

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YALVAÇ HAMİDİYE CAMİ DEPREM ANALİZİ

Gül DURUTÜRK

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2012**

TEZ ONAYI

GÜL DURUTÜRK tarafından hazırlanan “**YALVAÇ HAMİDİYE (YENİ) CAMİ DEPREM ANALİZİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN

(İmza)

(Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı)

Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Fuat Demir

(İmza)

(Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı)

Doç. Dr. Emre Sancak

(İmza)

(Süleyman Demirel Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı)

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN

Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM	5
3.1. Tarihi Yığma Yapılar	5
3.1.1. Tarihi yığma yapılarda taşıyıcı sistem elemanları	5
3.1.1.1. Temel.....	6
3.1.1.2. Taşıyıcı duvarlar.....	7
3.1.1.3. Kemerler.....	7
3.1.1.4. Tonoz	8
3.1.1.5. Kubbelere.....	9
3.1.1.6. Döşemeler	12
3.1.1.7. Ayaklar ve sütunlar (Kolonlar)	12
3.2. Tarihi Yığma Yapılarda Modelleme Yöntemleri.....	13
3.2.1. Sonlu elemanlar yöntemi.....	13
3.2.2. Ayrık elemanlar yöntemi.....	17
3.2.3. Sonlu elemanlar yöntemi – ayrık eleman yöntemi (FEM-DE).....	17
3.3. Tarihi Yığma Yapılarda Deprem Analiz Yöntemleri.....	18
3.3.1. Zaman tanım alanında hesap yöntemi.....	18
3.3.2. Mod birleştirme yöntemi.....	20
3.3.3. Eşdeğer deprem yükü yöntemi.....	20
3.4. Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzeme Özellikleri	21
3.4.1. Harç.....	22
3.4.2. Tuğla	22
3.4.3. Doğal taş	23

3.4.4. Ahşap malzeme	24
3.5. Yalvaç Tarihi.....	25
3.5.1. Hamidiye Cami (1912) tarihçe.....	26
3.6. Hamidiye Cami Örneği	26
3.6.1. Bölgenin jeolojik durumu	27
3.6.2. Caminin mevcut durumu ve yapısal özellikleri	29
3.6.3. Malzeme parametreleri.....	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1. Hesap Parametreleri	35
4.2. Malzeme Emniyet Gerilmeleri.....	39
4.2.1. Taş ve ahşap malzeme için kabul edilen emniyet gerilmeleri.....	39
4.3. Deprem Yüklerinin Hesaplanması.....	41
4.4. Model Statik ve Dinamik Analiz Sonuçları	44
4.4.1. Kombinasyon 1 analiz sonuçları	46
4.4.2. Kombinasyon 2 analiz sonuçları	52
4.4.3. Kombinasyon 3 analiz sonuçları	59
4.4.4. Kombinasyon 4 analiz sonuçları	66
4.4.5. Kombinasyon 5 analiz sonuçları	74
4.4.6. DBYBHY 2007' ne göre kayma gerilmesi hesabı.....	82
5. SONUÇ	92
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	97

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YALVAÇ HAMİDİYE CAMİ DEPREM ANALİZİ

Gül DURUTÜRK

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN

Ülkemiz, deprem riskinin yüksek olduğu kuşak üzerinde bulunmaktadır. Yüz ölçümünün yaklaşık % 92'si bu kuşakta yer almaktadır. Depremlerin oluşturacağı hasarları azaltmanın en etkin yolu depreme dayanıklı yapılar inşa etmek ve toplumu depreme karşı eğitmektir. Bunu ancak yeni yapılar için uygulayabiliriz. Mevcut yapıların depreme dayanıklı hale getirilebilmesi ise yapı teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak yürütülecek çalışmalar sonucunda mümkün olabilir.

Kültürel mirasımızın en önemlileri arasında yer alan tarihi yapılar, değişik estetik ve fonksiyonel istekler göz önüne alınarak yapılmış, buldukları dönemin sosyal, kültürel, ekonomik, politik ve dini yapısını yansıtmaktadır. Bugün gelişmiş toplumlar, kültürel miras niteliğinde olan bu yapıların gelecek nesillere daha sağlıklı bir şekilde iletilmesine yönelik çalışmalara ağırlık vermektedir. Bu tespitler çerçevesinde, bilgisayarlar vasıtasıyla geleneksel yapıların strüktür davranışının statik ve dinamik analizleri günümüzde yeni bir alt bilim dalı oluşturacak niteliğe ulaşmıştır.

Bu tez çalışmasında; Isparta ili, Yalvaç ilçesinde bulunan 1912 yılından kalma tarihi Hamidiye Cami' nin, Antalya Vakıflar Bölge Müdürlüğü' nden temin edilen mimari rölevesi esas alınarak, yapının SAP2000 programı ile statik ve dinamik analizi yapılmış, taşıyıcı sistemin yapısal davranışı belirlenmeye çalışılmıştır. Bunda amaç, tarihi yığma yapıların korunmasında ve deprem dayanımlarının artırılmasında gerekli

olan çalışmaların ilk adımıını oluşturan, mevcut yapının deprem yükü altındaki davranışını “Hamidiye Cami” için uygulamaktır.

Anahtar Kelimeler: Tarihi yapılar, röleve, sonlu elemanlar, deprem.

2012, 96 sayfa.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

EARTHQUAKE ANALYSIS OF YALVAÇ HAMİDİYE MOSQUE

Gül DURUTÜRK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa TURKMEN

Our country is located on a highly risky earthquake zone. About 92% percent of our mainland is located on this zone. The most effective way of prevention from earthquake resulted damages is building earthquake-resistant buildings and educating the public against earthquakes. Nevertheless, it is only possible to apply this on newly-built constructions. Current buildings can be suitabilized to quake-resistant ones by the application of relevant technological developments in the field of construction. The first step to be taken is to determine the reactions of current buildings against quake shocks.

Reflecting the social, cultural, economic, political and religious aspects of their era; historic buildings, one of the most important elements of our cultural heritage, are constructed according to a variety of aesthetic and functional demands. Today, developed societies put more emphasis on the survival of these culturally valuable buildings for the next generations. As a consequence of these facts, analyzing the static and dynamic properties of these conventional buildings have become to be a sub-branch of science.

In this study, Hamidiye - a historical mosque built in early 1900s located in Yalvaç Province of Isparta City – is modelled and analyzed by using SAP 2000 in accordance with the dimensions of architectural building survey taken from Antalya District Directorate of Foundations. The aim of this study is to put forward a first

step for the necessary actions to be taken in preserving and increasing the earthquake resistance of such historical buildings and the application of the structural behaviour of Hamidiye Mosque against earthquake shocks is studied.

Key Words: Historical buildings, survey study, finite element, earthquake.

2012, 96 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamda bilgi, deneyim, tecrübe ve hoşgörüsüyle her zaman yanımda olan ve yol gösteren, değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKMEN' e, teknik ve manevi destekleri için Doç. Dr. Fuat DEMİR' e, Yrd. Doç. Dr. Hamide TEKELİ' ye, mimari röleve için Antalya Vakıflar Bölge Müdürlüğü personeline, sabrı ve güveni için eşim İnşaat Mühendisi Afşin DURUTÜRK' e ve son olarak eve her gelişimde beni gülümseyerek karşılayan kızım Feyza Suna DURUTÜRK' e sonsuz teşekkürler.

Gül DURUTÜRK
ISPARTA, 2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Tipik yüzeysel temel.....	6
Şekil 3.2. Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri	8
Şekil 3.3. Tonoz çeşitleri.....	9
Şekil 3.4. Kubbelerde yük taşıma mekanizması	10
Şekil 3.5. Tromp ve pandantifte yük aktarımı.....	10
Şekil 3.6. Süleymaniye Cami	11
Şekil 3.7. Kubbe çevresine yerleştirilen payandalar	12
Şekil 3.8. Ayak ve sütun	13
Şekil 3.9. Bir sonlu eleman modelinde düğüm noktaları ve elemanlar	14
Şekil 3.10. Sonlu Elemanların SAP2000 ile Geometrik Modelleri	16
Şekil 3.11. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle çözümlemenin yeterli olduğu durumlar	21
Şekil 3.12. Türkiye deprem bölgesi haritası	28
Şekil 3.13. Isparta ili deprem bölgesi haritası	28
Şekil 3.14. Hamidiye cami güney ve batı cephesi	30
Şekil 3.15. Hamidiye cami kuzey ve doğu cephesi.....	30
Şekil 3.16. Hamidiye cami kuzey ve batı cephesi.....	31
Şekil 3.17. Hamidiye cami kuzey cephesi ve şadırvan	31
Şekil 3.18. Hamidiye cami kat planı	32
Şekil 3.19. Hamidiye cami A-A kesiti	32
Şekil 3.20. Kubbe ve mahfil.....	33
Şekil 3.21. Mihrap ve ahşap tavan kaplaması	33
Şekil 4.1. Hamidiye Cami Model Dış Görünüş	38
Şekil 4.2. Hamidiye Cami Duvar, Kubbe, Kiriş ve Mesnet Görünüşleri.....	38
Şekil 4.3. Davranış Spektrum Eğrisi.....	43
Şekil 4.4. 1. Mod $T_1=0.4966$ s.....	44
Şekil 4.5. 2. Mod $T_2=0.4957$ s.....	45
Şekil 4.6. 3. Mod $T_3=0.3791$ s.....	45
Şekil 4.7. 4. Mod $T_4=0.3518$ s.....	46
Şekil 4.8. Kombinasyon 1 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı	47
Şekil 4.9. 136 numaralı shell eleman	47
Şekil 4.10. 385 numaralı shell eleman	48

Şekil 4.11. Kombinasyon 1 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımı	48
Şekil 4.12. 192 ve 392 numaralı shell elemanlar	49
Şekil 4.13. 391 numaralı shell eleman	49
Şekil 4.14. Kombinasyon 1 etkisinde (S1-2) kayma sınır gerilme dağılımı	50
Şekil 4.15. 104 numaralı shell eleman	51
Şekil 4.16. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey yükler altında oluşan moment 3-3 diyagramı.....	52
Şekil 4.17. 772 numaralı düğüm noktası.....	53
Şekil 4.18. 450 numaralı düğüm noktası.....	53
Şekil 4.19. 1353 numaralı düğüm noktası.....	54
Şekil 4.20. Kombinasyon 2 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı.....	55
Şekil 4.21. 1177 numaralı shell eleman	55
Şekil 4.22. 936 numaralı shell eleman	56
Şekil 4.23. Kombinasyon 2 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımı	57
Şekil 4.24. 1178 numaralı shell eleman	57
Şekil 4.25. Kombinasyon 2 etkisinde (S1-2) kayma sınır gerilme dağılımı	58
Şekil 4.26. 1130 numaralı shell eleman	58
Şekil 4.27. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 2 kombinasyonu altında oluşan moment 3-3 diyagramı.....	59
Şekil 4.28. 734 numaralı düğüm noktası.....	60
Şekil 4.29. 460 numaralı düğüm noktası.....	60
Şekil 4.30. 1353 numaralı düğüm noktası.....	61
Şekil 4.31. Kombinasyon 3 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı	62
Şekil 4.32. 1130 numaralı shell eleman	62
Şekil 4.33. Kombinasyon 3 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımları.....	63
Şekil 4.34. 1130 numaralı shell eleman	64
Şekil 4.35. 1202 numaralı shell eleman	64
Şekil 4.36. Kombinasyon 3 etkisinde (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımı	65
Şekil 4.37. 654 numaralı shell eleman	65
Şekil 4.38. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 3 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı	66
Şekil 4.39. 771 numaralı düğüm noktası.....	67
Şekil 4.40. 451 numaralı düğüm noktası.....	67
Şekil 4.41. 1345 numaralı düğüm noktası.....	68
Şekil 4.42. Kombinasyon 4 etkisi altında (S1-1) gerilme dağılımları.....	69

Şekil 4.43. 1177 numaralı shell eleman	69
Şekil 4.44. 1178 numaralı shell eleman	70
Şekil 4.45. Kombinasyon 4 etkisi altında (S2-2) gerilme dağılımları.....	71
Şekil 4.46. 1178 numaralı shell eleman	71
Şekil 4.47. 1177 numaralı shell eleman	72
Şekil 4.48. Kombinasyon 4 etkisi altında (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımları...	73
Şekil 4.49. 1202 numaralı shell eleman	73
Şekil 4.50. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 4 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı	74
Şekil 4.51. 734 numaralı düğüm noktası.....	75
Şekil 4.52. 496 numaralı düğüm noktası.....	75
Şekil 4.53. 1353 numaralı düğüm noktası.....	76
Şekil 4.54. Kombinasyon 5 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımları.....	77
Şekil 4.55. 1130 numaralı shell eleman	77
Şekil 4.56. 1179 numaralı shell eleman	78
Şekil 4.57. Kombinasyon 5 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımları.....	79
Şekil 4.58. 1130 numaralı shell eleman	79
Şekil 4.59. 1202 numaralı shell eleman	80
Şekil 4.60. Kombinasyon 5 etkisi altında (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımları...	80
Şekil 4.61. 458 numaralı shell eleman	81
Şekil 4.62. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 5 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı	82
Şekil 4.63. +1.14 kotu duvar planı	83
Şekil 4.64. +5.46 kotu duvar planı	84
Şekil 4.65. Depremi X yönünde karşılayan duvarlar	87
Şekil 4.66. Depremi Y yönünde karşılayan duvarlar	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri.....	23
Çizelge 3.2. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri.....	24
Çizelge 3.3. Ahşap malzemenin fiziksel özellikleri.....	24
Çizelge 3.4. Ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri	25
Çizelge 3.5. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzemeler ve özellikleri.....	34
Çizelge 4.1. Basınç dayanımı belli olmayan veya duvar dayanım değeri yapılmamış duvarların basınç emniyet gerilmeleri	40
Çizelge 4.2. Duvarların çatlama emniyet gerilmeleri	40
Çizelge 4.3. Ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri	41
Çizelge 4.4. DBYBHY 2007' nden hesap için kabul edilen parametreler.....	41
Çizelge 4.5. Hesaplanan $S(T)$, R_a ve $S(T)/R_a$ sonuçları.....	42
Çizelge 4.6. Modlara göre periyotlar ve kütle katılım oranları.....	44
Çizelge 4.7. Birer metrelik kot seviyelerinde hesaplanan gerilmeler	89
Çizelge 4.8. Kombinasyonlara göre deplasman tablosu	90
Çizelge 4.9. Kombinasyonlara göre Basınç, Çekme ve Kayma Gerilmeleri.....	91

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Deprem bölgesi etkin yer ivmesi katsayısı
A _o	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
A(T)	Spektral ivme katsayısı
cm	santimetre
E	Elastiklik modülü
fem	Basınç emniyet gerilmesi
g	Yerçekimi ivmesi [9.81m /s ²]
G	Ölü yük
HN	Yapı yüksekliği
I	Yapı önem katsayısı
kg	Kilogram
kN	Kilo Newton
m	Kütle matrisi, Eleman atalet matrisi, metre
mm	Milimetre
n	Poisson oranı, Hareketli yük katılım katsayısı
n _{bi}	Burulma düzensizlik katsayısı
n _{ki}	Rijitlik düzensizlik katsayısı
Q	Hareketli Yük
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, çap
R _a (T)	Deprem yükü azaltma katsayısı
s	saniye
S(T)	Spektrum katsayısı
S _{ae} (T)	Elastik spektral ivme [m /s ²]
S _{aR} (T _r)	r'inci doğal titreşim modu için azaltılmış spektral ivme [m /s ²]
T	Bina doğal titreşim periyodu [s]
T ₁	Binanın birinci doğal titreşim periyodu [s]
T _m , T _n	Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]
T _A ; T _B	Spekturum karakteristik periyotları
DBYBHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
TS	Türk Standartı

W	Yapı ağırlığı
//	paralel
⊥	Dik
{d }	Eleman düğüm noktası bilinmeyenleri
[k]	Rijitlik matrisi
{q}	Yük vektörü
1-1 yönü	X-X yönü
2-2 yönü	Y-Y Yönü
3-3 yönü	Z-Z Yönü

1. GİRİŞ

Depremler, insanların can ve mal güvenliğini tehdit eden tabii afetlerin en tehlikelileridir. Depremlerin bugüne kadar kısmen teknik yardım almış veya yardım almayan tarihi yapılar üzerindeki etkisi, son zamanlarda bilim adamlarının da dikkatini çekmektedir. Geçmişin kültür ve sanat birikimlerinin somut bir simgesi olan geleneksel yapıların korunmasına ve restorasyonuna verilecek önem, bugün artık tartışılmaz bir uygarlık ölçüsü haline gelmiştir. Bu yapıların korunmasında atılacak ilk adım şüphesiz, taşıyıcı strüktürlerin yapısal davranışını anlamak olmalıdır.

Tarihi yığma yapılarda yapısal davranışı belirleyebilmek şüphesiz ki, yapıyı meydana getiren malzeme ve bu malzemelerin karakteristik özelliklerinin iyi belirlenebilmesiyle yakından ilişkilidir. Yığma yapıların taşıyıcı elemanlarından olan düşey taşıyıcı duvarlar homojen olmayan bir yapı sergilediğinden malzeme özelliklerinin belirlenmesi oldukça zordur. Bu nedenle, analizlerde kullanılan malzeme parametreleri daha önce yapılmış benzer çalışmalardan alınmıştır.

Bu çalışmada; tarihi Yalvaç Hamidiye Cami' sinin sonlu elemanlar yöntemini esas alan SAP2000 analiz programıyla statik ve dinamik analizi yapılmış, yapının statik ve deprem yükleri altındaki davranışı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ural (2005), çalışmasında; tarihi kemer köprüler hakkında kısaca bilgiler verdikten sonra, örnek olarak Trabzon' un Maçka ilçesi yakınlarında bulunan Coşandere (Kınalı) Köprüsü' nün, SAP2000 programı ile modelini oluşturmuş, model üzerine 1940-Elcentro depreminin ivme kaydını vererek, yapının statik ve dinamik analizini yapmıştır. Statik analiz sonuçlarına göre maksimum gerilmelerin kemerin temele yakın yan yüzlerinde, dinamik analiz sonuçlarına göre maksimum gerilmelerin ise anahtar kesitinde meydana geldiği sonucunu elde etmiştir.

Arslan (2006), çalışmasında; depremlerden zarar görmüş, bugün tehdit altında bulunan tarihi yapıların korunması ve ileri nesillere aktarılması için uygulanabilecek onarım ve güçlendirme yöntemlerinin araştırılması ve bu tür çalışmalarda görev alacak farklı disiplinlere bağlı uzmanların bilinçlenmelerine yönelik önerilerde bulunmuş, tarihi yapılarda yapısal davranışın analiz edilebilmesi için iki aşamalı bir çözüm sunmuştur. Çözümde birinci aşama, yapı elemanları ve yapının oturduğu zeminle ilgili gözlem ve deneyleri kapsamaktadır. İkinci aşama ise statik ve dinamik yükler ile ısı, mesnet hareketi ve çevresel etkiler altındaki yapısal davranış ve yük dağılımlarının hesaplanması, şeklindedir.

Mahrebel (2006), çalışmasında; tarihi yapıların tanımı yapmış, geçmişten günümüze koruma kavramının nasıl algılandığı ve ne gibi adımların atıldığını ortaya koymuştur. Ayrıca tarihi yapı türlerini, tarihi yapılarda kullanılan malzeme ve özelliklerini, tarihi yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem özelliklerini, bu yapılarda meydana gelen hasarlar ve günümüzde uygulanan hasar tespit yöntemlerini, yığma kagir binaların deprem yönetmeliğinde belirtilen koşullar çerçevesinde deprem güvenliğinin incelenmesi konularını ele almış, tarihi yapılarda uygulanan onarım ve güçlendirme tekniklerini incelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde; kagir yığma yapılar olan Edirne Muradiye Cami, İstanbul Vefa Lisesi ve Kabataş Erkek Lisesi binalarına uygulanan güçlendirme teknikleri hakkında bilgi vermiştir.

Özer (2006), çalışmasında; strüktür kavramı üzerine genel bir giriş yapmış, yığma yapılarda strüktürel elemanların tarihsel gelişimlerine ve bu elemanların statik analizlerine yer vermiştir. Kemer, kubbe ya da tonozlu bir yığma yapının strüktürel sağlamlığının birçok değişkene bağlı olduğu ifade etmiştir. Bu değişkenler arasında en önemlisinin, örtüye gelen yükün itki çizgisinin açısı olduğu ortaya konulmuştur.

Yılmaz (2006), çalışmasında; Sakarya ili, Sapanca ilçesinde bulunan tarihi Rahime Sultan Cami' sini ele alarak, bu yapının deprem davranışını belirlemek ve gelecek nesillere ulaştırabilmek için yapılması gerekli olan işlemleri ortaya koymuştur. İlk olarak yapının deprem davranışlarını belirleyebilmek için model ve analiz yöntemleri belirlenmiş, daha sonra kullanılan malzeme ve bu malzemeleri inceleme yöntemlerinden bahsedilmiştir. Son olarak Rahime Sultan Cami' nin SAP2000 programında 3 boyutlu sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve sayısal çözümleri yapılmıştır. Yapıdaki maksimum basınç gerilmesi ve yer değiştirmelerin sayısal değerleri verilmiştir.

Batur (2006), çalışmasında; yığma yapı tanımını yapmış ve yığma yapının deprem altındaki davranışını, deprem hasar biçimlerini ve kırsalda bulunan yapıların hasar düzeylerini incelemiştir. Ayrıca yığma yapıların; tasarımı, analizi ve malzeme özelliklerini vermiştir. Çalışmada incelenen yığma modelin, taşıyıcı duvarlarda yatay ve düşey yüklerden dolayı oluşan gerilmelerin emniyet gerilmesinin altında çıktığı, dolayısı ile yığma yapı modelinin bulunduğu deprem bölgesi için uygun bir model olduğu sonucuna varılmıştır.

Akan (2010), çalışmasında; Anadolu' da ki tarihi ahşap sütunlu camilerin önemli örneklerinden biri olan Ankara Ahi Elvan Cami' sinin (1382) üç boyutlu sonlu elemanlar modelini oluşturarak, yapısal performansı hakkında genel bir fikir vermiştir. Ahi Elvan Cami' sinin yapısal analizi, özellikle rijit taş duvarlar ile ahşap çerçeve strüktürü arasındaki yapısal etkileşimi açıklayan ilginç sonuçların bulunmasını sağlamıştır. Sonuç olarak, ahşap sütunlu tarihi camilerin taşıyıcı sistemlerinin performans özelliklerinden dolayı, deprem ve rüzgar gibi doğal olayların neden olduğu yatay yükler karşısında, önemli bir zayıflığı gözlenmediği,

ahşap taşıyıcı sistemin de basit geometrik biçimden dolayı düşey yükler altında da yapısal performansının iyi durumda olduğu ortaya konulmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Tarihi Yığma Yapılar

Tarihi yapılar, insanoğlunun başta barınma filini gerçekleştirmek üzere, çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip, genellikle bulunduğu yörenin doğal malzemesinden yapılmış, geçmişten günümüze kadar ulaşmış mühendislik eserleridir. Tarihi yapıların en karakteristik özellikleri hepsinin kendine ait özgün mimari ve yapım tekniklerine sahip oluşlarıdır.

Bayraktar (2006), Tarihi yapılar; insanlığın çeşitli medeniyet evrelerinde değişik amaçlarla inşa ettiği, bugün insanlık mirası olarak korumak ve gelecek kuşaklara aktarmak durumunda olduğumuz yapılardır. Bu yapılar arasında; camiler, medreseler, kiliseler, havralar, saraylar, okullar, hastaneler, idare binaları, su yapıları, askeri kışlalar, surlar ve kuleler sayılabilir.

Ural v.d. (2009), Yığma yapılar dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan yapı sistemlerinden biridir. Bu tür yapıların taşıyıcı sistemini taş, tuğla, kerpiç gibi malzemelerden yapılan duvarlar oluşturmaktadır. Günümüzde betonarme yapılar en yaygın olarak inşa edilen yapılar olarak görülse de, özellikle kırsal kesimlerde yığma türü yapıların yoğunluğu dikkat çekmektedir. Ayrıca günümüze kadar ulaşmış tarihi yapıların (köprüler, camiler, medreseler, v.b.) tamamına yakını yığma sistemde yapılmışlardır. Bu sebeplerden dolayı yığma yapıların iyi irdelenip mekaniksel davranışlarının net bir şekilde ortaya konması gerekmektedir.

3.1.1. Tarihi yığma yapılarda taşıyıcı sistem elemanları

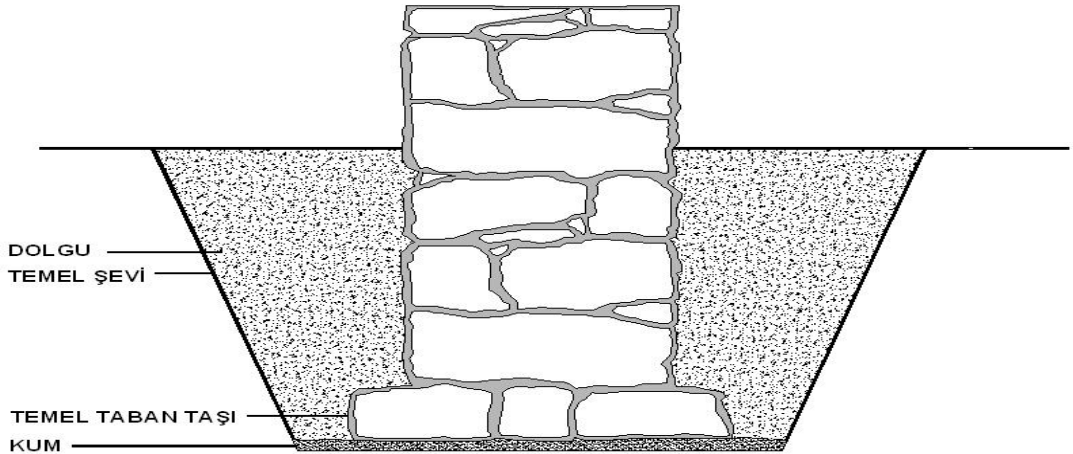
Aydın v.d. (2007), Tarihi kagir yapılar genellikle taşıyıcı ayaklar, sütunlar, taşıyıcı duvarlar, payandalar, kemerler, tonozlar, kubbeler, gergiler ve ağırlık kuleleri gibi taşıyıcı bileşenlerden oluşur.

3.1.1.1. Temel

Yapının zati ağırlığı ve üzerine gelen tüm yükleri zemine aktaran yapı elemanlarına temel denir.

Bayülke (1992), Temeller; yapının kendi ağırlığını, kullanım yüklerini, kar, rüzgar ve deprem yüklerini zemine ileten taşıyıcı elemanlardır.

Mahrabel (2006), Tarihi yapı temellerine bakılırsa, bugünkü anlamda temel teknolojisinden bahsedilemez. Temeller, basit olarak yüzeysel temeller ve derin temeller olarak ikiye ayrılır. Sağlam zeminlerde genellikle sığ temeller (yüzeysel temel) yapılmıştır. Yüzeysel temeller; ayak ve sütunların altına gelen ayırık veya sürekli duvar altlarına gelen sürekli temellerden oluşur (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Tipik yüzeysel temel (Çamlıbel, 2000)

Derin temeller ise, zeminin yapıdan gelen yükü karşılayamayacağı durumlarda (özellikle dolgu veya sıvılaşmaya müsait zemin tiplerinde) kullanılan, temelleri zemin içerisinde bulunan derinlerdeki sağlam bir zemine bağlamak için kullanılan temel tipidir.

3.1.1.2. Taşıyıcı duvarlar

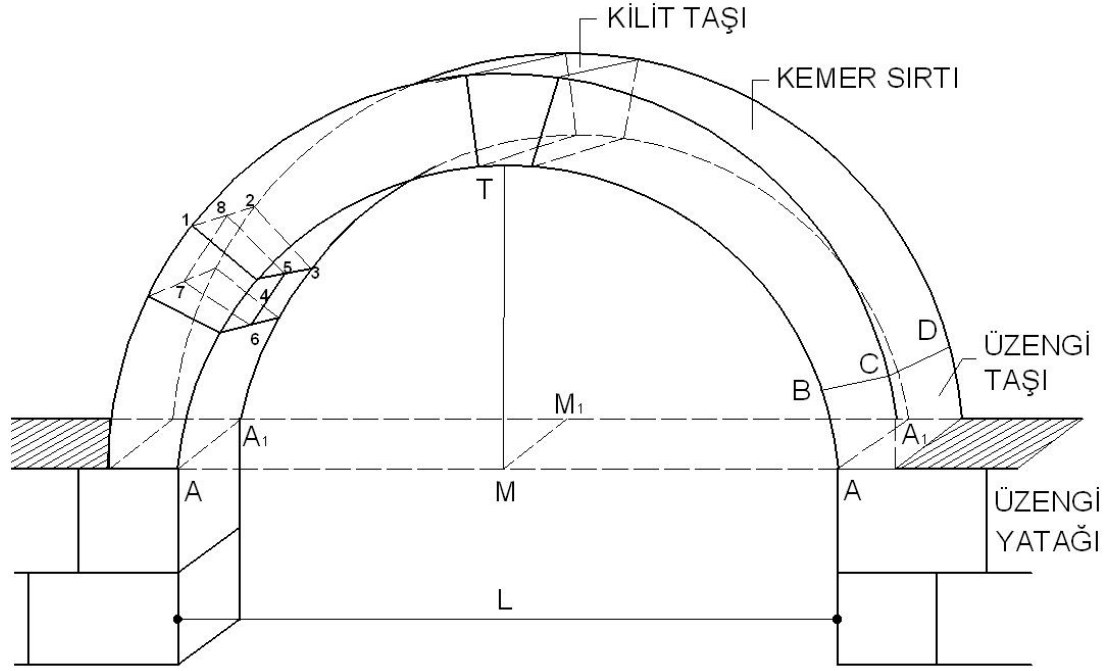
Bayraktar (2006), Temel seviyesinden itibaren yapılar genellikle taş duvarla devam eder. Doğal taşların yontulması ile oluşturulan bloklar, yatayda düzgün sıralar halinde dizilmektedir. Taşların arasında kot farkı olmamasına dikkat edilir. Düşeyde derzler şaşırtılarak düzenlenmektedir. Duvar yüzeyine dik doğrultuda bağlantı blokları veya derzler şaşırtılarak duvar örülmektedir. Duvar taşları arasında bağlayıcı olarak Horasan harcı, kireç veya çamur kullanılmıştır.

Çamlıbel (2000), Duvar boyutlarını belirleyen etkiler duvarlara mekan örtüsünden gelen eğik yüklerle, yanal deprem yükleridir. Bu nedenle geleneksel yapılarda duvar genişlikleri artırılmıştır.

3.1.1.3. Kemerler

Ulkay (1978), Kemerler, iki sütun veya ayak arasındaki açıklığı geçmek için yapılan eğri eksenli kirişler olup taş yada tuğla ile inşa edilir. Taş kemerler, moloz, kaba yontu, ince yontu veya kesme taştan yapılır.

Bayülke (1992), Bir kemerde, kemer örgü taşı olarak üzengi, kilit taşı ve kemer taşları olmak üzere üç eleman bulunur. Üzengi taşı, kemerin başlama taşıdır. Kilit taşı, kemerin düşey ekseninde bulunan ve kendisi ile üzengi arasındaki taşları kilitleyen taşıdır. Kemer taşları, kilit taşı ile üzengi taşları arasında kemeri oluşturan taşlardır (Şekil 3.2.).



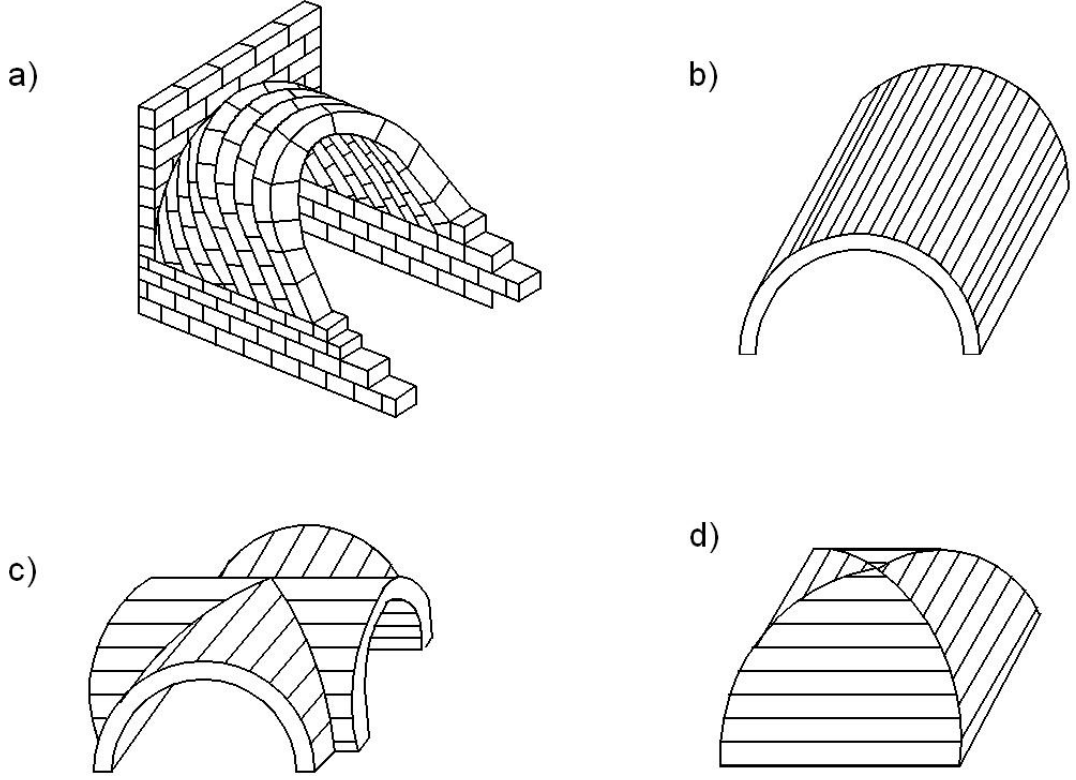
Şekil 3.2. Kemerin muhtelif kısımlarının isimleri (Bayülke, 1992)

Ersoy (1997), Kemerlerde kullanılmış olan taş ve kargir malzemenin basınç dayanımının yüksek, çekme dayanımının düşük olması, kemer sisteminin sadece basınca çalışacak şekilde tasarlanmasını gerektirmiştir. Bu bağlamda mimarlık tarihinde büyük mekan açıklıklarına giden yol, kemerin bulunmasıyla başlamıştır. Tonoz ve kubbe gibi örtü elemanlarının çıkış noktalarını oluşturduğu da kabul edilen ve eğrisel biçimiyle düşey yükler altında basıncın hakim olduğu kemer sisteminde bu yükler mesnetlerden iki yana aktarılır. Kemerin bu özelliği geniş açıklıkların geçilmesinde basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük yapı malzemelerinin kullanılmasına olanak verir.

3.1.1.4. Tonoz

Ünay (2002), Tonoz, bir kemerin kendi düzleminde, dik doğrultusunda ötelenmesi sonucu meydana gelen; yükleri, kemerlerin yük taşıma prensibi ilkesine göre taşıyan, aynı zamanda da kabuk özelliği gösteren tek eğrilikli yapı elemanıdır (Şekil 3.3.). Tonozlarda, basınç kuvvetlerinden ötürü basınç gerilmeleri oluşur.

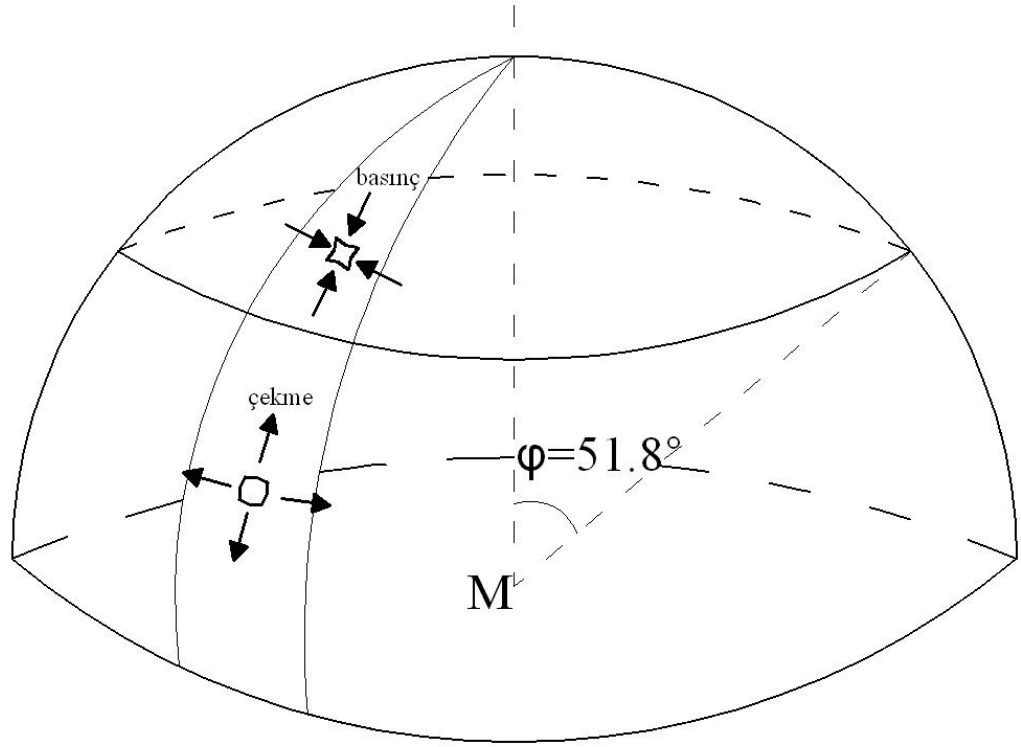
Saraç (2003), Bir tonozun kesiti, aynı eğrilikteki bir kemerin eşdeğeridir. Tonoz mesnetlerinde oluşan yanal kuvvetler, temellere doğru kalınlaştırılmış duvarlar, kemerlerde olduğu gibi gergiler veya payandalarla taşınır.



