin çevre çizgisinin iç kısmından kesilmiş gibidir. Öyle ki taşıyıcı (direnc gösteren) kısımlar, örneğin pendantifler, üç taraftan tutulmaktadır. Sağdan ve soldan kemerlerle, yukarıdan da kubbenin kasnağını oluşturan kısım ile. (Bakınız resim 6.22) Bu kasnak bütün sistemi birleştirmektedir. Böylece pendantiflerin taşıdıkları yükün altında kemerleri itmeden parçalanmaları mümkün değildir. Ancak kasnağı oluşturan çember pendantifleri iter ve bu büyük bir tehlike yaratır. Bu etki sadece kasnağın taşlarında kırılmalar yaratmakla kalmamış, ancak çemberin sürekli kısımlarında da kırılmalara sebebiyet vermiştir (Rondelet, 1834b: 301, 302)



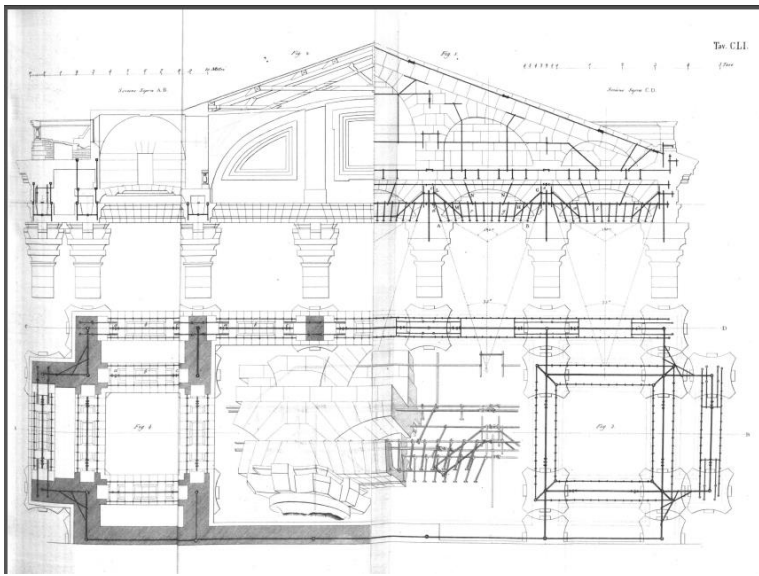
Şekil 6.30. St.Genevieve’in içinden kubbe, kasnak ve kemer görüntüsü (29 Giugno: Studio Sulla Stabilità Del Panthéon Dı Parigi L’incarico assegnato dal governo francese a docenti dell’Università di Parma, 8)

Kubbe çemberinin kemerler tarafından taşınan kısmına, kemerler, değdikleri noktalardan bir karşı itme kuvveti uygulamaya kabil olmalıdırlar. Kemer dip noktalarına bu kuvvetten daha büyük bir kuvvetle yaslanan pendantifler tarafından bu kuvvet dengeleniyor ve hatta dağıtılıyor olmalıdır. Bu kuvvetin olabildiğince artırılmasına çalışılmıştır: kubbenin pendantiflerini oluşturan sıraları sonlandıran kısımların kemerlerinkilerle üst üste bindirilip sıkıştırılmasına çalışılmıştır.” (Rondelet, 1834b, s. 302)

“Sainte Geneviève’in uzun porticosu’nun kolonları hem lentoları, hem kolon başlıklarını hem de avlunun ortasındaki tonozu taşıyamazdı. Bunun için, Soufflot, bu mimari elemanları, lentoların üzerine kaldırarak, yanal itkileri de karşılayabilecek olan hafifletme kemerlerine taşıtmaya karar verir. Bunu yaparken izlenen yol şöyledir: lentonun bir kısmı üstteki kemerin pendantifine asılarak ona taşıtılır, böylece yük yarı yarıya azalmış olur” (Rondelet 1834b: 99)

Gauthey çalışmaları sonunda kubbe ayaklarının kesiti değiştirilmeden diyagonal uçan payandalar eklemek suretiyle yanal itkilerin karşılanabileceğini düşünür. Bu nedenle dışarıdaki merdivenlerin altında zaten var olan payandalara ek olarak uçan payandalar inşa edilmesini önerir. (Ottoni 2008: 292-293, 324, 325)

Gauthey²⁰⁸ tasarlanan ayakların üzerindeki yükleri taşıyabilecek kapasitede olup olmadığını anlamak için bir taş kırma deney makinası tasarlar ve deneyler de gerçekleştirir. Ancak sonuç, taşların yeterince dayanıklı olduğunu gösterir²⁰⁹. Ne var



Şekil 6.31. Sainte Geneviève armatürleri (Rondelet 1834b. Tavola CLI)

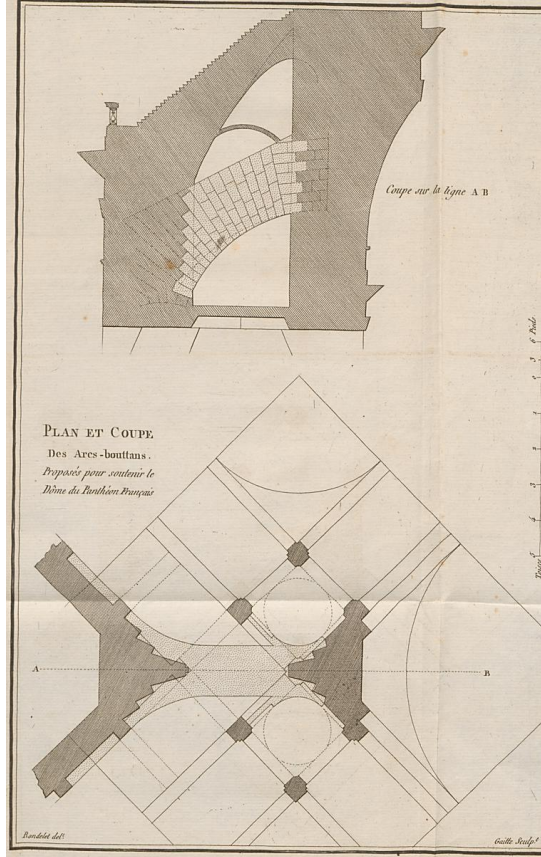
Rondelet der ki, “sağlıklı olmayan ayaklar üzerinde yükselen kemerlerle yaptığı deneylerde görülmüştür ki, belli bir yükseklikte, yükü birleşim noktasından geçen çizgiye taşındığında, tonozun itkisi pandantifli düğüm noktasında lento kemerin saplandığı noktayı yukarı iten bir açılma kuvveti uygular” (Rondelet 1834b. :100, 101)

²⁰⁸ Emiland – Marie Gauthney (1732 - 1806). Bir matematikçi olan amcasının yanında öğrenim görür. Sonrasında Paris’te bir mimarın yanında öğrenim görür. 1757 – 58 arası “Ecole ponts et chaussees”de Perronet’in öğrencisi olur. Öğrenimi sonrası 3. Asistan mühendis olarak Bourgogne bölgesinde çalışmaya başlar. 1791’de “corps des ponts et chaussees”in en yüksek pozisyonu olan genel müfettişlik pozisyonuna getirilir. Gauthey mimar – mühendislik ile mühendis – bilim adamı, yani teknik mühendislik arasındaki geçiş figürüdür. Öncülleri klasik mimarlık geleneklerine yakın uygulayıcılar ve girişimcilerdir. (Kranakis 1997: 103)

²⁰⁹ 1771’de mekanik prensiplerin tonoz ve kubbelere uygulanmasına ilişkin bir çalışma yayımlamıştır. Gauthey bu çalışmadan Sainte Geneviève’de projelendirilen ayakların kubbeyi taşımak için yeterli olduğunu, hatta daha küçük kesitle bile projelendirilmiş olabileceğini ve hatta bu ayaklara bitişik olarak tasarlanmış 12 adet kolona dahi ihtiyaç olmadığını söyleyerek Patte’ye karşı çıkmıştır. (Rondelet 1834b.: 132)

Deneyleri ile Gauthey teorik olarak hesaplanmış olan basınç gerilmesininin karşısına deney yoluyla hesaplanmış değerleri koymaktadır. Bu deneysel hesaplamaların ilk uygulamalarından

ki, yapımından sonra, Pantheon'un ayaklarında bozulmalar gözlenmesinin üzerine Gauthey de sorunun ayakların inşaa şeklinden kaynaklandığına karar verir. Netice olarak Gauthey'in önerisi üzerine payandalar eklenerek iyileştirme yapılır.²¹⁰ (Bknz. Şekil 6.32.) (Kranakis 1997: 106, 107)



Şekil 6.32. Ayaklar için önerilen uçan payanda takviyesi. Üstte kesit, altta plan (Rondelet 1797: Planche 7)

Sainte Geneviève, planlandığı ve uygulandığı yıllarda, henüz yeni yeni şekillenmeye başlayan yapı bilimi uyarınca hesaplanan ve doğrulanan ilk yapıdır denilebilir. Deformasyonların sebebi, o gün için ve hala, kubbenin yükü, ve kolonları

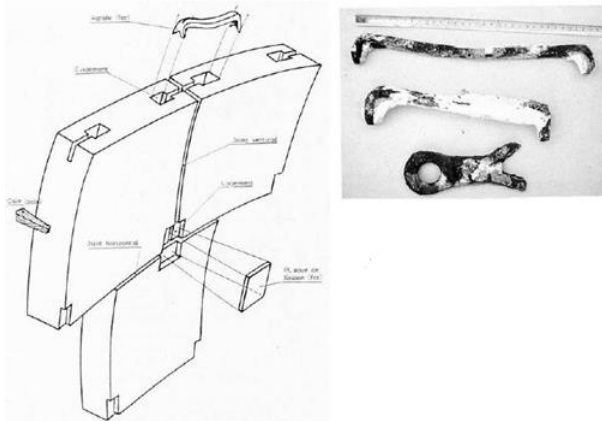
sayılabilir. Bu hesaplamaları neticesinde Gauthey yapının güvenlik katsayısını da belirlemiştir. (Ottoni 2008: 309)

