



ProtaStructure Tasarım Kılavuzu

ProtaStructure™ ve ETABS™ Sonuçlarının Karşılaştırılması

Versiyon 1.0

Nisan 2025

Prota Yazılım'a ait eğitim ve destek istekleriniz için lütfen bizimle temasa geçiniz.

destek@protasoftware.com

www.protayazilim.com

Publisher



Sorumlulukların Sınırlandırılması	Dokümantasyon, yazılım ve kullanım hatalarından kaynaklanan kayıplardan dolayı Prota sorumlu tutulamaz. Prota Lisans Anlaşması koşullarına ek olarak; • Dokümantasyonun ve yazılım tarafından üretilen sonuçların kontrol edilmesi, • Yazılımı kullanan veya kullanımını yöneten kişilerin gerekli teknik vasıflara sahip olduğundan emin olunması, • Yazılımın, kullanım kılavuzları ve dokümantasyona uygun şekilde kullanıldığından emin olunması, kullanıcının sorumluluğundadır.
Telif Hakları	ProtaStructure, Prota Yazılım A.Ş.'nin tescilli markasıdır ve yazılımın tüm hakları PROTA Yazılım A.Ş. firmasına aittir. Tüm program dokümantasyonları, eğitim ve kullanım kılavuzları veya herhangi bir program bileşeni hiçbir nedenle kopyalanamaz ve lisans sözleşmesi kapsamı dışında kullanılamaz.
Markalar	ProtaStructure®, ProtaDetails®, ProtaSteel® ve ProtaBIM®, Prota Yazılım AŞ'nin tescilli markalarıdır. Prota logosu Prota Yazılım AŞ'nin tescilli markasıdır.

İçindekiler

İçindekiler	3
Model Açıklaması.....	4
Analitik Model.....	6
ETABS'ta Yük Hali Tanımları	6
Deprem Parametreleri	7
Analiz Yönteminin Seçilmesi	8
ProtaStructure ve ETABS'ta Yatay İvme Spektrumları.....	9
ProtaStructure ve ETABS'ta Düşey Deprem Spektrumları	10
ETABS ve ProtaStructure Sonuçlarının Karşılaştırılması	12
Kat Kütleleri ve Ağırlıkları.....	12
Titreşim Modları ve Modal Kütle Katılım Oranları.....	13
Taban Kesme Kuvveti ve Katlardaki Deprem Yükleri.....	14
Taban Kesme Kuvvetinin Elle Doğrulanması	15
Düğüm Noktası Yer değiştirme ve Dönme Değerlerinin Karşılaştırılması.....	16
Perde İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	17
Karşılaştırılacak Yük Halleri ve Kombinasyonlar	17
Kiriş İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması	20
Düşey Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	22
Sonuçların Değerlendirilmesi	23
Teşekkür.....	25

Model Açıklaması

Bu çalışmada, **ASCE 7-16** standardına göre ELF (Eşdeğer Deprem Yüğü) yöntemi kullanılarak **ETABS** ve **ProtaStructure** programlarının sonuçları karşılaştırılmıştır.

Her yapı ve yapının bir parçası, yapıya kalıcı olarak bağlı olan yapısal olmayan bileşenler ile bunların destekleri ve bağlantıları da dahil olmak üzere, ASCE 7-16 standardının 11, 12, 13, 15, 17 ve 18. Bölümlerine göre deprem hareketlerinin etkilerine karşı tasarlanmalı ve inşa edilmelidir.

Bina **15** kattan oluşmaktadır. Tüm kat yükseklikleri **3.5 m**, sadece birinci kat yüksekliği **4 m**'dir. Bu nedenle toplam yapı yüksekliği **$h_n = 46$ m**'dir.

Tüm katlar, betonarme kirişli döşeme olarak tasarlanmıştır. Her iki deprem doğrultusunda da perde duvarlar bulunmaktadır.

Beton ve donatı sınıfları sırasıyla **C 30** ve **SD 60** olarak seçilmiştir. Döşeme kalınlığı **140 mm**, perde duvar kalınlığı ise **350 mm**'dir. Ayrıca, tüm kirişler **250x600 mm**, tüm kolonlar ise **450x450 mm** boyutlarındadır.

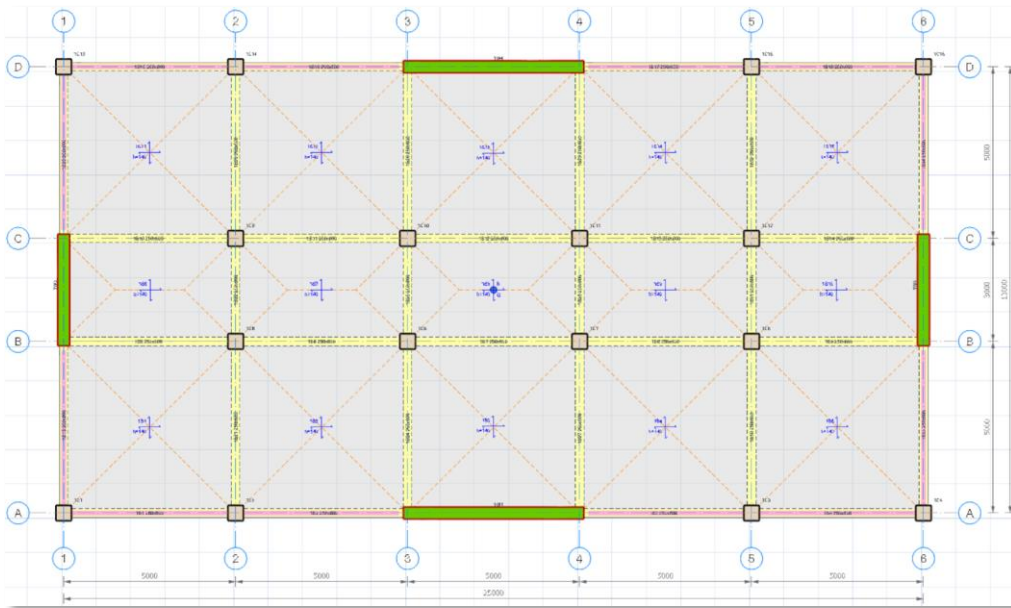
Not:

ProtaStructure'da bina modelinin oluşturulması ve analizinin tamamlanması bu çalışmanın kapsamı dışındadır.