Şekil 3.3. Tonoz çeşitleri (Çamlıbel, 2000)

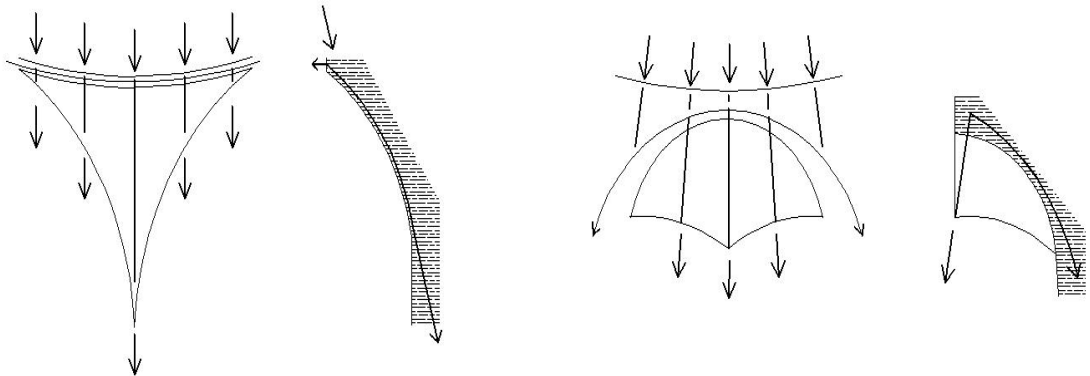
3.1.1.5. Kubbeler

Bayraktar (2006), Kubbeler büyük mekanları kapatmakta kullanılmış örtü elemanlarıdır. Tüm yapı taşıyıcı sistemi kubbenin mesnetlenmesi ve desteklenmesi doğrultusunda biçimlenir. Yapım tekniği kubbe duvarının devamlı basınç altında kalacağı varsayımına dayanmaktadır. Kubbenin oturduğu duvar kısmına kasnak denir. Kasnak duvarın basıncını devamlı kılan önemli bir topuk elemanıdır. Kubbe duvarında devamlı basınç varken, kasnak yatay ekseninde dışa doğru kayma, boyuna doğrultuda devamlı çekme mevcuttur (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Kubbelerde yük taşıma mekanizması

Kuban (1998), Kubbe; bir kemerin simetri eksenini etrafında dönmesiyle elde edilir. Tromp (tonoz mesnet), pendentif (küresel mesnet) ve Türk üçgeni, kubbeli mekan örtüsünde geçit elemanı olarak kullanılan en sık karşılaşılan formların başında gelmektedir (Şekil 3.5.).

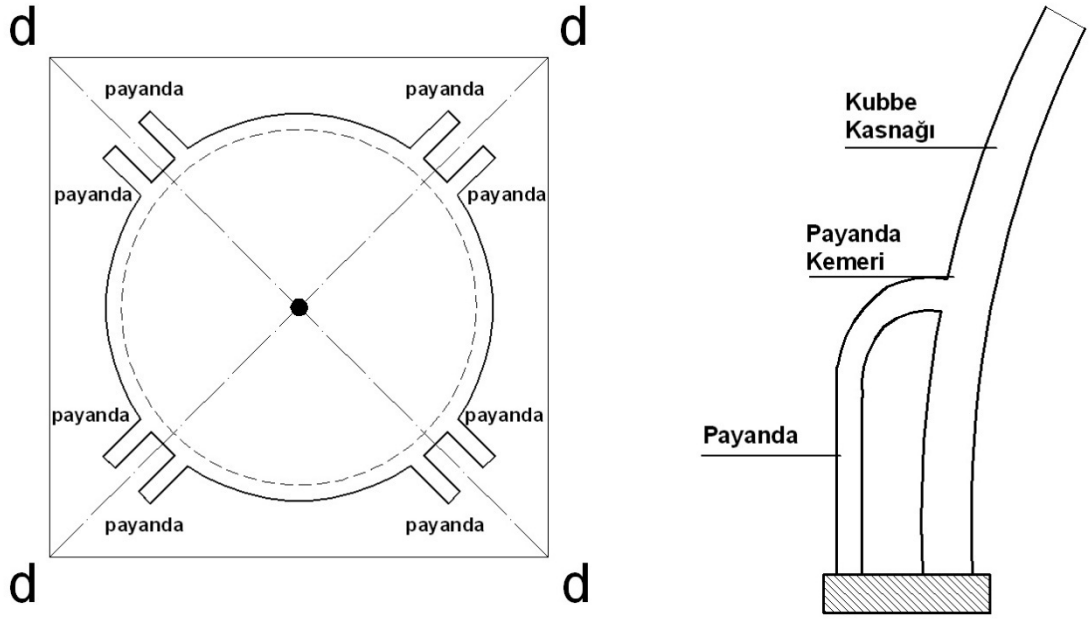


Şekil 3.5. Tromp ve pendentifte yük aktarımı (Okçuoğlu, 2012)



Şekil 3.6. Süleymaniye Cami (Doğan , 2012)

Saraç (2003), Kubbenin yükü, kubbe ayakları vasıtasıyla mesnet yüklerinin düşey bileşenlerini kemerlerle; yanal bileşenleri ise kemer düzlemlerine dik doğrultuda yerleştirilmiş yarım kemerler veya payandalarla alınır (Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.). Kubbeden kemerlere taşınan düşey yüklerin kemer düzlemi içindeki itkileri de gergilerle alınır.



Şekil 3.7. Kubbe çevresine yerleştirilen payandalar (Bayraktar, 2006)

3.1.1.6. Döşemeler

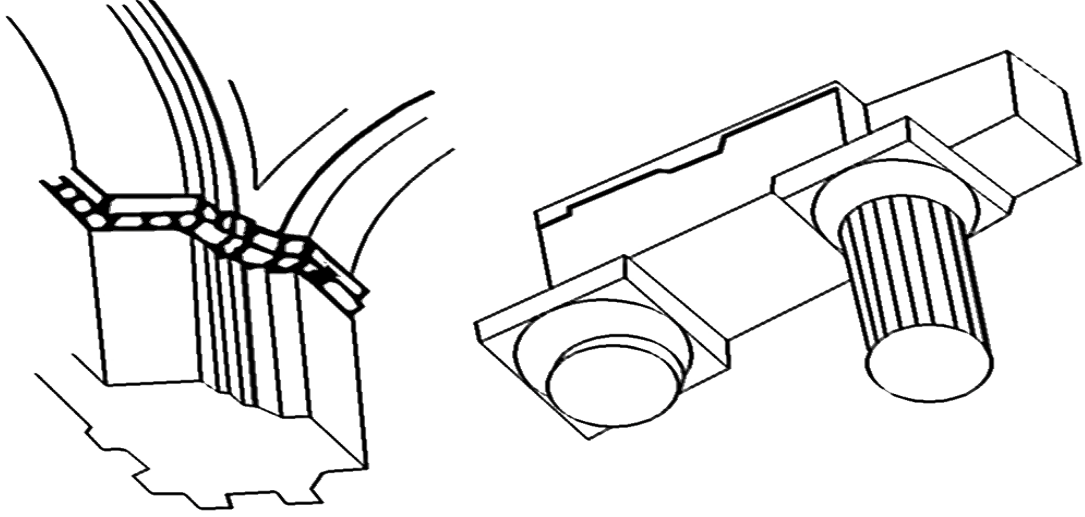
Soygeniş (2008), Döşemeler, binanın iki katını, yapının oturduğu zeminle kapalı hacmi ya da en üst kat ile dış mekanı, ayırma görevi üstlenen yatay taşıyıcı yapı elemanıdır. Yapı döşemeleri, inşa edildikleri malzemenin cinsine göre ahşap, kargir döşeme gibi isimlendirilirler.

Ünay (2002), Çerçeve yapı sistemlerindeki yüzeysel elemanlar genel olarak döşeme olarak nitelendirilir. Yüzeysel elemanlar, kubbe, tonoz, pandantif gibi, tarihi yapılarda, yapının genel geometrisini ve formunu belirleyen kabuk elemanlarıdır.

3.1.1.7. Ayaklar ve sütunlar (Kolonlar)

Çamlıbel (2000), Mekan örtü yüklerinin tekil noktalardan iletilmesi hallerinde, düşey taşıyıcılar ayak ve sütunlardan oluşur. Bu elemanlar biçimlerine göre ayak veya sütun adını alırlar. Sütunlar, genellikle tek parçalıdır. Ayak ise en kesiti daha büyük olan duvar gibi örülerek yapılan bir düşey taşıyıcıdır (Şekil 3.8.).

Sütunlar, genellikle kare, çokgen veya daire kesitlidir. Ayaklar ise, mekan örtüsünden iletilen yüklerin iletiliş biçimine göre, karmaşık bir şekilde biçimlenirler.



Şekil 3.8. Ayak ve sütun (Çamlıbel, 2000)

Bayraktar (2006), Sütunlar, beden duvarlarında büyük boşluklar oluşturulması için yapılmaktadır. Basınca çalışan mermer yapı elemanlarıdır. Fil ayakları ise, kubbeli yapılarda ana kubbeyi taşıyan askı kemerlerinden gelen yükleri temele aktaran sütunlardır.

3.2. Tarihi Yığma Yapılarda Modelleme Yöntemleri

Yılmaz (2006), Modelleme yöntemleri 3 başlık halinde incelenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi, ayırık elemanlar yöntemi ve her ikisinin beraber kullanıldığı karma yöntem olarak sıralanabilir.

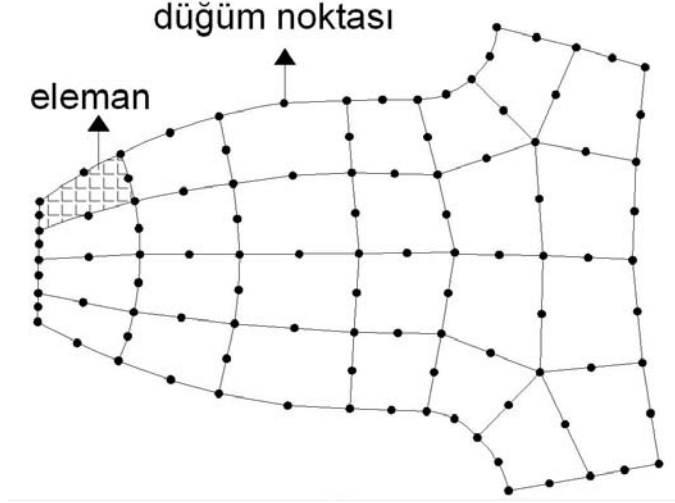
3.2.1. Sonlu elemanlar yöntemi

Sonlu elemanlar metodu; bütünü, sonlu sayıda parçaya bölerek, sistem davranışını statik ve dinamik yükler altında sayısal olarak ifade edebilmemize olanak sağlar. Bu metod, tarihi yapıların analizinde en çok tercih edilen yaklaşım metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Metodun mantığı; karmaşık geometriye sahip yapıları sonlu

sayıda elemana bölerek modellemektir. Oluşturulan model üzerine homojen olmayan malzeme özellikleri ve farklı sınır koşulları yansıtılarak tüme varım mantığıyla yapının bütünüdürün davranışı belirlenmeye çalışılır.

Nath (1993), Sonlu eleman yöntemi; yapıların üç boyutlu doğrusal ve doğrusal olmayan, statik ve dinamik analizlerinin yapılabildiği sayısal bir yöntemdir. Sonuçlar sayısal ve grafik ortamda elde edilebilmektedir.

Bilgin (2003), Bu metotta analizi yapılacak cisim, yapı veya sürekli ortam “Eleman” adı verilen sonlu sayıda parçalara bölünür. Bu elemanlar birbirlerine “Düğüm Noktaları” olarak isimlendirilen sonlu sayıda noktalarla bağlanırlar (Şekil 3.9.). Her bir elemanın düğüm noktalarında bazı serbestlik dereceleri tanımlanır. Eleman davranışı, bu bilinmeyen serbestlik derecelerini içeren denklemlerle ifade edilir. Böylece, sonsuz serbestlik dereceli bir sürekli ortam, sonlu serbestlik dereceli olan bir modele dönüşür. Bu elde edilen modele yapının “Sonlu Eleman Ağı” adı verilir (Şekil 3.10.).

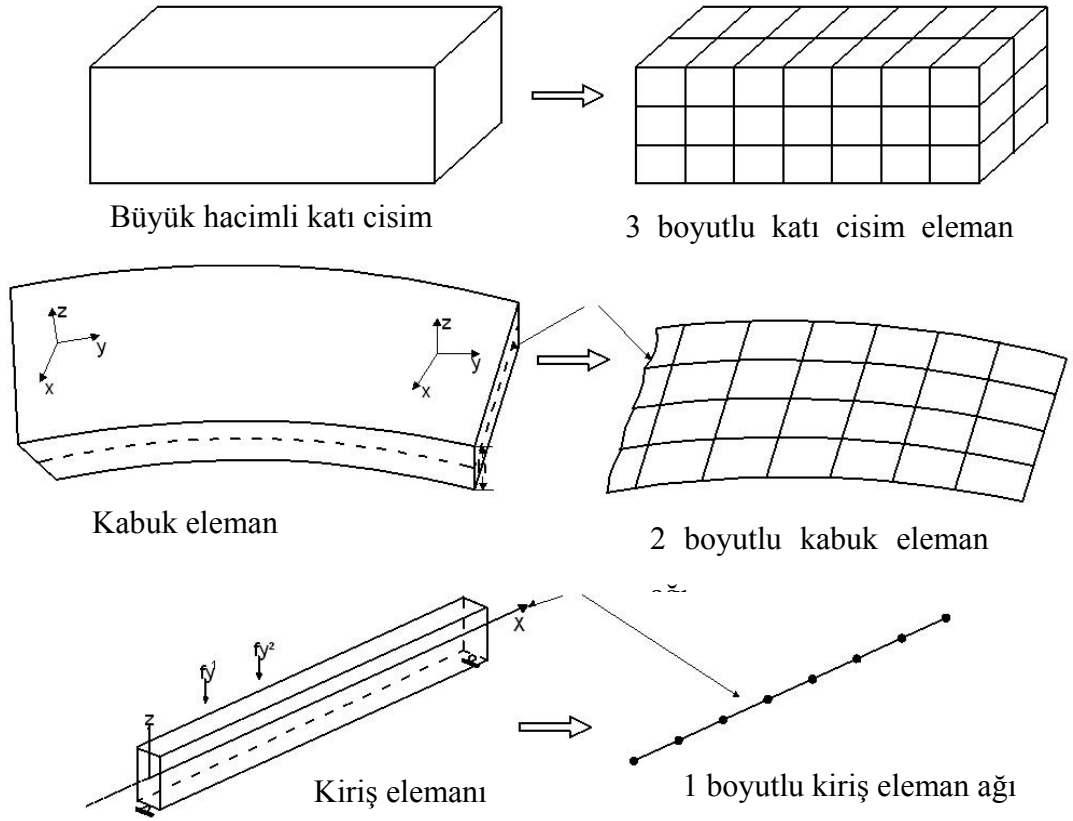


Şekil 3.9. Bir sonlu eleman modelinde düğüm noktaları ve elemanlar (Bilgin, 2003)

Ağıdaki ideal eleman sayısına, deneme yanılma metoduyla ulaşılabilir. Aynı modeli farklı sayılarda sonlu eleman ile modelleyerek, analiz sonuçlarını karşılaştırılabilir. Analiz sonuçlarının birbirlerine yaklaştığı anda ise optimum eleman sayısına ulaşılmış demektir.

(Bilgin, 2003) Bir sonlu elemanlar hesaplaması sırasında takip edilecek işlemler sırası şu şekildedir:

1. İlk olarak analizi yapılacak olan modelin geometrik özelliklerinin tanımlanması, sınır şartlarının belirlenmesi ve modelin sonlu elemanlara bölünmesi gerekmektedir.
2. Elemanlar her elemanın sınırında bulunan düğümlerle birbirlerine zincirleme şeklinde ve sonlu sayıda bağıntılı olmalıdır.
3. Düğüm noktalarının yer değiştirmesine bağlı olarak, elemanların yer değiştirmesini ifade edebilecek bir fonksiyon seçilmelidir. Buna “Şekil Fonksiyonu” veya “İnterpolasyon Fonksiyonu” adı verilmektedir.
4. Toplam potansiyel enerjinin minimasyonu baz alınarak, her eleman için rijitlik matrisi, hesap yoluyla belirlenmektedir. Modeli oluşturan malzeme ya da malzemelerin fiziksel özelliklerine uygun olarak seçilecek malzeme özellik ve davranışlarının belirlenmesiyle (Örneğin; lineer elastik, elasto-plastik, vb.) beraber her bir elemanın gerilme-şekil değiştirme bağıntısı tanımlanmaktadır.
5. Problemin durumuna ve özelliklerine uygun eleman tipi (1,2 ve 3 boyutlu, kabuk, plak, levha, vb.) seçilmelidir.



Şekil 3.10. Sonlu Elemanların SAP2000 ile Geometrik Modelleri (Fahjan, 2012)

6. Belirlenen bu veriler ışığında, aşağıda basite indirgenmiş denklem sistemi kullanarak, hesaplamalar gerçekleştirilir.

$$[k]\{d\}=\{q\} \quad (3.1)$$

Burada;

$[k]$: Eleman rijitlik matrisi

$\{d\}$: Eleman düğüm noktası bilinmeyenleri (yer değiştirme, sıcaklık, hız, basınç, vb.)

$\{q\}$: Elemana etkiyen yük vektörüdür.

7. Gerilme ve şekil değiştirme gibi ikincil koşullar hesaplatılarak, işleme devam edilmektedir.
8. Elde edilen sonuçlar, grafik ortamda sergilenmekte ve doğruluğu, sebep sonuç ilişkisine dayandırılarak sınanmaktadır.

Giordano vd. (2002), Sonlu elemanlar yönteminin üstünlüklerini sıralamak gerekirse;

1. Bitişik elemanlardaki malzeme özellikleri aynı olmayabilir. Bu özellik birkaç malzemenin birleştirildiği cisimlerde uygulanabilmesine imkan vermektedir.
2. Düzgün olmayan sınırlara sahip şekiller, eğri kenarlı elemanlar kullanılarak analiz edilebilirler.
3. Eleman boyutları kullanıcı tarafından değiştirilebilir. Böylece önemli değişiklikler beklenen bölgelerde daha küçük elemanlar kullanılarak hassas işlemler yapılabilirken, aynı parçanın diğer bölgeleri büyük elemanlara bölünerek işlem hızı artırılabilir.
4. Sınır şartları kolayca uygulanır.
5. Sonlu eleman metodunun çok yönlülük ve esnekliği karmaşık yapılarda, sürekli ortam, alan ve diğer problemlerde sebep sonuç ilişkilerini hesaplamak için çok etkin bir şekilde kullanılabilir.

3.2.2. Ayrık elemanlar yöntemi

Ayrı ayrı hareket eden rijit elemanların hareket denklemini çözebilmek için uygulanan bir yöntemdir.

Yılmaz (2006), Bu yaklaşımda; yapı ayrı blokların (katı ya da deforme olabilen) birleşimi olarak kabul edilir. Yöntem büyük yer değiştirme (bağlar için) ve küçük şekil değiştirmeler (bloklar için) üzerine kuruludur. Her bir blok geometrik ve malzeme olarak modellendikten, hacim ve yüzey kuvvetleri tanımlandıktan sonra, zamana bağlı hareket denklemleri sayısal olarak çözülür.

3.2.3. Sonlu elemanlar yöntemi – ayrık eleman yöntemi (FEM-DE)

Yılmaz (2006), Sonlu eleman yöntemi ve ayrık eleman yönteminin birlikte uygulanmasıdır. Katı elemanlar sonlu eleman yöntemi ile modellenirken bağlayıcı harçlar için ayrık eleman yöntemi kullanılmaktadır. Büyük yer değiştirme olduğunda bu yöntemi kullanmak güçleşmektedir.

Giordano vd. (2002), Bu yöntemdeki en büyük zorluk, uygun malzeme parametrelerini belirlemektir. Tuğla / blok ve harç bağlarının tespit edilmesinde pratikte zorlanılmaktadır. Çünkü; örme yapılı elemanlar genellikle alçı, sıva gibi malzemeler ile kapatılmaktadır. Bu nedenle kullanım parametrelerinin belirlenmesi gereklidir.

3.3. Tarihi Yığma Yapılarda Deprem Analiz Yöntemleri

Deprem bölgelerinde yapılacak olan yapılar için hazırlanan DBYBHY 2007' nde göre yapıların deprem hesabı için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi önerilmektedir.

Yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir. Tarihi yapılar genelde yığma olarak yapıldıkları için; yönetmeliğin Bölüm 5: Yığma binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları çerçevesinde, bu tür yapıların deprem hesabı yapılabilir.

3.3.1. Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Doğın (2005), Zaman tanım alanı, belli zaman aralıklarıyla tutulan belli bir yönde deprem ivme değerinin kaydıdır. Bu yöntemin uygulanmasının başarılı olması meydana gelen depremin kapsadığı bölgelerdeki deprem ivmelerinin düzgün bir şekilde kayda alınmasıyla gerçekleşir. Sismik etkiye maruz kalan bölgenin deprem kayıtlarının bulunması, modelleme ve analizde hazır değerlerin kullanılması bakımından pek çok belirsizliği ortadan kaldırarak sismik etkinin gerçeğe yakın şekilde benzeştirilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Ancak her insanın kendine has genetik özelliği olduğu gibi depremlerinde kendine has bir oluşum özelliği olduğundan dolayı deprem kayıtlarının olması tahmini bir depremin yaratacağı etkinin tam olarak yansıtılması anlamına gelmez.

Yapıların doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için kullanılan yöntemlerin başında gelir. Bu yöntemde; yapay olarak üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılır.

Seçme (2009), Deprem kayıtlarının alınabileceği üç farklı veri kaynağından bahsetmek mümkündür. Yapay yollar kullanılarak oluşturulan ve tasarım ivme spektrumunu uyumlu kayıtlar, kaynak ve dalga yayılımı özellikleri yapay yolla fiziksel olarak benzeştirilmiş kayıtlar ve gerçek depremlerden elde edilen kayıtlardır. Deprem esnasında alınan kayıtların sayısının teknolojinin ilerlemesiyle artması ve bunlara erişimin kolaylaşması zaman tanım alanında yapılacak hesaplarda, gerçek kayıtları en çok tercih edilen seçenek olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Zaman tanım alanında hesap yöntemi yapay deprem hareketleri kullanılacaksa DBYBHY 2007' ne göre; aşağıdaki özellikleri taşıyan en az üç deprem yer hareketi üretilecektir.

1. Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
2. Üretilen deprem yer hareketinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g ' den daha küçük olmayacaktır.
3. Yapay olarak üretilen her bir ivme kaydına göre % 5 sönüm oranı için yeniden bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci (hakim) periyod T_1 ' e göre $0.2T_1$ ile $2T_1$ arasındaki periyodlar için, denklem (3.2)'de tanımlanan $S_{ac}(T)$ elastik spektral ivmelerinin % 90' ından daha az olmayacaktır.

Eğer zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşulları da uygun biçimde göz önüne alınmalıdır. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar denklem (3.2)' de verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

Herhangi bir n' inci titreşim modunda göz önüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı denklem (3.2) ile belirlenecektir.

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \quad (3.2)$$

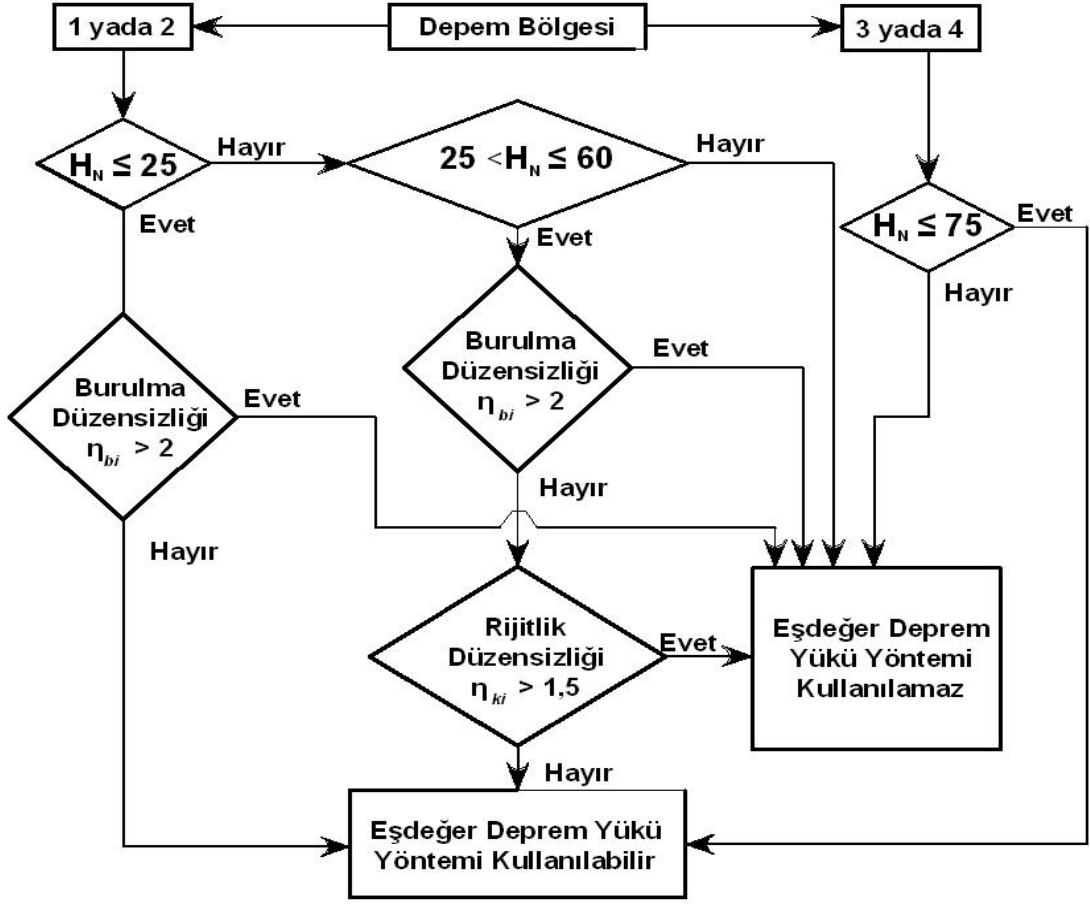
3.2.2. Mod birleştirme yöntemi

DBYBHY 2007' nde Mod Birleştirme Yöntemi, maksimum iç kuvvetler ve yer değiştirmeler, binada yeterli sayıda doğal titreşim modunun her biri için hesaplanan maksimum katkıların istatistiksel olarak birleştirilip tek bir moda indirgenmesiyle elde edilir.

Celep vd. (2004), Bu analiz yöntemi, sistem davranışının, her bir serbest titreşim modunun deprem hareketine katkısının, ayrı ayrı elde edilip birleştirilmesi ile bulunabileceği esasına dayanır. Binalarda kütlelerin katlarda toplandığı kabul edilerek her kat için iki öteleme ve bir dönme hareketi esas alınır. Matematiksel olarak sağlam bir temele dayanmasına rağmen, gerçek taşıyıcı sistemi yansıttığındaki eksiklikler nedeniyle dikkatli kullanılmalıdır. Yönetmeliklerde bu yöntemin önerildiği durumlarda da, elde edilen sonuçların Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile karşılaştırılması önerilmektedir.

3.3.3. Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Livaoğlu vd. (2001), Bu yöntem Deprem Yönetmeliğinde önerilen üç yöntemden uygulanması en kolay olanıdır. Bu yöntem Eşdeğer Statik Yöntem olarak da bilinmektedir. Yüklerin hesabında yapı ve zemine ilişkin periyot değerleri gibi dinamik parametrelerin kullanılması nedeniyle Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi sadece birinci modun dikkate alındığı dinamik bir yöntem olarak kabul edilir. Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemleri her türlü yapı ve koşul için uygulanabilmesine rağmen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi Şekil 3.11.' de verilen koşullar çerçevesinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.11. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle çözümlemenin yeterli olduğu durumlar (Livaoğlu vd., 2001)

3.4. Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzeme Özellikleri

Tarihi yapılar, genelde yığma yapı olarak inşa edilmelerinden dolayı bu bölümde yığma yapılarda kullanılan malzemeler ve özelliklerinden bahsedilecektir.

Ünay (2002), Yığma yapı elemanları, çamurdan yapılmış kerpiçten doğal taş kadar geniş bir yelpazede, metalik özellik taşımayan inorganik malzemelerin çoğunu içinde barındırır. Ancak, yığma yapılarda en çok kullanılan malzemeler doğal taş ve tuğladır. Yığma yapı elemanlarının dayanım ve deformasyon özelliklerinin analitik yöntemlerle belirlenmesi oldukça zordur. Öte yandan, tarihi yapıların taşıyıcı elemanlarının taşıma gücünün laboratuvar deneyleriyle belirlenmesi çok zor bir işlem olup neredeyse olanaksızdır. Ancak sanatsal ve kültürel değerleri yaralamadan, bu

yapılardan alınabilecek çok küçük örnekler veya aynı özellik taşıyan protatip modeller laboratuvarlarda test edilebilmektedir. Fakat, bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar çok daha büyük boyutlara sahip mevcut yapı elemanlarının gerçek davranış özelliğini birebir yansıtmaz.

3.4.1. Harç

Ünay (2002), Harç; bağlayıcı özelliği olan, kum ve suyun karışımından oluşan ve zamanla sertleşen yapı malzemesidir. Harcın ana görevi, taş ve tuğla gibi yığma yapı malzemesinin birim elemanlarını bir arada tutarak birleşik bir yapı elemanı oluşturmaktır.

Böke vd. (2004), Kireç kullanılarak elde edilen sıva ve harçlar, eski Yunan, Roma ve onu izleyen dönemlerden, çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede, yapıların inşalarında kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak kireç, dolgu malzemesi olarak da agregaların karıştırılmasıyla kireç harcı ve sıvaları elde edilir.

Sickels (1981), Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini geliştirmek, karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığı bilinmektedir. Bunlardan bazıları; kan, yumurta, peynir, gübre gibi malzemelerdir.

3.4.2. Tuğla

Çamlıbel (2000), Tuğla; ahşap ve taşın zor elde edildiği bölgelerde, yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan tarafından üretilen, istenilen biçimin verilebildiği yapı malzemeleri, kerpiç ve tuğladır. Geleneksel büyük örtü sistemlerinin esas elemanlarını oluşturan kemer, tonoz ve kubbe, kerpiç ve tuğlanın ana malzemesi olduğu bölgelerde ortaya çıkmıştır. Her yerde kolay bulunup üretilmesi ve ucuz olması, yapının ana malzemesi olma niteliğini kazandırmıştır. Tuğlanın taş gibi yalnız basınca dayanıklı bir malzeme olması nedeni ile yapı taşıyıcı sistemi basınç alacak şekilde biçimlendirilmiştir.

Ünay (2002), Tarihi yapılarda pişirilmiş kilden üretilen tuğlayı oluşturan malzemeler genellikle dere yataklarında yüzeysel olarak biriken kum taşlarının kalıntılarında elde edilirdi. Pişmiş kilden üretilen tuğlalar, görünümüne ve işlevlerine göre birçok kritere göre sınıflandırılabilirler. Tarihi yapılarda kullanılan tuğlalar saf kaolin ve kil karışımlarının fırınlarda yüksek ısı altında pişirilmesiyle elde edilir. Fırın teknolojisinin bulunmadığı yerlerde güneş ısı altında üretildiğine de rastlanmaktadır. Tuğlanın dayanımı, tuğlayı oluşturan malzemenin kalitesi, kullanılan harç ve tuğlanın örülme desenine bağlıdır. Çok rastlanan bazı tuğla cinslerinin ortalama fiziksel özellikleri Çizelge 3.1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri (Ünay, 2002)

Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Kayma Dayanımı (N/mm ²)	Elastisite Modülü (N/mm ²)
10-30	2,7-5	10-20	150-300

3.4.3. Doğal taş

Ünay (2002), Taş en eski yapı malzemelerinden biridir ve kalıcı olması düşünülen yapıların inşaatında özellikle tercih edilmiştir. Taşın tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılmasının nedeni, hemen hemen her yerde ve arazi koşullarında kolaylıkla bulunabilmesinin getirdiği avantajdır. Taşın strüktürel dayanıklılığı, jeolojik ve kimyasal özellikleriyle incelenebilir. Taş basınç kuvvetlerine karşı çok dayanıklı, çekme kuvvetlerine karşı ise oldukça zayıftır. Ana malzeme biriminin taş olduğu yığma yapı elemanlarının dayanım, dayanıklılık ve diğer malzeme özellikleri taş, harç, taşın işleniş biçimi ve birleşim dokusuna bağlıdır. Genellikle tarihi yapılarda kullanılan yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri Çizelge 3.2.' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri (Ünay, 2002)

Taşın Cinsi (N/mm ²)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Kayma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Elastisite Modülü (N/mm ²)
Granit	30-70	14-33	4-7	30x10 ³ -55x10 ³
Mermer	25-65	9-45	1-15	25x10 ³ -70x10 ³
Kireç Taşı	18-35	6-20	2-6	10x10 ³ -55x10 ³
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13x10 ³ -50x10 ³
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15x10 ³ -55x10 ³
Serpantin	7-30	2-10	6-11	23x10 ³ -45x10 ³

3.4.4. Ahşap malzeme

Yılmaz (2006), Ahşap; tarihi yapılarda işlenme, elde edilme, kolay taşınabilme gibi özelliklerinden dolayı en çok kullanılan malzemelerden biridir. Taşa oranla ömrü oldukça kısadır. Ancak, ahşap hafifliği, çekme ve eğilmeye karşı dayanımı bakımından taşa göre üstünlük göstermektedir. Bu özelliğinden yararlanılarak, taşla geçilemeyen büyük açıklıklar ahşapla geçilmiştir. Geleneksel yapılarda tavan, döşeme taşıyıcı sistemi olarak ve duvarlarda hatıl olarak kullanıldığı görülmektedir.

Deren (1980), Ahşabın emniyet gerilmeleri ve elastisite modülü; yüklemenin karakteri ve süresi, ahşabın kusurları, içindeki su miktarı diğer bilgiler hakkında kesin bilgiler bulunmadığından ahşabın emniyet gerilmeleri 5 ila 10 arasında emniyet katsayıları alınarak tayin edilmiştir. Kalite sınıfı ne olursa olsun, muhtelif cins ahşaba ait elastisite değerleri Çizelge 3.3.' te emniyet gerilmeleri ise Çizelge 3.4.' te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Ahşap malzemenin fiziksel özellikleri (Deren, 1980)

Ahşap Çeşidi	E (N/mm ²) (paralel)	E (N/mm ²) (dik)
Çam sınıfı	10.000	300
Meşe ve Kayın	12.500	600

Çizelge 3.4. Ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri (Esas yükler için)

TS 647' e göre ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri (Esas Yükler için)					
Gerilme türü	Notasyon	Emniyet gerilmeleri (N/mm ²)			
		İğne yapraklılar			Meşe Kayın
		I.sınıf	II.sınıf	III.sınıf	
Eğilme	$\sigma_{e,em}$	13	10	7	11
Liflere paralel çekme	$\sigma_{\phi,em}$	10,5	8,5	0	11
Liflere paralel basınç	$\sigma_{b,em}$	11	8,5	6	10
Liflere dik basınç	$\sigma_{b,em}$	2	2	2	3
Makaslama	τ_{em}	0,9	0,9	0,9	1

3.5. Yalvaç Tarihi

Anonim (1999), Tarih öncesi devirlerden itibaren Yalvaç ve çevresi, meskün saha olarak görülür. Tarihi devirlerde sırasıyla Hitit, Frig, Lidya, Pers ve Roma egemenliği altında bulunmuştur. Yalvaç' ın diğer adı Antiocheia in Psidia' dır. Türk akınları Anadolu' ya ilk olarak 1018 yılında Çağrı bey idaresinde başlamıştır, Malazgirt Zaferinden sonra Türklerin Anadolu' ya yerleşmeleri kesinlik kazanınca, Büyük Selçuklu Sultanları Türkmenleri Anadolu'ya sevke başlamıştır. Bunun sonucu olarak Anadolu'nun fethi ile görevlendirilen Kutalmışoğlu Süleyman Şah (M.S. :1070-1080) etrafında toplanan Türkmenler Konya' yı da aldıktan sonra Batı Anadolu'yu ellerine geçirmişlerdir. Bu sıralarda 24 Oğuz Boyu' ndan Salur ve Eymür Boyu' na mensup olanlar Oymak Başkanları Yalvaç Bey idaresinde Antiocheia in Psidia' nın batısına yerleşerek burayı kendilerine yurt edinmişlerdir. Bu zamana kadar Antiocheia in Psidia ismini alan şehir, bundan böyle Yalvaç Bey' in adına izafeten Yalvaç olarak günümüze kadar gelir. Yalvaç'ın Osmanlı himayesine girmesi ise Hamit oğlu Hüseyin beyin 80.000 altın karşılığında Osmanlı beyi olan I. Murat' a Yalvaç, Akşehir, Seydişehir, Karaağaç, Eğirdir, Yenişehir

topraklarını satmasıyla olmuştur. Yalvaç önce Konya' ya Cumhuriyetin ilanından sonrada Isparta' ya bağlanmıştır.