²¹⁰ Ottoni böyle bir iyileştirmeden bahsetmemektedir. Gauthey'in önerisinin yerine, Rondelet'in dört ayağı güçlendirme önerisinin kabul edildiğinden bahseder. (Ottoni 2008: 331)

destekleyen 30 mt. açıklıklı büyük kemerlerin yanal itkileridir. Sainte Geneviève'deki yapı sorunları iki tiptir: malzemedeki çatlamlar ile yapıda meydana gelen deformasyonlar ve kinematikler. (Blasi, Giandebaggi, Zerbi, Roncella, Tedeschi 2008: 138)

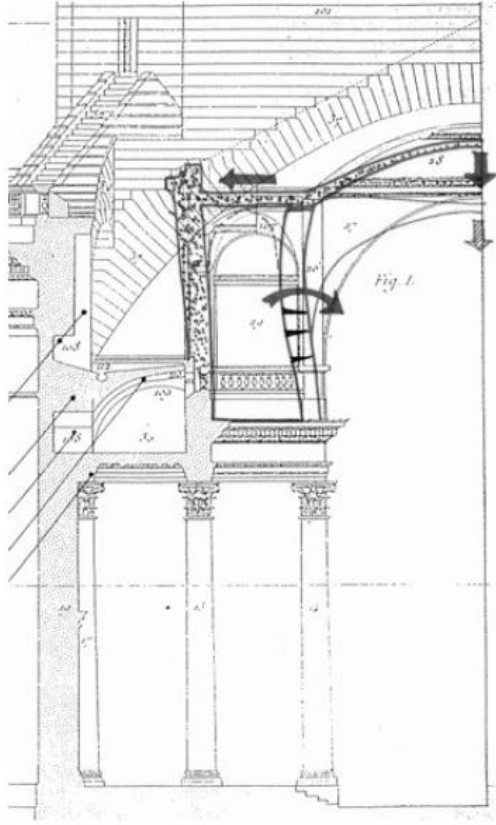
Rondelet tarafından yerleştirilmiş olan demir kasnak²¹¹ sayesinde kubbenin yanal itkisi yoktur ve statik olarak kabul edilebilir durumdadır. (Blasi, 2008: 139) Bu demir kasnak dairesel galeriye yerleştirilmiştir. (Ottoni 2008: 331) En önemli çatlak ve kırıkların sebebi, kasnağın dış kolonlarını destekleyen 4 kemerdeki yanal itkilerdir.²¹² (Blasi, 2008: 140) Bu kemerler dış duvarlara yaklaşık 3300 kN'luk yanal itkiler uygularlar. Bu etki rüzgar yükü nedeniyle halen aktiftir. (Blasi, Coisson, Iori, 10) Dahası kemerlerle kubbenin kasnağının arasındaki dairesel yapı parçası (galeri) burulma etkisi yaratmaktadır. (Blasi, Coisson, Iori, 11)

²¹¹ Kubbenin yarattığı yanal itkileri bahsi geçen demir kasnaktan başka, ayrıca kubbeyi oluşturan taşların arasına yerleştirilmiş olan demir halka ve kenet gibi armatürlerle de karşılanmaktadır. (Ottoni 2008: 300, 331)



Şekil 6.33. Kubbenin demir takviyeli taşları (Royer- Cerfagni 2008: 29)

²¹² Gauthey de bu enine kemerlerin üzerine kubbeden etkileyen yanal itkiler uyguladığını düşünmüştür ve bu kemerlerin altlarına etkileyen eğilme momentlerini hesaplamak için çalışmalar yapmıştır. Bunun için San Pietro'da üç matematikçinin yaptığı gibi statik grafik bir yöntem kullanmak zorunda kalmıştır. (Ottoni 2008: 324)



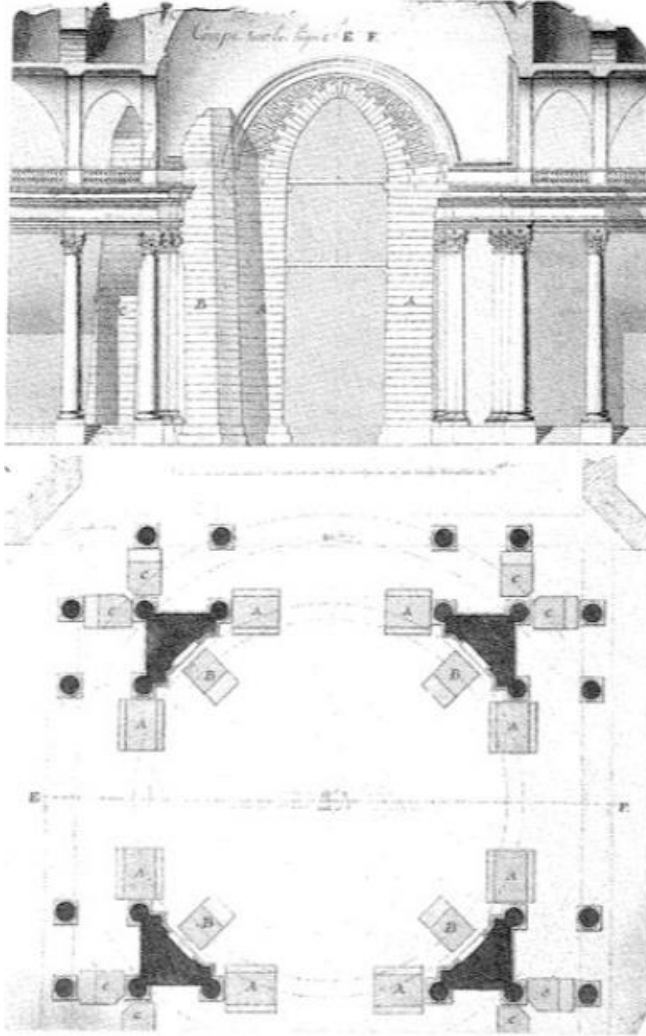
Şekil 6.34. Kemerlerin itkisinin dış duvarlara etkisi (Ottoni 2008: 315)

Kubbeyi meydana getiren demir takviyeli taşlar söz konusu olduğunda iki türlü araştırma konusu ortaya çıkmıştır. Biri hasarın kenetlerin yarattığı çekmeden kaynaklandığı, diğeri ise metal parçalarda meydana gelen korzyon sonucu metal yüzeyinin kalınlaşmasından kaynaklandığıdır. (Royer- Cerfagni 2008: 36) Yapılan deneyler sonucunda taşlarda gözlenen kırık şeklinin kenet çekmesinden kaynaklanan şekille örtüştüğü görülmüştür. (Royer- Cerfagni 2008: 58)

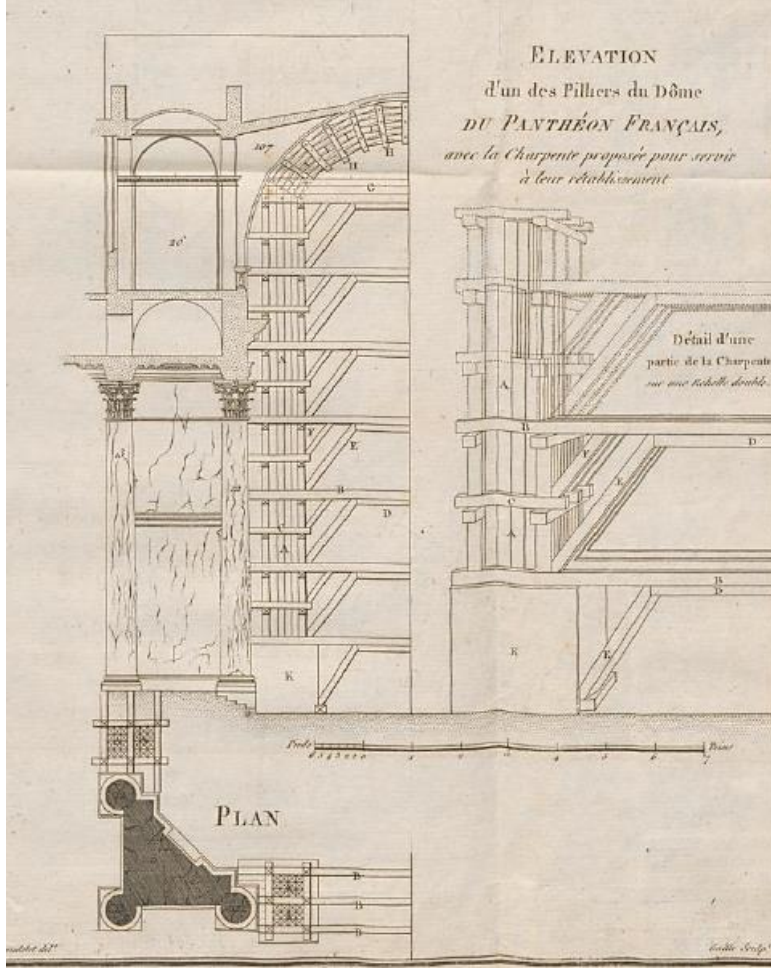
Uzun süren tartışmalardan sonra, 1796'da, "Consiglio dei Fabbricati Civili"²¹³ Sainte Geneviève'i yerinde inceler ve 4 kemerin hızlıca güçlendirilmesine, hatta bunun için Santa Maddelena kilisesi için hazırlanmış olan armatürlü kirişlerin kullanılmasına karar verir. Ancak binanın kötü uygulamadan dolayı hasarlı olduğunu kabul etmeyen

²¹³ Sivil Yapı Kurulu. Rondelet de üyesidir.