3.5.1. Hamidiye Cami (1912) tarihçe

Anonim (1989-1999), Hamidiye Cami Yalvaç merkezde yer almaktadır. Yapılış tarihi 1912 olup mimari belli değildir. Yaklaşık kare bir plana sahip olan yapının harim kısmı dört sütun üzerine oturan ahşap kubbe ile örtülmüştür. Dıştan örtü sistemi kırma çatılıdır. Ahşap kubbe, çatı içerisinde kalmaktadır. Caminin cümle girişi kuzey cephesinin ortasında olup, bunun yanı sıra doğu ve batı taraflarda birer tali kapı bulunmaktadır. Aydınlatma çift sıra pencere sistemi ile yapılmaktadır. Mihrabı ve mimberi sadedir. Kapı-pencere sövelerinde, tavanda ve sütun başlıklarında kalem işi süsleme vardır. Caminin tek minaresi, yapının kuzeybatı köşesinde bulunmaktadır. Minare tamamen taştan yapılmıştır. İnce uzun dikdörtgen bir kaide üzerine oturan minare, dış bükey profilli pabuçla ayrılan ince uzun gövdeye sahiptir.

Isparta Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (2011), Hamidiye Cami; 19. Yüzyıl geç Osmanlı Dönemine aittir. Çarşı camisi olarak da bilinmektedir. Duvarlarında devşirme malzeme kullanılmıştır. Kuzeybatı köşesinde gasilhane vardır. Camiye üç yönden giriş olmakla birlikte, ana giriş kuzey cephedendir. Harimin kuzeyinde kadınlar için bir asma kat vardır. Harim 4 sütunla üç nefe bölünmüştür. Merkezdeki kubbe bu sütunlar üzerine oturur. Cami içindeki süslemeler barok tarzındadır. Mihrabı çıkıntılı ve kemerlidir.

3.6. Hamidiye Cami Örneği

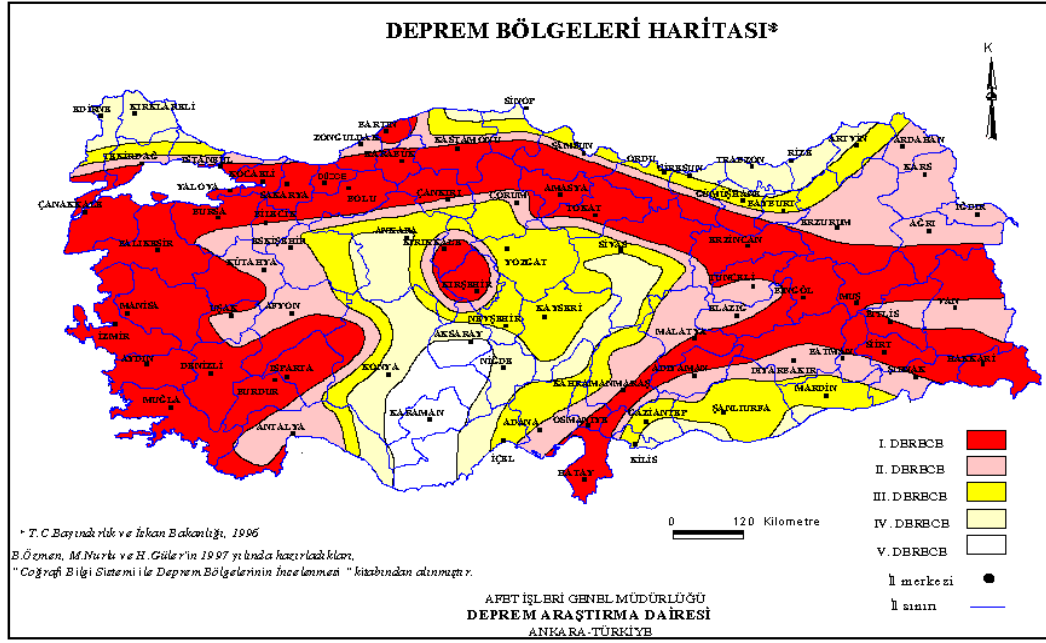
Araştırma konusu olan tarihi Hamidiye Cami' sinin jeolojik altyapısı, mevcut durumu, yapısal özellikleri, yapıda kullanılan malzemelerin karakteristik özelliklerine bu bölümde yer verilmiştir.

3.6.1. Bölgenin jeolojik durumu

Anonim (2011), Isparta İli Türkiye' nin deprem riski dağılım haritasında genel olarak birinci derecedeki deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. İl, Isparta-Dinar-Çivril-Uşak deprem hattı üzerindedir. Sadece Sütçüler ve Yenişarbademli ilçelerinde ikinci derece ve Sütçüler' in doğu sınırındaki dar bir alanda üçüncü derece deprem riski taşıyan bir dağılım bulunmaktadır. Nüfus olarak ise Isparta nüfusunun yaklaşık % 93' ünden fazlası 1. derece deprem bölgesinde, % 5-7 civarında bir oranı da 2. derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. Ancak bölgesel kırık sistemleri içerisinde aktif oldukları belirlenen faylar yanında, deprem kayıt istasyonlarının yetersizliği nedeniyle yeterli kayıt alınmadığından özellikle Isparta güneyi ve doğusuna ait verilerde eksikler vardır. Deprem kayıtlarına ilişkin veri artışı ile bölgesel yer hareketlerinin ve depremlerin daha sağlıklı izlenmesi mümkün olacaktır. Bu amaçla Isparta merkezde bir adet ivme ölçer ve Eğirdir Bağören Köyü sınırları içerisinde bir adet uydu iletişimli geniş bantlı deprem gözlem (kayıt) istasyonu 06.07.2010 tarihi itibarıyla, faaliyete geçmiştir ve verileri güncel olarak T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'na bildirilmektedir.

Türkiye deprem bölgesi haritası Şekil 3.12.' de ve Isparta deprem bölgesi haritası Şekil 3.13.' de gösterilmiş olup, bölgenin 1. derece deprem bölgesi içerisinde kaldığını görülmektedir.

Yalvaç Hamidiye Cami' nin bulunduğu bölge koruma altında bulunduğu için kendi zemin özellikleriyle ilgili elimizde mevcut veri yoktur. Fakat yakın çevresinde yapılan yeni yapıların zemin etüdüleri caminin bulunduğu bölgedeki zemin durumu hakkında bize bilgi vermektedir. Şöyle ki; ilgili parselde (1014 ada 3 parsel) Anamoli Yeraltı Mühendislikleri Hizmetleri tarafından hazırlanan zemin etüd raporunda Zemin Yatak Katsayısı: 12150 kN/m³, Zemin Emniyet Gerilmesi: 147 kN/m², T_A= 0.15, T_B= 0.60, Zemin Sınıfı: Z3' tür.



Şekil 3.12. Türkiye deprem bölgesi haritası (T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı Anonim, 2011)



Şekil 3.13. Isparta ili deprem bölgesi haritası (T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı Anonim, 2011)

3.6.2. Caminin mevcut durumu ve yapısal özellikleri

Bu çalışma, Antalya Kültür ve Tabiat varlıklarını Koruma Bölge Kurulu'nun 30.04.2009 gün 3009 sayılı karar eki olan Isparta ili Yalvaç İlçesi Pazaryukarı mahallesi 50 ada 1 parselde bulunan Hamidiye Cami rölevesi dikkate alınarak yapılmıştır.

Caminin çeşitli cephelerinden görünüşleri; Şekil 3.14., 3.15., 3.16., 3.17.' de verilmiştir.

Caminin şadırvan tarafındaki kuzey giriş cephesi; 21,28 m, güney cephesi; 21,30 m, batı cephesi; 21,37 m, doğu cephesi; 21,37 m' dir. Bu ölçülere dayanılarak yapının yaklaşık olarak kare bir geometriye sahip olduğu söylenebilir. Kuzey, doğu ve batı cephelerde olmak üzere 3 adet giriş kapısına sahip olan caminin pencere boyutları birbirlerinden farklı ölçülerdedir, ancak oluşturulan modelde birbirlerine simetrik pencerelerin boyutları aynı olduğu kabul edilmiştir (Şekil 3.18.).

± 0.00 kotu kuzey giriş kapısı mermer eşik üst noktası olarak kabul edilen yapının harim kotu +0.04m, mihrap kotu +0.19 m, mahfil kotu +4.31 m, çıtalı ahşap tavan kaplaması kotu +8.38 m, kubbe üst kotu +11.10 m, mahya kotu +13.28 m olarak verilmiştir. Duvar kalınlıkları ise 90 cm ile 108 cm arasında değişmektedir (Şekil 3.19.).

Cami orta bölgesinde, 4 adet ahşap direk üzerine oturtulmuş ve ahşap malzemenle imal edilmiş $R=329$ cm çapa sahip olan bağdadi bir kubbe bulunmaktadır. Kubbe içi kalem işi bezemelerle süslüdür (Şekil 3.20.).

Harim kısmı; taş duvar ile çevrelenmiş, kireç harçlı sıva ile kapatılmıştır. Döşemede ahşap kirişler, tavanda ise ahşap kaplama mevcuttur. Harim kısmındaki mahfil katı (bayanlar için), asma kat olarak sisteme sonradan dahil edilmiştir (Şekil 3.20.).

Mihrap; konum olarak caminin güneyinde kalmakta olup, çapı R=62 cm' dir (Şekil 3.21.).



Şekil 3.14. Hamidiye cami güney ve batı cephesi



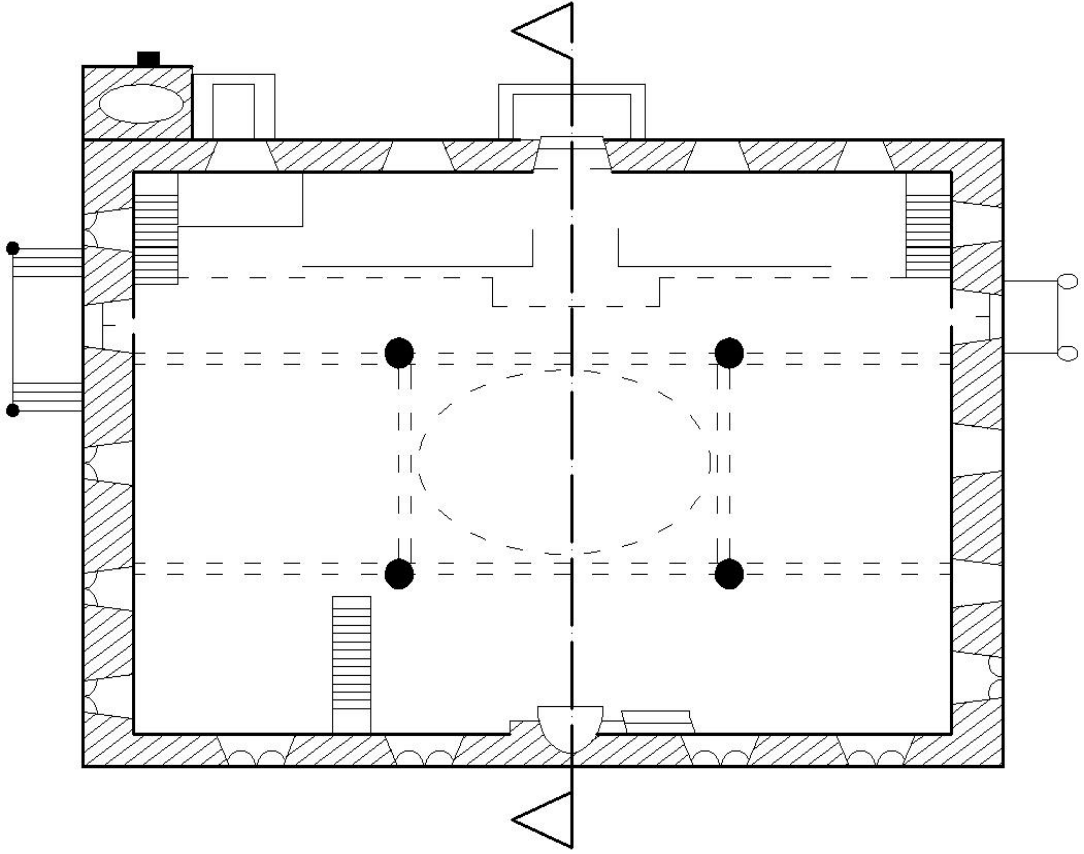
Şekil 3.15. Hamidiye cami kuzey ve doğu cephesi



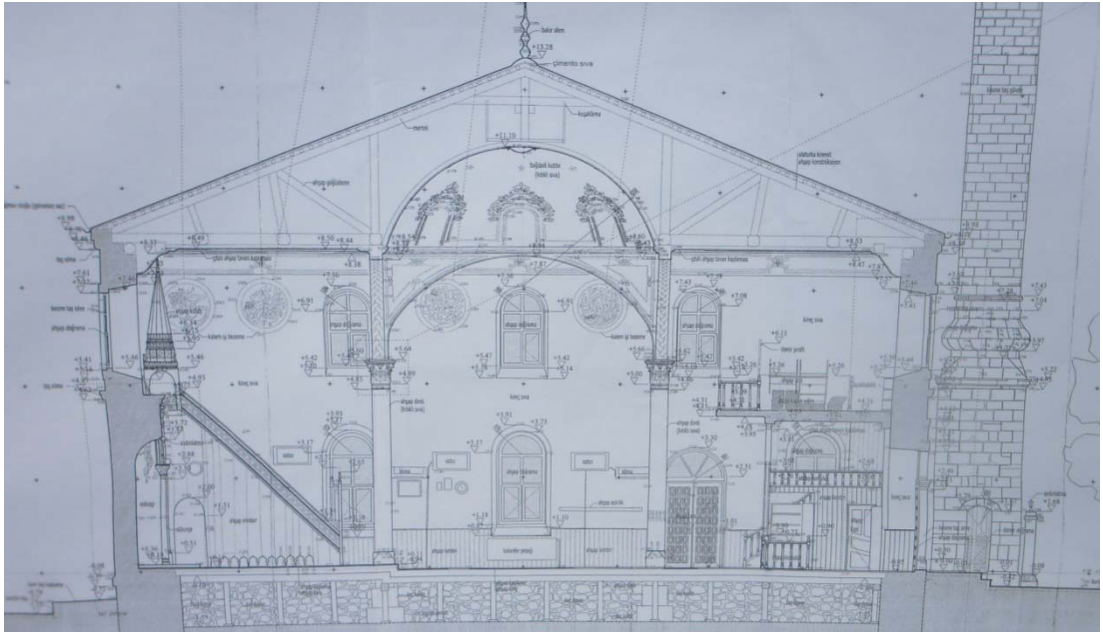
Şekil 3.16. Hamidiye cami kuzey ve batı cephesi



Şekil 3.17. Hamidiye cami kuzey cephesi ve şadırvan



Şekil 3.18. Hamidiye cami kat planı



Şekil 3.19. Hamidiye cami A-A kesiti



Şekil 3.20. Kubbe ve mahfil



Şekil 3.21. Mihrap ve ahşap tavan kaplaması

3.6.3. Malzeme parametreleri

Hamidiye Cami' sinin yapımında malzeme olarak taş duvar, ahşap sütun ve ahşap kirişler kullanılmıştır. Oluşturulan sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzeme parametreleri daha önce tarihi yapılarla ilgili yapılmış çalışmalarda kabul edilen malzeme parametreleriyle aynı alınmış ve Çizelge 3.5.' te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzemeler ve özellikleri

Eleman tipi	Elastisite modülü (N/mm ²)	Özgül Ağırlık (kN/m ³)	Poisson oranı
Taş duvarlar	450	24	0.2
Ahşap sütunlar	9000	5	-
Ahşap kirişler	9000	5	-

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Geçmiş dönemlere ait tarihi yapıların halen daha günümüze kadar ulaşmış birer kültür bekçileri olduğu gerçeği bilim adamlarını bu yapılar üzerinde bilimsel araştırmalar yapmaya itmiştir. Bu yapılar üzerinde günümüz teknolojisinin araştırmacılara sunduğu teknolojik imkanlar sayesinde, tarihi yapılar ile ilgili bilimsel veriler ortaya sunmak mümkündür. Ancak ilgili modelleme programlarıyla modellenen tarihi yapıların yapım şartları ve malzeme özellikleriyle ilgili yeterli verinin bulunmamasından ötürü tarihi yapılarla ilgili sağlıklı sonuçların alınabilmesi için yürürlükte olan deprem yönetmeliği ve ilgili şartnamelerden bazı kabullerin yapılması kaçınılmazdır.

4.1. Hesap Parametreleri

Tarihi yapıların deprem analiz sonuçları şüphesiz ki iyi bir modelleme ile gerçeğe en yakın şekilde ifade edilebilir. Yalvaç/Hamidiye Cami SAP2000 analiz programıyla modellenmiştir. Modelin hesap parametreleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Yapının dış duvarları ve kubbesi genel kabuk (SHELL) elaman olarak tanımlanmıştır. Yapıda 90 cm ile 108 cm kalınlığında değişen taş duvarlar, ortalama 100 cm kabul edilip modellenmiştir.
- Hamidiye Cami mimari projesinde farklı boyutlarda cephelere sahip olmasından ötürü hesap kolaylığı açısından ve karşılıklı kenarlar arasındaki uzunluk farklarının birbirlerinden fazla olmaması nedeniyle doğu cephesiyle batı cephesi, kuzey cephesiyle de güney cephesi eşit uzunlukta kabul edilmiştir. Bu kabule dayanarak kuzey-güney cephesi 21.30 metre, doğu-batı cephesi 21.38 metre olarak alınmıştır.
- Planda birbirlerine simetrik pencereler ve kapılar aynı boyutta kabul edilmiştir.
- Planda ahşap sütunlar 48 mm çapında, tali kirişler 18 mm çapında, kubbe kirişler 5-10 mm dikdörtgen kesitli kabul edilmiştir.
- Hamidiye Cami'nin modellenmesi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak hazırlanmıştır. Analiz için hazırlanan modelde 1954 adet düğüm noktası, 93 adet mesnet, 1641 adet SHEEL eleman ve 381 adet FRAME eleman kullanılmıştır.

- Hazırlanan matematik modelde üst yapı ile temel arasındaki mesnetler sabit düşünülmüştür. Mesnet seçimi yapının deprem anında gerçek davranış koşulları dikkate alınarak dizayn edilmiştir.
- Sistemde, taşıyıcı duvar kalınlıkları 1 m olduğundan, duvar iç ve dış yüzeylerinde farklı gerilmeler oluşabilmektedir. Bu tür yığma yapılarda düzlem içi gerilmeler düzlem dışı gerilmelere göre daha önemli olmasından ötürü yapı modellenirken SHEEL eleman tercih edilmiştir. Kayma gerilmelerini hesaplayabilmek için ise SHEEL elemanlar tanımlanırken SAP2000 programının bizlere sunduğu THICK SHEEL seçeneği tercih edilmiştir.
- 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu gereğince bu tür yapılardan numune alabilmek ve inceleyebilmek oldukça zor olmasından dolayı ayrıca numune alınsa dahi yapının tüm elemanların aynı karakteristiğe sahip olmamalarından ötürü ve yapıyı bütünüyle yansıtmayacağından dolayı malzeme parametreleri ilgili kaynaklardan kabul yapılarak seçilmiştir. Sonlu elemanlar modelinde kullanılan malzemeler ve özellikleri Çizelge 3.5.' te verilmiştir.
- Yapı üzerinde deprem etkilerinin tam olarak hesaplanabilmesi için Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe göre kütle katılım oranı betonarme yapılar için % 90 olması zorunludur. Yığma yapılar için ise böyle bir kıstas yoktur. Hamidiye Cami modelinin deprem hesabında ilk 20 mod dikkate alınmıştır ve SAP 2000 programı vasıtasıyla kütle katılım oranı % 80 olarak hesaplanmıştır.
- Hazırlanan matematik modeldeki kirişler üzerine; çatı zati ağırlığı olarak 150 kg/m², hareketli yük olarak 75 kg/m² düşey olarak etkilmiştir.
- Hamidiye Cami'nin kubbe ve kirişleri ahşap malzemedan imal edilmiştir, kubbeden sütuna geçiş elemanlarının sadece görsel amaçlı yapıldığı ve taşıyıcı bir özelliğinin olmadığı kabul edilmiş ve yapılan kabule göre kubbe, kubbe köşe elemanlarına oturtulmuştur.
- Kubbe örtüsü kalınlığı 5 cm kabul edilmiştir.
- Hazırlanan model üzerinde 5 değişik kombinasyon tanımlanmıştır. Bu kombinasyonlar sırasıyla şu şekildedir:

Kombinasyon 1:

Yüklemeler: 1G+1Q

Kombinasyon 2:

Yüklemeler: 1G+1Q+E_x

Kombinasyon 3:

Yüklemeler: 1G+1Q+E_y

Kombinasyon 4:

Yüklemeler: Time History X: 1G+1Q+ZTAX

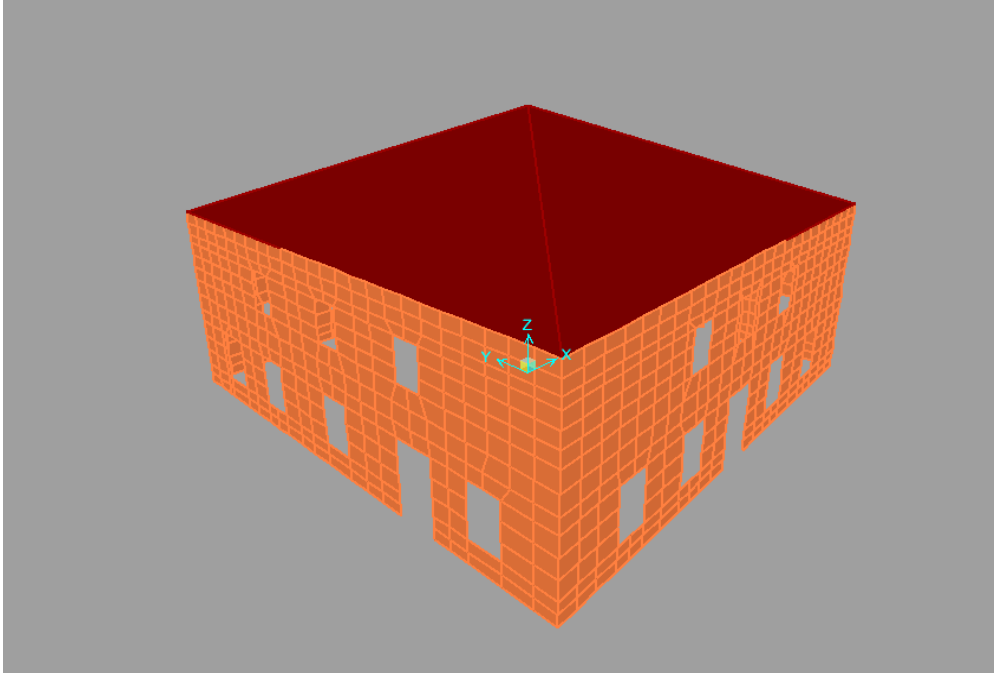
Kombinasyon 5:

Yüklemeler: Time History Y: 1G+1Q+ZTAY

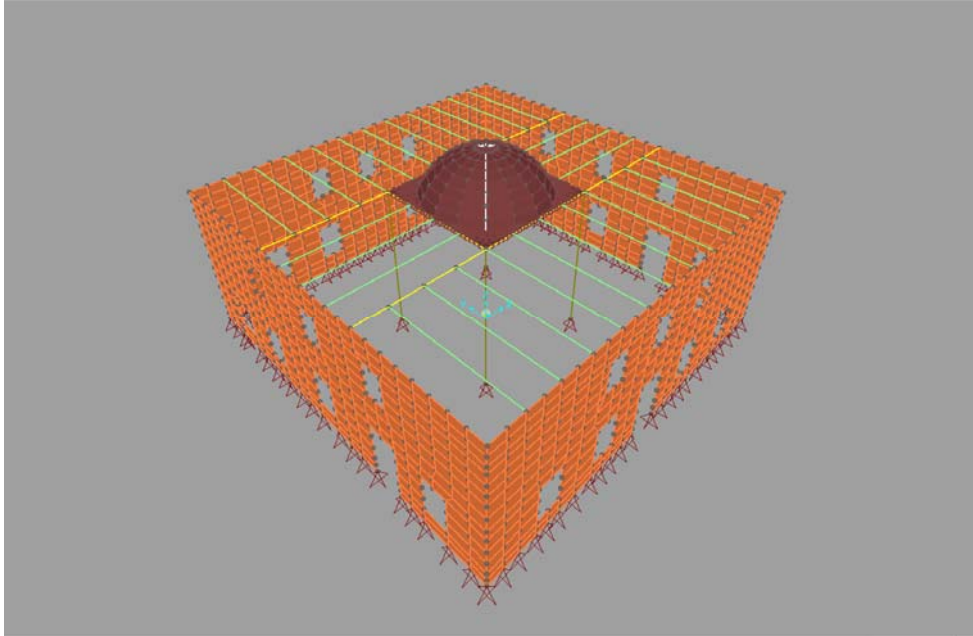
- Son olarak mevcut yapının DBYBHY 2007' ne göre basınç ve kayma gerilmeleri elle hesaplanmış ve dinamik analiz sonuçları bir tablo halinde sunulmuştur.

Tanımlanan kombinasyonlarda Q hareketli yük, G ölü yük, E_x ve E_y hesapla oluşturulan X ve Y yönündeki deprem yükleri, ZTAX ve ZTAY 1999 Düzce depreminin doğu-batı doğrultusundaki X ve Y yönündeki zaman tanım alanında deprem ivme verileridir. Bu deprem verileri <http://kyh.deprem.gov.tr/kocaeli.htm> sitesinden temin edilmiştir.

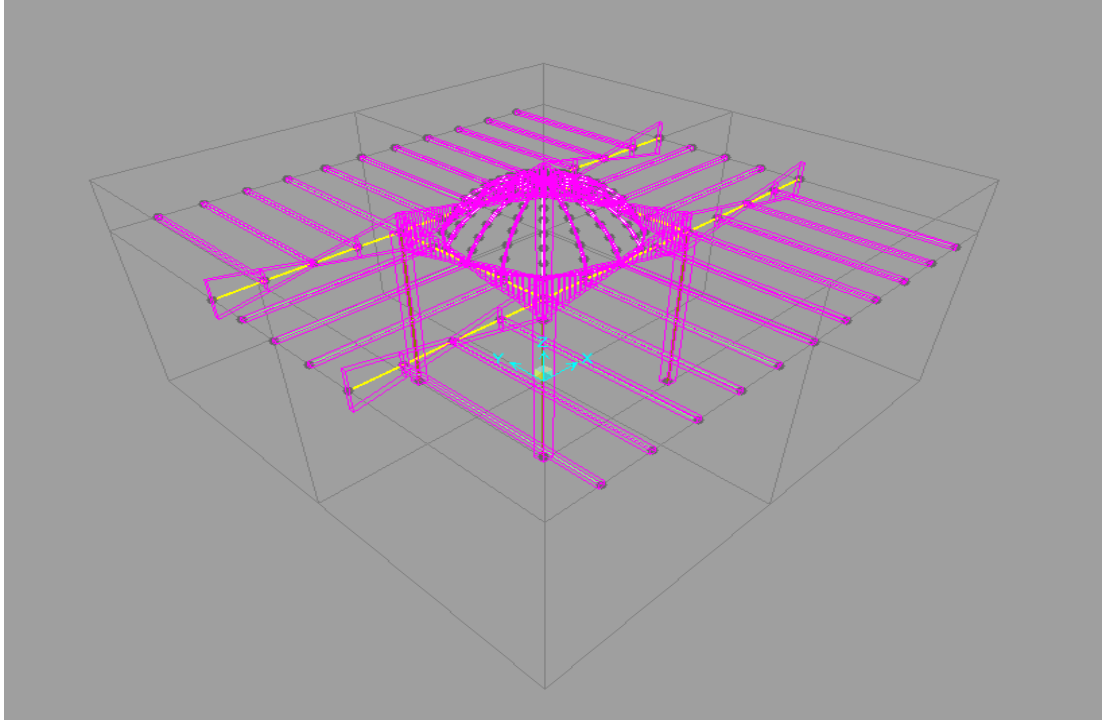
Modelleme bu parametreler ve malzeme özellikleri alınarak yapılmıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.2. ve 4.3.).



Şekil 4.1. Hamidiye Cami Model Dış Görünüş



Şekil 4.2. Hamidiye Cami Duvar, Kubbe, Kiriş ve Mesnet Görünüşleri



Şekil 4.3. Hamidiye Cami Ahşap Konstrüksiyon (kiriş, kemer ve kubbe) Görünüş

4.2. Malzeme Emniyet Gerilmeleri

Malzeme Emniyet Gerilmeleri yürürlükteki yönetmeliklerden alınmış, Hamidiye Cami sonlu elemanlar modelinin statik ve dinamik analiz sonuçlarından elde edilen gerilmeler ile kıyaslanabilmesi açısından Çizelge 4.1., 4.2., ve 4.3.' te gösterilmiştir.

4.2.1. Taş ve ahşap malzeme için kabul edilen emniyet gerilmeleri

Emniyet gerilmeleri; taş malzemeler için, ahşap malzeme için Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları TS 647' ndan alınmıştır.

Çizelge 4.1. Basınç dayanımı belli olmayan veya duvar dayanım değeri yapılmamış duvarların basınç emniyet gerilmeleri

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi f_{em} (N/mm ²)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35-45'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %45'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.5
Dolu blok tuğla ve harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.3
Gazbeton (tutkal ile)	0.6
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.8

Çizelge 4.2. Duvarların çatlama emniyet gerilmeleri

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi τ_0 (N/mm ²)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla ve harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15
Taş duvar (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.1
Gazbeton (tutkal ile)	0.15
Dolu beton briket (çimento harcı ile)	0.20

Çizelge 4.3. Ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri (Esas yükler için)

TS 647'e göre ahşap yapı elemanları için emniyet gerilmeleri (Esas Yükler için)					
Gerilme türü	Notasyon	Emniyet gerilmeleri (N/mm ²)			
		İğne yapraklılar			Meşe Kayın
		I.sınıf	II.sınıf	III.sınıf	
Eğilme	$\sigma_{e,em}$	13	10	7	11
Liflere paralel çekme	$\sigma_{ç,em}$	10,5	8,5	0	11
Liflere paralel basınç	$\sigma_{b,em}$	11	8,5	6	10
Liflere dik basınç	$\sigma_{b,em}$	2	2	2	3
Makaslama	τ_{em}	0,9	0,9	0,9	1

4.3. Deprem Yüklerinin Hesaplanması

Kombinasyon 3 ve 4' te kullanılan E_x ve E_y ' nin hesaplanabilmesi için DBYBHY 2007' nde verilen bazı kabuller yapılmış ve Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. DBYBHY 2007' nden hesap için kabul edilen parametreler

A₀ (Deprem Bölgesi)	I(Bina Önem Katsayısı)	Z3(Zemin Sınıfı)	R(Yapı Davranış Katsayısı)
0.40	1.4	$T_A = 0.15$ s $T_B = 0.60$ s	2

Deprem İvme Spektrum Eğrisini çizebilmek için DBYBHY 2007' nden denklem 2.2 ve 2.3' den yararlanılmıştır.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5)T/T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.1)$$

$$R_a(T)=R \quad (T_A < T) \quad (4.2)$$

$$S(T)=1+1.5T/ T_A \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (4.3)$$

$$S(T)=2.5 \quad (T_A < T \leq T_B) \quad (4.4)$$

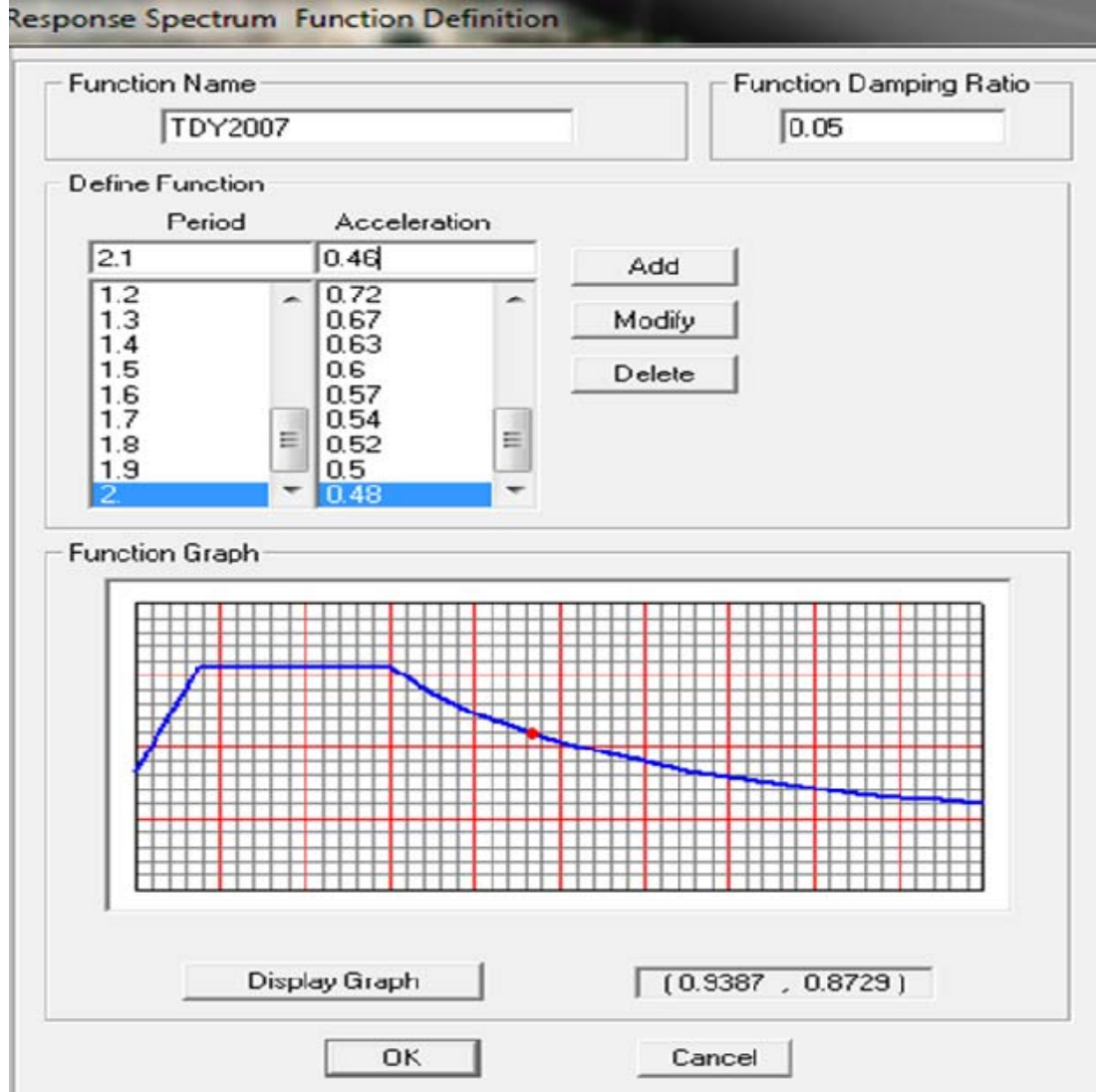
$$S(T)=2.5(T_B/T)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (4.5)$$

Bu denklemlerden elde edilen S(T), R_a ve S(T)/R_a sonuçları Çizelge 4.5.' te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Hesaplanan S(T), R_a ve S(T)/ R_a sonuçları

T	S(T)	R _a	S(T)/ R _a
0	1	1.5	0.67
0.15	2.5	2	1.25
0.2	2.5	2	1.25
0.3	2.5	2	1.25
0.4	2.5	2	1.25
0.5	2.5	2	1.25
0.6	2.5	2	1.25
0.7	2.210	2	1.1
0.8	1.986	2	0.99
0.9	1.807	2	0.90
1	1.661	2	0.83
1.1	1.539	2	0.77
1.2	1.436	2	0.72
1.3	1.347	2	0.67
1.4	1.269	2	0.63
1.5	1.201	2	0.60
1.6	1.141	2	0.57
1.7	1.087	2	0.54
1.8	1.038	2	0.52
1.9	0.994	2	0.50
2	0.954	2	0.48
2.1	0.918	2	0.46

DBYBHY 2007' nden elde edilen bu veriler neticesinde SAP2000 programında Davranış Spektrum Eğrisi çizildi (Şekil 4.4.).



Şekil 4.3. Davranış Spektrum Eğrisi

DBYBHY 2007' nden denklem 2.1' den yararlanılarak Spektral İvme Katsayısı

$$A(T)=A_0 I S(T) \quad (4.6)$$

formülünden $0.4*1.4*9,81=5.4936 \text{ kN.m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır.

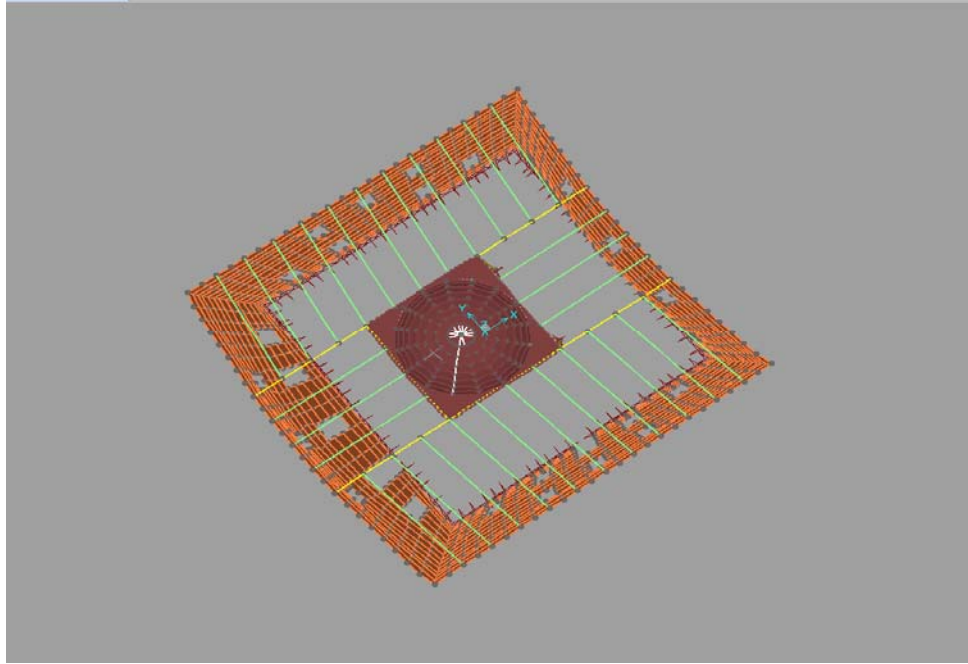
4.4. Model Statik ve Dinamik Analiz Sonuçları

Model üzerinde tanımlanan kombinasyonlara göre ilk 20 modda kütle katılım oranı maksimum %80' e ulaşmıştır. 1. mod' da hakim yön x-x yönü olup, periyot 0.4966 saniye, 2. mod' da hakim yön y-y olup periyot, 0.4957 saniyedir. Kritik modlarla ilgili periyotlar ve kütle katılım oranları Çizelge 4.6.' da verilmiştir.

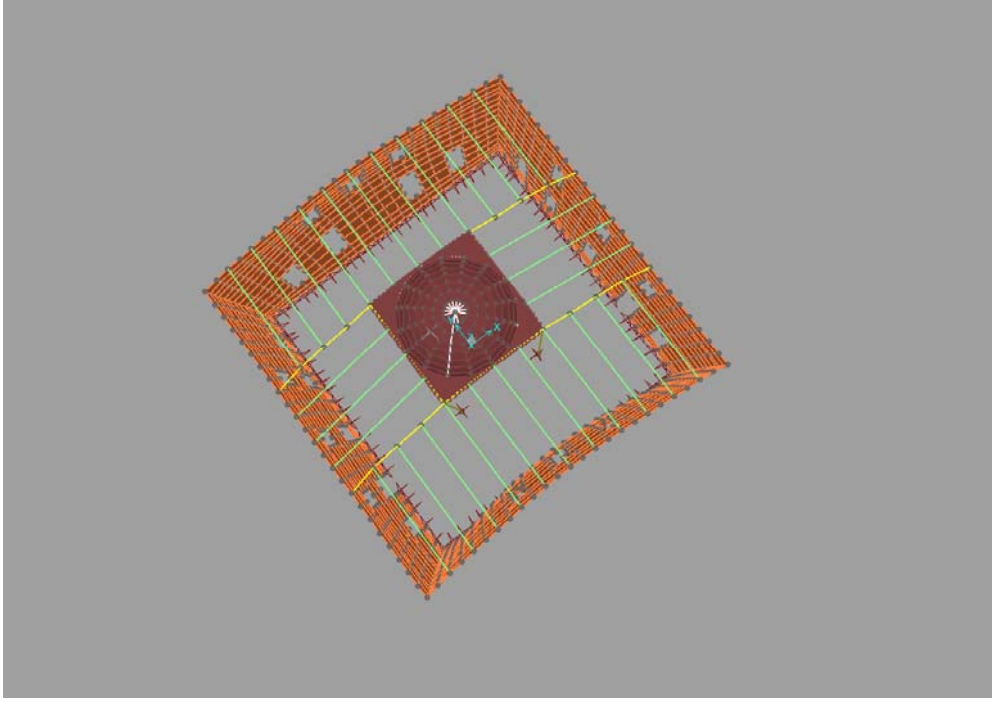
Çizelge 4.6. Modlara göre periyotlar ve kütle katılım oranları

Modlar	Periyot(s)	X Yönünde Kütle Katılım Oranı	Y Yönünde Kütle Katılım Oranı
1	0.4966	0.615	0
2	0.4957	0.615	0.653
3	0.3791	0.615	0.653
4	0.3518	0.615	0.653
19	0.2040	0.796	0.807
20	0.1989	0.796	0.807

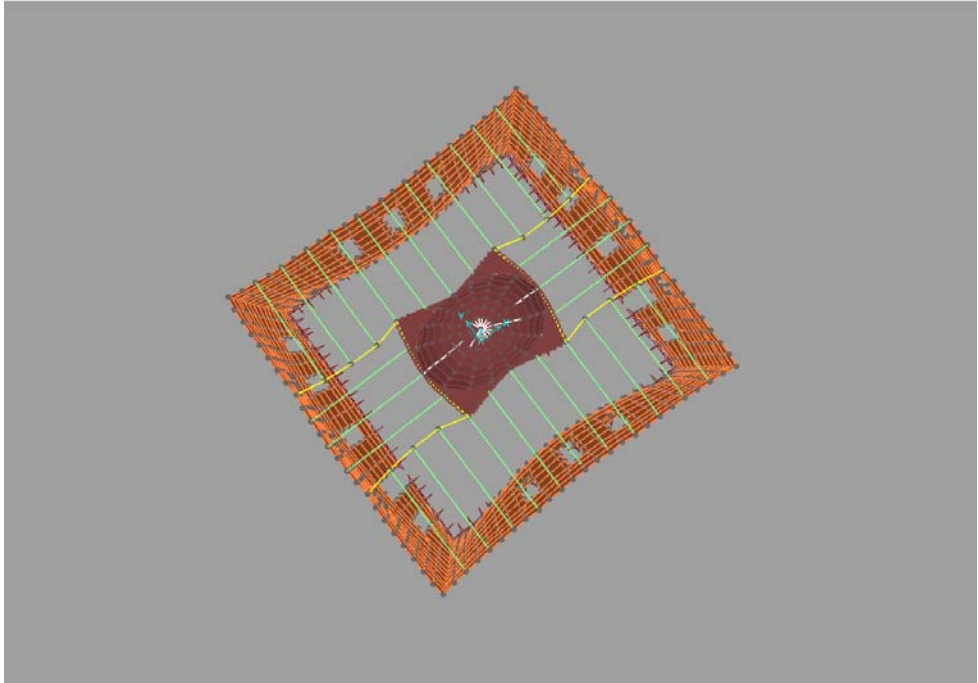
SAP2000 Programı ile yapılan modal analiz sonucunda ilk dört serbest titreşim modu Şekil 4.5., 4.6., 4.7., 4.8.' de gösterilmiştir.



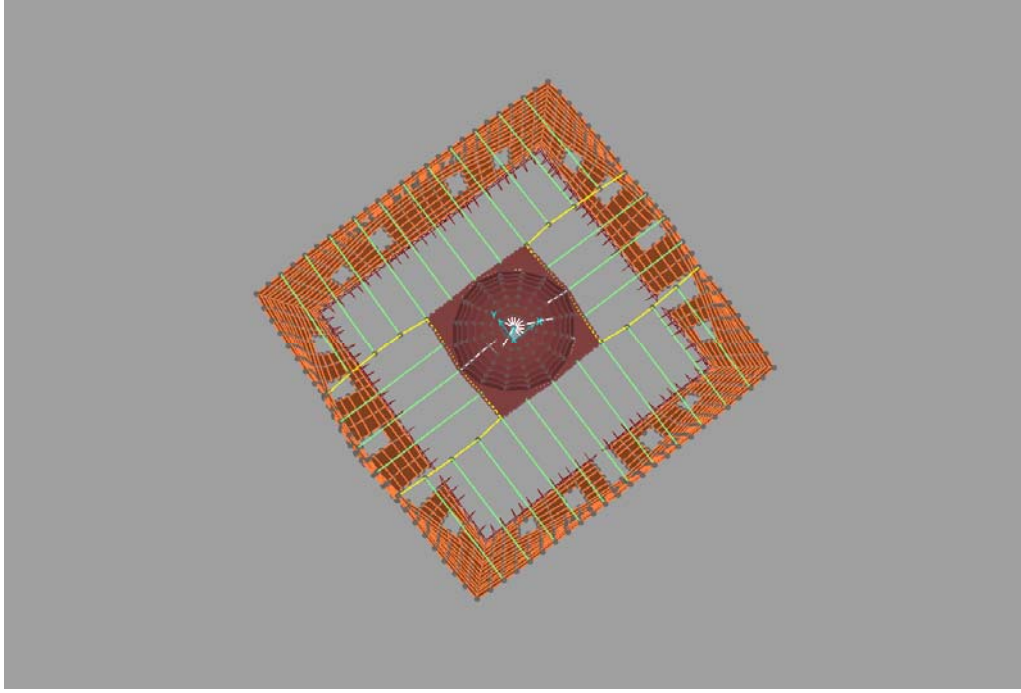
Şekil 4.4. 1. Mod T1=0.4966 s



Şekil 4.5. 2. Mod $T_2=0.4957$ s



Şekil 4.6. 3. Mod $T_3=0.3791$ s



Şekil 4.7. 4. Mod $T_4=0.3518$ s

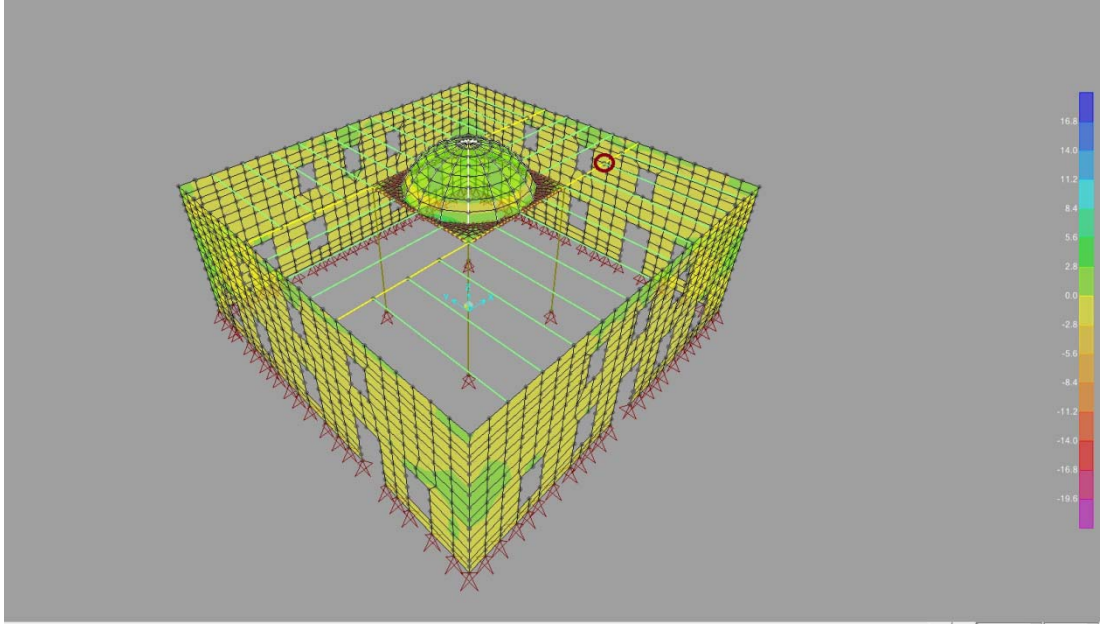
4.4.1. Kombinasyon 1 analiz sonuçları

Yükleme 1: 1G+1Q

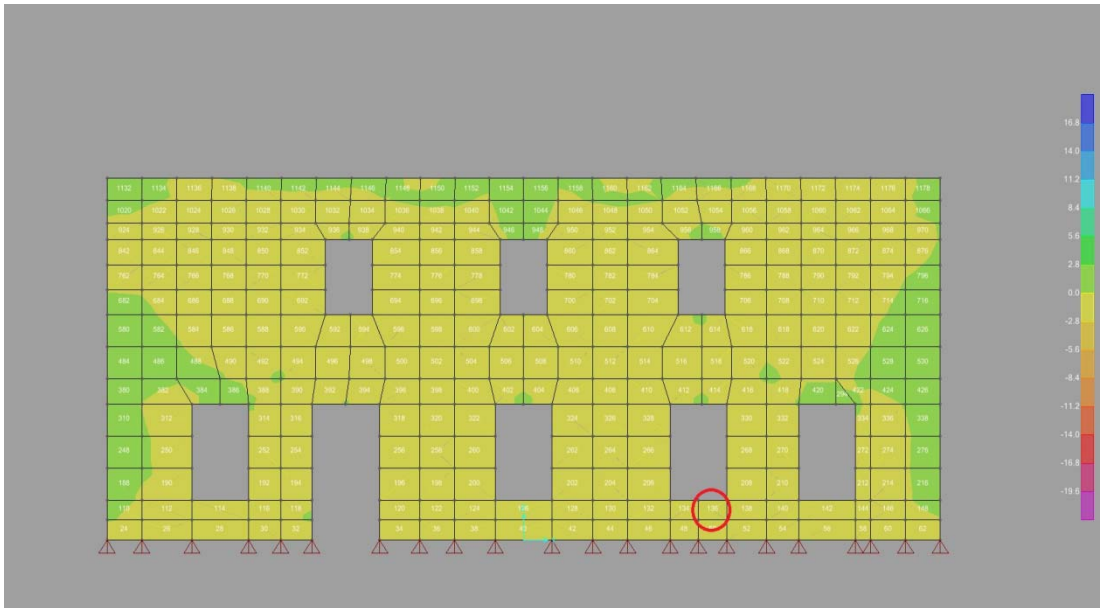
Analiz neticesinde; zati ve hareketli yük altında meydana gelen maksimum düşey deplasman 1353 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (z yönünde) yaklaşık -22.41 mm' dir. 1353 numaralı eleman ahşap kirişlerin birleşim noktası olup ilgili nokta Şekil 4.8.' de işaretlenmiştir.

Shell elemanlar için;

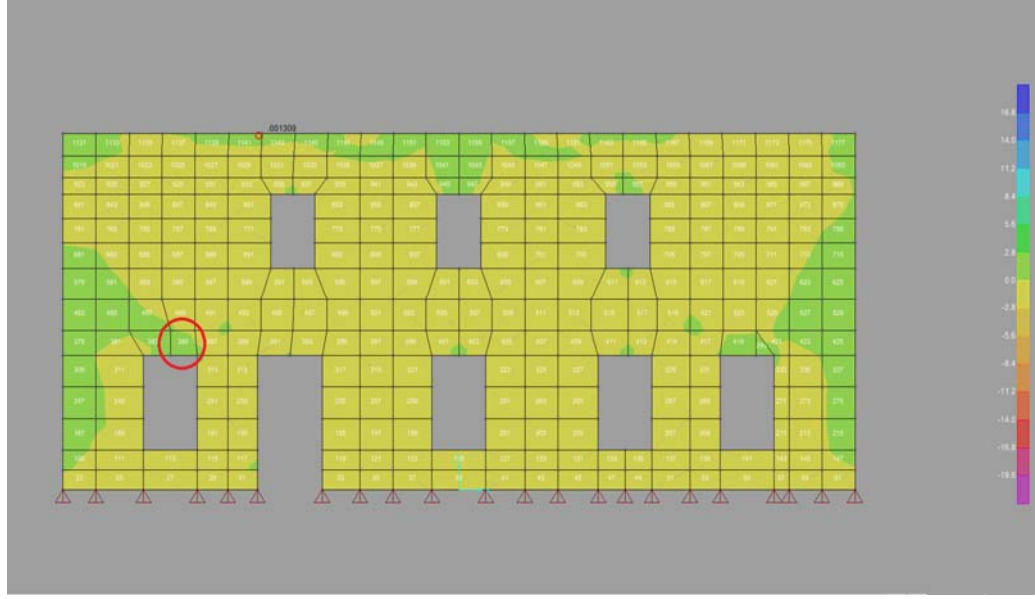
S1-1: X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.8.' de verilmiştir. Analiz neticesinde, 136 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -0.071 N/mm², 385 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise: 0.077 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Kombinasyon 1 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı

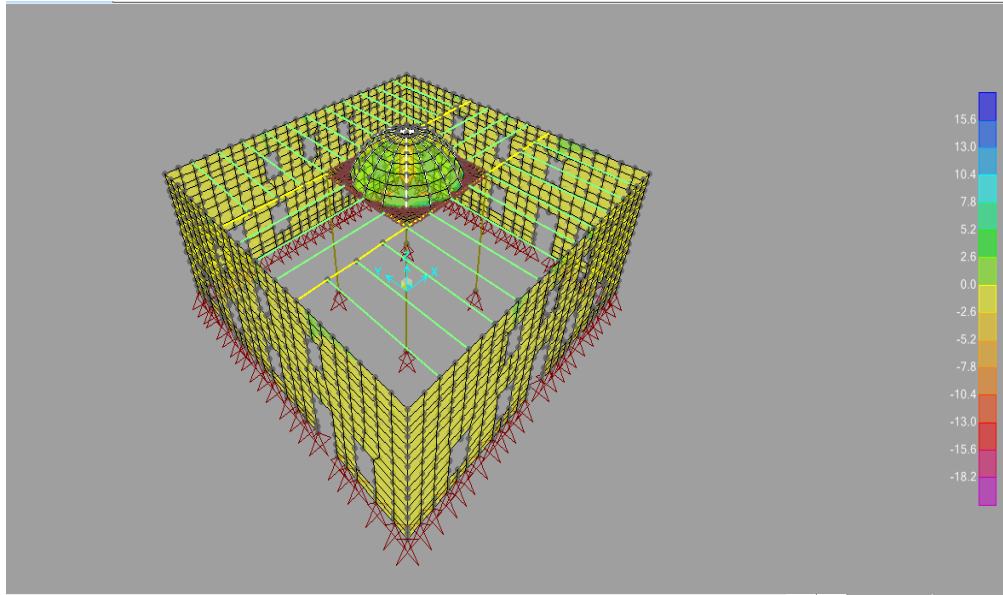


Şekil 4.9. 136 numaralı shell eleman

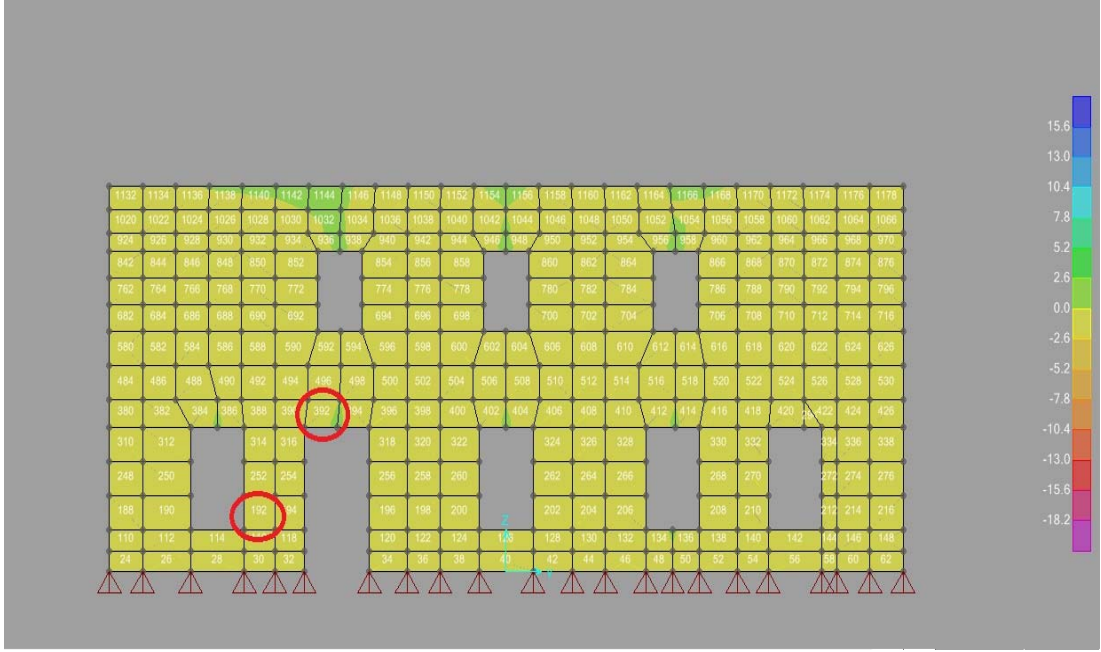


Şekil 4.10. 385 numaralı shell eleman

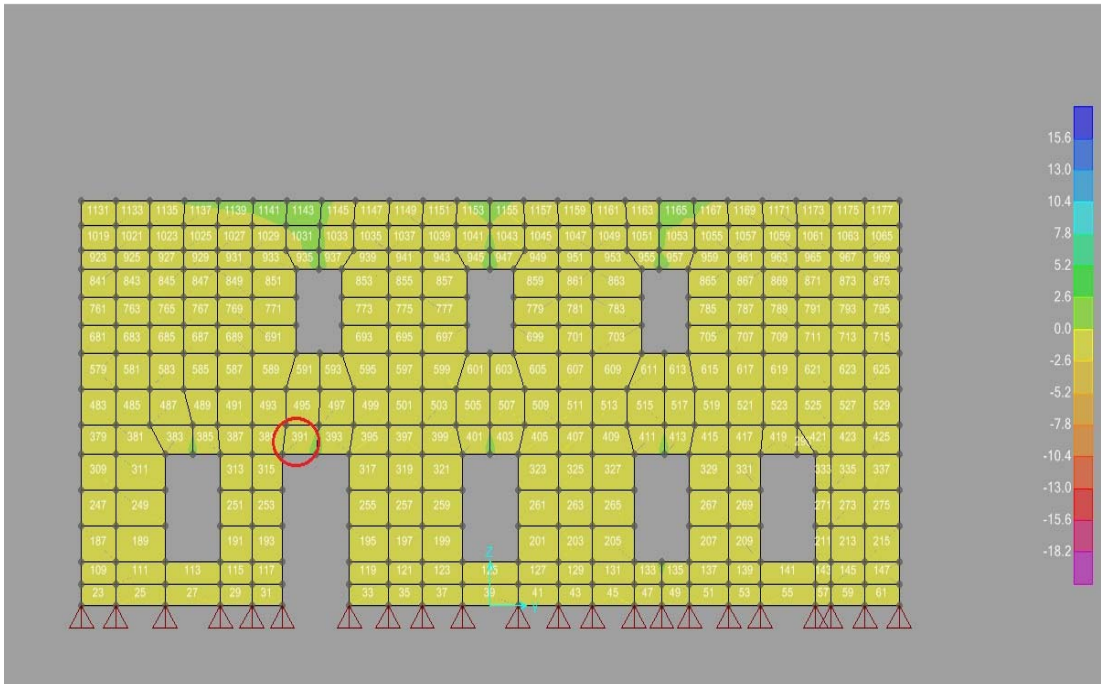
S2-2: Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.11.' de verilmiştir. Analiz neticesinde 192 numaralı shell elemanlarda maksimum basınç gerilmesi: -0.386 N/mm^2 , 391 ve 392 numaralı shell elemanlarda ise maksimum çekme gerilmesi ise: 0.055 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.12. ve Şekil 4.13.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Kombinasyon 1 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımı

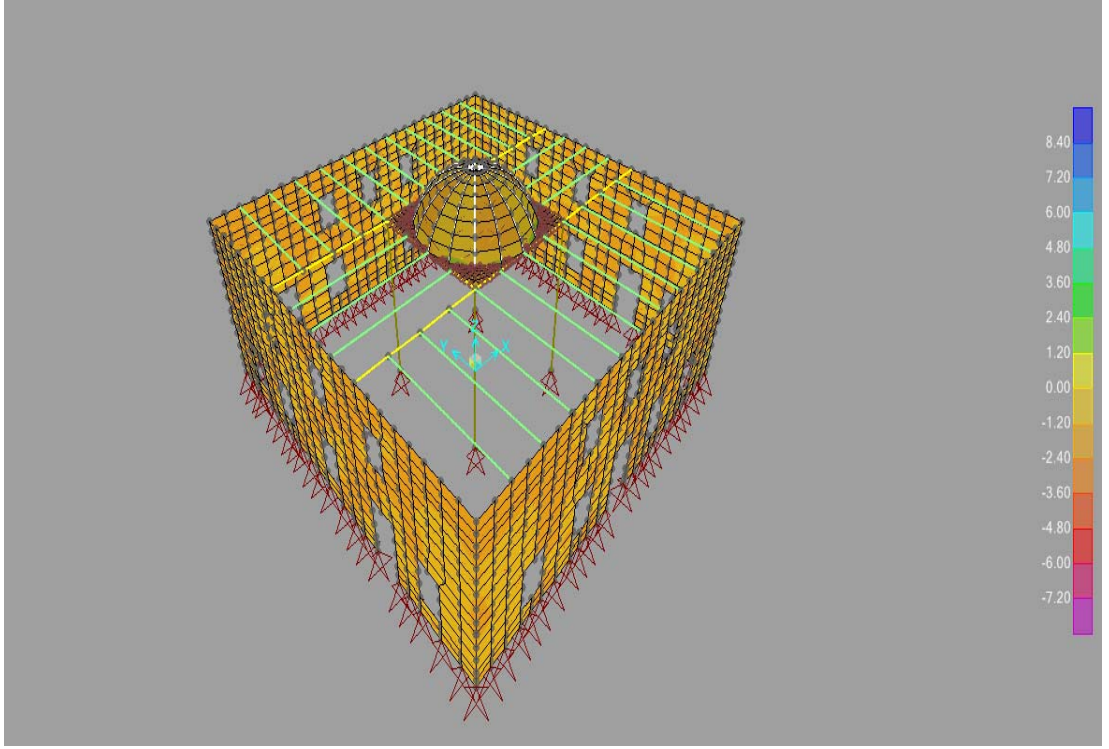


Şekil 4.12. 192 ve 392 numaralı shell elemanlar

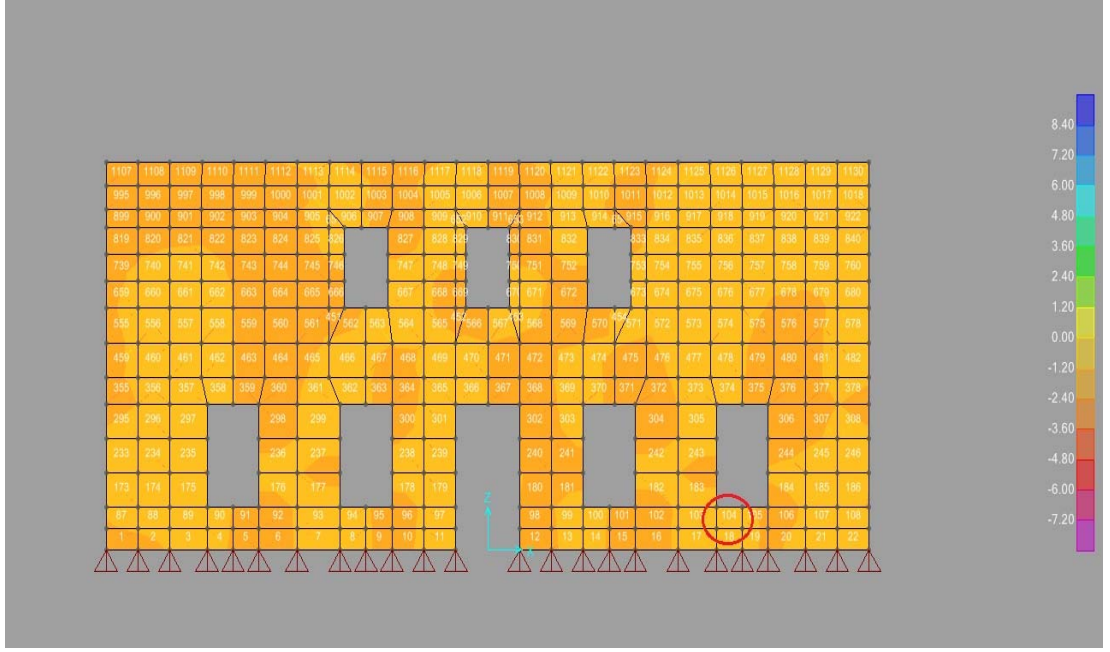


Şekil 4.13. 391 numaralı shell eleman

S1-2: Kayma sınır gerilmeleri Şekil 4.14.' de verilmiştir. Analiz neticesinde, 104 numaralı shell elemanda maksimum kayma gerilmesi; 0.084 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Bu shell eleman Şekil 4.15' de gösterilmiştir.

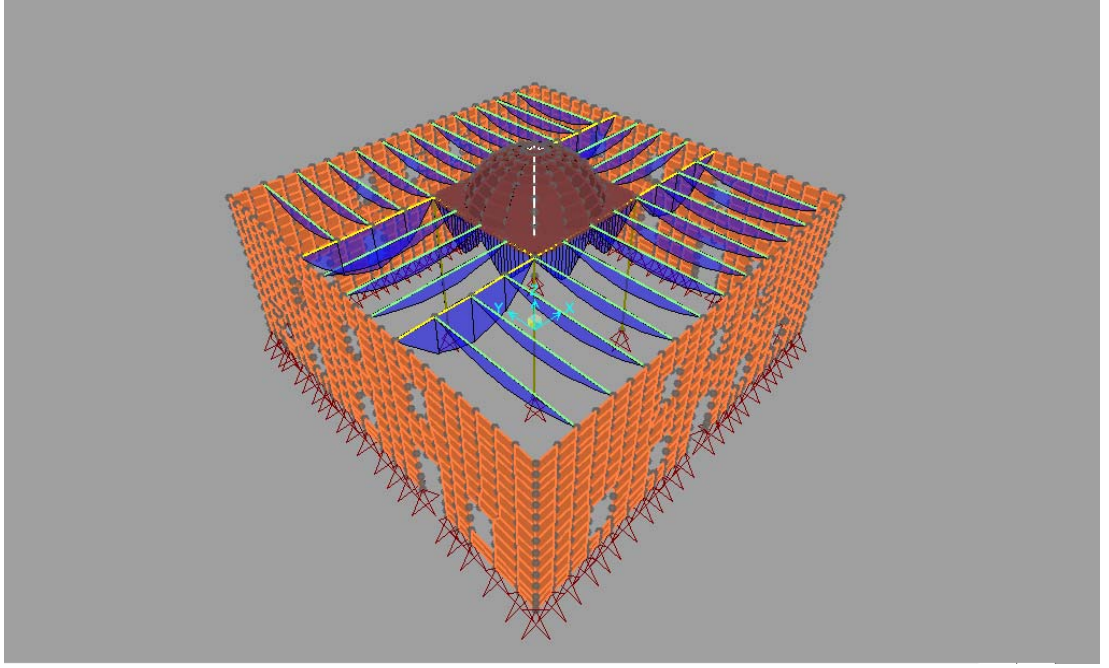


Şekil 4.14. Kombinasyon 1 etkisinde (S1-2) kayma sınır gerilme dağılımı



Şekil 4.15. 104 numaralı shell eleman

Frame elemanlar için; Ahşap taşıyıcı kirişlerdeki kuvvetli eksen etrafında oluşan momentler (Moment 3-3 diyagramı) Şekil 4.16.' da gösterilmiştir. Şekil itibariyle bu taşıyıcı kirişlerin maksimum momentlerinin ahşap kirişlerin açıklık ortalarında olduğu görülmektedir.