Başka kurulların da incelemesinden sonra nihayet 1798’de, Rondelet tarafından önerilen iskele güçlendirmesinin yapılması ve ek olarak dört köşe duvarının kubbenin ayaklarını dış duvarların içine doğru birleştirecek şekilde inşası yönünde rapor çıkmıştır. Müfettiş Gauthey’le Rondelet bu konuda hemfikirdir. Ancak bu karar yeni tartışmalar doğurur ve 1799’dan önce çalışmalara başlanamaz. Sonunda iskele sistemi çalışmalarının devamı için karar çıkar. İskele sisteminin tek amacı önceden oluşmuş hasarları düzeltmek değil, tamir çalışmaları sürerken ayakların bir kısım yükünü karşılamaktır. Rondelet, iskele için klasik tek parça yapım yerine, parçalı ve birleşim noktalarında demirlerle güçlendirilmiş bir yapı oluşturmuştur. (Rondelet 1833b: 35)



Şekil 6.36. Ayaklardaki büyütme. Üstte görünüş, altta plan (Otoni 2008: 326)



Şekil 6.37. Restorasyon için önerilen iskele (Rondelet 1797 Planche 4)

1806'da da, ayaklardaki hasarın düzeltilmesi ve kilisenin böylelikle tamamlanması için bir kararname çıkar. (Rondelet 1832b: 35) Aynı yıl, ayaklar Rondelet'in gözetiminde büyütülür. (Rizzuto 2010: 264)

Tüm bu bahsi geçen komisyonlar, hasarın üç temel sebebi konusunda birleşmiştir:

1. Taş sıralarının azaltılması, ve sıraların oluşturulmalarındaki özensizliğe eşlik eden tüm olumsuzluklar
2. Kubbenin oturma şeklini oluşturan destek duvarının geri çekilmek suretiyle yanlış şekilde oluşturulması, içlerinin ayaklar yerine kolonlarla tasarlanması

3. Kubbenin oluşturulması sırasında çalıştırılan çok sayıda işçinin üst yapıyı sallandırarak ayaklar üzerindeki yük etkisini arttırmaları

Rondelet konsolidasyon için daha dayanıklı bir taş olan Chatillon taşı seçmiştir. Sıraların azaltılması tehlikesine karşın, duvarlar gibi çok dikkatli şekilde örülmesini titizlikle takip eder ve derz noktalarında da sıraların düzgün gitmesi için kama kullanımını kaldırır. Sıradan harç kullanımı yerine çok ince daneli bir metal elekten geçirilmiş kiremit harcı kullanılır. (Rondelet 1832b: 36)

Mevcut ayaklarda iyileştirme yapmak için etrafına ek duvar örülmesine karar verilmiştir. Ancak eski duvardaki kırık taşların değiştirilmesi de yapılmıştır. Bu işlemde taş testeresi kullanılmıştır. Üstteki sıranın müdahaleden etkilenmemesi için çekiç kullanılmamıştır. Sondaj burgusu kullanılarak yaklaşık 5 santim çapında açılan deliklerden içeriye çimento ve alçı ile dolgu yapılmıştır. Ayrıca kötü işçilikle yapılmış iç sıraların derzleri doldurulmuştur. Aynı burgu kullanılarak eski duvarla yeni duvarı birleştiren armatürün geçeceği yol açılmıştır. Böylelikle taşlar derz noktalarında herhangi bir açıklık kalmayacak şekilde yerlerine yerleştirilmişlerdir. Bütün bu önlemlere rağmen taşlarda üst sıraya taşma olursa bu ufak fark olan kısım hemen kesilip düzeltilmiştir. Taşlar demir kancalarla birleştirilmiş ve kalın çimento ve kiremit tabakası ile sıkıştırılmışlardır. (Rondelet 1832b: 37)

7. DEĞERLENDİRMELER

Geleneksel Avrupa kagir yapı mimarisinin elemanlarını oluşturan kemerin dengesinin ve duvarın taşıyıcılığının sağlanması için malzeme mukavemeti ve tasarım uygunluğu şartlarının karşılanması gerekir. Duvarı örmekte kullanılan malzemenin dayanımının yüksekliği, kullanılan bağlayıcının kalitesi, örgünün nizamılığı ortaya çıkacak yapının sağlamlığını etkileyecek özelliklerdir. Kemer söz konusu olduğunda bu özelliklere bir de verilen kemer formunun (belli limitlerin dışında) bozulmaması koşulu eklenir. Kemerin statik olarak kararsız hale gelerek çökmesi, 17. yy.'dan itibaren Galilei'nin yolunu açtığı yeni bilimin izinden giden kişilerce üzerinde çokça irdelenmiş bir konu olmuştur. Esasen 17. yy.'a kadar kemer ve dengesiyle ilgili kurallar geleneksel olarak bilinmiş, kullanılmış ve uygulanmıştır. Fakat bu kurallar kavramsal olarak ortaya kon(a)madığı için, uygulama noktasında da ancak bir takım oran/orantılarla ifade edilebilmiştir.

Ancak limit durumları analiz edilmeye başladığında “yapı bilimi”nden söz edilebilir. Limit durumların analizi aslında geleneksel yöntemlerin somut olarak anlaşılabilir hale getirilmesi çabası olarak yorumlanabilir. Bu çabanın kullandığı dil de matematiktir. Limit durumların belirlenmeye çalışılması yapı malzemelerinin daha detaylı bir şekilde mercek altına alınmasına vesile olmuştur. Bu şekilde malzemelerin moleküler yapısı ve iç gerilmeler kavramları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Şu halde, malzeme biliminin de öncül adımları bu şekilde atılmıştır denebilir.

Limit analizleri sayesinde yapılan hesaplamalar sonucu görülür ki geleneksel yöntemle yapılmış kemerler, yanal itki değerini belli bir güvenlik katsayısı fazlasıyla karşılamaktadır. Alınan bu önlem, geleneksel yöntemle yapılmış anıtsal yapıların günümüze ulaşmasını sağlamıştır. Modern limit hesaplamalarının vardığı sonuçlardan

biri de bu “güvenlik katsayısı” kavramının somut olarak ortaya çıkması ve literatürde adlandırılmış olmasıdır.

17. yy’dan itibaren süregelen çalışmalar sonunda, bilimadamları matematik vasıtasıyla yapı biliminin temellerini ortaya koymuşlardır. Dolayısıyla bu gelişmeleri takip edebilecek nitelikte yapı uygulamacılarına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu nedenle, tüm şantiyeden sorumlu ve usta / çırak eğitiminden gelen geleneksel baş mimar, yapı biliminden anlayan eğitilmiş mimar – mühendis ile yer değiştirecektir. Şantiyedeki yapı yapıcı kurumlar da yerini daha dar kapsamlı işlerde uzmanlaşmış taşeronlara bırakırlar. Bu eğilim, baş mimarın uyumla yönettiği işçiler ordusundan daha dar kapsamlı olarak belirli işlerde uzmanlaşmış birbirlerinin dilinden anlayan gruplaşmış profesyonellerin şantiyede yer almasıyla devam eder.

Profesyoneller arasında bu ortak dilin oluşturulmasının yolu eğitimden geçmektedir. Bunun için eğitim kurumları ortaya çıkmıştır. Bu kurumlarda, bilimsel esaslara göre ve bilimsel gelişmelerden haberdar olan, bunları takip edebilecek kapasitede profesyoneller yetiştirilir. Bu kurumlar hem bilimsel gelişmeleri besler, hem de uygulamanın gerçekleştirildiği sahayı besler. Böylece bilimsel çalışmalar dinamikliğini korur ve yapı bilimine katkısı sürekli hale gelir.

Yapı malzemeleri açısından bir değerlendirme yapıldığıdaysa, 1000 – 1200 yıllarından itibaren, daha önceden unutulmuş olan tekniklerle (örneğin kesme taş kullanılarak) yapı üretimine tekrar başlanmasının demir elde etme tekniklerinin hatırlanmasının birbirine yakın zamanlarda gerçekleşmiş olması dikkat çekicidir. Demir elde edilmesinde su gücünü kullanan fırınlar ön plandadır. 15. yy.’ın ikinci yarısından sonra mekanik körüklü makinalar kullanılmaya başlanması, 17. yy.’ın ikinci yarısından sonra bu körük sisteminin daha da geliştirilmesi demir üretimi

üzerinde kalite ve miktar açısından olumlu katkılar yaratmıştır. Demir armatürlü taş yapı tekniğinin 1635'te Sorbonne şapelinin arşitravlarında kullanılması belki demir konusundaki bu olumlu etkilerin sonucu olarak görülebilir.

17. yy.'ın son çeyreğinde elastisite kavramının ortaya atılması, demirin çeşitli kesitleri üzerinde dayanım testlerinin yapılması, demir moleküllerinin arasındaki ilişkinin demir dayanımını etkilediğinin görülmesi malzeme yönünden yaşanan diğer önemli gelişmelerdir. Dökme ve dövme demir arasındaki dayanım farklarının anlaşılması ve demir profillerin tasarımlarının da bu farktan etkilenmesi gerekliliği de önemlidir. Demirin yapıda kullanılacağı alana göz önünde bulundurularak farklı kriterlere göre tasarlanması gerekliliği yapılan deneyler neticesinde kanıtlanmıştır. Tüm bunlar malzemenin moleküler detayda incelenmesi ve bilinmesi sayesinde gün yüzüne çıkmıştır. Malzemeler içindeki gerilmeler de bu şekilde ortaya konur ve bu, malzeme mukavemetinin konusu haline gelir.

18. yy.'ın başlarında buhar motorunun yapılması ve yüzyıl boyunca geliştirilmesi ve kömürün de bollukla elde edilebiliyor olması neticede 18. yy.'ın son çeyreğinde buhar motorunun çelik üretimine angaje edilebilmesini sağlamıştır. Sonuç olarak hem demir üretim miktarı, hem de kalitesi artmıştır. Bu, endüstri devrimine giden yolu oluşturan adımlardan biridir.

Tüm bu bahsi geçen bilimsel gelişme, eğitim reformu, malzeme alanındaki gelişme durumlarının uygulama alanındaki etkilerini de gözlemlemek önemlidir.