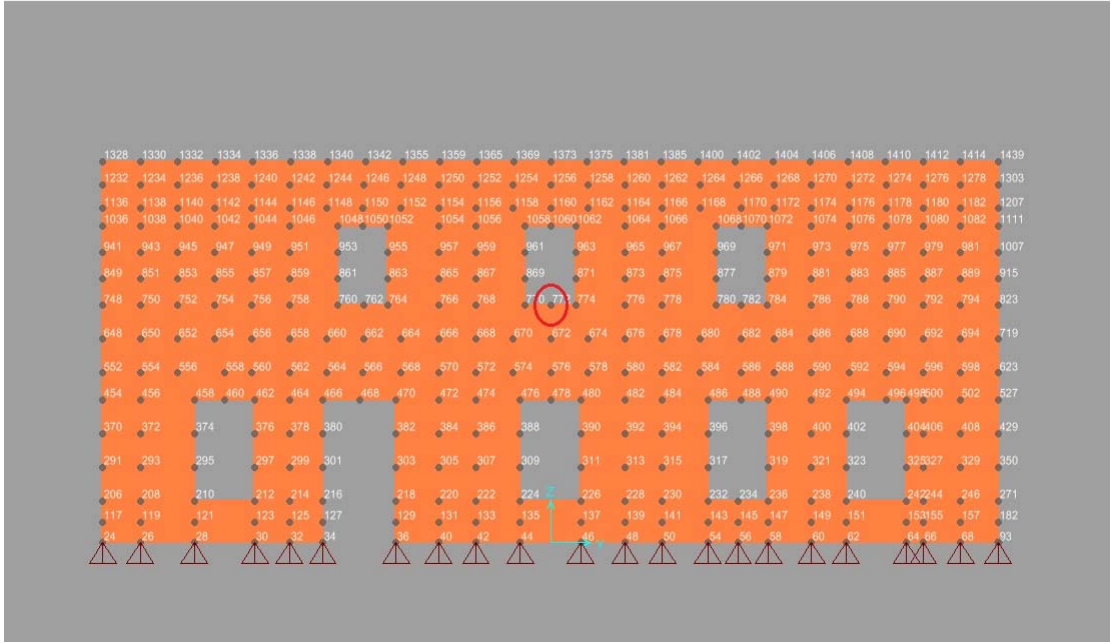


Şekil 4.16. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey yükler altında oluşan moment 3-3 diyagramı

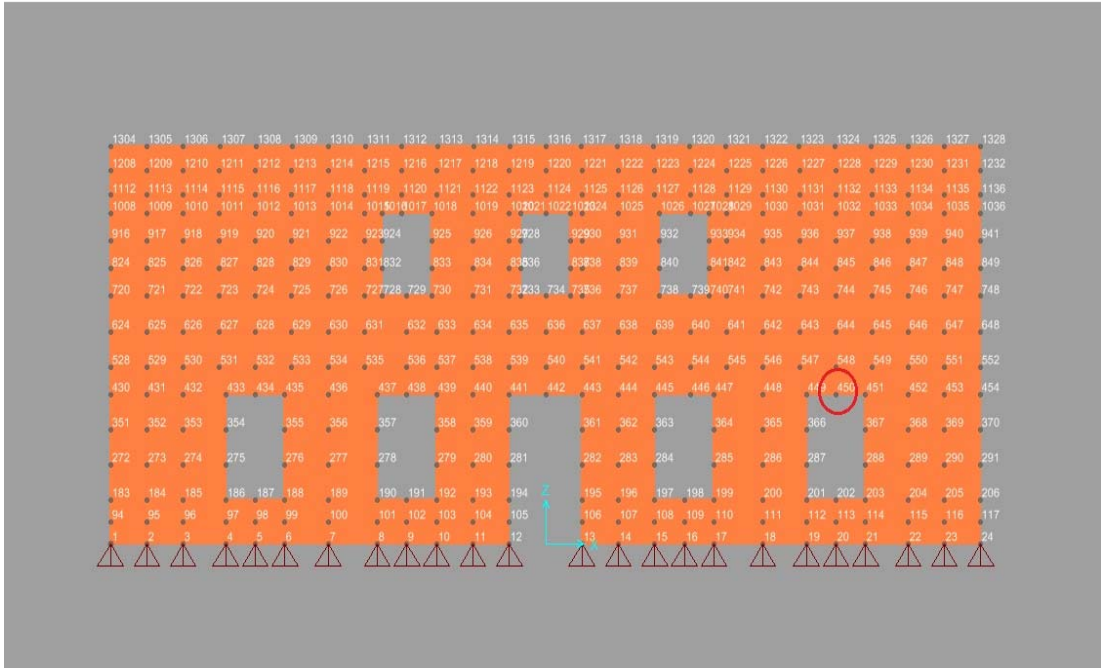
4.4.2. Kombinasyon 2 analiz sonuçları

1G+1Q+1E_x

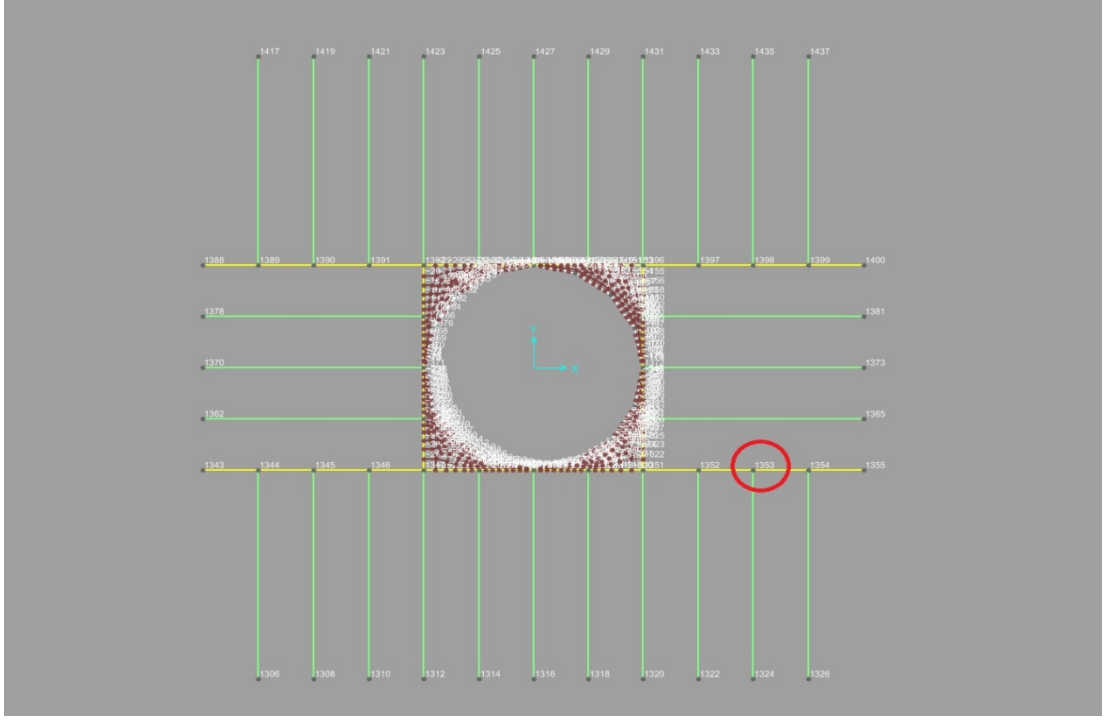
Analiz neticesinde; zati, hareketli ve X-X doğrultusundaki deprem yükü altında meydana gelen X yönündeki deplasman; 772 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (x yönünde) -132.70 mm' dir. Y yönündeki deplasman; 450 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (y yönünde) -9.15 mm' dir. Z yönündeki deplasman 1353 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (z yönünde) -24.87 mm' dir. Bu kritik noktalar Şekil 4.17., 4.18. ve 4.19.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.17. 772 numaralı düğüm noktası



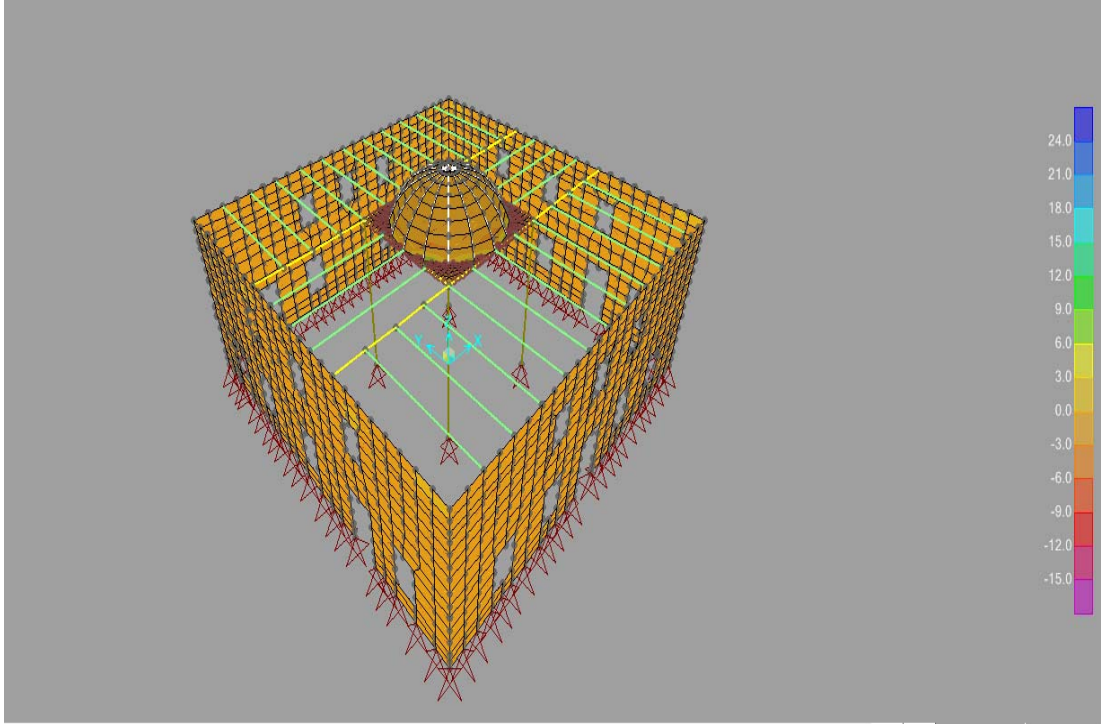
Şekil 4.18. 450 numaralı düğüm noktası



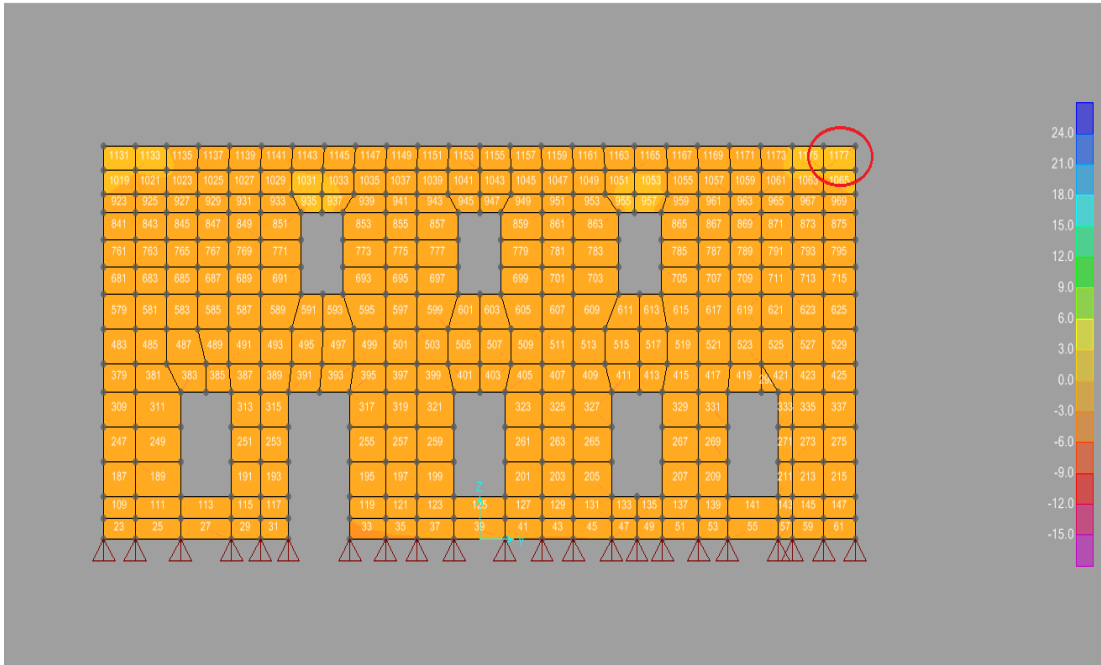
Şekil 4.19. 1353 numaralı düğüm noktası

Shell elemanlar için;

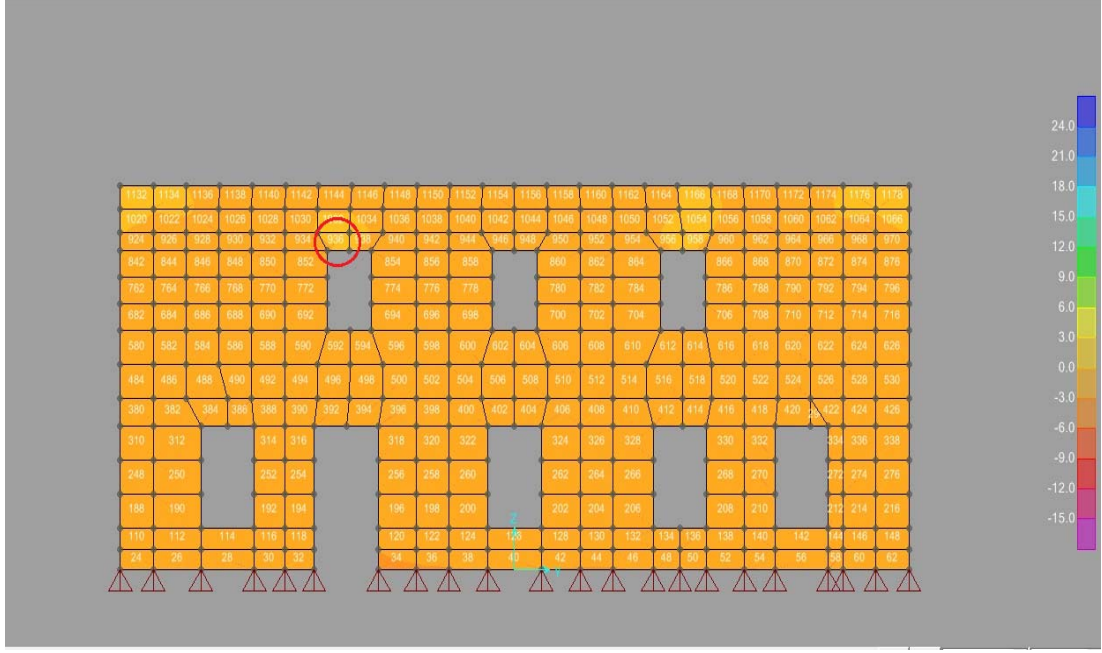
S1-1: X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.20.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1177 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -6.064 N/mm^2 , 936 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilme ise: 6.048 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu shell elemanlar; Şekil 4.21. ve Şekil 4.22.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Kombinasyon 2 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı

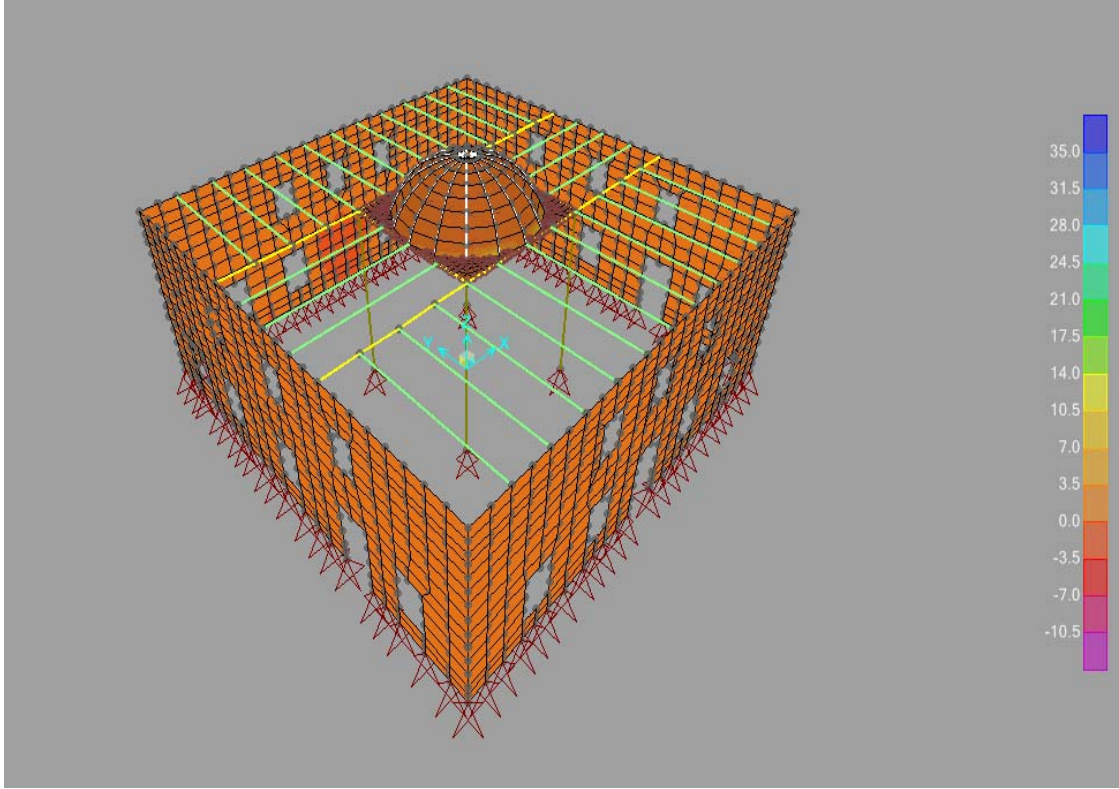


Şekil 4.21. 1177 numaralı shell eleman

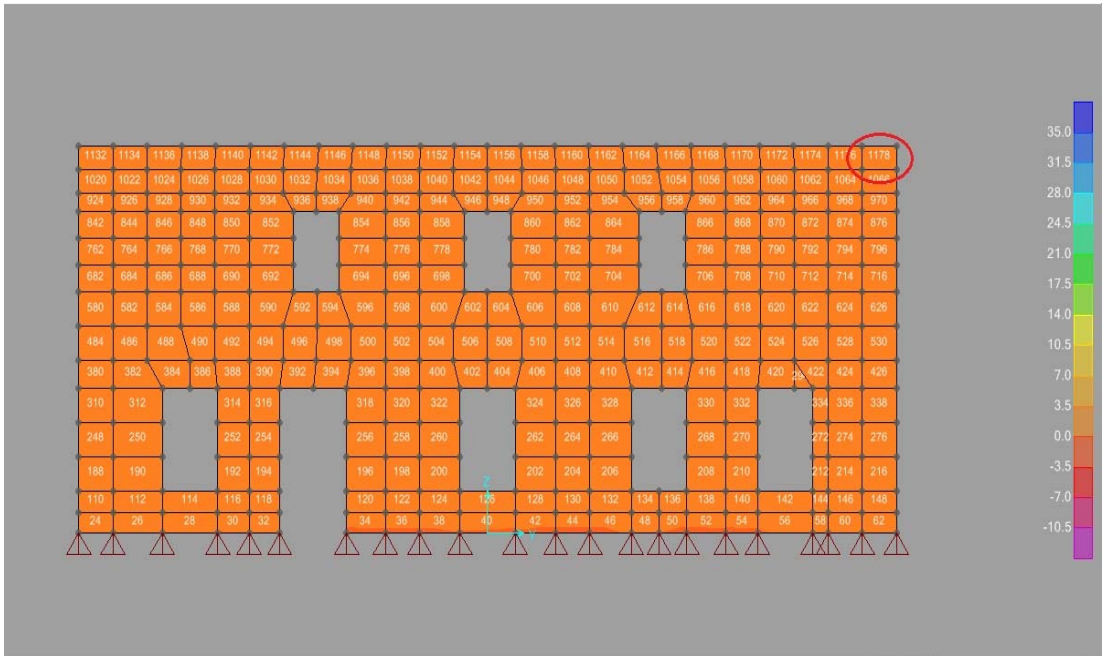


Şekil 4.22. 936 numaralı shell eleman

S2-2: Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.23.' te gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1178 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -6.294 N/mm^2 , yine aynı 1178 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilme ise: 6.197 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. 1178 numaralı shell eleman Şekil 4.24.' de gösterilmiştir.

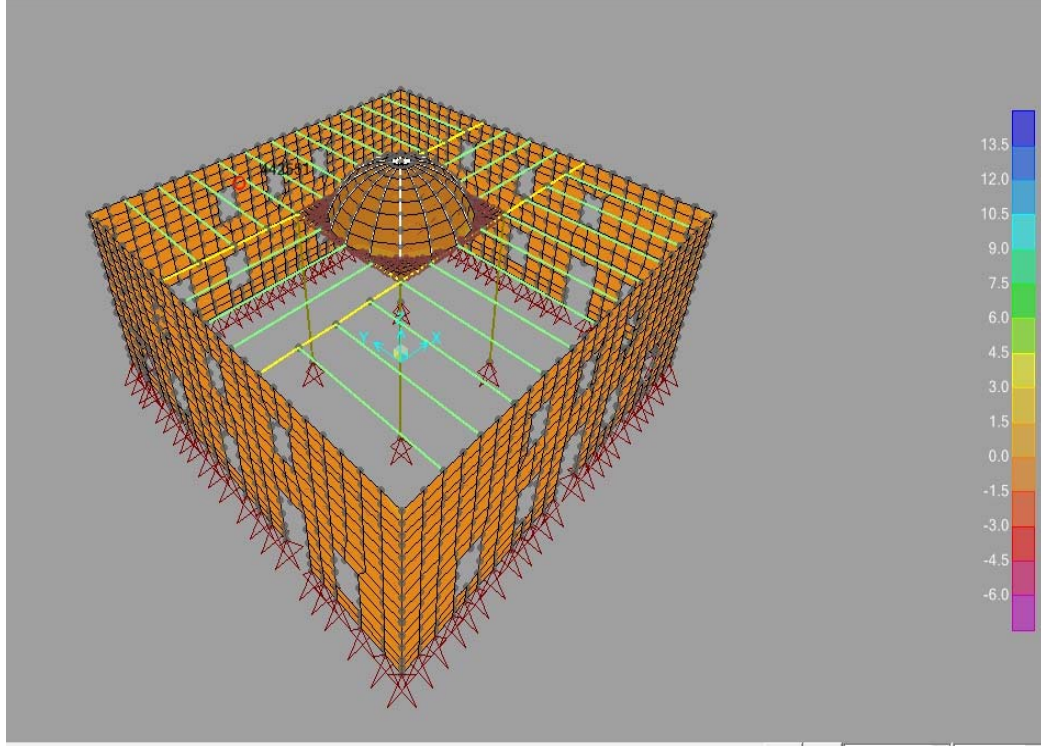


Şekil 4.23. Kombinasyon 2 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımı

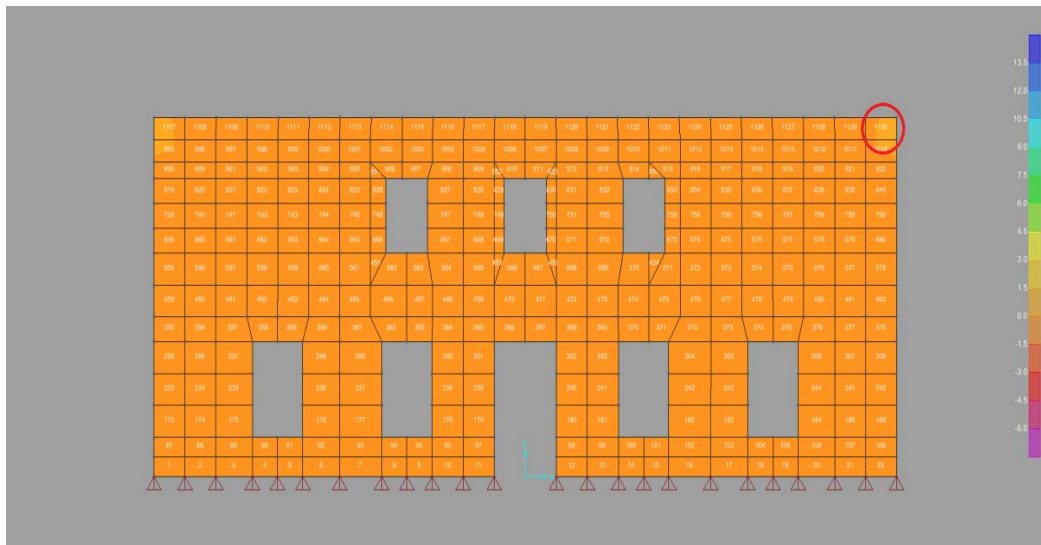


Şekil 4.24. 1178 numaralı shell eleman

S1-2: Kayma sınır gerilme konturu Şekil 4.26.' da gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1130 numaralı shell elemanda maksimum kayma gerilmesi: 3.374 N/mm² olarak hesaplanmıştır. 1130 numaralı shell eleman Şekil 4.27.' de gösterilmiştir.



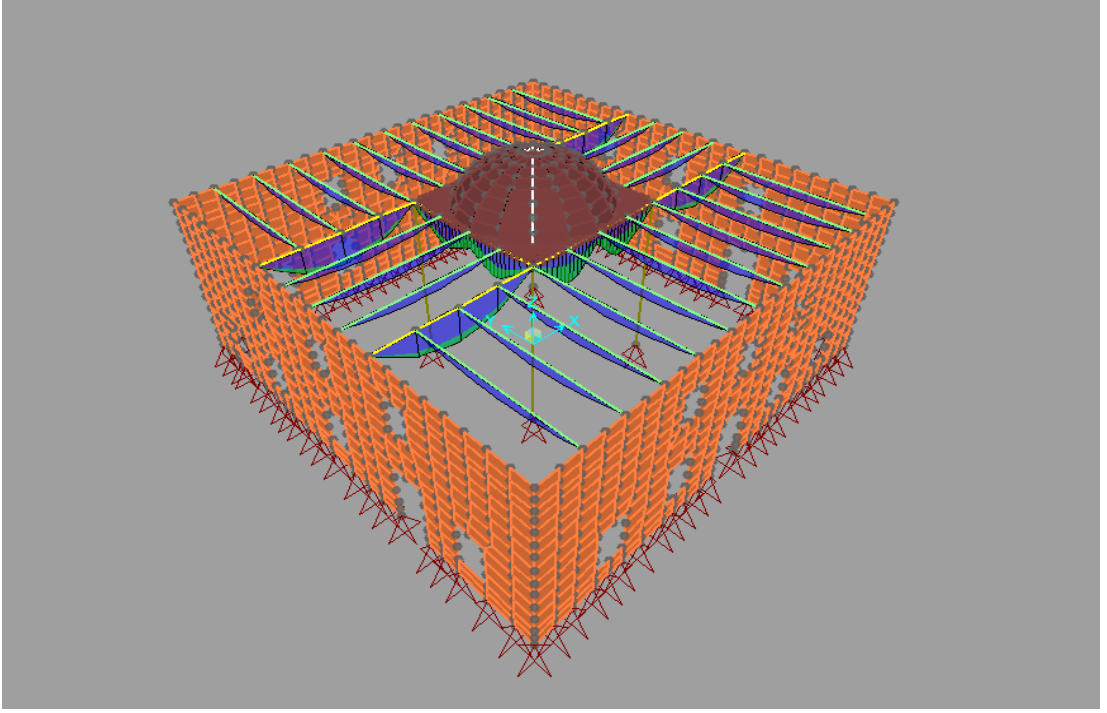
Şekil 4.25. Kombinasyon 2 etkisinde (S1-2) kayma sınır gerilme dağılımı



Şekil 4.26. 1130 numaralı shell eleman

Frame elemanlar için;

Ahşap taşıyıcı sistem etrafında oluşan momentler (Moment 3-3 diyagramı) Şekil 4.28.' de gösterilmiştir. Şekil itibariyle bu taşıyıcı kirişlerin maksimum momentlerinin ahşap kirişlerin açıklık ortalarında olduğu görülmektedir.

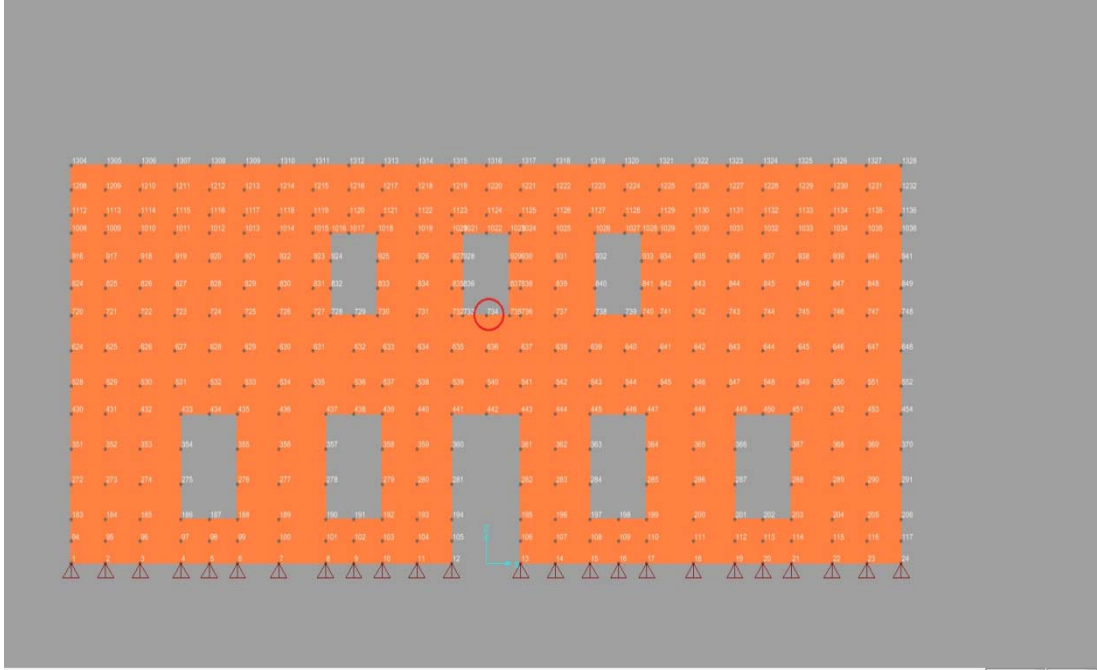


Şekil 4.27. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 2 kombinasyonu altında oluşan moment 3-3 diyagramı

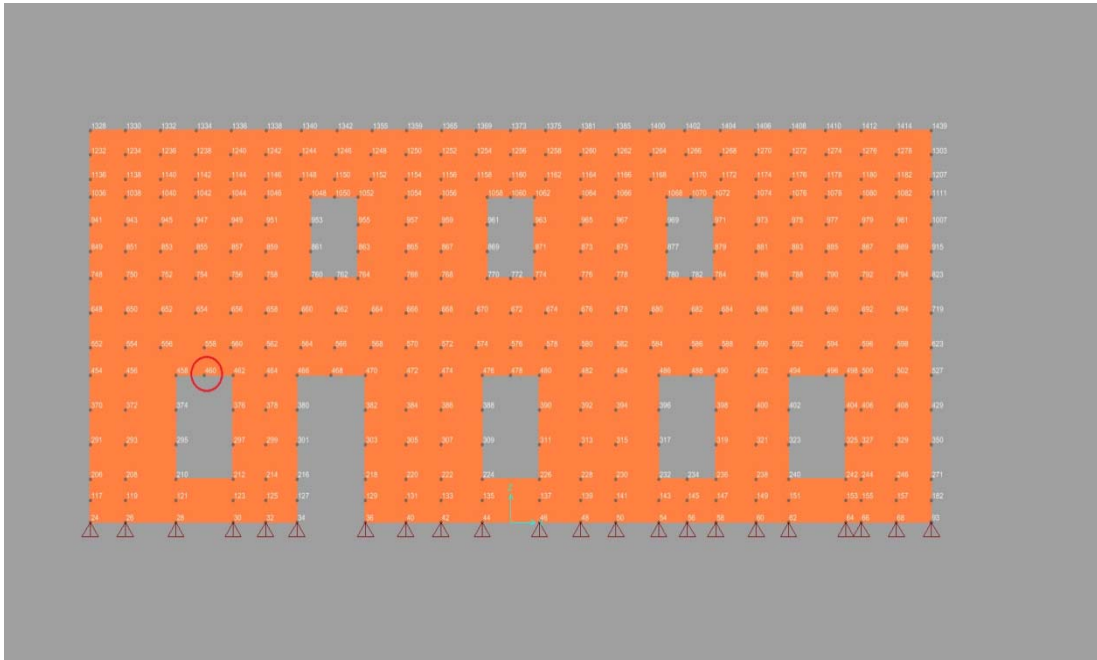
4.4.3. Kombinasyon 3 analiz sonuçları

1G+1Q+E_y

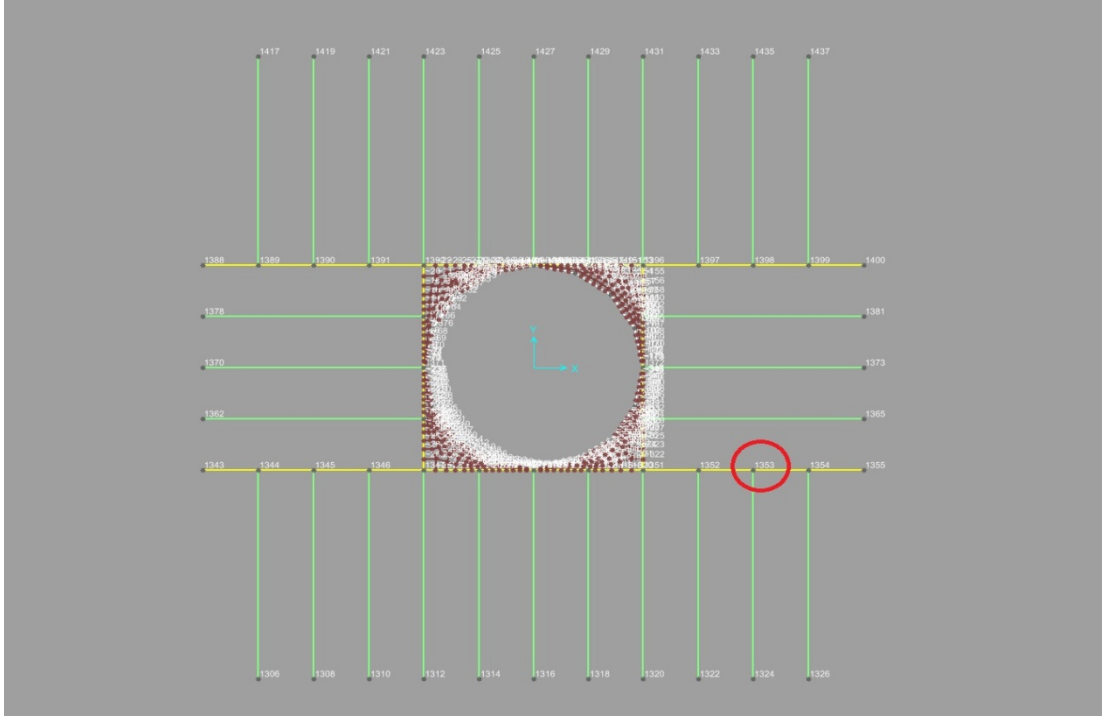
Analiz neticesinde; zati, hareketli ve Y-Y doğrultusundaki deprem yükü altında meydana gelen, y yönündeki deplasman 734 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (y yönünde) -133.87 mm' dir. X yönündeki deplasman 460 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (x yönünde) 9.024 mm' dir. Z yönündeki deplasman 1353 numaralı noktada meydana gelmiştir. Maksimum deplasman (z yönünde) -22.58 mm' dir. Bu kritik noktalar Şekil 4.28., Şekil 4.29. ve Şekil 4.30.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.28. 734 numaralı düğüm noktası



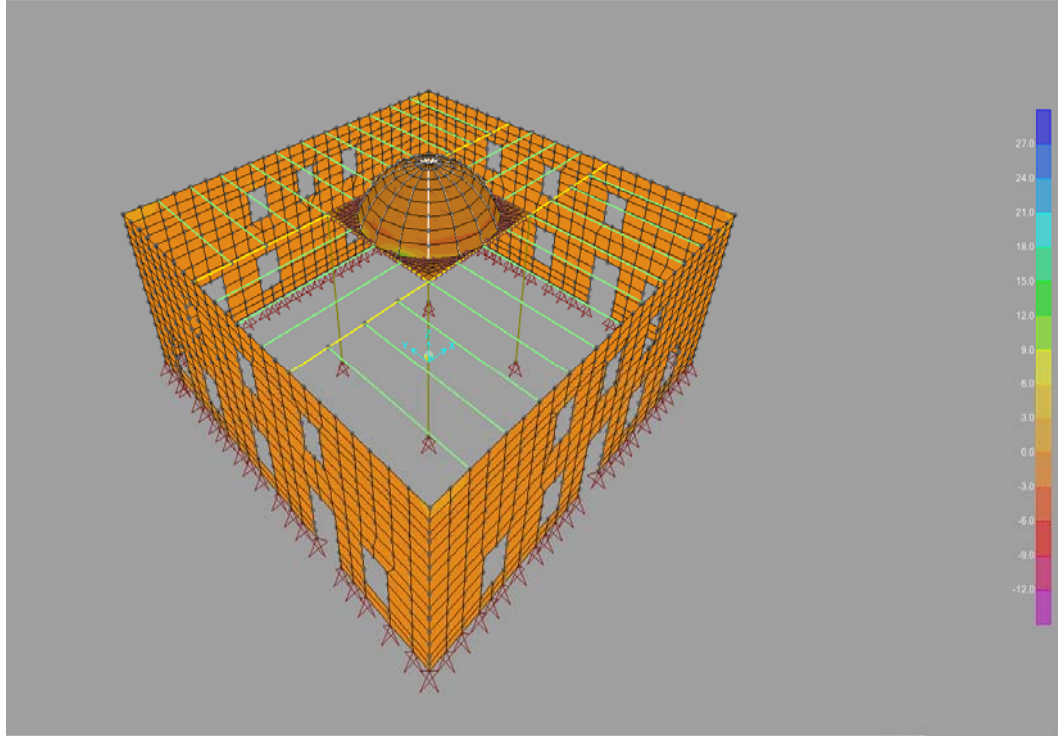
Şekil 4.29. 460 numaralı düğüm noktası



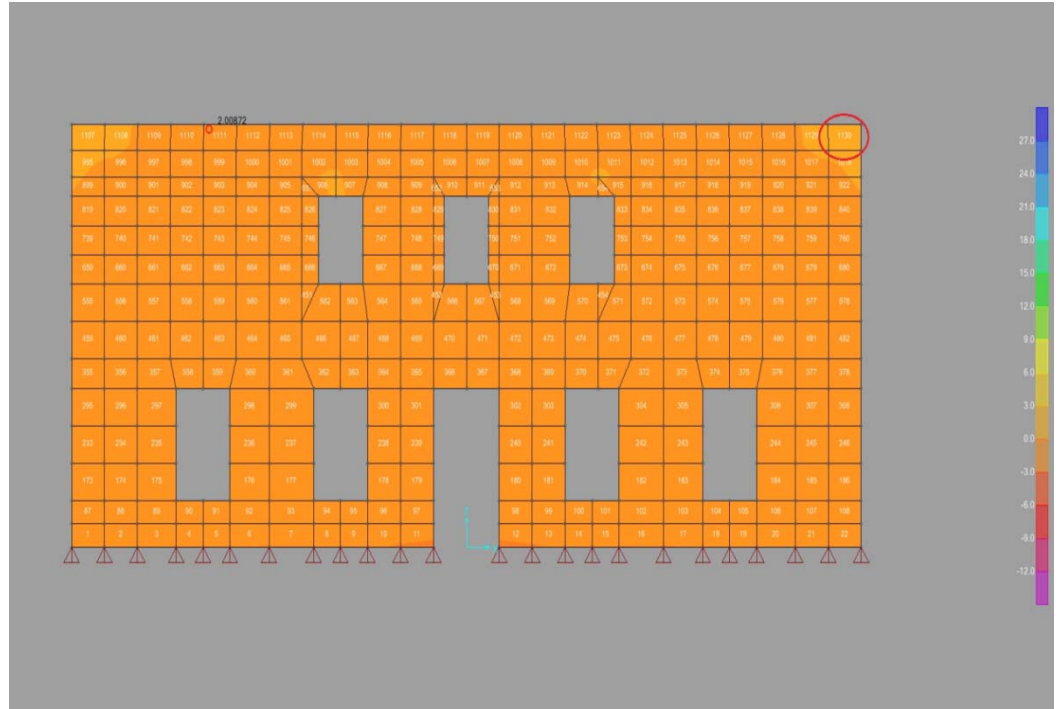
Şekil 4.30. 1353 numaralı düğüm noktası

Shell elemanlar için;

S1-1: X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.31.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1130 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi; -5.486 N/mm^2 , yine aynı shell elemanda maksimum çekme gerilme ise; 5.489 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. 1130 numaralı sheel eleman yapının duvar üst köşe noktasına denk gelmektedir ve Şekil 4.32.' de gösterilmiştir.