Kemer çökme mekanizmaları ile başlayarak gelişen bilimsel çalışmaların pratikte uygulanmaya müsait olmadığı söylenmelidir. Bunu San Pietro Katedrali'nin konsolidasyon çalışmaları sırasında hem Poleni hem de matematikçiler ifade etmişlerdir. Zira teorik çalışmalar çok spesifik olarak tanımlanan, belirli koşullara

uyan fiktif yapılar üzerine geliştirilmişlerdir. Halbuki pratikte bir yapıyı etkileyen çok fazla koşul vardır. Nitekim Poleni, tam da bu sebeple, San Pietro'nun kubbesinin basınç çizgisini belirlemede tümüyle matematiksel bir yöntemi kullanmayı reddetmiştir. Sterling'in yine de varsayımsal olan küre teorisinden yola çıkmış, ancak bu teoriyi mevcut durumun ihtiyacını karşılayacak şekilde yeniden yorumlamış ve bu teoriden gerçek duruma göre bir çözüm üretmiştir. Bunu bir mühendislik yaklaşımı olarak değerlendirmek mümkündür.

Zaten bilimsellik ile mühendislik arasındaki ihtiyaç ve yaklaşım farklılıkları eğitim sisteminin kurgulanması sırasında da görülmüştür. Bu iki farklı profesyonel figüre uygun farklı müfredat ve içerikler oluşturulma ihtiyacı Brioschi'nin söylemlerinden de anlaşılmaktadır.

Ancak gelişmekte olan malzeme dayanımı ve malzemenin yük altındaki davranışına ilişkin araştırmalar San Pietro Katedrali'ndeki en eski demir kasnaklarda izlenen kırıklardan yola çıkarak demir dayanımları konusunda yorum yapabilir hale getirmesi de bilimsel yaklaşımın mühendisliğin kullanımına sunduğu üretimlerindedir. Bu konuda Rondelet bu eski iki demir kasnağı günümüzde akma, kopma ve maksimum çekme gerilmesi isimleriyle tanımlanan kriterlere göre değerlendirmiş olmalıdır. Modern dille kırıklardan ilkinin maksimum gerilmeye ulaştıktan sonra kırılmış diye tanımlamıştır. Diğerini de buna yakın bir değerde kopmuş olarak tanımlamıştır ki, bu ikinci demir kasnakta kırığın verev olması sebebiyle akma gerilmesinin üzerinde bir değerde kırılmış olduğu anlaşılır. Bu demir kasnak sünek bir özellik göstermiştir denebilir. Rondelet her iki demir kasnak için de çok sağlam oldukları ifadesini kullanmıştır. Ancak elbette Rondelet'in bu ifadesini yorumlarken San Pietro'ya demir kasnakların yerleştirildiği 16. Yy. sonunun demir üretim kalitesini göz önünde bulundurmak gerekir.

San Pietro Katedrali'nde kullanılmış en eski demir kasnaklar yapıya 1590'larda yerleştirildiğinde mekanik körüklü fırınlarda neredeyse 250 yıldır demir üretimi yapılmaktadır. Ancak Rondelet San Pietro'daki bu demirle konsolidasyon tekniğinin henüz deneysel aşamada olduğunu belirtmiştir. San Pietro'da ikinci konsolidasyonun yapıldığı 1743-1744 senelerine gelindiğinde ise artık mekanik körüklü sistemlerdense hidrolik borulu sistemlerle havalandırma kullanan demir üretim fırınları yaklaşık 50 senedir faaliyettedir.

Demir üretiminde meydana gelen bu bolluk, 17 – 18. yy.'larda demirin taşıyıcı özelliğinin taş içinde armatür olarak kullanılmasının önünü açmıştır. Buna ek olarak, 19. yy. boyunca malzemelerin moleküler özelliklerinin ve iç gerilmelerinin yapı biliminin konusu olması, ve yeni yapı malzemesi ve formları bulmak için gösterilen çabalar 19. yy.'ın sonunda beton ile demirin birlikte kullanılarak betonarme yapı malzemesi ve şeklinin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

Bu gelişmelerin farkında olarak geriye doğru bakıldığında Sainte Geneviève Kilisesi'nin inşasının yapı bilimi ve üretimi açısından nasıl bir mihenk taşı olduğu daha iyi anlaşılır. Çünkü Sainte Geneviève, 17. yy.'dan itibaren yapı bilimiyle alakalı olarak başlayan tüm gelişmelerin bir araya gelerek bir netice oluşturduğu yapıdır denebilir. Sainte Geneviève'de, kemerlerle ilgili süregelen çalışmalar düzensiz sistemlerin uygulanmasıyla netice bulmuştur. Kubbeyi yan yana kemer dilimleri olarak gören anlayış, kubbeyi hem meridyenel hem de paralel yönde var olan bir membran olarak gören bir anlayışa doğru ilk adımlarını atmıştır.

Sainte Geneviève'in inşası sırasında yapı üretimi alanında yaşanan gelişmeler sadece yöntem ve malzeme alanıyla kısıtlı kalmamıştır. Matematikçilerin, yapı alanında profesyonel söz sahibi olma işlevlerinin artık ortadan kalktığı, bu alanın

mimarların yanında artık mühendislere de açıldığı bir döneme girilmiştir. Gauthey ve Rondelet de, mimarlık ile mühendislik arasındaki geçiş figürlerinin son temsilcileri olmuşlardır. Gauthey ve Rondelet'in ya aldıkları eğitim veya çalıştıkları kurumlar itibariyle profesyonelliğe geçiş yapıları olan "Ecole"lerde bulunmuş olmalarının bunda etkisi olduğu düşünülmelidir.

Rondelet bir kubbenin çekme bölgesine yerleştirilen bir demir kasnağın kubbenin yanal itkisini karşılamadaki işlevselliğinden emin bir şekilde bir konsolidasyon gerçekleştirmiştir. Düşüncesinin doğruluğu günümüzde yapılan araştırmalar neticesinde görülmüştür. Rondelet'ten yaklaşık 50 yıl önce bir konsolidasyon gerçekleştiren Poleni de San Pietro'nun kubbesinin güçlendirmesinde eksik bir yaklaşımla çözüm getirmeye yönelmiş olsa da, yerleştirdiği demir kasnaklar yapının sağlamlığını tertip etmiştir.

8. KAYNAKÇA

- 1 Architrave. global.britannica.com. Erişim Tarihi: Aralık 2014.
<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/33024/architrave>
- 2 Ausiello, G. 2006. "L'industrializzazione dell'edilizia tra storia, sperimentazione e progetto" 1 Convegno Nazionale, 8 -9 Marzo, Napoli, 2006
- 3 Baraldi, E. 2004. "La Sderurgia in Italia dal XII al XVII Secolo" La Civiltà del Ferro dalla Preistoria all III Millennio içinde (147-185) ed. Walter Nicodemi Milano: Gruppo Riva, Olivares.
- 4 Bardati, F. 2006. "A Building Site in Early Sixteenth-Century Normandy: the Castle of Gaillon, Organization, Workers, Materials and Technologies" Second International Congress on Construction History, Cambridge, 2006
- 5 Bayraktar, A. 2011. *Yığma Yapı Mühendisliğinin Gelişim Tarihi - Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımları*. İstanbul: Beta Basım Yayım
- 6 Belhoste, J.F. 2004. "La Sderurgia in Francia Fino al XVII Secolo" La Civiltà del Ferro dalla Preistoria all III Millennio içinde (187 - 196) ed. Walter Nicodemi Milano: Gruppo Riva, Olivares.
- 7 Bersano, E. 2008 - 2009. *Ricerca Degli Schemi Strutturali Di Edifici Storici E Analisi Del Loro Comportamento Statico E Dinamico* Yayınlanmamış yüksek lisans tezi Bologna, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna Facoltà di Ingegneria
- 8 Bessemer Prosesi. merriam-webster.com. Erişim tarihi: Aralık 2014.
<http://www.merriam-webster.com/dictionary/bessemer%20process>
- 9 Blasi, C. 2008. "Parigi: Pantheon di Soufflot Analisi della Stabilità e identificazione delle cause dei recenti dissesti". Dal Restauro alla Conservazione, Terza Mostra Internazionale del Restauro Monumentale, Roma, 18 Giugno – 26 luglio 2008; Reggio Calabria 26 Settembre – 26 Ottobre, Emilia Romagna

- 10** Blasi, C., Coisson, E., Iori, I. ?. "Fractures and stability of the French Panthéon, Dept. of Civil and Environmental Engineering & Architecture"
 kayn:https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.gruppofrattura.it%2Focs%2Findex.php%2Fesis%2FCP2006%2Fpaper%2Fdownload%2F9524%2F6146&ei=_B-kU6qAPYOO7AbjxoGgAQ&usg=AFQjCNH4ahcNVMGNhb40KfUmhMtE34Mbzg&bvm=bv.69411363,d.ZGU
- 11** Blasi,C., Giandebaggi, P., Zerbi, A., Roncella, R., Tedeschi, C. 2008. Dal Restauro alla Conservazione, Terza Mostra Internazionale del Restauro Monumentale Roma, 18 Giugno – 26 luglio 2008; Reggio Calabria 26 Settembre – 26 Ottobre 2008, Emilia Romagna
- 12** Block, P., Dejong, M., Ochsendorf, J. 2006. "As Hangs the Flexible Line: Equilibrium of Masonry Arches" Nexus Network Journal, Vol.8, No.2 (9-19)
- 13** Boscovich R.G., Le Seur T., Jacquier F., *Riflessioni de padri Tommaso Le Seur; Francesco Jacquier deell' Ordine de' Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della cupola di S. Pietro : proposte nella congregazione tenutasi nel Quirinale à 20. gennaio MDCCXLIII., e sopra alcune nove ispezioni fatte dopo la medesima congregazione 1743*
- 14** Braham, A. 1980. *The architecture of the french enlightenment*. London: Thames and Hudson
- 15** Bruschi, A. 2000. *Oltre il Rinascimento: architettura, città, territorio nel secondo Cinquecento*. Milano: Jaca Book
- 16** Buccaro, A. 2010. " Invarianti e dinamiche della professione nel Mezzogiorno tra Cinque e Settecento". Storico Ingegneria Atti del 3rzo Convegno Nazionale, Napoli, 19 – 20 – 21 Aprile 2010.
- 17** Can, H. 2008. *Çözümlü Örneklerle Yapı Statiği*. İstanbul: Birsen Yayınevi

- 18** Cecchi, A. 2012. "L'evoluzione della concezione strutturale degli archi in conci di pietra nell'età della meccanica e dell'ingegneria". Bollettino Ingegneri N.3 – 2012 : 3-20
- 19** Chirone, E., Rovida, E. "Alcune Riflessioni Sulla Storia del Disegno in Ambito Industriale" Storia dell'Ingegneria, 3rzo Convegno Nazionale, Napoli, 19 -20 -21 Aprile, 2010, 243
- 20** Codini, E.K. 2003. "The plans and the work-site of Sant' Antonino's chapel in Sto Mark's in Florence -the work of Giambolognain a manuscript in the Salviati Archives" First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003
- 21** Cohesion. global.britannica.com. Erişim Tarihi: Aralık 2014. <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/124597/cohesion>
- 22** Como, M. 2008. "Sulla storia del restauro statico della cupola di S. Pietro in Roma eseguito da Poleni e Vanvitelli" 2ndo Convegno Nazionale, , Napoli, 7-8-9 Aprile 2008
- 23** Corso di Organizzazione del Cantiere 2010 - 2011. didattica.uniroma2.it. Erişim tarihi Aralık 2014. http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CBsQFjAA&url=http%3A%2F%2Fdidattica.uniroma2.it%2Fassets%2Fuploads%2Fcorsi%2F144406%2F001_dispensa_impaginata.pdf&ei=0--eVNa5LKKy7QbqzoCQDw&usg=AFQjCNElnaSX2Vepc_7pJtdKjbssCaN52Q
- 24** Çamlıbel, N. 1998. *Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi İstanbul*: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım – Yayım Merkezi
- 25** D'amelio, M.G. 2003. "The construction techniques and methods for organizinglabor used for Bernini's colonnade in St.Peter's, Rome" irst International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003

- 26** Dato, Z., Di Pietro, S., Perretti, A. 2008. "Il ruolo dell'ingegneria strutturale nella creazione di nuove spazialità" 2^{do} Convegno Nazionale, Napoli, 7 – 8 – 9 Aprile, 2008
- 27** De Martino, G. 2008. "Aspetti della Cultura del Restauro nel Secondo Settecento nell'opera Luigi Vanvitelli" Verso una storia del restauro dall'eta classica al primo ottocento, a cura di Stella Casiello içinde (237 - 266) der. Stella Casiello. Firenze : Alinea Editrice
- 28** De Tipaldo, E. 1845. *Biografia degli italiani illustri nelle scienze, lettere ed arti del secolo XVIII e de' contemporanei compilata da letterari italiani di ogni provincia*. Venezia : Gio. Cecchini
- 29** Di Pasquale, S., Bati, S.B. 2001. "La teoria dell'ellisse di elasticità: apoteosi e fine della statica grafica" *Matematica e architettura, metodi analitici, metodi geometrici e rappresentazione in architettura* içinde (103 - 12) der. Università degli studi di Firenze, facoltà di architettura. Firenze: Alinea
- 30** Drake, S., Rose, P.L. 1999. "Pseudo Aristotelian Questions of Mechanics in Renaissance Culture" *Essays on Galileo and the History and Philosophy of Science* içinde (11 - 169) der. S. Drake, Canada: University of Toronto Press
- 31** Edalla, E. 2011. *Col regolo nel taschino. La formazione dell'ingegnere milanese tra scuola e associazioni (1863-1960)*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Milano: Università degli studi di Milano, Scuola di dottorato Humanæ Litteræ
- 32** en.wikipedia.org. Erişim tarihi Aralık 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Perrault%27s_Colonnade#mediaviewer/File:Louvre_-_%C3%89l%C3%A9vation_de_la_principale_facade_au_c%C3%B4t%C3%A9_de_Saint-Germain-l'Auxerrois_-_Architecture_fran%C3%A7oise_Tome4_Livre6_P17.jpg
- 33** Eriç, M. 1994. *Yapı Fiziği ve Malzemesi*. İstanbul: Literatür Yayıncılık
- 34** Fairbairn, W. 1854. *On the Application of cast and wrought iron, to building purposes*. New York: John Wiley

- 35** Ferone, V., Trombetti, G. 2006. "Matematica e Ingegneria: convergenze Parallele" 1 Convegno Nazionale, Napoli, 8-9 Marzo 2006
- 36** Fleeming, J. 1776. *An elementary treatise on their construction and history (reprinted from encyclopedia Britannica)*. Edinburg: Adam and Charles Black
- 37** Francovich, C. 1947. *Storia Della massoneria in Italia, Dalle origini alla rivoluzione Francese*. <http://lamelagrana.net/wp-content/uploads/downloads/2012/05/Carlo-Francovich-Storia-della-Massoneria-in-Italia-lamelagrana.pdf>
- 38** Fusco, A.C. 2003. "Pietro da Cortona's domes between new experimentations and construction knowledge" First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003
- 39** Galilei, G. 1638. *Discorsi E Dimostrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti locali*. Leida (Leiden)
- 40** Gasparini, D.A., Provost, C. 1989. "Early Nineteenth Century Developments in ThruSSDesign in Britain, France and the United States" *Construction History*, Vol. 5 (21-33)
- 41** Giunlia, A. 2004. "Il Ferro e l'acciaio in periodo Romano e tardo antico" *La Civiltà del Ferro dalla Preistoria all III Millennio içinde (113-142)* ed. Walter Nicodemi Milano: Gruppo Riva, Olivares.
- 42** Giunlia, A. 2004. "Le Origini delle Reghe di Ferro" *La Civiltà del Ferro dalla Preistoria all III Millennio içinde (35-61)* ed. Walter Nicodemi Milano: Gruppo Riva, Olivares.
- 43** Günther, H. 2002. *Gli Studi Antiquari per l' "accademia della virtù" Jacopo Barozzi da Vignola içinde (126-127)* der. Tuttle, J.R., Mailand: Electa
- 44** Hasol, D. 2014. *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. "Ayak"*. İstanbul: YEM Yayın
- 45** Hasol, D. 2014. *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. "Gergi"*. İstanbul: YEM Yayın

- 46** Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. “Kasnak”. İstanbul: YEM Yayın
- 47** Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. “Korniş”. İstanbul: YEM Yayın
- 48** Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. “Payanda”. İstanbul: YEM Yayın
- 49** Hasol, D. 2014. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü. “Portiko”. İstanbul: YEM Yayın
- 50** Hahn, R. 1971. *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666 - 1803*. London: University of Berkeley Press
- 51** Huerta, S. 2006. "Galileo was Wrong: The Geometrical Design of Masonry Arches" Nexus Network Journal, Vol.8, No.2 (25 -51)
- 52** Huerta, S. 2010. "The safety of mason buttresses" Engineering History and Heritage. 163 February 2010 Issue EH1 (3-24)
- 53** İnan, M. 1996. *Cisimlerin Mukavemeti*. İstanbul: İTÜ Vakfı Yayınları
- 54** Karanakis, E. 1997. *Constructing a Bridge, An Exploration of Engineering Culture, Design and Research in 19th Century France and America*. Boston: MIT
- 55** Knoop, D., Jones, G.P. 1933. *The Medieval manson, an economic history of english Stone building in the later middle ages and early modern times* Manchester: Manchester University Press
- 56** Köksal, E., Köksal, T. 1996. *Çubuk Plak Kabuk Stabilitesi*. İstanbul: YTÜ Yayını
- 57** Kurre, K.E. 2008. *The history of the Theory of structures: from arch analysis to computational mechanics*. Berlin: Ernst & Sohn
- 58** Lopéz, G.M. 2006. "Poleni's Manuscripts about the Dome of Saint Peter's" Second International Congress of. Construction History, Cambridge, 29 March - 2nd April 2006

- 59** Matricola, S.M. 2011 - 2012. *Il Gotico nell'architettura religiosa francese tra XVII e XVIII secolo*. Yayınlanmamış Yüksek lisans Tezi. Venezia: Università Ca'Foscari
- 60** Mazzoli, C., Gulli, R., Brocato, M. 2012. "Il modello della piattabanda di Saint-Sulpice, Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura" inbo NUMERO 5 - dicembre 2012 : 289-308
- 61** M.E.B. 2011. Metalürji Teknolojisi Gri (Esmer) Dökme Demir 521MMI271. Erişim Tarihi: Aralık 2014. http://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&cad=rja&uact=8&ved=0CEAQFjAI&url=http%3A%2F%2Fmegep.meb.gov.tr%2Fmte_program_modul%2Fmoduller_pdf%2FGri%2520%2528esmer%2529%2520D%25C3%25B6kme%2520Demir.pdf&ei=17GdVOC0O8WqU-HVgZgL&usg=AFQjCNGwYWGj_YcwQWblZUJMX7-11aq-gw&bvm=bv.82001339,d.d24
- 62** Moment of Inertia. global.britannica.com. Erişim Tarihi: Aralık 2014. <http://global.britannica.com/EBchecked/topic/287332/moment-of-inertia>
- 63** Muvdi, B.B., Al-Khafaji, A.W., Mcnabb, J.B. 1997. *Statics for Engineers* New York: Springer – Verlag
- 64** Navier, M. 1839. *Résumé des Leçons*. Bruxelles : Hauman et comp
- 65** Nicodemi, W., Mapelli, C., Corna, C. 2008."Il ruolo dell'acciaio nella riveluzine industriale". 2ndo Convegno Nazionale, 7-8-9 Aprile, Napoli, 2008
- 66** Otoni, F. 2008. "La Lunga Vicenda della Fabbriche Cupolate. Note Storiche Sulla Stabilita, tra Dibattito e Sperimentazine.Yayınlanmamış doktora tezi Parma: Università degli Studi di Parma, Diparimentodi Ingegneria Civile, dell'Ambiente, dell'Territorio e Architettura.
- 67** Pezone, M.G. 2010. "Ingegneria militare borbonica La formazione nel Settecento dalla lettura delle "Reali Ordinanze"" 3rzo Convegno Nazionale, Napoli 19-20-21 Aprile, 2010
- 68** Poleni, G. 1747. *Memorie Istoriche della Gran Cupola Del Tempio Vaticano e De'Danni di Essa eDe'Ristoramenti Loro*. Padova: Stamparia del Seminario