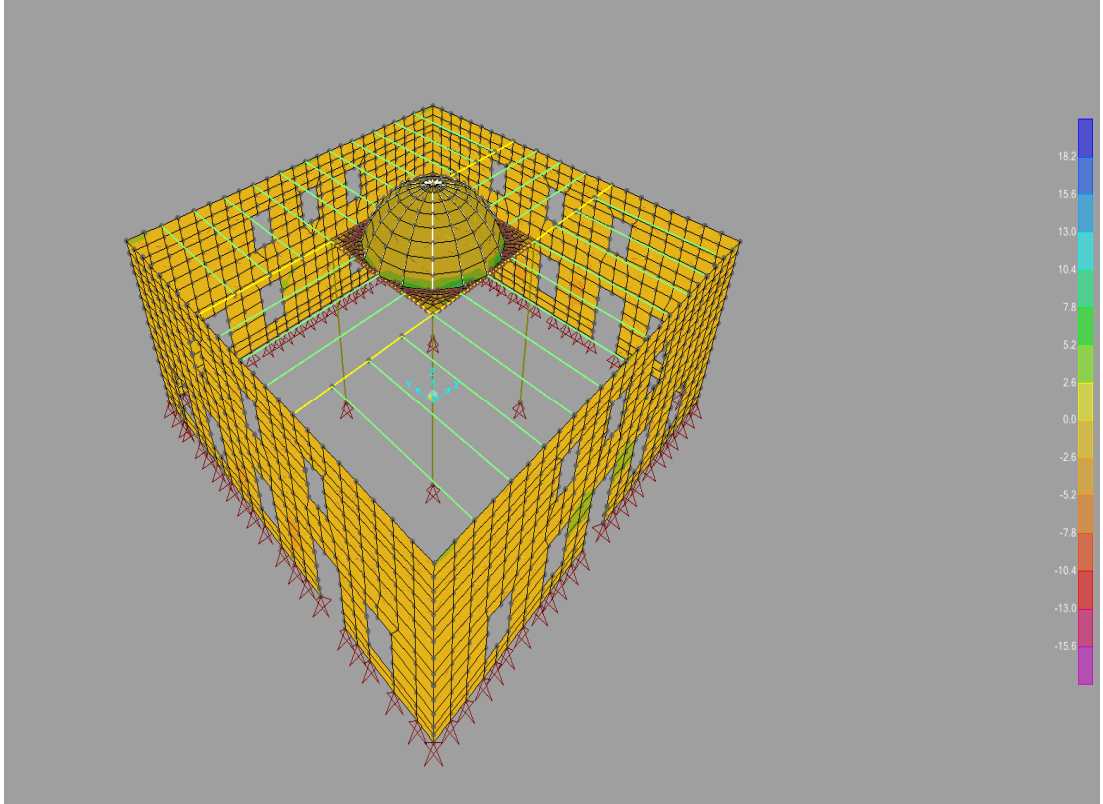


Şekil 4.31. Kombinasyon 3 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımı

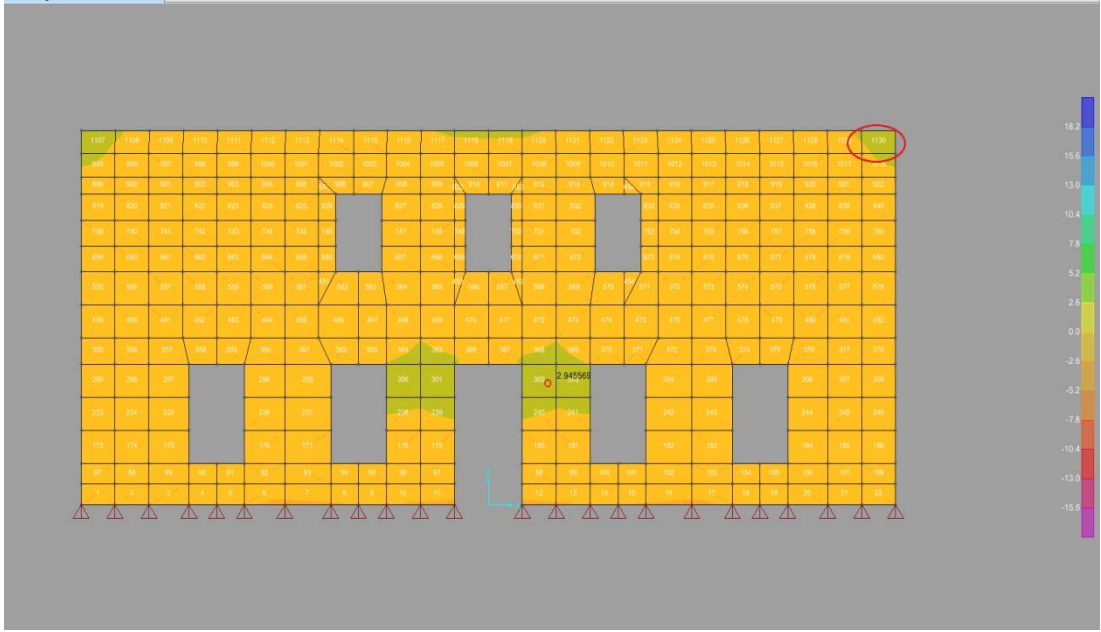


Şekil 4.32. 1130 numaralı shell eleman

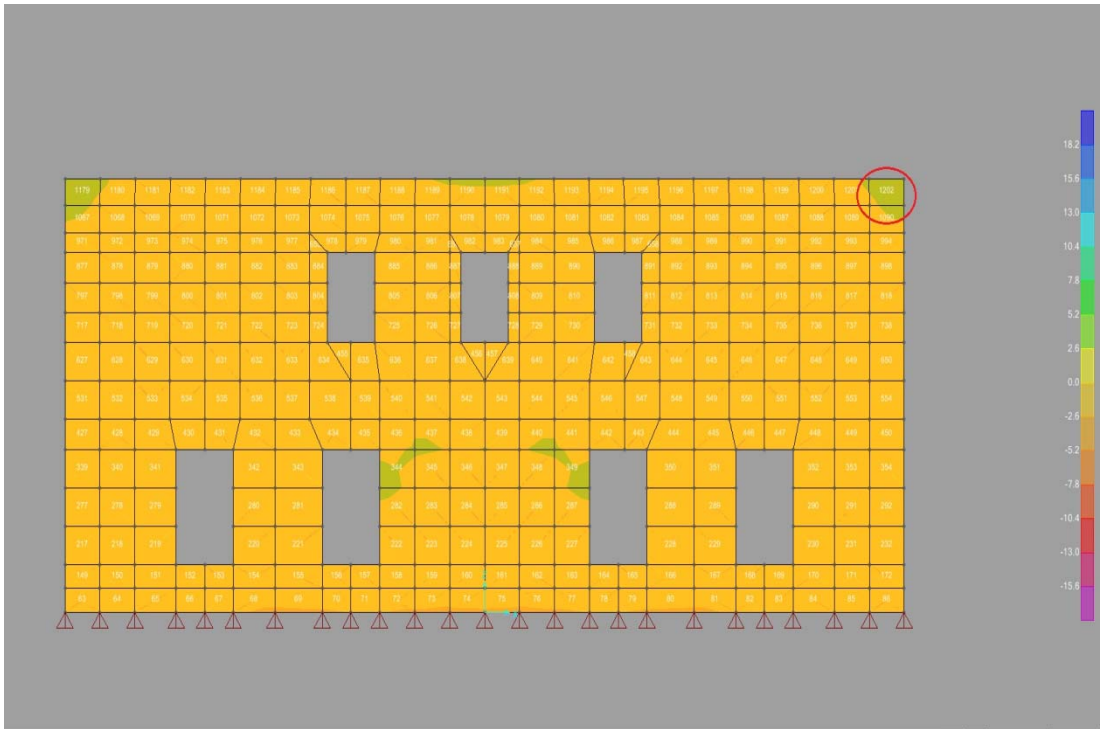
S2-2: Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.33.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1130 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi; -5.498 N/mm^2 , 1202 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilme ise; 5.452 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu shell elemanlar, Şekil 4.34. ve Şekil 4.35.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Kombinasyon 3 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımları

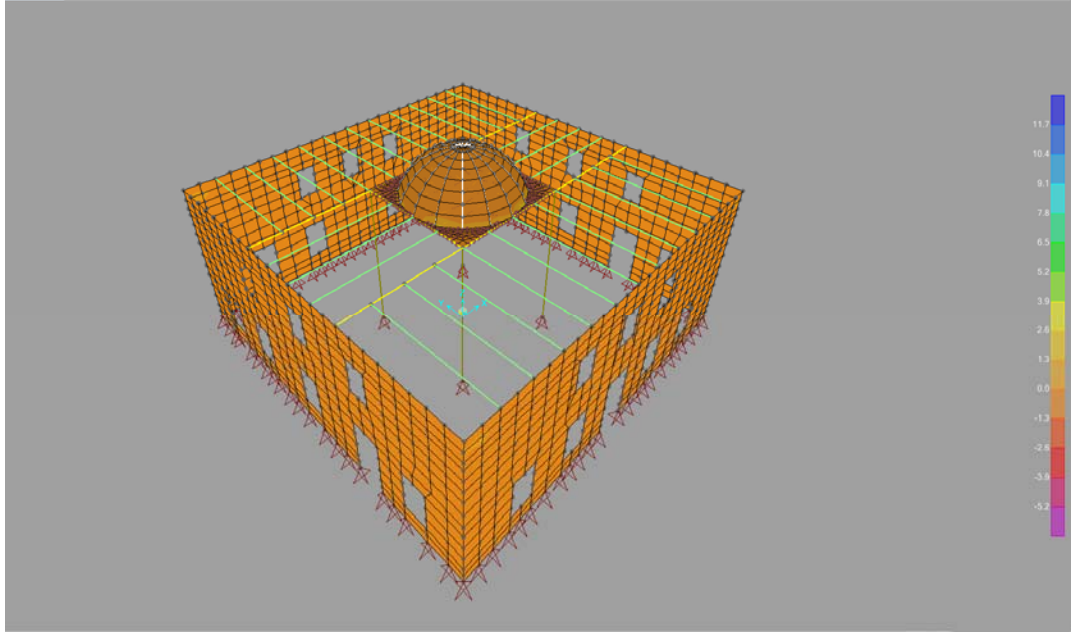


Şekil 4.34. 1130 numaralı shell eleman

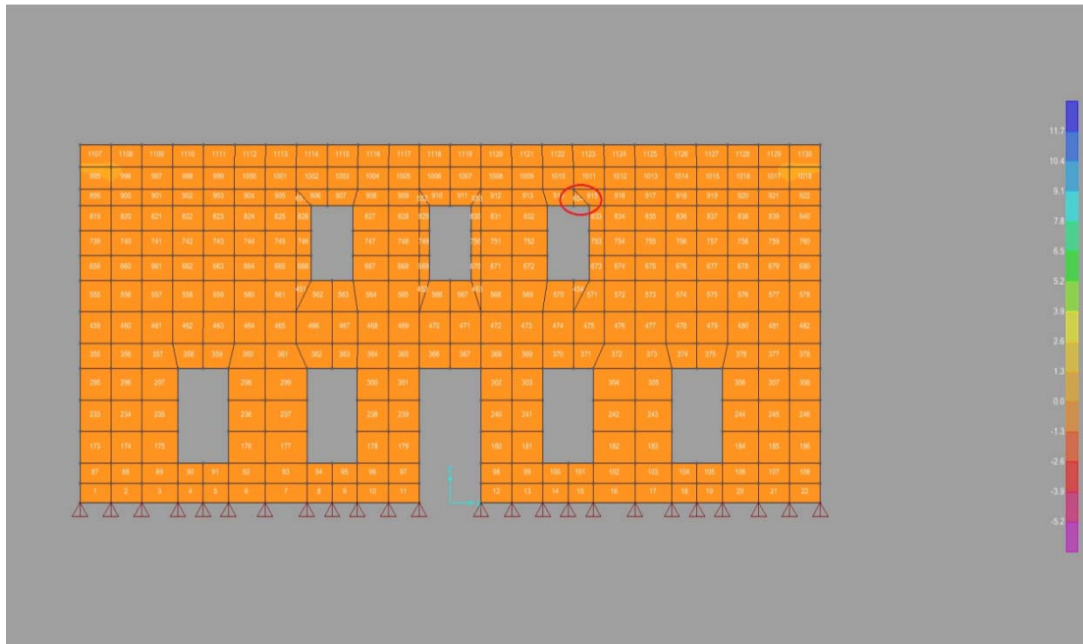


Şekil 4.35. 1202 numaralı shell eleman

S1-2: Kayma sınır gerilme konturu Şekil 4.36.' da gösterilmiştir. Analiz neticesinde 654 numaralı shell elemanda maksimum kayma gerilmesi; 2.758 N/mm² olarak hesaplanmıştır. 654 numaralı shell eleman Şekil 4.37.' de gösterilmiştir.



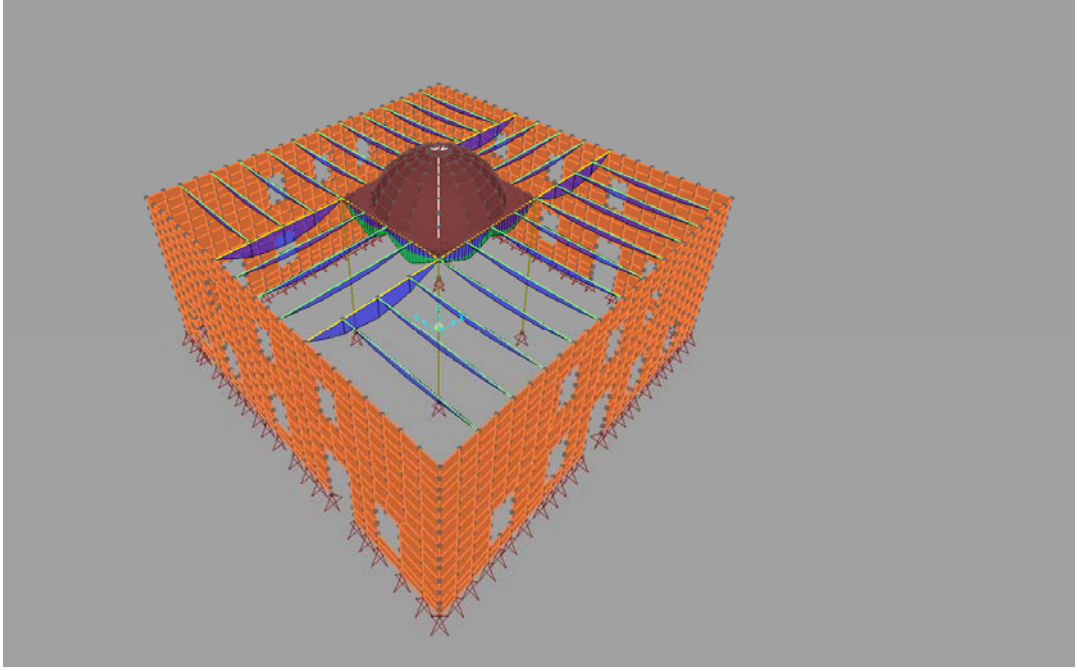
Şekil 4.36. Kombinasyon 3 etkisinde (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımı



Şekil 4.37. 654 numaralı shell eleman

Frame elemanlar için;

Ahşap taşıyıcı sistem etrafında oluşan momentler (Moment 3-3 diyagramı) Şekil 4.38.' da gösterilmiştir. Şekil itibariyle bu taşıyıcı kirişlerin maksimum momentleri açıklık bölgelerinde oluştuğu görülmektedir.

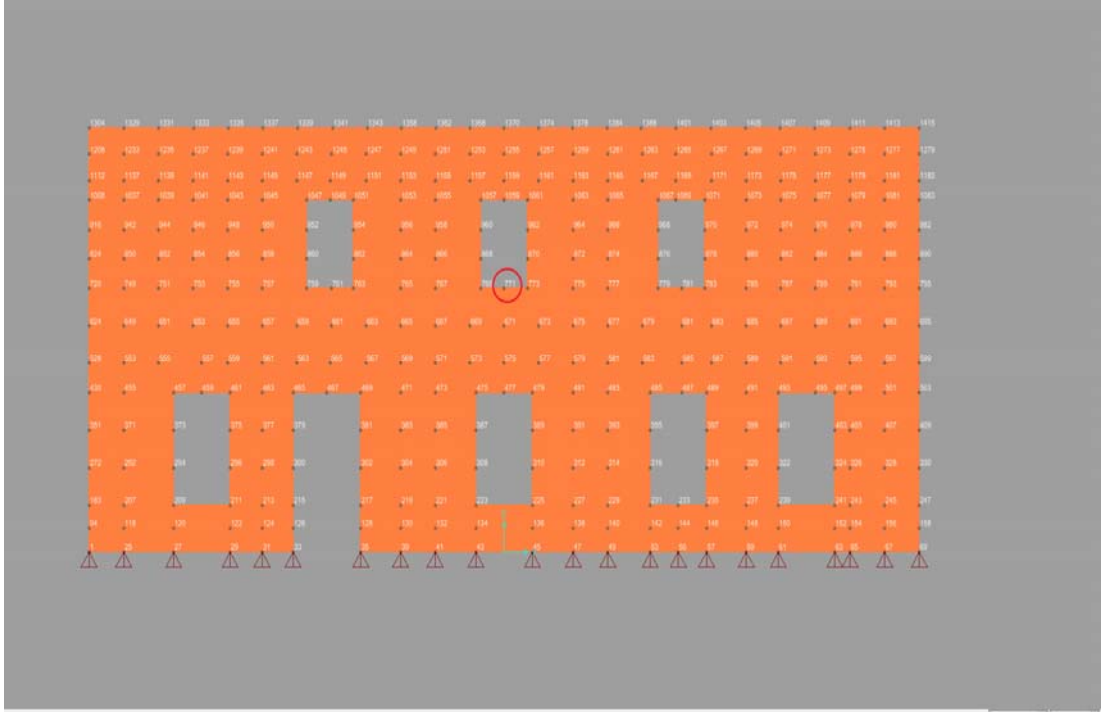


Şekil 4.38. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 3 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı

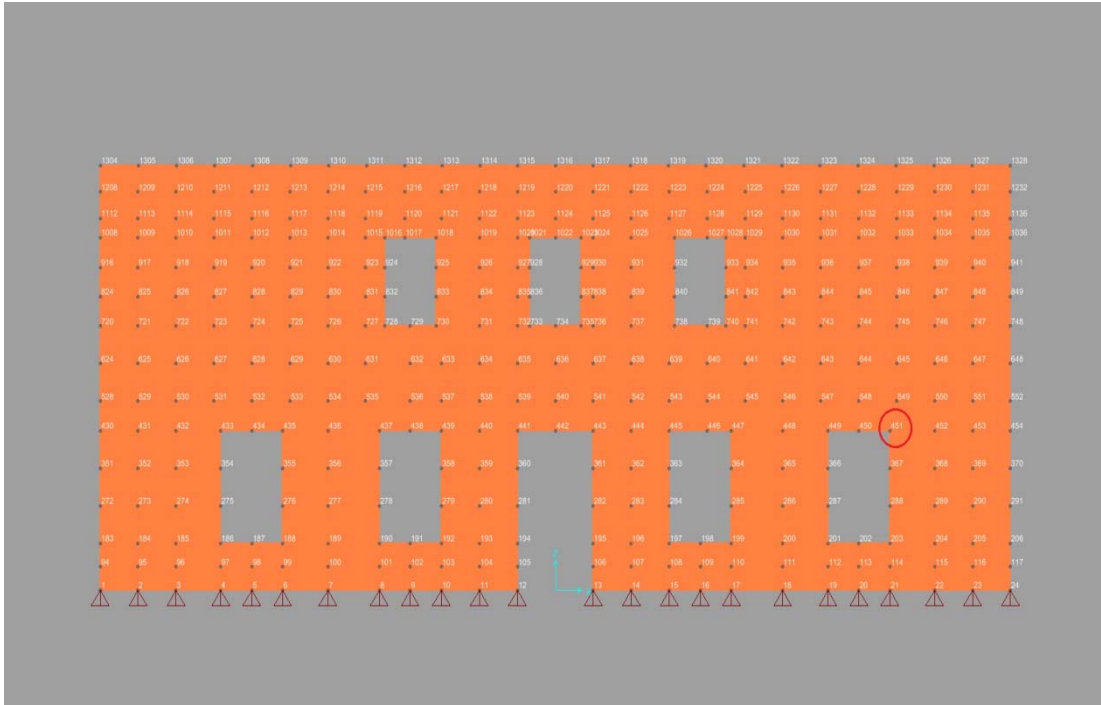
4.4.4. Kombinasyon 4 analiz sonuçları

Time History X: 1G+1Q+ ZTAX

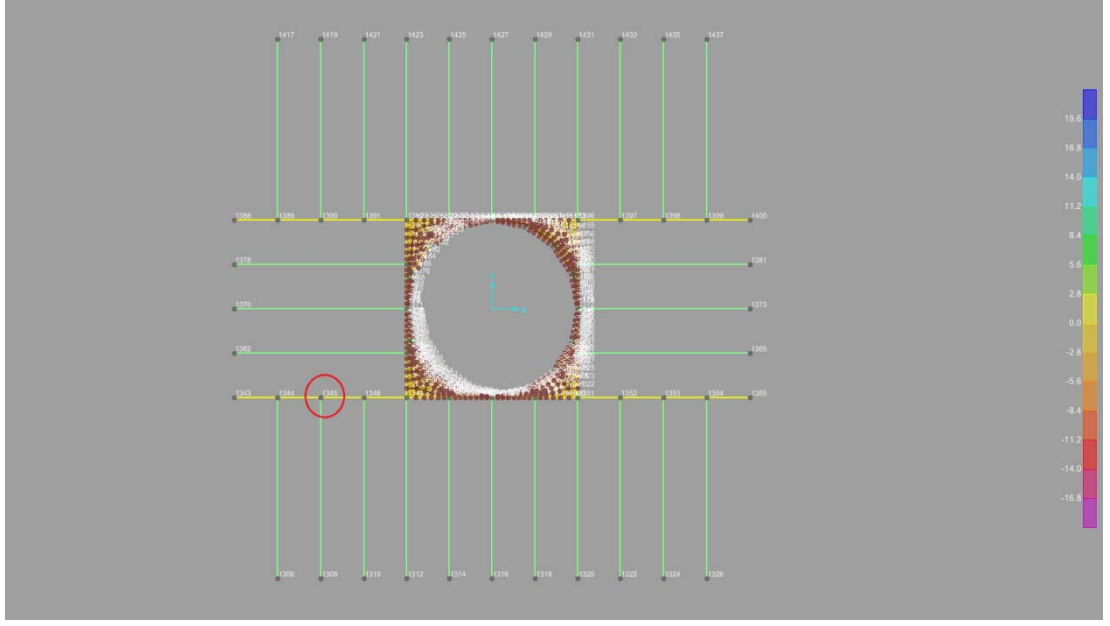
Analiz neticesinde; X-X yönünde verilen Düzce deprem verisi altında, meydana gelen deplasmanlar şöyledir: X yönündeki deplasman 771 nolu noktada meydana gelmiştir değeri -30.65 mm' dir. Y yönündeki deplasman 451 nolu noktada meydana gelmiştir ve değeri -2.09 mm' dir. Z yönündeki deplasman 1345 nolu noktada meydana gelmiştir ve değeri -22.78 mm' dir. Bu kritik noktalar Şekil 4.39., Şekil 4.40. ve Şekil 4.41.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.39. 771 numaralı düğüm noktası



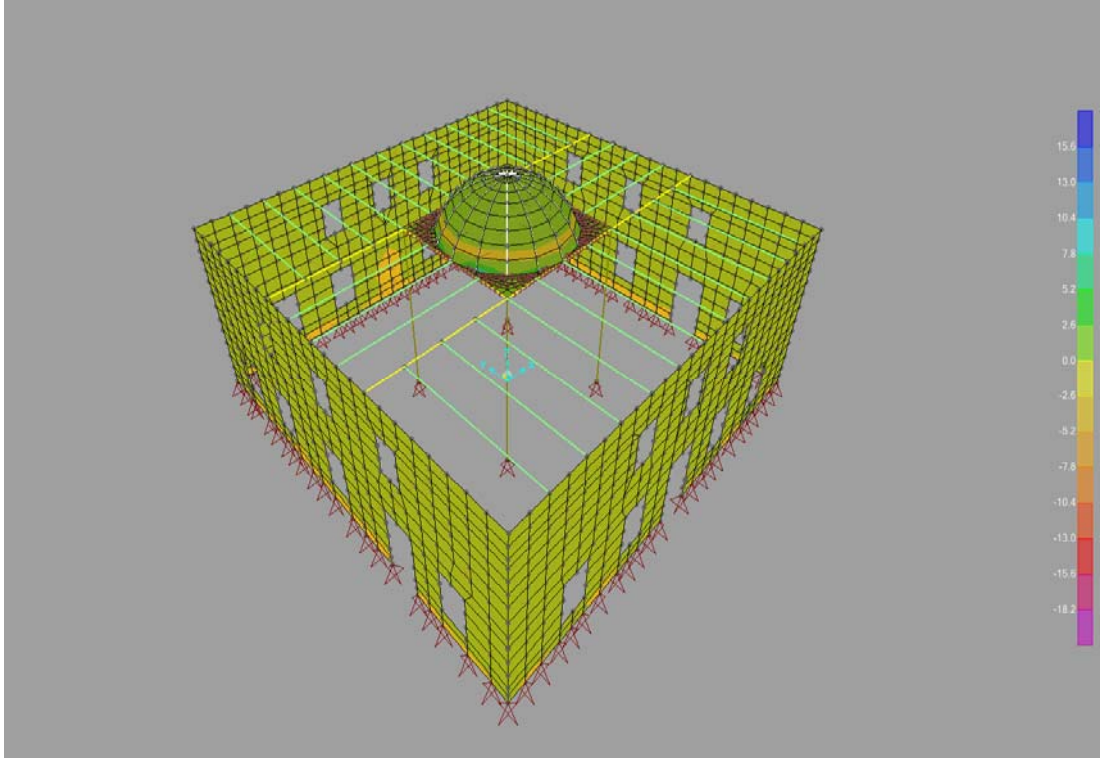
Şekil 4.40. 451 numaralı düğüm noktası



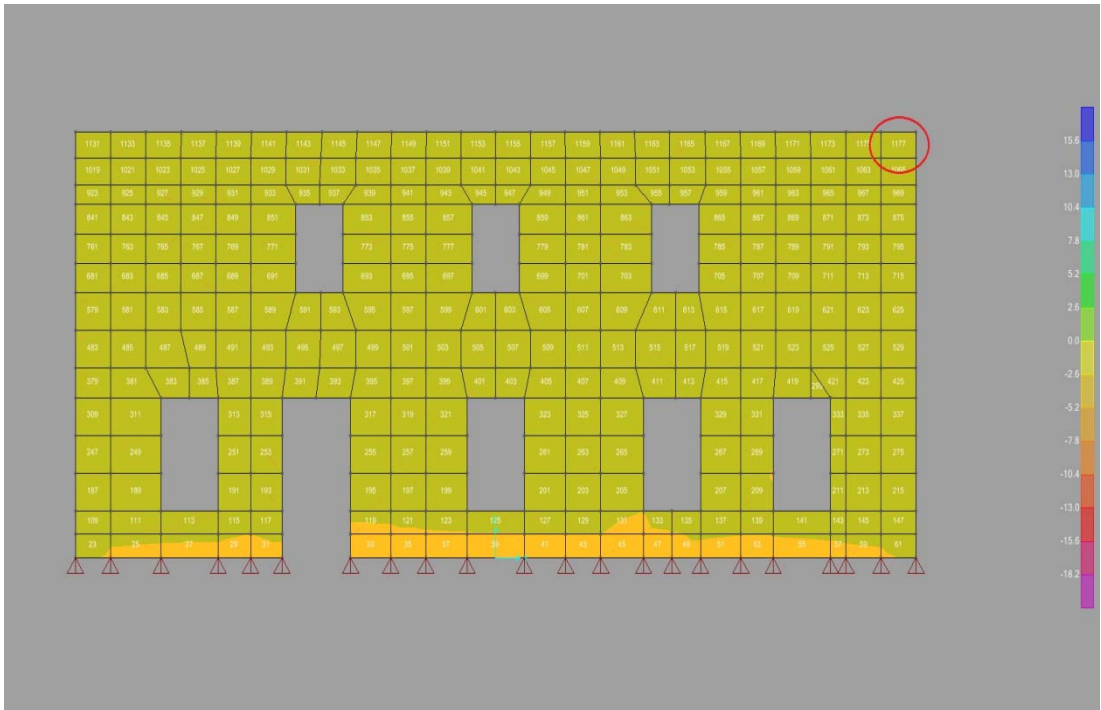
Şekil 4.41. 1345 numaralı düğüm noktası

Shell elemanlar için;

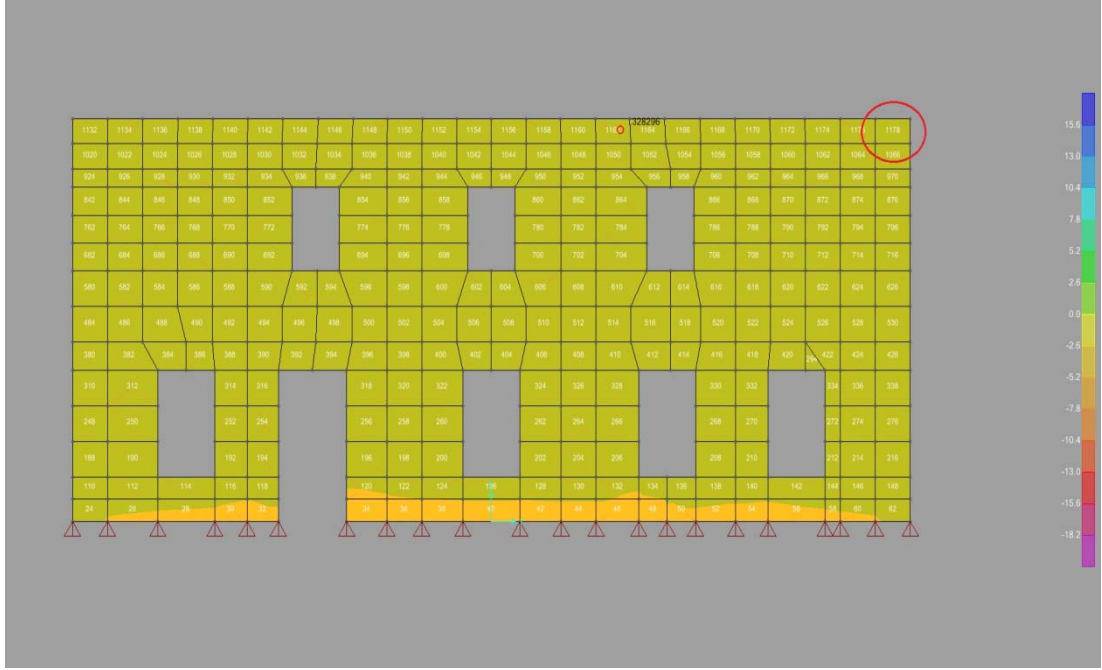
S1-1: X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.42.'de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1177 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -1.454 N/mm^2 , 1178 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise: 1.430 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu shell elemanlar, Şekil 4.43. ve Şekil 4.44.' te gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Kombinasyon 4 etkisi altında (S1-1) gerilme dağılımları

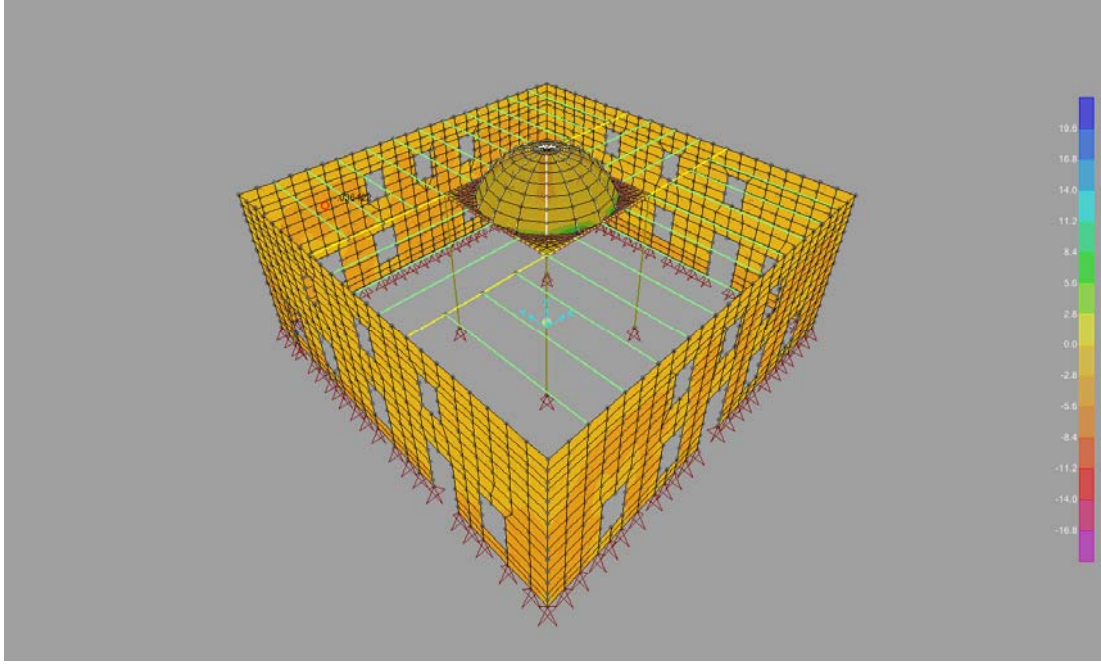


Şekil 4.43. 1177 numaralı shell eleman

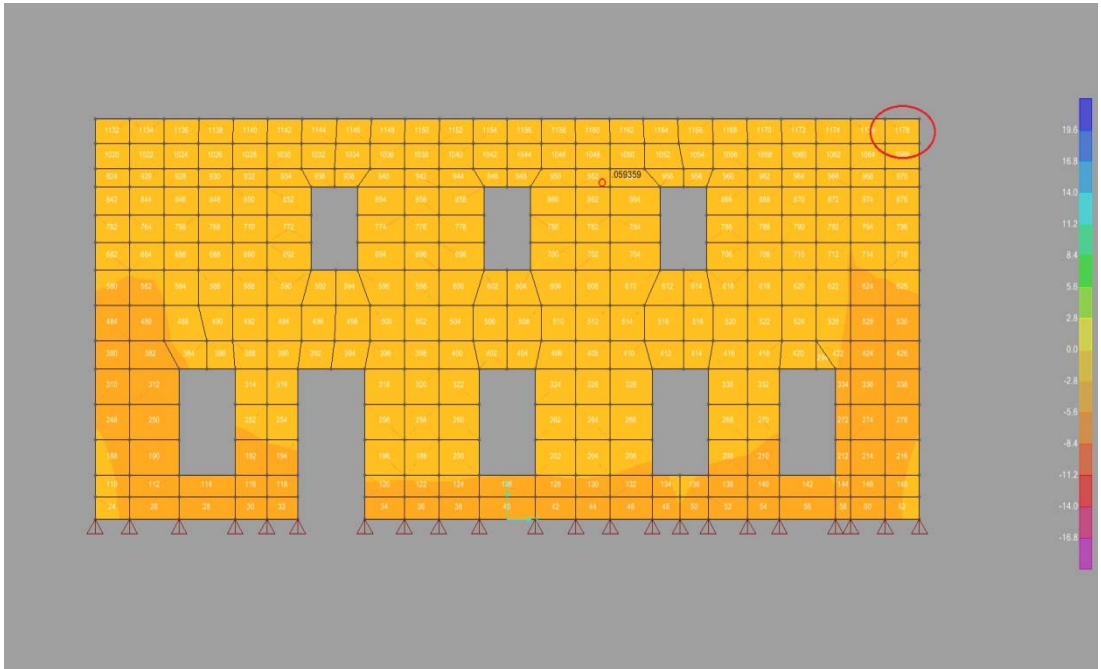


Şekil 4.44. 1178 numaralı shell eleman

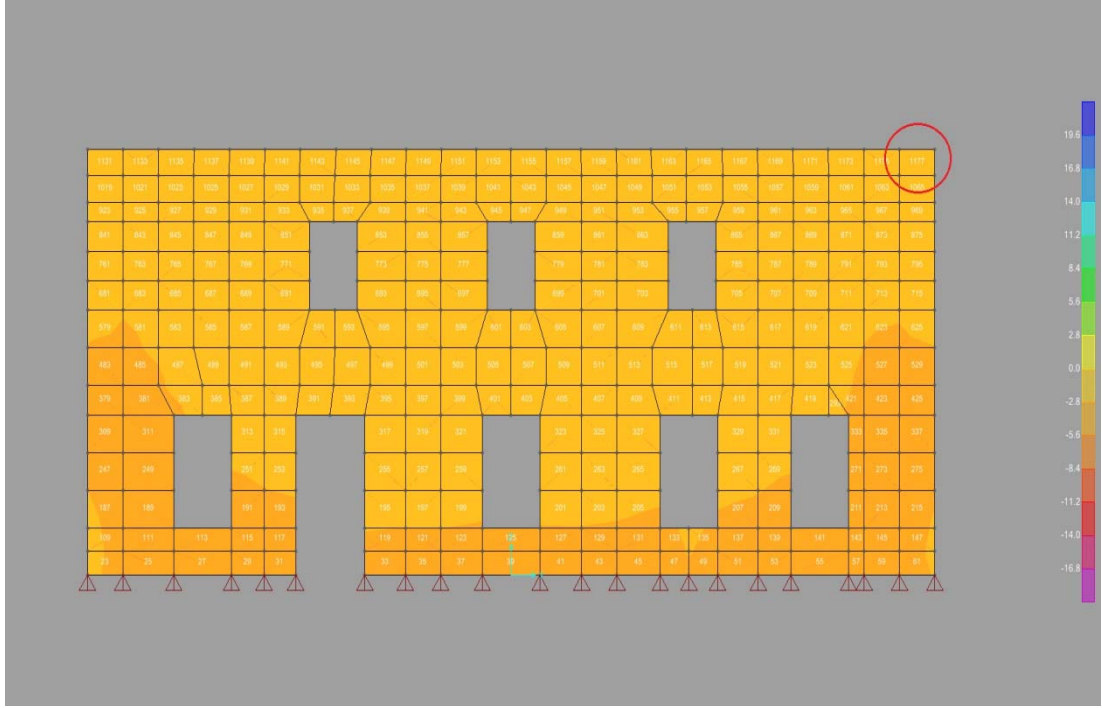
S2-2: Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.45.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1178 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -1.534 N/mm^2 , 1177 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilme ise; 1.436 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.46. ve Şekil 4.47.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.45. Kombinasyon 4 etkisi altında (S2-2) gerilme dağılımları