- 69** Powell, C. 2003. "Who did what: Division of labour among construction-related firms" First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003
- 70** Raia, L. 2007. *Tecniche costruttive tradizionali e artigianato edile nell'architettura napoletana del XVIII e XIX secolo*. Yayınlanmamış doktora tezi Napoli: Università degli Studi di Napoli Federico II, Facoltà di Architettura
- 71** Rankine, W.J.M. 1868. *A Manuel of Applied Mechanics*. London: Charles Griffin and Company
- 72** Rizzuto, A.P. 2010. *Tectonic Memoirs: The Epistemological Parameters Of Tectonic Theories Of Architecture*, Yayınlanmamış doktora tezi, Atlanta, Georgia Institute of Technology - Doctorate of philosophy
- 73** Rondelet, G. 1832a. *Trattato toerico e Pratico Dell'arte di edificare*. Ed. Basilio Seresino. Milano : Mantova
- 74** Rondelet, G. 1832b. *Trattato toerico e Pratico Dell'arte di edificare*. Ed. Basilio Seresino. Milano: Mantova
- 75** Rondelet, G. 1833a. *Trattato toerico e Pratico Dell'arte di edificare*. Ed. Basilio Seresino. Milano: Mantova
- 76** Rondelet, G. 1834a. *Trattato toerico e Pratico Dell'arte di edificare*. Ed. Basilio Seresino. Milano: Mantova
- 77** Rondelet, G. 1834b. *Trattato toerico e Pratico Dell'arte di edificare*. Ed. Basilio Seresino. Milano: Mantova
- 78** Rondelet, G. 1797. *Mémoire historique sur le Dôme du Panthéon Français* Paris: Chez Du Pont
- 79** Royer – Carfagni, G., “Variational models for quasi brittle fracture mechanics. An application to the French Panthéon in Paris”, French-Italian workshop on MOdelling and NUMerics for MONUMENTs conservation MONUM September 4-5, 2008. University of ORLEANS, France

- 80** Russo, T.Z. 2006. "Il bisogno di filosofia nella formazione dell'ingegnere. Evoluzione storica e risvolti antropologici" Storia dell'Ingegneria, 1 Convegno Nazionale, Napoli, 8-9 Marzo 2006
- 81** Samsa, D. "Jean-Baptiste Rondelet La Vita E L'opera" risorseelettroniche.biblio.polimi.it Erişim tarihi Aralık 2014 http://risorseelettroniche.biblio.polimi.it/rondelet/cd/vita_opere.htm
- 82** Silvestri, A. 2010. "Matematica e Ingegneria nei primi decenni di vita del Politecnico di Milano" Storico Ingegneria Atti del 3rzo Convegno Nazionale, Napoli, 19 – 20 – 21 Aprile 2010.
- 83** Smiles, S. 1864. *James Brindley and the early engineers*. London: John Murray
- 84** Smiles, S. 1865. *Lives of the Engineers*. London: John Murray
- 85** Stoney, B.B. 1869. *The Theory of Strains in Girders and Similar Structures*. London: Longmans, Green and Co.
- 86** Tanyıldızı H., Yazıcıoğlu, S. 2006. "Betonarme Demiri ve Beton Arasındaki Aderans Dayanımına Mineral Katkıların Etkisi" Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ. 18 (3), 351-357, 2006
- 87** Tobriner, S. 2003. "Building the cathedral of Noto" First International Congress on Construction History, Madrid, 20th-24th January 2003
- 88** Todhunter, I. 1886. *A History of the Theory of Elasticity and of the Strength of the Materials from Galilei to Present Time*. London: Cambridge University Press
- 89** Tomasoni, E. 2008. *Le Volte in muratura negli edifici storici: tecniche costruttive e comportamento strutturale*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Trento: Università Degli studi di Trento,
- 90** Wendland, D. 2007. "Systematic underestimation of the thrust of vaults among some builders of the 19th century" elib.uni-stuttgart.de Erişim tarihi Aralık 2014 <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2008/3454/>

- 91** Wroght Iron. global.britannica.com. Erişim Tarihi: Aralık 2014.
<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/649722/wrought-iron>
- 92** Zuccolo, L. 2006 - 2007. *Sistemi Educativi a Confronto: Germania, Francia, e Turchia*. Yayınlanmamış "paper" Bologna: Università degli Studi di Bologna, Facoltà di Lettere e Filosofia

9. SÖZLÜK

Adhezyon : Birbiriyle temas halindeki iki farklı maddenin arasında, moleküllerinin birbirlerini itmeleri (birbirlerine yaklaştıkça) veya çekmelerinin (birbirlerinden uzaklaştıkça) tanımı (“Cohesion”, global.britannica.com). Bu etkileşim aynı tür iki molekül arasında olursa buna da kohezyon adı verilir. (Eriç, 1994: 22)

Arşitrav: Klasik mimaride saçağın en alt yatay parçasını oluşturan eleman. Kolon başlıklarının hemen üzerinde yer alır. (“architrave”, global.britannica.com)

Atalet elipsi: Atalet momentlerinin eksen döndükçe değişimini gösteren eğridir. (İnan 1996: 221)

Atalet Momenti : Bir cismin dönme hareketine karşı gösterdiği direncin sayısal karşılığıdır. (“Moment of Inertia”, global.britannica.com)

Aderans: Betonarmede, çeliğin betonun içinden sıyrılmasını engelleyen süreklilik gösteren bağ kuvvetlerine verilen isimdir. Çelik yüzeyi ile çimento arasında oluşan kimyasal aderans, kolaylıkla yenilebilecek yapıdadır. Ancak bu aderansın yenilmesi ile sıyrılma başlar ve bunun sonucunda da sürtünme aderansı ortaya çıkar. Çelik çubuk yüzeyinin pürüzlülüğü ne kadar fazlaysa sürtünme aderansı o kadar yüksek olur. Çeliğin paslanmaya başlamasıyla oluşan pürüzlü yüzey de sürtünme aderansını artırır. Ancak pasın çelik yüzeyinde bir tabaka oluşturması sürtünme aderansın ortadan kalkmasına neden olur. (Tanyıldızı, Yazıcıoğlu 2006: 352)

Ayak: Yapıda sütun gibi işlev gören elemandır. Konumu duvara bitişik veya duvardan bağımsız olabilir. Örgüsü duvarınki gibidir. (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 55)

Basınç çizgisi: Kemere etkiyen kuvvtlerinin bileşkesinin kemer kesitindeki uygulama noktalarının birleşimi ile oluşan çizgidir. (Bayraktar 2011: 181)

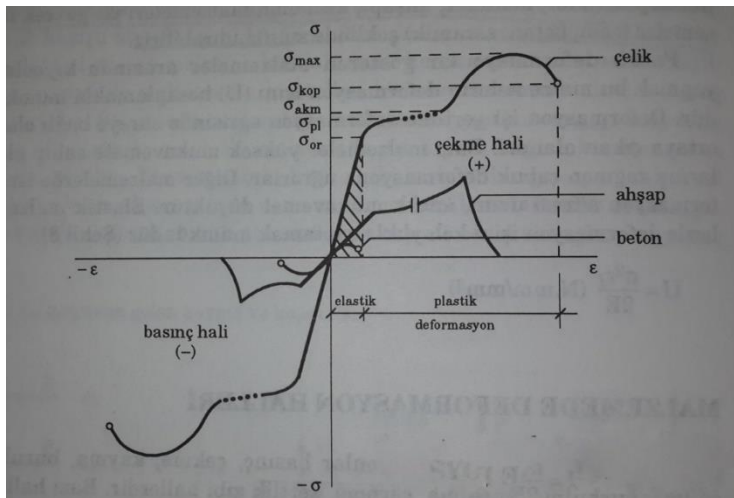
Basınç gerilmesi: Denge halindeki bir cisme uygulanan kuvvetin birim alana etkiyen değeri gerilme olarak adlandırılır.

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

Birimi $\frac{N}{mm^2}$ 'dir.

Atom bağları arasındaki mesafeyi kısaltan kuvvetin gerilmesi basınç gerilmesidir. Mesafeyi uzatan kuvvetin gerilmesi ise çekme gerilmesi olarak adlandırılır. (Eriç, 1994: 30)

Homojen kristal iç yapıya sahip malzemelerde (örn: metaller) basınç ve çekme gerilmeleri birbirine eşittir. Moleküllü iç yapısı olan malzemelerde is (örn: ahşap) bu gerilmelerin değerleri birbirinden farklıdır. Karma iç yapıli malzemelerde ise (örn: taş, beton, pişmiş toprak) basınç mukavemeti çekme mukavemetine göre daha fazladır. (Eriç 1994: 30, 35)



Şekil 9.1. Basınç Gerilmesi (Eriç 1994: 34)

Bessemer prosesi: Ergitilmiş metalden üzerine üflenen hava yardımıyla karbon ve diğer kimi elementleri uzaklaştırma yöntemidir. 1856'da Henry Bessemer tarafından geliştirilmiştir. Ticari olarak işleme konması 1860'ı bulmuştur. ("Bessemer Process", merriam-webster.com)

Burkulma: Uzunluğu çok fazla olan bir çubuğa aksenal olarak bir kuvvet uygulandığında basınç etkisine eğilmeye benzer bir etkinin de eşlik ettiği malzeme deformasyonudur. (Eriç 1994: 41)

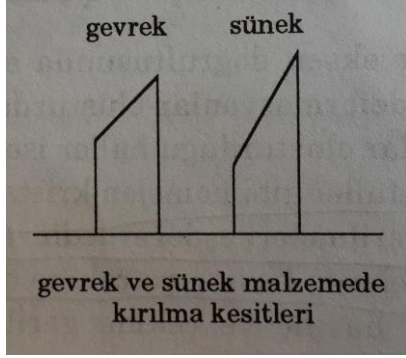
Çekme gerilmesi: Bknz. "Basınç gerilmesi"