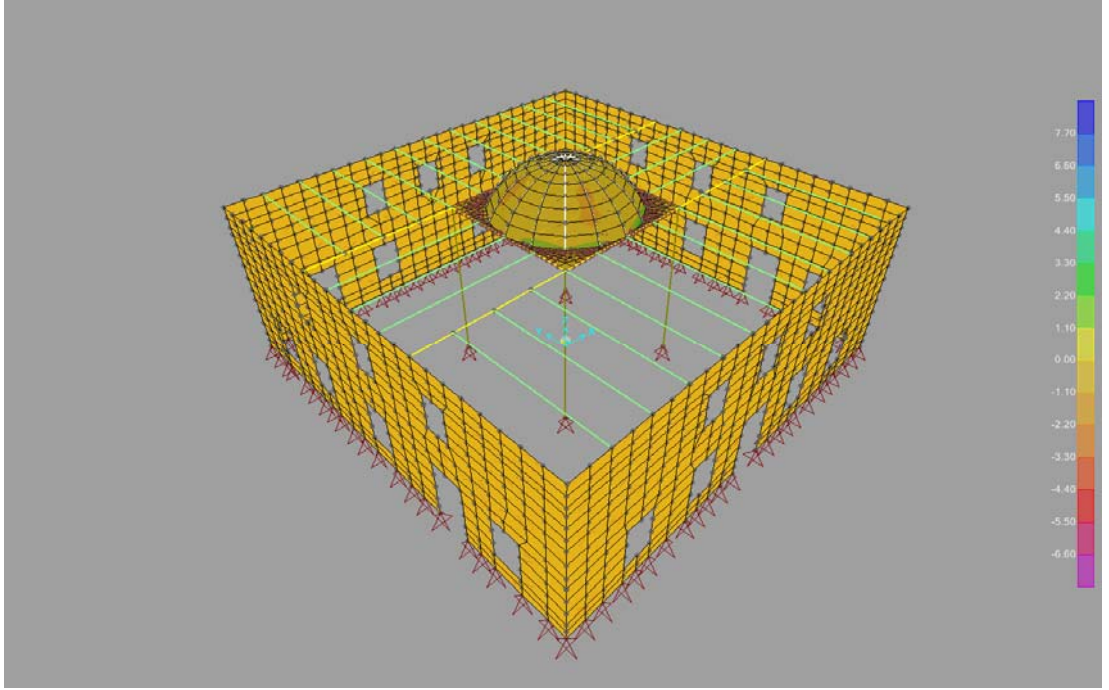


Şekil 4.46. 1178 numaralı shell eleman

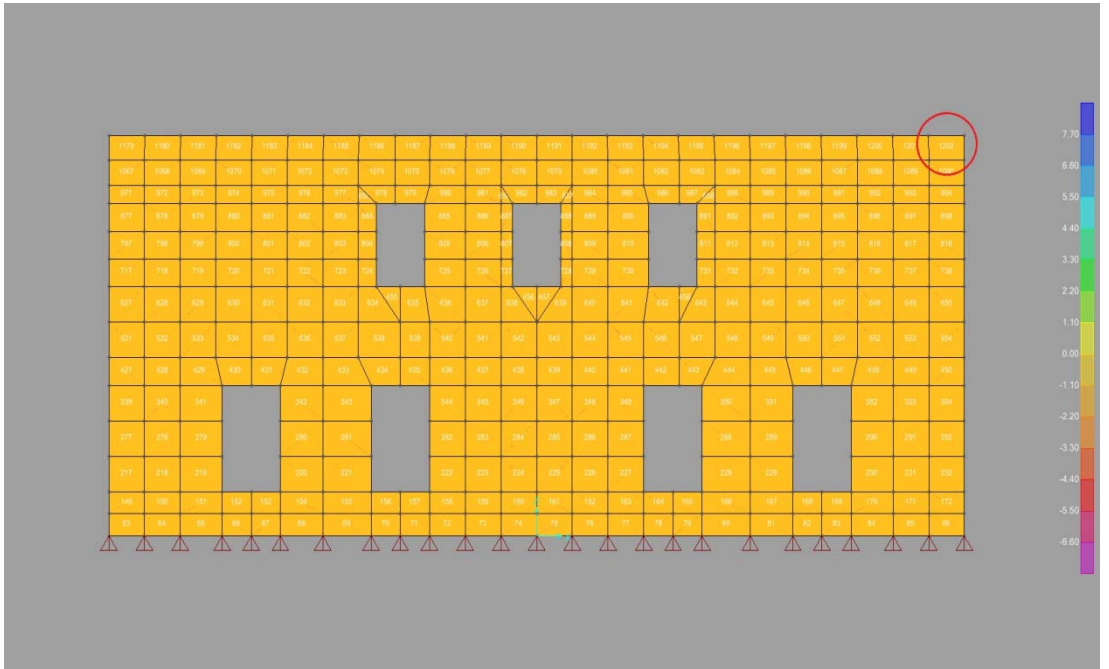


Şekil 4.47. 1177 numaralı shell eleman

S1-2: Kayma sınır gerilmeleri Şekil 4.48.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1202 numaralı shell elemenda maksimum kayma gerilmesi; 0.610 N/mm² olarak hesaplanmıştır. 1202 numaralı shell eleman Şekil 4.49.' da gösterilmiştir.



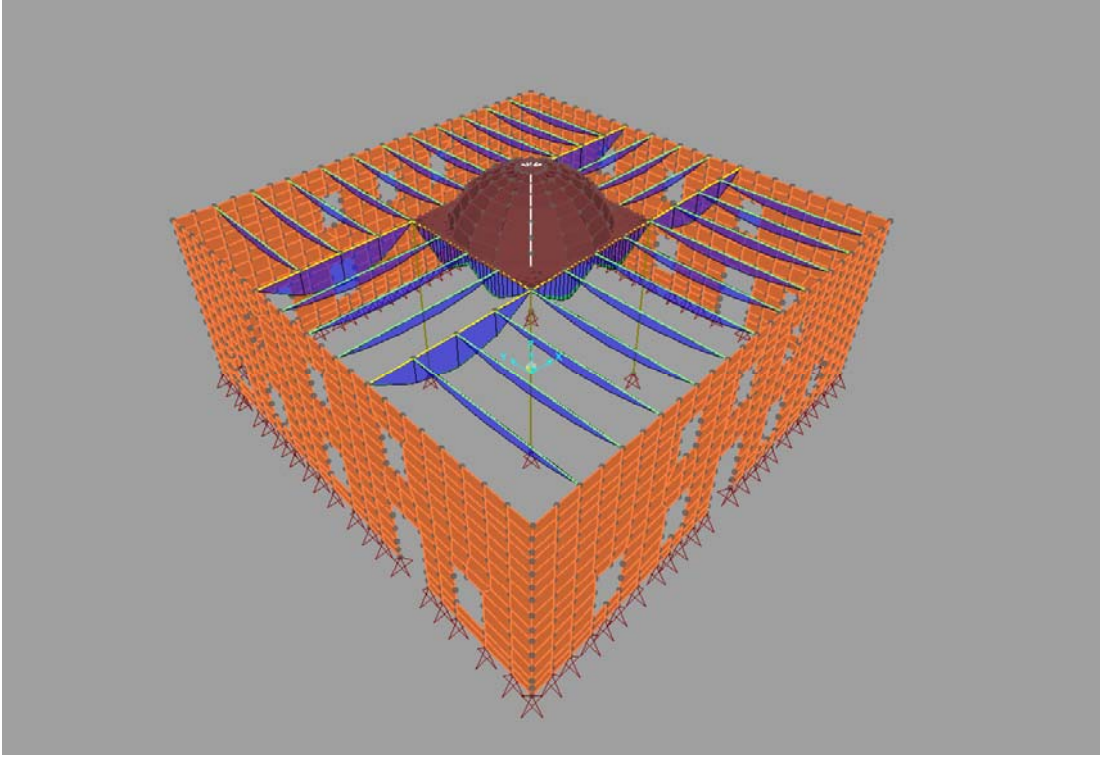
Şekil 4.48. Kombinasyon 4 etkisi altında (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımları



Şekil 4.49. 1202 numaralı shell eleman

Frame elemanlar için;

Ahşap taşıyıcı sistem etrafında oluşan momentler (Moment 3-3 diyagramı) Şekil 4.50.' de gösterilmiştir. Şekil itibariyle bu taşıyıcı kirişlerin maksimum momentleri açıklık bölgelerinde oluştuğu görülmektedir.

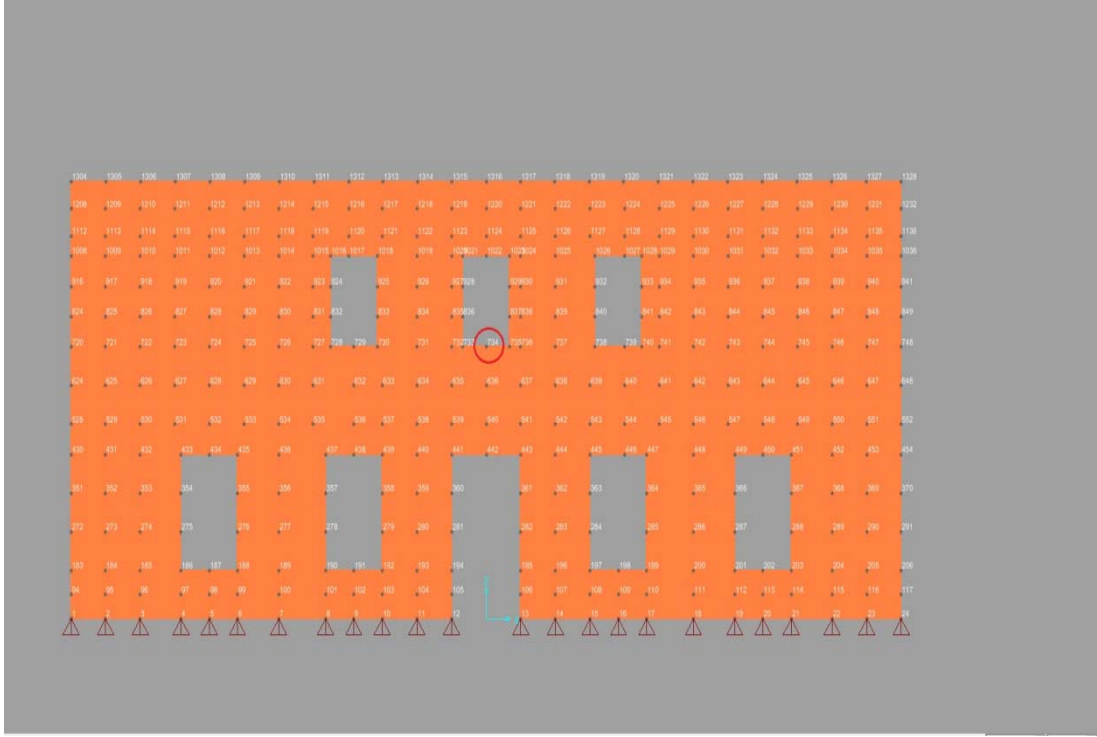


Şekil 4.50. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 4 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı

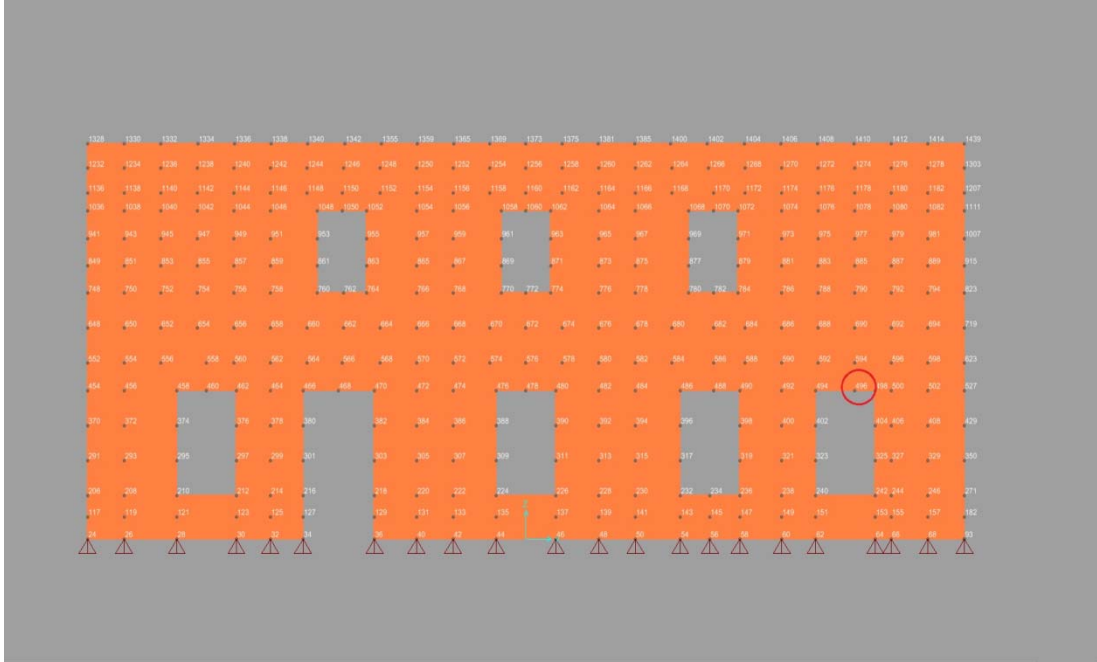
4.4.5. Kombinasyon 5 analiz sonuçları

Time History Y: 1G+1Q+ZTAY

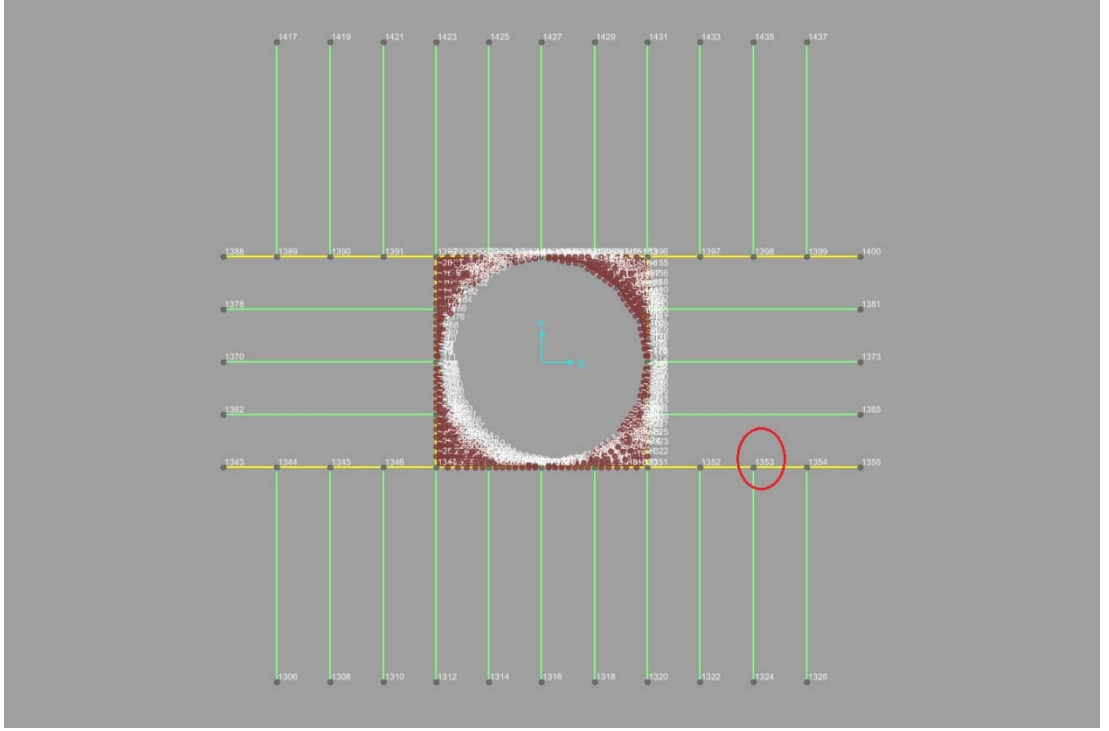
Analiz neticesinde; Y-Y yönünde verilen Düzce deprem verisi altında, meydana gelen deplasmanlar şöyledir: Y yönündeki deplasman 734 numaralı noktada meydana gelmiştir değeri -30.86 mm' dir. X yönündeki deplasman 496 numaralı noktada meydana gelmiştir ve değeri 2.095 mm' dir. Z yönündeki deplasman 1353 numaralı noktada meydana gelmiştir ve değeri -22.43 mm' dir. Bu kritik noktalar Şekil 4.52., Şekil 4.53. ve Şekil 4.54.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.51. 734 numaralı düğüm noktası



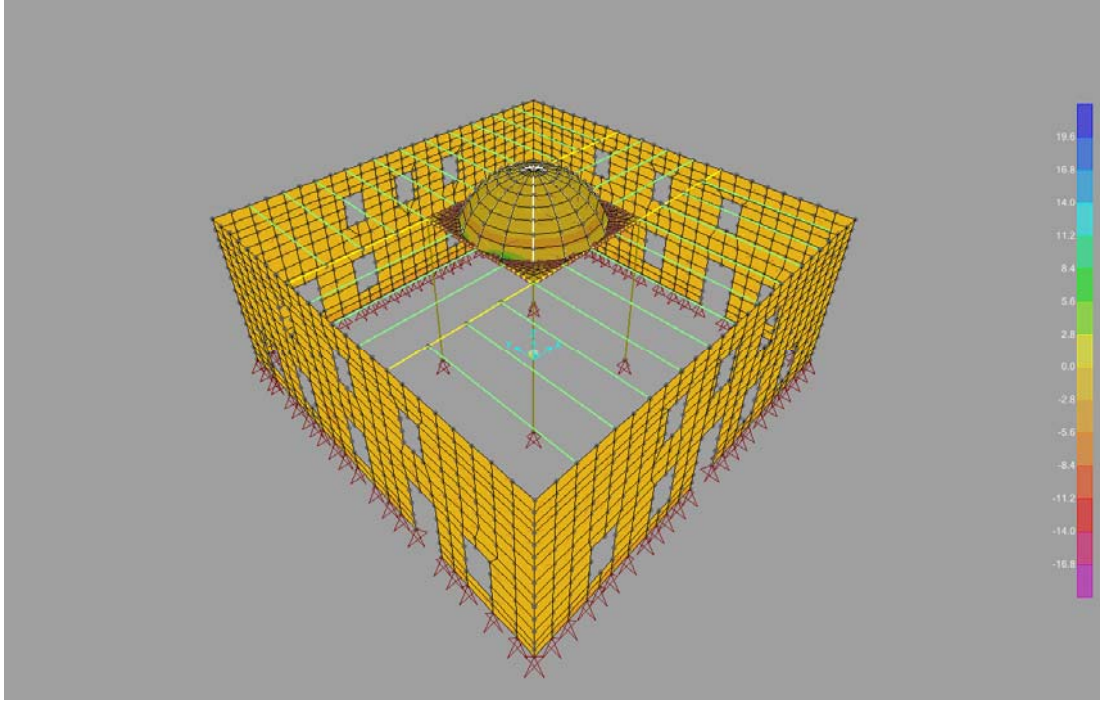
Şekil 4.52. 496 numaralı düğüm noktası



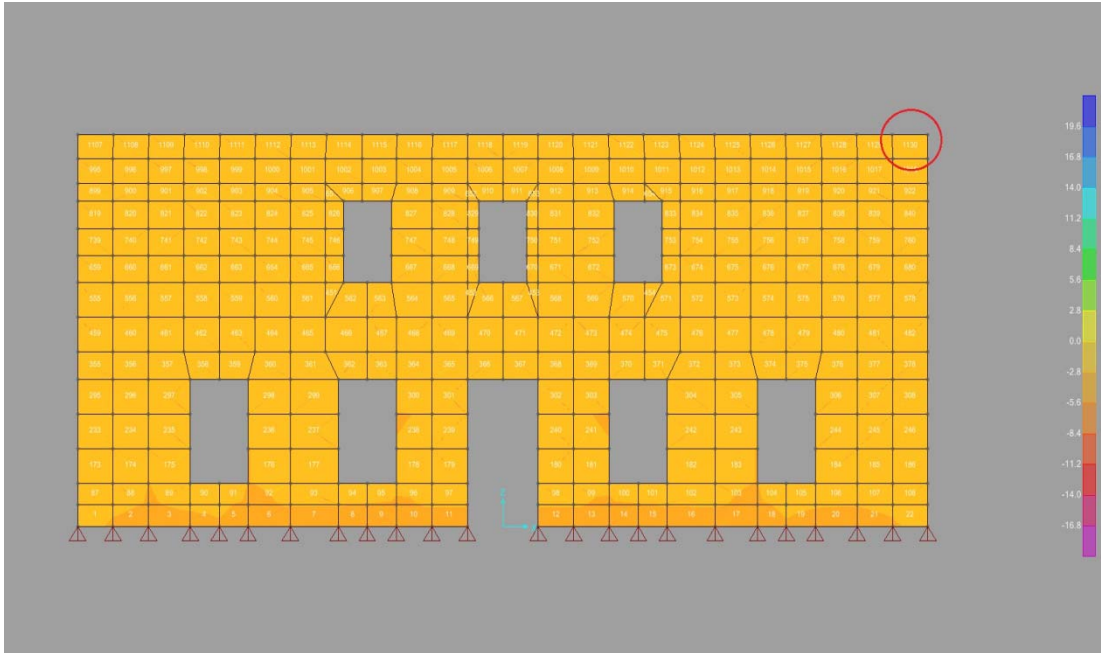
Şekil 4.53. 1353 numaralı düğüm noktası

Shell elemanlar için;

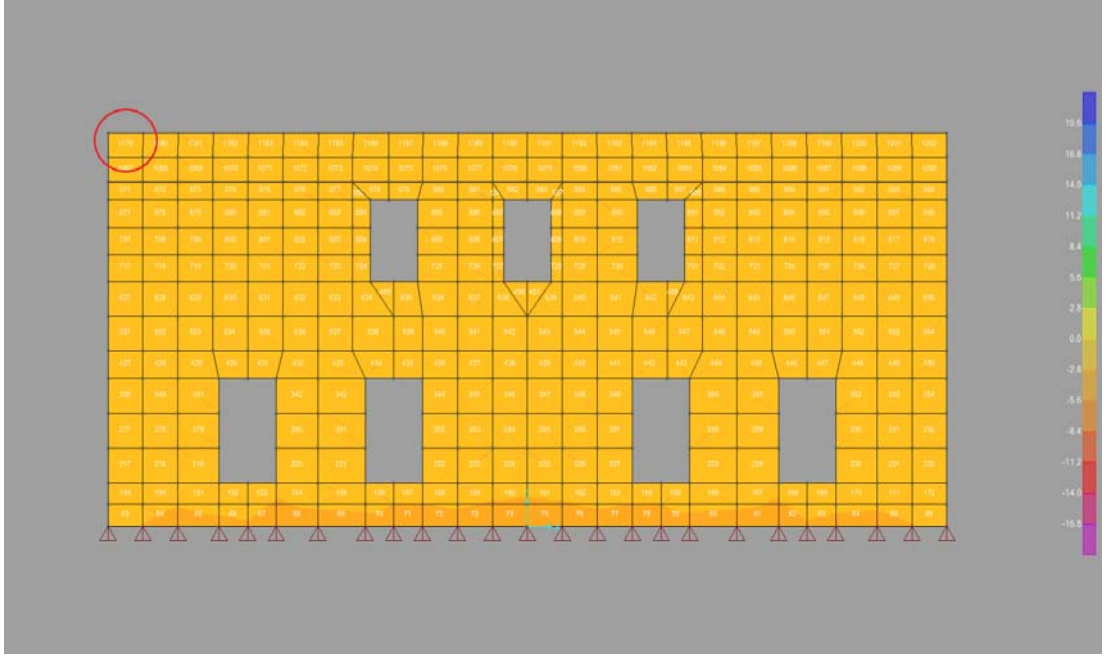
S1-1: X-X yönündeki gerilme konturu Şekil 4.54.' te gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1130 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -1.298 N/mm^2 , 1179 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise: 1.299 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.55. ve Şekil 4.56.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.54. Kombinasyon 5 etkisinde (S1-1) gerilme dağılımları

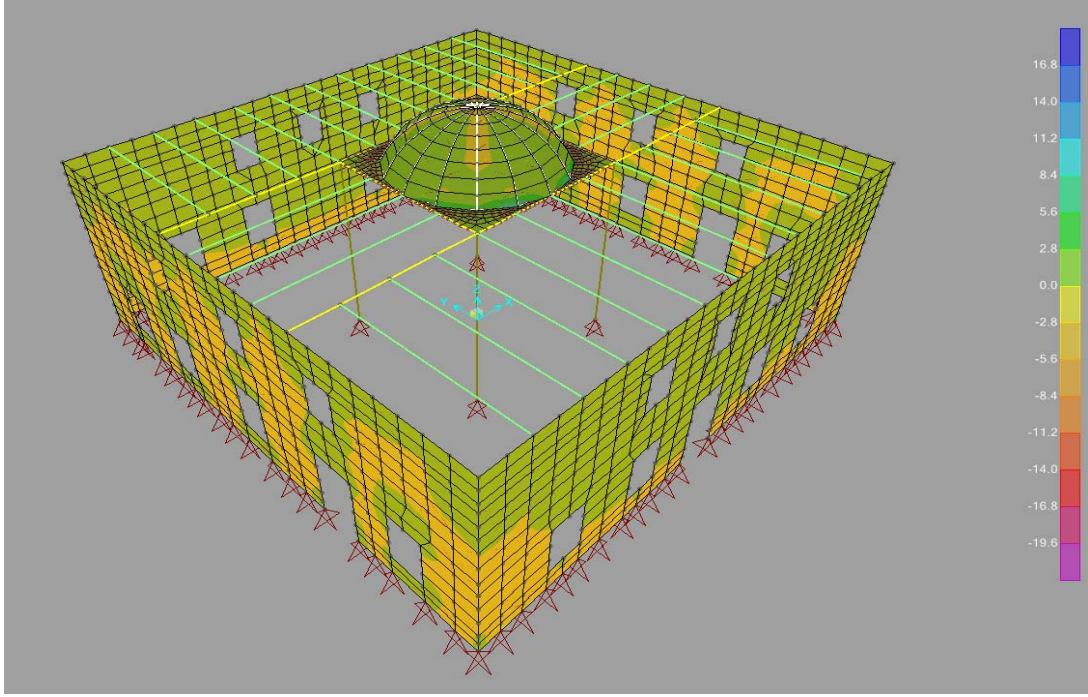


Şekil 4.55. 1130 numaralı shell eleman

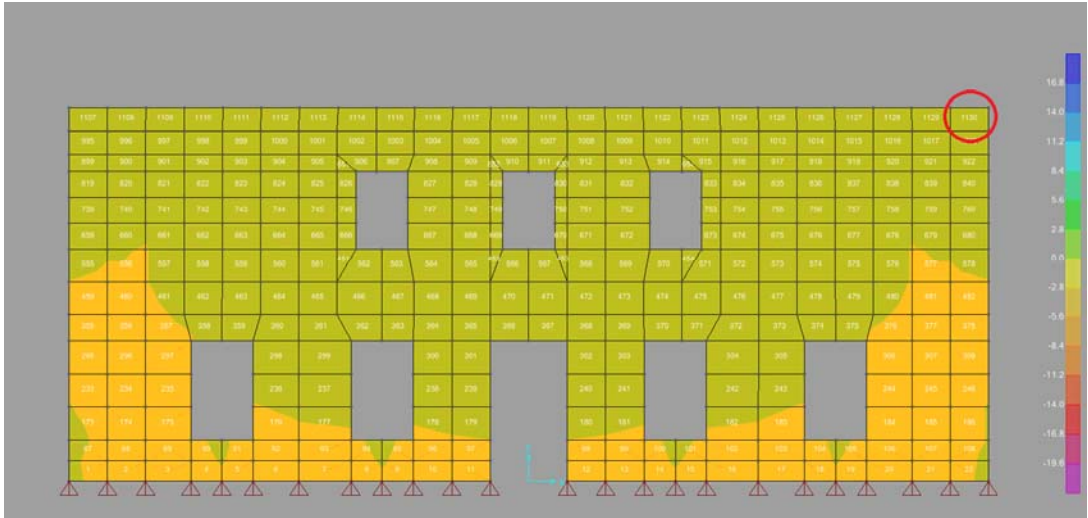


Şekil 4.56. 1179 numaralı shell eleman

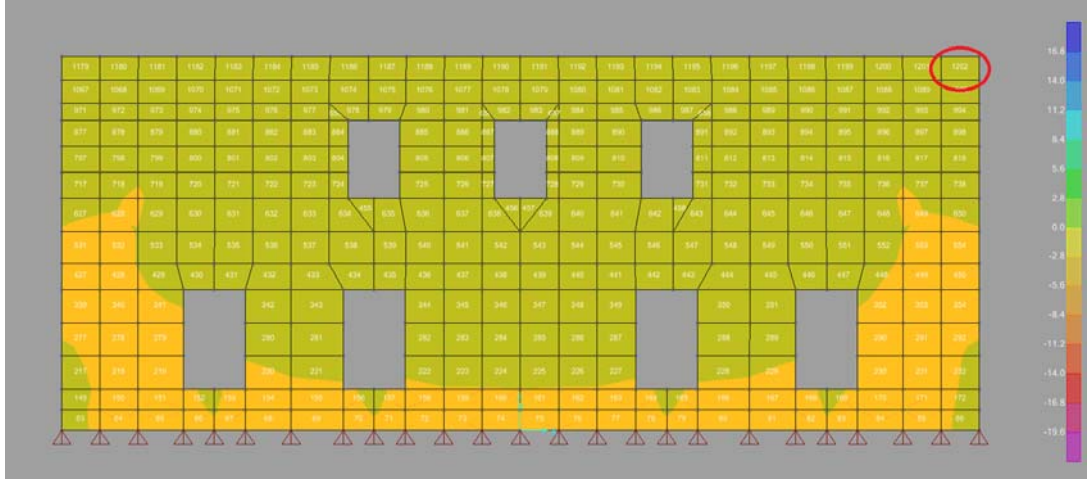
S2-2: Y-Y yönündeki gerilme konturu Şekil 4.57.' de gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 1130 numaralı shell elemanda maksimum basınç gerilmesi: -1.331 N/mm^2 , 1202 numaralı shell elemanda maksimum çekme gerilmesi ise; 1.288 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu elemanlar Şekil 4.58. ve Şekil 4.59' da gösterilmiştir.



Şekil 4.57. Kombinasyon 5 etkisinde (S2-2) gerilme dağılımları

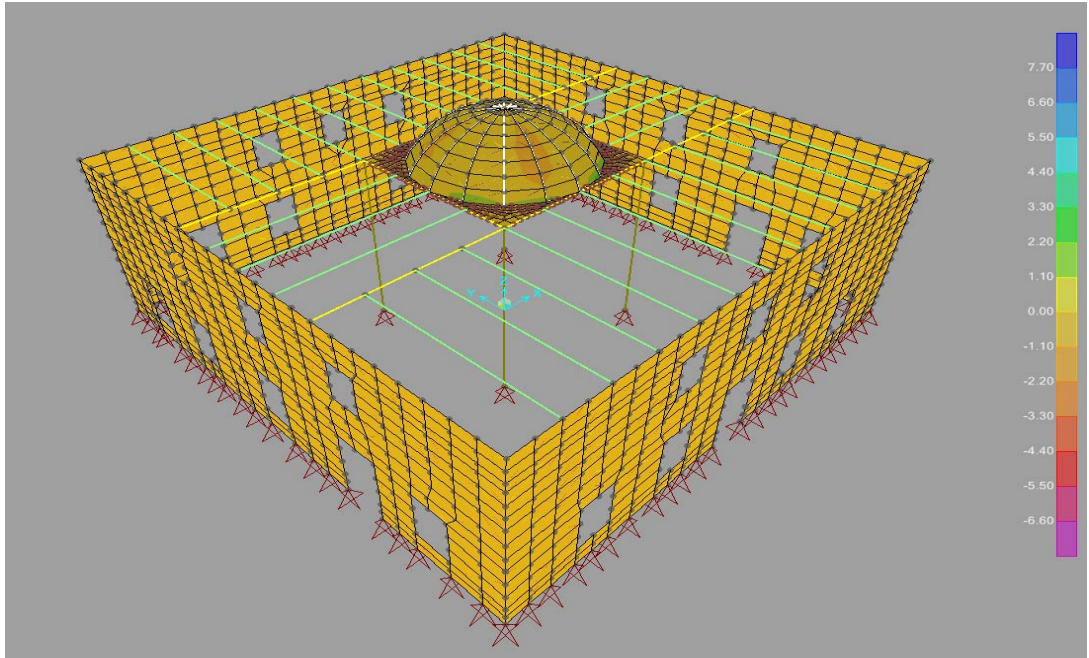


Şekil 4.58. 1130 numaralı shell eleman

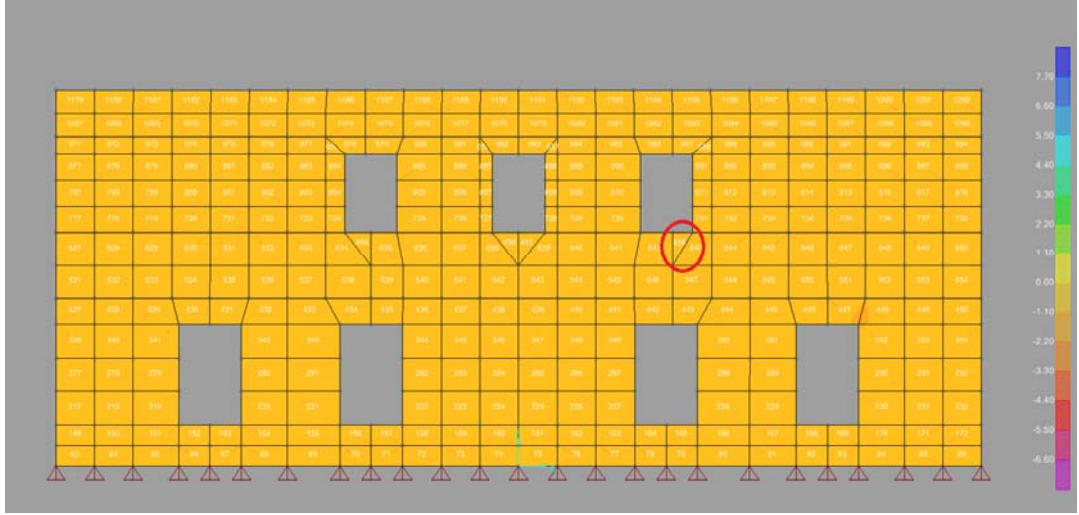


Şekil 4.59. 1202 numaralı shell eleman

S1-2: Kayma sınır gerilmeleri Şekil 4.60.' da gösterilmiştir. Analiz neticesinde, 458 numaralı shell elemenda maksimum kayma gerilmesi: 0.637 N/mm^2 olarak hesaplanmıştır. 458 numaralı shell eleman Şekil 4.61.' de gösterilmiştir.