Dökme (pik) Demir: Sonradan şekillendirilemeyen, döküldüğü gibi kullanılan demir türüdür. Maksimum %4 karbon ve %3,5 silisyum içerir. Demir alaşımları iki türdür: dökme demirler, çelik dökümler. Alaşım %2'ye kadar karbon içeriyorsa çelik, daha fazla karbon içeriyorsa dökme demirdir. Dökme demirin; beyaz, gri, benekli, temper dökme, hızlı soğutulmuş dökme ve özel dökme olmak üzere pek çok çeşidi vardır. (M.E.B. 2011: 5)

Dövme Demir: % 0,1'den daha az karbon içeren, % 1 ile % 2 arasında da cüruf içeren, yumuşak ve sünek bir demir eriyiği çeşididir. İçerdiği karbon sebebiyle çok kırılğan olan dökme demire göre daha kullanışlıdır. ("wrought iron", global.britannica.com)

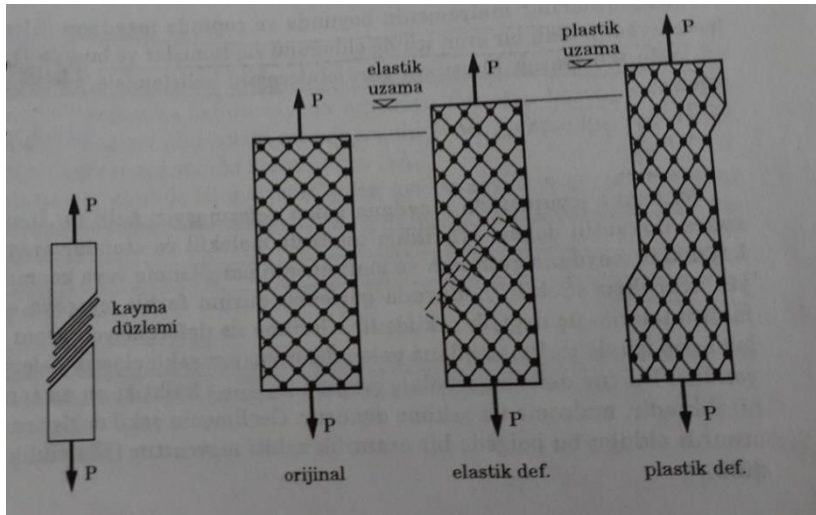
Eğilme: Malzeme üzerine etkiyen kuvvetler aksenal değilse, kuvvetler arasında mesafe varsa, eğilme gerilmesi ve bunun neticesinde de bir moment kuvveti meydana gelir. (Eriç 1994: 39)

Gevreklilik: Bir çubukta kopuncaya kadar gerçekleşen uzama olan kopma uzaması az olan malzemeler gevrek malzemelerdir. Kopma uzaması fazla olan malzemeler ise sünektir (düktildir) (İnan 1996: 71)



Şekil.9.2. Gevrek ve sünek malzemede kırılma şekilleri (Eriç 1994: 34)

Plastik deformasyon oluşurken malzemenin içindeki atomlar, kopan bağlarının yerine yanlarındakiyle yeni bağlar kurarak birbirlerinden tamamen ayrılmaya direnç gösterirler. Ancak bu yeni bağ kurma işlemi sekteye uğradığı anda malzemede kopma meydana gelir. Sünek malzemelerde bu kopma süresi gevrek olanlara oranla daha uzundur. (Eriç 1994: 32)



Şekil 9.3. Elastik ve plastik deformasyon şekilleri. (Eriç 1994: 32)

Mazlemenin yüklenmesinde plastik deformasyon gerilmesinin aşılmasının akabinde kayma hali görülür. Gerilme artmaya devam ettikçe maksimum gerilme aşılr. Yükleme bundan sonra da devam ederse nihayet malzemede kopma gerçekleşir. Kopma süresi uzun olan malzemeler sünek olarak adlandırılır ve metaller de bunlar arasındadır. (Eriç 1994: 32, 33)

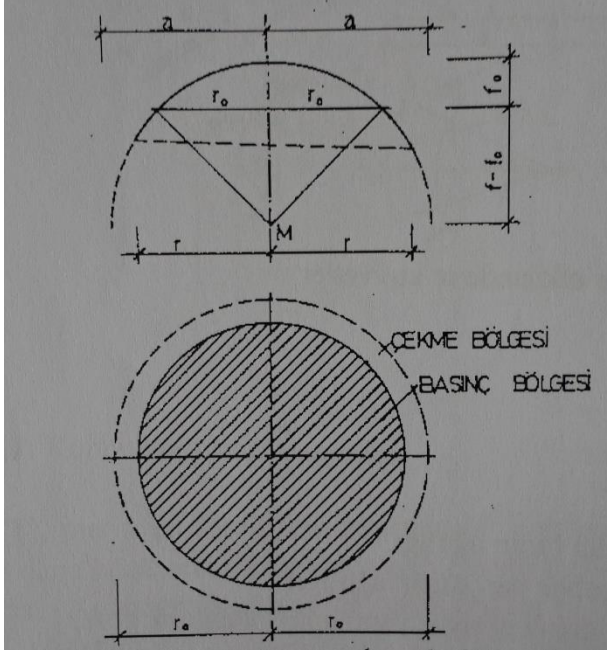
Gergi: Birbirinden uzaklaşma eğilimi gösteren iki yapı elemanını bir arada tutmak için kullanılan çubuktur. Metal veya ahşap malzemeden olabilir. (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 181)

Hiperstatik Sistem: Bir sistemin statikçe belirsizliğini ifade eder. Hiperstatik sistemlerde mesnet reaksiyonları ve iç kuvvetler denge denklemleri kullanılarak bulunamazlar. Bulunabildiği durumlarda sistemler “izostatik” olarak adlandırılırlar. (Can 2008: 21)

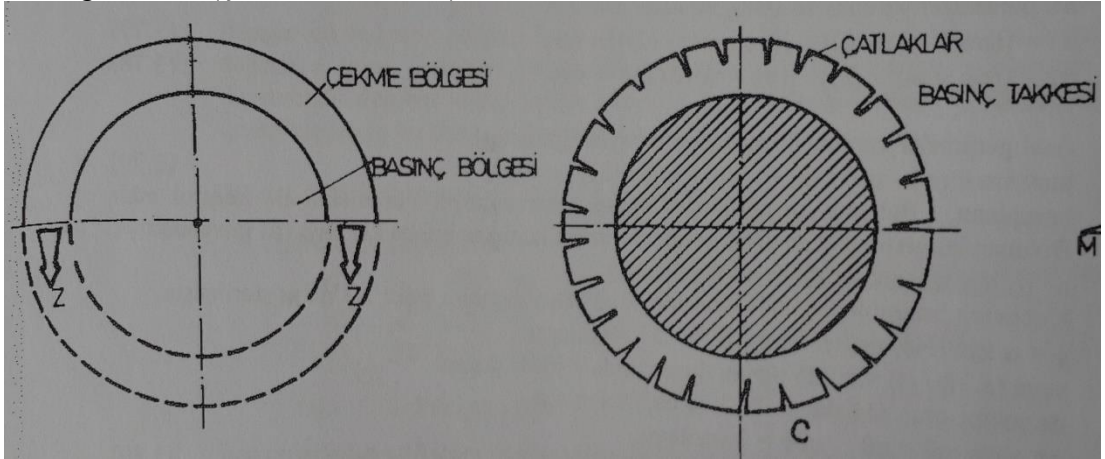
Kasnak: 1. Kubbenin altındaki dairesel, kare veya çokgen geometrik formdaki taşıyıcı kaide. 2. Enli çember (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 243)

Korniş: Saçak silmesi. Klasik mimarlıkta saçaklığın en üstteki parçası. (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 278)

Membran Teorisi: Bu teoriye göre, kubbenin kilit noktasından itibaren aşağıdaki belli bir noktaya kadar kubbe iç kuvvetleri basınç etkisi gösterir. Bu noktanın aşağısında, yani mesnetlere yaklaştıkça bu iç kuvvetler çekme etkisi özelliği taşır. (Çamlıbel 1998:91)

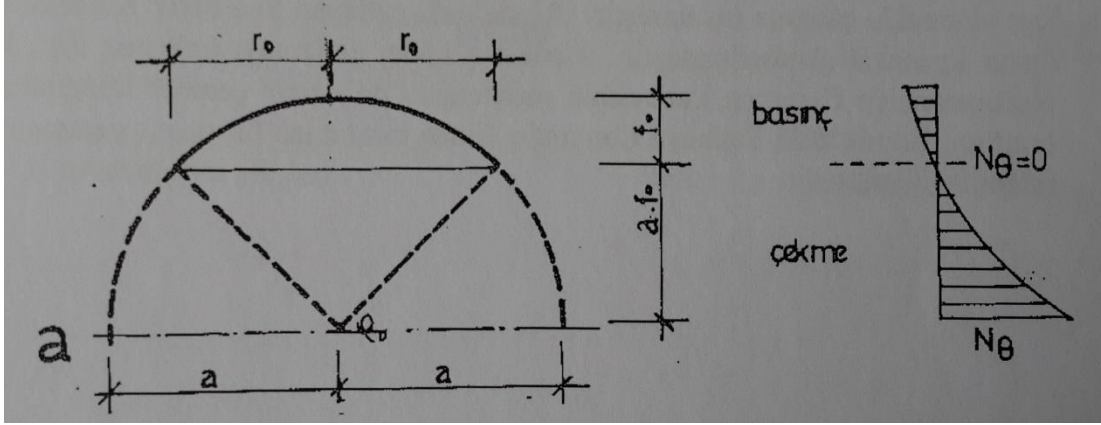


Şekil 9.4. Geleneksel kubbede çekme – basınç bölgelerinin kesit ve planda gösterimi (Çamlıbel 1998:75)



Şekil 9.5. Geleneksel kubbelerde çekme ve basınç bölgesinin planda gösterimi ile çekme bölgesinde oluşan çatlakların planda gösterimi. (Çamlıbel 1998:91)