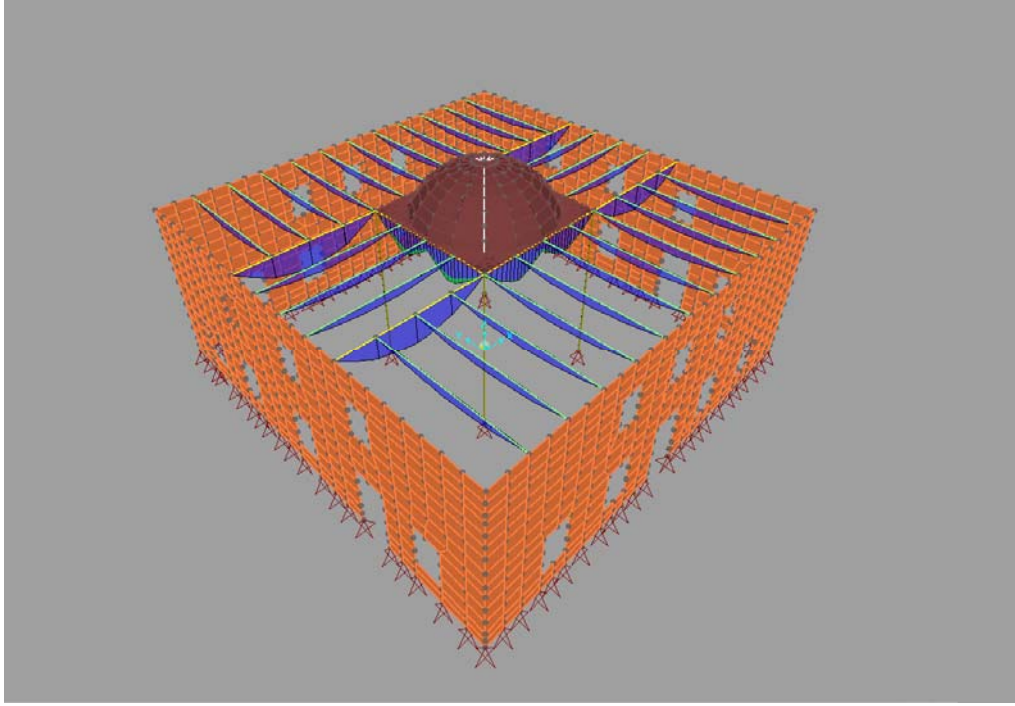
Şekil 4.60. Kombinasyon 5 etkisi altında (S1-2) Kayma sınır gerilme dağılımları



Şekil 4.61. 458 numaralı shell eleman

Frame elemanlar için;

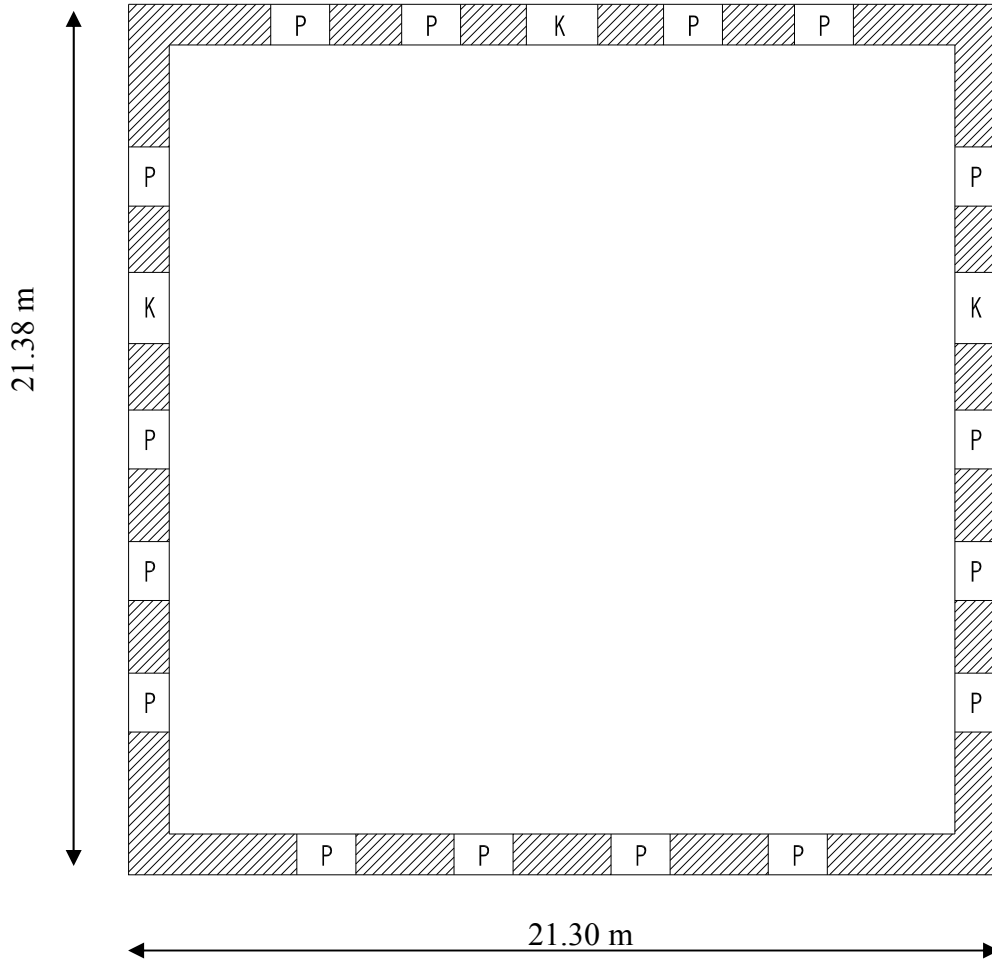
Ahşap taşıyıcı sistem etrafında oluşan momentler (Moment 3-3 diyagramı) Şekil 4.63.' te gösterilmiştir. Şekil itibariyle bu taşıyıcı kirişlerin maksimum momentleri kiriş açıklık bölgelerinde oluştuğu görülmektedir.



Şekil 4.62. Ahşap taşıyıcı sistemde düşey Yükleme 5 kombinasyonu altında oluşan Moment 3-3 diyagramı

4.4.6. DBYBHY 2007' ne göre kayma gerilmesi hesabı

Yığma binalar için depreme dayanıklı hesap kuralları DBYBHY 2007' nde Bölüm 5' te verilmiştir. Bu bölümde verilen esaslar çerçevesinde Şekil 4.64., 4.65., 4.66. ve 4.67.' deki planlar üzerinden Hamidiye camisinin deprem hesabı yapılmıştır.

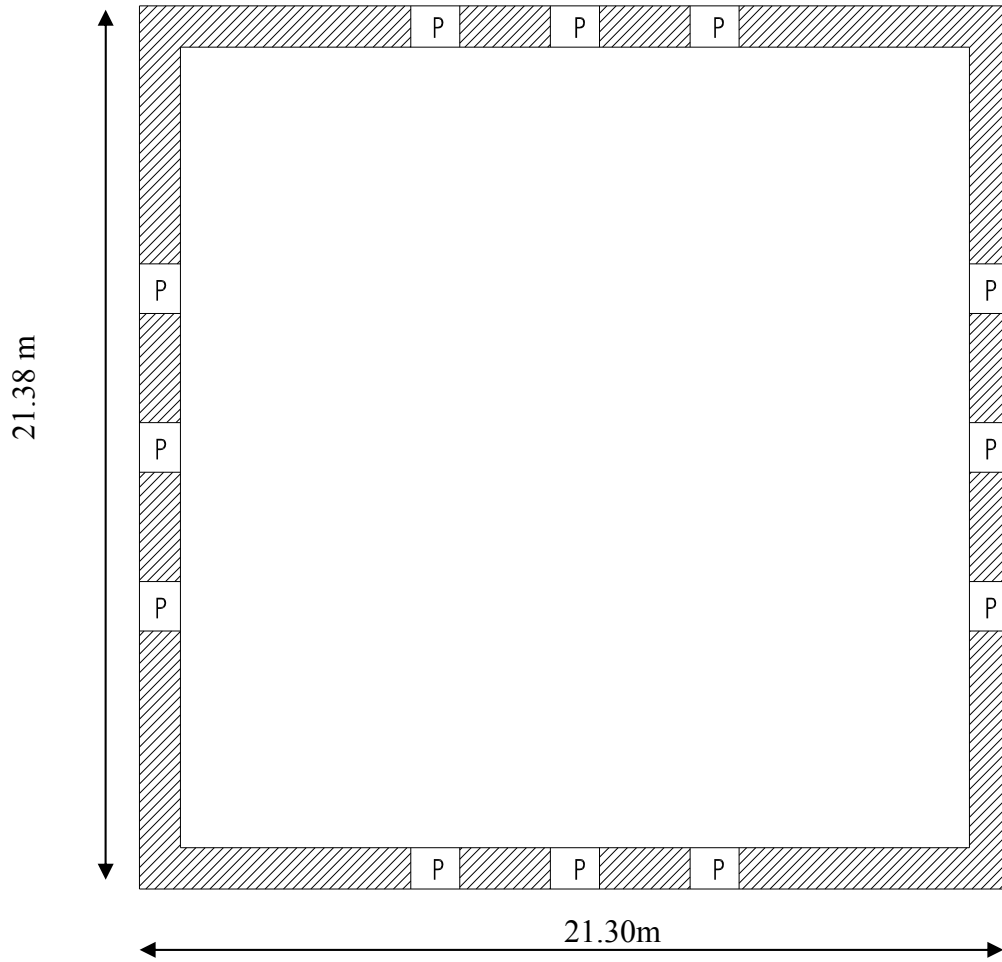


Şekil 4.63. +1.14 kotu duvar planı

+1.14 kotu pencere boyutları: 1.45/2.60m

+1.14 kotu kapı boyutları, genişlik: 1.75/3.25m

Duvar kalınlığı: $d= 1.00\text{m}$



Şekil 4.64. +5.46 kotu duvar planı

+5.46 kotu pencere boyutları, genişlik: 1.20/2.30m

Duvar kalınlığı: $d= 1.00\text{m}$

Toplam duvar yüksekliği: $H= 8.38\text{m}$

DBYBHY 2007' ne göre Hamidiye camisinin deprem hesabı ;

- Zati yüklerin tayini;

Hazırlanan matematik modeldeki kirişler üzerine; çatı zati ağırlığı olarak 150 kg/m^2 , hareketli yük olarak 75 kg/m^2 düşey olarak etkilmiştir.

- Çatı ağırlığının belirlenmesi; $g_{\text{çatı}} = 21.30 \times 21.38 \times 150 = 68.309\text{kg} = 68.3 \text{ ton}$

Bu yükün yaklaşık yarısı, yapı içersindeki ahşap kemer kirişlerle, çatının oturduğu tavan döşemesini ve ahşap kubbeyi taşıyan; ahşap sütunlar tarafından taşınmaktadır.

Bu nedenle duvar üzerine gelen çatı yükünün yarısı dikkate alınacaktır. Bu durumda $g_{\text{çatı}} = 68.3 \text{ ton} / 2 = 34.15 \text{ ton}$ duvar için dikkate alınacak sabit yüküdür.

- Yapı taş duvar ağırlığının saptanması;

Taşın birim hacim ağırlığı $V_{\text{taş}} = 2.45 \text{ ton/m}^3$

Mevcut taş kütesinin hacmi;

$$V1 = 21.30 \times 21.38 \times 8.38 = 3816.20 \text{ m}^3 \text{ (Bütün kütleinin hacmi)}$$

$$V2 = 19.30 \times 19.38 \times 8.38 = 3134.40 \text{ m}^3 \text{ (İç yapı hacmi)}$$

$$V3 = 16 \times 1.45 \times 2.60 \times 1.00 = 60.32 \text{ m}^3 \text{ (+1.46 kotu pencere hacmi)}$$

$$V4 = 3 \times 1.75 \times 3.25 = 17.06 \text{ m}^3 \text{ (+0.00 kotu kapı hacmi)}$$

$$V5 = 12 \times 1.20 \times 2.30 \times 1.00 = 33.12 \text{ m}^3 \text{ (+5.46 kotu pencere hacmi)}$$

$$\text{Hacim} = V1 - V2 - V3 - V4 - V5 = 3816.20 - 3134.40 - 60.32 - 17.06 - 33.12 = 571.3 \text{ m}^3$$

$$G_{\text{taş}} = 571.3 \times 2.45 = 1399.7 \text{ ton}$$

$$\Sigma G = G_{\text{taş}} + G_{\text{çatı}} = 1399.7 + 34.15 = 1433.85 \text{ ton}$$

Deprem esnasında yapı kütesinin tamamının değil de yarısının etkilediği düşüncesinden yola çıkarak ΣG yükünün yarısı hesaplarda kullanılmıştır.

$$\Sigma G = 1433.85 / 2 = 716.93 \text{ ton}$$

- Hareketli yüklerin belirlenmesi; Model üzerine 75 kg/m^2 yük tayin edilmiştir. Bu yükün yaklaşık yarısı, yapı içerisindeki ahşap kemer kirişlerle, çatının oturduğu tavan döşemesini ve ahşap kubbeyi taşıyan, ahşap sütunlar tarafından taşınmaktadır. Bu nedenle duvar üzerine gelen hareketli yükünün yarısı dikkate alınacaktır.

$$Q_{\text{ÇATI}} = 21.30 \times 21.38 \times 75 / 2 = 17.077 \text{ kg} = 17.07 \text{ ton}$$

$$\Sigma Q = Q_{\text{ÇATI}} = 17.07 \text{ ton}$$

- DBYBHY 2007' ne göre deprem için dikkate alınacak yapı ağırlığının tespiti (W);

$$W = G + n.Q \quad (4.7)$$

Bu formülde yapının türü gereği “n” hareketli yük katılım katsayısı “0.6” olarak DBYBHY 2007 Tablo 2.7’den alınmıştır.

$$W = 716.93 + 0.60 \times 17.07 = 727.17 \text{ ton}$$

- Taban kesme kuvveti;

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_d(T_1)} \geq 0.1 A_0 I W, \quad A(T) = A_0 I S(T) \quad (4.8)$$

DBYBHY 2007' ne göre yığma yapılar için, $S(T) = 2.5$ ve $R_a = 2$ alınmıştır.

$$V_t = 727.17 \times (0.40 \times 1.4 \times 2.5 / 2) = 509.01 \text{ ton}$$

- 1 m dolu duvar parçasına gelen toplam ölü yük:

$$716.93 / ((2 \times 21.30 + 2 \times 19.38) - 5.25) = 9.42 \text{ ton/m}$$

- 1 m dolu duvara gelen hareketli yük:

$$17.07 / ((2 \times 21.30 + 2 \times 19.38) - 5.25) = 2.25 \text{ ton/m}$$

- 1 m dolu duvara gelen toplam yük:

$$G + Q = 9.42 + 0.22 = 9.64 \text{ ton/m}$$

- 1 m dolu duvar parçasına gelen Basınç Gerilmesi:

$$\sigma = 9640 / (100 \times 100) = 0.964 \text{ kg/cm}^2 = 0.0964 \text{ N/mm}^2$$

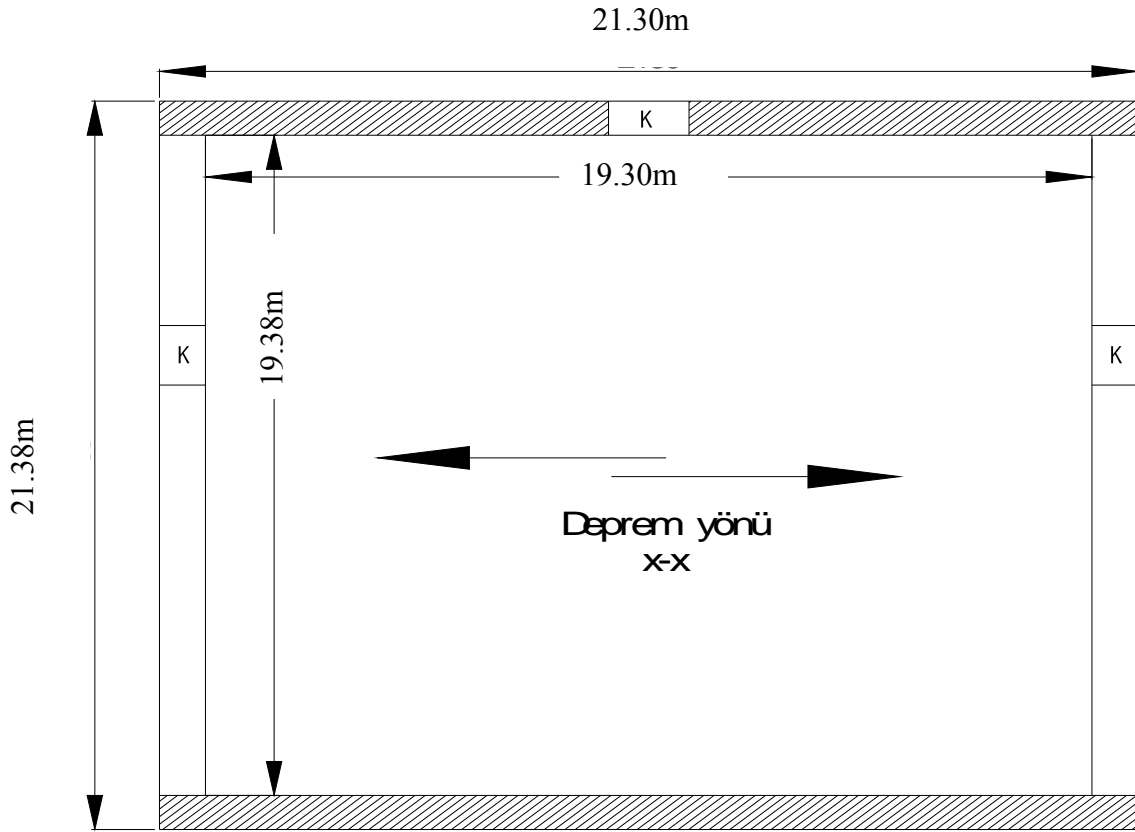
- Duvara gelen deprem kuvveti, duvar yatay en kesit alanına bölünerek duvarda oluşan kayma gerilmesi hesaplanmış ve DBYBHY 2007 denklem 5.1' den bulunmuş duvar kayma emniyet gerilmesi τ_{em} ile karşılaştırılmıştır.

$$\tau_{em} = \tau_o + \mu \sigma \quad (4.9)$$

Bu denklemde; τ_{em} = duvar kayma emniyet gerilmesi , τ_o = duvar çatlama emniyet gerilmesi (DBYBHY 2007 Tablo 5.5' den 0.1 alınmıştır), μ = sürtünme katsayısı (0.5 olarak alınmıştır).

$$\tau_{em} = 0.10 + 0.50 \times 0.096 = 0.148 \text{ N/mm}^2 \text{ dir.}$$

- Yapının zemin kat düzleminde x-x yönündeki kayma gerilmesinin hesabı;



Şekil 4.65. Depremi X yönünde karşılayan duvarlar

- Duvar narinlik oranı DBYBHY 2007 Tablo 5.4' ten 0.95 olarak alınmıştır.

$$\tau_{em} = 0.148 \times 0.95 = 0.141 \text{ N/mm}^2$$

- Taralı duvar alanlarının hesabı:

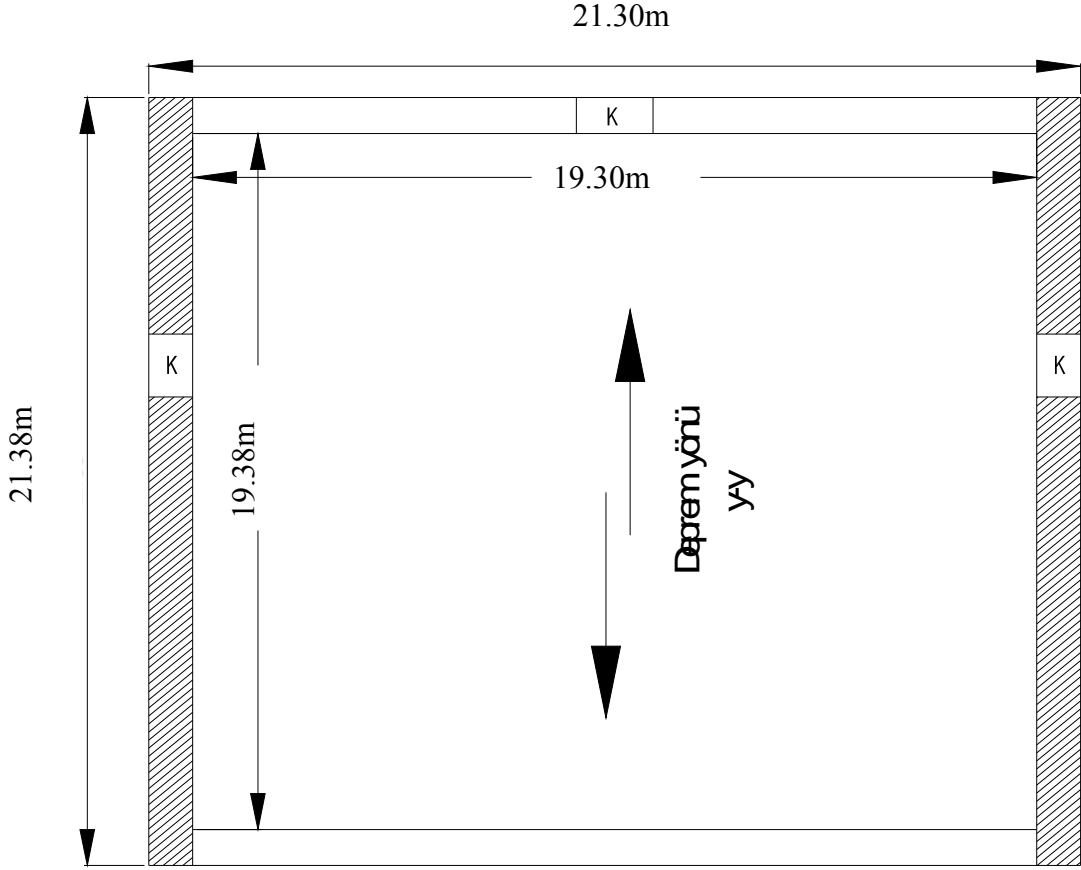
$$A_{x-x} = 2 \times 21.30 - 1.75 = 40.85 \text{ m}^2$$

- Duvarda oluşan kayma gerilmesi:

$$\tau_{x-x} = Vt / A_{x-x} = 509.01 / 40.85 = 12.5 \text{ ton/m}^2 = 0.125 \text{ N/mm}^2$$

$0.125 \text{ N/mm}^2 < \tau_{em} = 0.141 \text{ N/mm}^2$ olduğundan depremin x-x doğrultusu için oluşan kayma gerilmelerinin sınır değerini aşmadığı görülmektedir.

- Yapının zemin kat düzleminde y-y yönündeki kayma gerilmesinin hesabı;



Şekil 4.66. Depremi Y yönünde karşılayan duvarlar

- Duvar narinlik oranı DBYBHY 2007 Tablo 5.4' ten 0.95 olarak alınmıştır.

$$\tau_{em} = 0.148 \times 0.95 = 0.141 \text{ N/mm}^2$$

- Taralı duvar alanlarının hesabı:

$$A_{y-y} = 2 \times 21.38 - 2 \times 1.75 = 39.26 \text{ m}^2$$

- Duvarda oluşan kayma gerilmesi:

$$\tau_{y-y} = Vt / A_{x-x} = 509.01 / 39.26 = 12.9 \text{ ton/m}^2 = 0.129 \text{ N/mm}^2$$

$0.129 \text{ N/mm}^2 < \tau_{em} = 0.141 \text{ N/mm}^2$ olduğundan depremin x-x doğrultusu için oluşan kayma gerilmelerinin sınır değerini aşmadığı görülmektedir.

Yukarıdaki hesaplar, yapının duvar yüksekliğinin 8.38m olması durumu gerilmeleridir. Aynı işlemler ayrıca +7.00, +6.00, +5.00, +4.00, +3.00, +2.00, +1.00 kotu için hesaplanmış olup, oluşan gerilmelerin hiçbirinin sınır değerlerini aşmadığı

görülmüştür. Birer metrelik kot seviyelerinde hesaplanan gerilmeler, Çizelge 4.7.' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Birer metrelik kot seviyelerinde hesaplanan gerilmeler

Kot	$\sigma_{\text{basınc}}(\text{N/mm}^2)$	$\tau_{\text{em}}(\text{N/mm}^2)$	$\tau_{\text{x-x}}(\text{N/mm}^2)$	$\tau_{\text{y-y}}(\text{N/mm}^2)$
+0.00(taban)	0.0964	0.141	0.125	0.129
+1.00	0.0800	0.133	0.108	0.113
+2.00	0.1002	0.143	0.135	0.143
+3.00	0.0888	0.137	0.119	0.126
+4.00	0.5050	0.119	0.069	0.069
+5.00	0.0406	0.114	0.053	0.053
+6.00	0.0365	0.112	0.047	0.047
+7.00	0.0243	0.106	0.031	0.031

SAP2000 programıyla yapılan statik ve dinamik hesaplamalara dayanılarak 5 farklı kombinasyona göre elde edilen deplasmanlar Çizelge 4.8.' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kombinasyonlara göre deplasman tablosu

Yükleme	Deplasman (mm)			Düğüm no
	x	y	z	
Yükleme 1			-22.41	1353
Yükleme 2	-132.7			772
Yükleme 2		-9.15		450
Yükleme 2			-24.87	1353
Yükleme 3		-133.87		734
Yükleme 3	9.024			460
Yükleme 3			-22.58	1353
Yükleme 4	-30.65			771
Yükleme 4		-2.09		451
Yükleme 4			-22.78	1345
Yükleme 5		-30.86		734
Yükleme 5	2.095			496
Yükleme 5			-22.43	1353

Çizelge 4.9. Kombinasyonlara göre Basınç, Çekme ve Kayma Gerilmeleri

Yükleme	Gerilme S ₁₁ (N/mm ²)			Gerilme S ₂₂ (N/mm ²)			Gerilme S ₁₂ (N/mm ²)	
	Maksimum Basınç	Maksimum Çekme	Düğüm No	Maksimum Basınç	Maksimum Çekme	Düğüm No	Maksimum Kayma	Düğüm No
Yükleme 1	-0.071		136	-0.386		192	0.084	104
Yükleme 1		0.077	385		0.055	391-392		
Yükleme 2	-6.064		1177	-6.294		1178	3.374	1130
Yükleme 2		6.048	936		6.197	1178		
Yükleme 3	-5.486		1130	-5.498		1130	2.758	654
Yükleme 3		5.489	1130		5.452	1202		
Yükleme 4	-1.454		1177	-1.534		1178	0.610	1202
Yükleme 4		1.430	1178		1.436	1177		
Yükleme 5	-1.298		1130	-1.331		1130	0.637	458
Yükleme 5		1.299	1179		1.288	1202		

5. SONUÇ

Çizelge 4.7.' de verilen; DBYBHY 2007' ne göre yapılan çözümler sonucu; basınç ve kayma gerilmeleri açısından en kritik +2.00 kotu seviyesi olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise bu kotta boşluk oranlarının diğer kotlara nazaran daha fazla oluşudur. Bütün kotlarda hesaplanan basınç ve kayma gerilmelerinin yönetmelikte verilen emniyet gerilmelerinin altında kaldığı, dolayısıyla binanın deprem kuvvetleri altında güvenli olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.8. deplasmanlar tablosuna göre maksimum deplasmanlar kombinasyon 2 ve 3' te görülmektedir. Bu deplasman değeri 130 mm civarındadır. Maksimum deplasmanların görüldüğü noktalar; üst kat pencere kenarları olarak gözlemlenmiştir. Çizelge 4.9. Kombinasyonlarda maksimum gerilmelerin, taşıyıcı taş duvarların birleşim bölgelerinde ve kapı- pencere boşluklarının bulunduğu yüzeylerde olduğu gözlemlenmiştir.

Özellikle DBYBHY 2007' nden alınan Spektrum X ve Spektrum Y deprem verileri etkilerek oluşturulmuş kombinasyon 2 ve 3 sonucunda çıkan gerilmelerle, Düzce depremi (Time History) yani kombinasyon 4 ve 5 sonucunda çıkan gerilmeler kıyaslandığında, deprem yönetmeliği etkisinde elde edilen sonuçların güvenli tarafta kaldığı sonucuna varılmıştır. Türkiye' de 2-3 gibi yüksek güvenlik katsayıları ve düşük emniyet gerilmeleri kullanılması mühendislik sağduyusuna uygundur.

Hamidiye Cami' nin mevcut durumu ve fiziksel özellikleri ile DBYBHY 2007 yönetmeliğinin verdiği sınır şartları ve Düzce 1999 depremi dikkate alınarak yapılan statik ve dinamik analizler incelendiğinde yapının rijit taş duvarları, kat yüksekliğinin az oluşu ve üzerindeki çatının ahşap malzemedan yapılmış olması yapının bugüne kadar ulaşmasının temel sebepleridir.

Günümüzde tarihi yapılarla ilgili çalışmaların önemi göz önüne alındığında, DBYBHY 2007 yönetmeliğine tarihi yapıların değerlendirilmesi bölümünün eklenmesi gerektiği görüşüne varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akan, A.E., 2010. Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi International Technologic Science, 2(1), 41-54.
- Arslan, F., 2006. Depremden Zarar Görmüş Tarihi Yapıların Güçlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, Ankara.
- Aydın, E.Ö., Fahjan, Y.M., Çömlekçioğlu, R., 2007. Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kagir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler. International Earthquake Symposium Kocaeli, 636-644.
- Batur, N., 2006. Yığma Yapı Tasarımı ve Analizi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bitirme Tezi, 66s, İstanbul.
- Bayraktar, A., 2006. Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metodları. İstanbul Teknik Üniversitesi, Beta Basım Yayım Dağıtım, 1693, 145s, İstanbul.
- Bayraktar, A. 2005. Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalıştayı, http://home.anadolu.edu.tr/~yguney/cemil_historical/Historical_Buildings/March_2007/14.%2520SGM%2520Ali%2520Bayraktar%5B1%5D.pdf. Erişim Tarihi: 10.12.2011.
- Bayülke, N. 1992. Yığma Yapılar. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Genişletilmiş 2. Baskı, Ankara.
- Bilgin, H., 2003. Sinan Yapılarında Kubbeli Örtü Sistemlerinin Yapısal Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 88s, Isparta.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., 2004. Tarihi Yapılarda Kullanılan Horasan Harcı ve Sıvalarının Özellikleri, Yapı Dergisi, İstanbul.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., 2004. Investigation of the Pozzolanic Properties of Bricks Used in Horasan Mortars and Plasters in Historic Buildings, Key Engineering Materials, 64-268, (99), 2399-2402.
- Celep, Z., Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Beta Dağıtım, TA 658.44C, 700s. İstanbul.
- Çamlıbel, A.N., 2000. Geleneksel Yapılarda Stabilitenin İyileştirilmesi Temellerin Takviyesi. İstanbul, Birsan Yayınevi, Y.0029, 165s. İstanbul.
- Deren, H., 1980. Ahşap Yapı Elemanları Ders Notları. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 89s. İstanbul.

- Doğan, M., 2005. Depreme Dayanıklı Tasarım Ders notları, 81, 84, 259 , 365 ,366 , 367, 381-389s, Eskişehir.
- Doğan, S., Sinan Doğan Fotođrafları, <http://www.flickr.com/photos/sinandogan/5238687257/>. Erişim Tarihi: 05.06.2012
- Ersoy, H.Y., 1997. “Kemer” maddesi. Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, C.2, 182-183s. İstanbul.
- Fahjan, Y., 2012. Sonlu Elemanlar Yöntemi(SAP2000) Uygulaması, http://www.gyte.edu.tr/dosya/328/EngCourses/Gebze2008/Fahjan-IMOGebze2008-SonluElemanlar_01.pdf. Erişim Tarihi: 14.02.2012
- Giordano, A., Mele, E., Luca De, A., 2002. Modelling of Historical Masonry Structures: Comparison of Different Approaches Through a Case Study. Engineering Structures, 24(8), 1057-1069.
- Kuban, D., 1998. Mimarlık Kavramları, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları,107s. İstanbul.
- Livaoğlu, R., Doğangün, A., 2001. Yapıların Deprem Hesabında Eşdeğer Deprem Yüğü Yönteminin Kullanılması. Mühendislik Bülteni, 15(58), 14-24.
- Mahrebel, H.A., 2006. Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s, İstanbul.
- Nath, B., 1993. Sonlu Elemanlar Metodunun Temelleri, Çeviren: GÜNAY, D., Sakarya Üniversitesi Yayınları, Sayı:3, 236s. Adapazarı.
- Uluđ, T.N., ve Odabaşı, Y., 1997. Ahşap ve Çelik İnşaat Hesapları. Uluđ Kitabevi Yayınları: 2, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, Yayın No: 6, 382s. İstanbul.
- Okçuoğlu, T., 2012. Anadolu Selçuklu Mescitlerinde Kubbeye Geçiş Alanının Değerlendirilmesi,http://www.google.com.tr/#hl=tr&rlz=1W1ADFA_trTR438&scient=psyab&q=pandantif%2Btromp&rlz=1W1ADFA_trTR438&oq=pandantif+tr&aq=0K&aqi=g-K2g-bK1&aql=&gs_. Erişim Tarihi: 19.06.2012
- Özen, G.Ö., 2006. Comparasion of Elastic and Inelastic Behavior of Historic Masonry Structures at The Low Load Levels. The graduate Scholl of Natural and Applied Scieces Of Middle East Technical University, MSC Thesis, 94p. Ankara.
- Özer, S.S., 2006. Geleneksel Yığma Yapılarda Strüktürel Elemanların Analizi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Kayseri.

- SAP 2000, V15. Integrated Structural Analysis Design Software, Computers & Structures, Inc., Berkeley, California.
- Saraç, M.M., 2003. Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi, 155s, İstanbul.
- Seçme, T., 2009. Zaman Tanım Alanında Davranış Spektrumunun İncelenmesi. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Eskişehir.
- Sickels, L.B., 1981. Organics and Synthetics: Their Use as Additives in Mortars, Mortars, Cements and Grouts Used in the Conservation of Historic Buildings, Proceedings of Symposium in Rome, pp.25-52.
- Soygeniş, M., 2008. Yapı 2-3-4, Birsen Yayınevi, 1.Baskı, 532s. İstanbul.
- Ulkay, S., 1978. Yapı Bilgisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı İşliğı, İstanbul.
- Ural, A., ve Doğangün, A., 2009. Geliştirilen Bir Yapısal Analiz Programıyla Yığma Yapıların Analizi. New World Sciences Academy, 4(4), 580-588.
- Ural, A., 2005. Tarihi Kemer Köprülerin Sonlu Elemanlar Metoduyla Analizi. Deprem Sempozyumu Kocaeli, 408-413s.
- Ünay, A.İ., 2002. Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Basım İşliğı, 172s, Ankara.
- Yılmaz, P., 2006. Tarihi Yapıların Modellenmesi ve Deprem Güvenliklerinin Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61s, Sakarya.
- Anonim, 1989-1999. Hamidiye Cami Tarihçe. Yalvaç Belediyesi 1989-1999 Faaliyet Raporu, 98s.
- Anonim, 1999. Yalvaç Tarihi. Yalvaç Kütüphanesi, Yalvaç- Çay Yolu Yaptırma ve İlçeyi Kalkındırma Derneğı, 118s. Isparta.
- Anonim, 2011. Isparta Gezi Rehberi. T.C. Isparta Valiliğı İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Bahçıvanlar Basım Sanayi, 2. Baskı, 220s. Isparta.
- Anonim, 2011. Isparta İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. Jeolojik Yapı <http://www.ispartakulturturizm.gov.tr/belge/1-60698/jeolojik-yapi.html>. Erişim Tarihi: 12.12.2011
- Anonim, 2011. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/shared/DepremHaritalari.aspx>. Erişim Tarihi: 12.12.2011

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara, 1983.

TS 647, Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1960.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gül Durutürk
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara/1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)
Lise : Sincan YDA Lise 2001
Lisans : Süleyman Demirel Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü 2005



Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

1. Çevreci Yapı Denetim Şirketi /Ankara (2005-2006)
2. Kardem Mühendislik-Mimarlık Ltd. Şti /Ankara (2006-2007)
3. SDÜ Yalvaç TBMYO Kısmi Zamanlı Öğretim Görevlisi (2008-2010)
4. Yalvaç Adliyesi -Adli bilirkişilik (2010-)
5. Türkiye Sınai ve Kalkınma Bankası Gayrimenkul Değerleme A.Ş.-
Değerleme Uzmanı (2011-2012)
6. Durutürk Mühendislik A.Ş. (2011-)