Mesnetlere doğru oluşan çekme mukavemetinin malzeme çekme mukavemetini aşması halinde mesnet bölgesinde meridyenel (radyal) çatlaklar oluşur. İşte bu çekme gerilmelerinin karşılanması için bu noktalara demir kasnaklar uygulanır. (Çamlıbel 1998:91)



Şekil 9.6. Geleneksel kubbeye ilişkin basınç – çekme gerilmelerinin kubbe kesitinde grafik gösterimi (Çamlıbel 1998:90)

Pendantif: Kubbe yükünü alt yapıya yönlendirmek için kullanılan bir yapı elemanıdır. Kubbe çevresinin izdüşümünün etrafına teğet geçecek şekilde çizilen karenin köşelerine yerleştirilen küre parçalarından oluşur. (Çamlıbel 1998: 34)

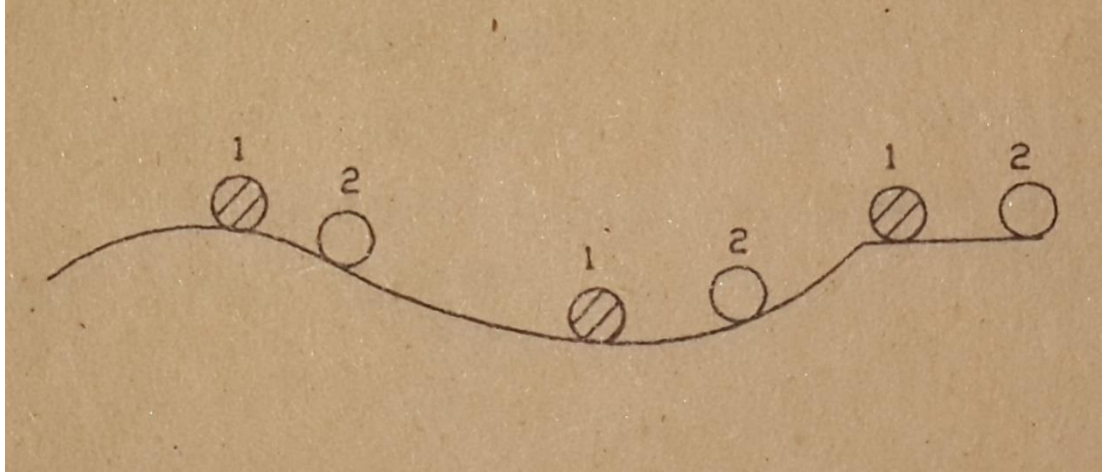
Payanda: Düşey taşıyıcı elemana eğik olarak destek veren yapı elemanı (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 362)

Polonceau kirişi: Camille Polonceau'nun 1837'de patentini aldığı çatı sistemidir. İlk olarak Paris- Versailles arası demir yolu için inşa edilen yapıların çatılarında uygulanmıştır. (Gasparini, Provost 1989:22)

Portiko: Üst örtüsü olan, önünde sütunları bulunan, sütunları arası örülü olmayan galeridir. Kimi yapılarda giriş cephesini vurgulamak için de kullanılır. (Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü 2014: 376)

Roma çimentosu (opus caementicium): Roma'da, kimi bölgelerde puzolan da ekleyerek geliştirilen bir antik roman harcıdır. (Tomasoni 2008: 14)

Stabilite: Stabilite, şekil değiştirmiş sistemin eski denge haline dönüp dönmemesi veya yeni bir denge haline geçmesi veya denge halinin ortadan kalkmasının ifadesidir. (Köksal, Köksal 1996: 3)



Şekil 9.8 Stabilite (Köksal, Köksal 1996: 3)

Örneğin şekilde; dış bükey bölgede “1” denge konumunda bulunan bilye “2” konumuna getirilirse, tekrar “1” konumuna geri dönmeyeceği ve “1” konumundan uzaklaşmaya devam edeceği açıktır. Dolayısıyla “1” kararsız denge halidir. İç bükey bölgede “1” denge konumundaki bilye “2” konumuna geçmeye zorlandıktan sonra sonunda, “1” denge konumuna geri dönecektir. Bu bölgedeki “1” kararlı denge halidir. Düz bölgede bilye “1” denge halinden “2” denge haline geçmeye zorlandığında “2” konumunda kalır. Bu durumda “2” yeni denge halidir. Bu bölgedeki “1” limit denge halidir. (Köksal, Köksal 1996: 3)

EK.1. ZAMAN ÇİZELGESİ

1. yy	Kolezyum - 300 ton gelik kullanılır								
4 - 9. yy	Kavirler göçü - 350 - 800 tonozlarda kesme taş - tuğla kullanımı yeniden başlar								
11. yy	manastır "Fabbrica"lar kurulur								
12. yy	gotikte payanda kullanımını	Vale Royal Abbey inşaatı, İngiltere -1278 - 1280- şantiyeyi baş taşı ustası yönetir	hidrolik makineler tekrar madencilikte kullanılmaya başlanır						
13. yy.	ahşap veya metal çerğilerin kullanılmasına başlaması	"Fabbrica"lar laik kurumlara dönüştür : Loncalar	direkt redüksiyon frenleri kurulur - 1350'ler						
14. yy	merkezli kubbeli mekân formunun yeniden keşfi	İnce duvarlarda sadece metal gerdi kullanılmaktadır	demir üretimi için mekanik hareketli ve koruklu havalandırma makineleri - 1450'ler	Seri top üretimleri başlar - 1450'ler					
15. yy	taşçı - mimar figürü / artfex polyeches yaygın	basıncı yükü etkin. Malzeme ritü düşünülüyor. Yan yükler ihmal ediliyor. Demir ahşap taş çerğiler kullanılıyor	kemerlerin yapıları ile ilgili ilk çalışmaları - basıncı çizgisel Leonardo	İtalya'da antisal yapıların inşasına "Reveranda Fabbrica" bakar	San Pietro'nun yapımına başlanır - 1506 - Bramante	Gallion Kalesi'nin yapımı tamamlanır. Fransa - 1510 - şantiye sorumlusu baş taşı ustası	Enfasyon artışı manastır yapımını engeller - 1540'lar	La compagna del Pantheon İtalya'da kurulur - 1542	
16. yy	İngiltere'de toprak sulaşının başlaması -canalmanla - yy. başı	San Antonio Şapel'i yapılır, İtalya, Giambologna	kirşin dayanımı sorusunun ortaya atılır. Gallai - 1638	bilimlere hakim "mimar" figürü ortaya çıkmaya başlar	Sorbonne Şapel'i'nde armatürü arşitrav - 1635 - Le Mercier	demir üretimi için hidrolik borulu makineler - 1660'lar	Paris bilimler akademisi kurulur - 1666	Louvre'un düzenekli girişi yapılır - 1666 - 1678 - Perrault	
17. yy	İngiltere'de demir üretimi başlar - 1709	Versailles şapelinde armatürü arşitravlar yapılır - 1710 - Mansard	kemer çökme mekanizmaları - La Hire, Belidor, Couplet	akademişenler Fransız bürokrasisine danışmanlık vermektedir: halk sağlığı, suyun taşınması vb. konularda - 1730'lar	St. Sulpice düzenekli. İl. düzen revakları yapılır - 1732 - 1745 - Servandoni	San Pietro'ya konsolidasyon için demir kuzaklar yerleştirilir - 1743 - 1744 - 1748 - Poleni	İlk askeri ve sivil okullar kurulur - 1750'ler	Sainte Geneviève'in yapımına başlanır - 1757 - Soufflot	
18. yy	Dökme demir i profili ve levha üretildi.	Yüzeyli başında inşaatın bitiminden müteahhifler sorumludur	kubbelerde membran teorisinin ilk düşüncesi - Rondelet	Sainte Geneviève'in ayaklarına konsolidasyon yapılır - 1806 - Rondelet	güvenli payanda kalınlığı - 1820 - Audoy	malzemede "dayanım" kavramının literatüre girişi - 1826 - Navier	Bassemmer süreci ile çelik üretimi başlar - 1855	beton patenti - 1855 - Monier	
19. yy									

1. yy								
4 - 9. yy								
11. yy								
12. yy								
13. yy.								
14. yy								
15. yy								
16. yy	San Pietro Yu Michelangelo devralır - 1546	Bologna'da Hero'nun buhar gücünün kullanımına ilişkin kitabı bulunur, çevirisi yapılır - 1547	depreme karşı demir takviyesi ve simetrik plan önerisi - 1570'ler - Ligorio	San Pietro'nun kubbesi tamamlanır - 1588 - 1590 - Della Porta	Coğrafi keşifler başlar. Deniz yolları keşfedilir. Entilyasyon oluşur. Aynı zamanda zenginlik başlar. Yapılar için yatırım kaynağı doğmuş olur.			
17. yy	1675 - Fransa'da mekanik zanaatı akademi tarafından tanımlanır	ters çevrilmiş zincir ve kemer bağintısı - 1673. Elastisite teorisi - 1678 - Hooke	buharlı makineler demir üretimine angaje olur, üretim artar - 1776	tasarı geometriyi geliştirir - 1768 - 1818 - Monge	İlk demir köprü, Ironbridge - 1779	Dökme demir dikmeler üretilir - 1780'ler		
18. yy	buhar motoru çalışmaları. İngiltere'de Manc.-Liverpool yolu islahı - 1773. Kömür çıkarımını kolaylaştırması - Watt, Brindley vd...	kemerdeki çökme mekanizması maks ve min H değerleri- 1773 - Coulomb				Çelik fırınları ile çelik çubuk, kırık, ray üretimi başlar - 1784 - Cort	Sainte Genevieve'in yapımı tamamlanır - 1789 - Rondelet	Fransa Avrupa'nın 2. en büyük dökme demir üreticisi - 17. yy. sonu
19. yy	beton - armenin patenti - 1892 - Hennebique	Yüzyıl sonunda müteahhitlerin genel sorumluluğunda uzmanlaşmış tasarımlar vardır						