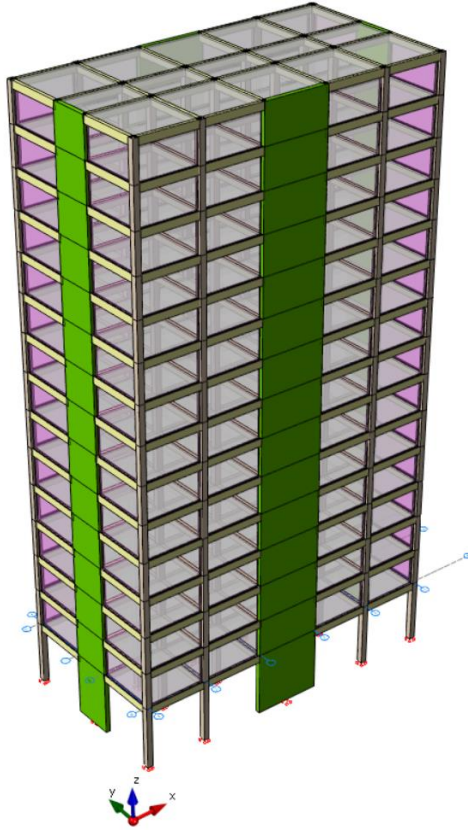
Daha bağımsız bir karşılaştırma yapılabilmesi adına, ETABS modeli ProtaStructure'dan aktarılmak yerine ETABS içinde model sıfırdan yeniden oluşturulmuştur. Gerçek hayattaki bir durumu mümkün olduğunca yansıtabilmek amacıyla, yalnızca basit bir karşılaştırma yapmak yerine, ağırlık, yatay deprem ve düşey deprem etkilerinin birleşik etkisinin (çatlamış kesit kullanılarak) dikkate alınmasına özel önem verilmiştir.

Sonuçlar arasındaki farkların nedenleri gerekli görülen yerlerde açıklanmıştır.

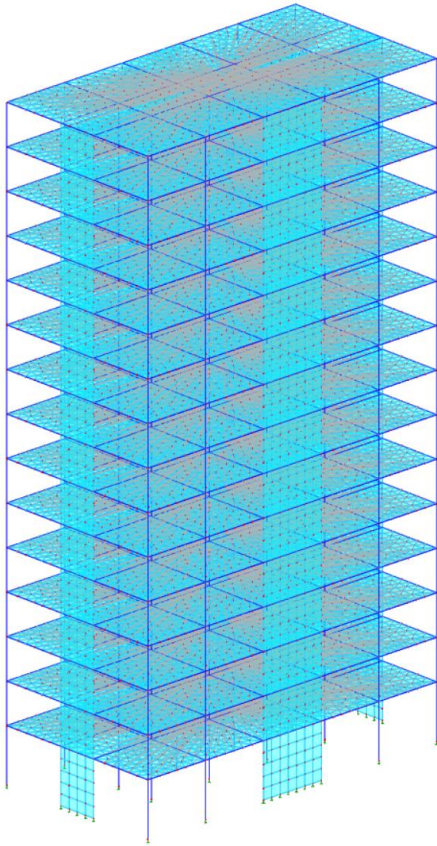
Binanın plan ve 3 boyutlu görünümü aşağıda gösterilmiştir.



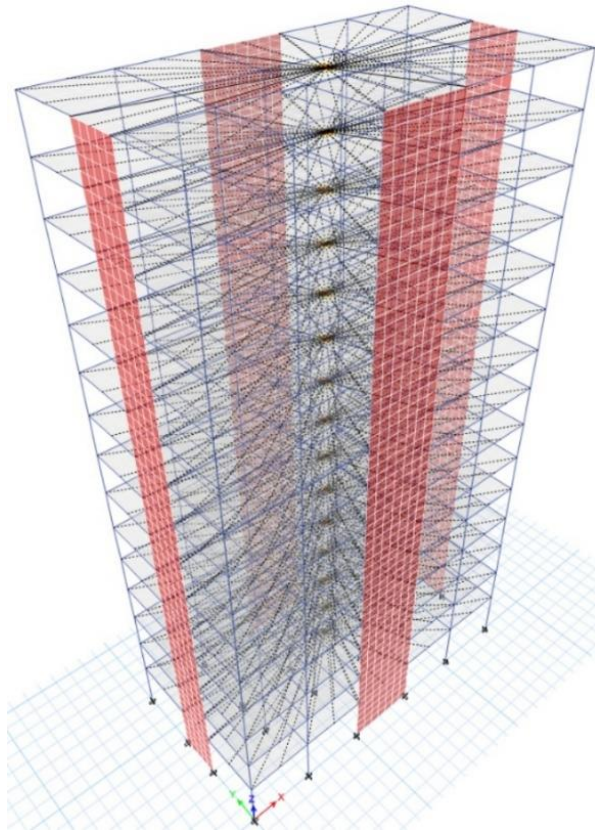
Tipik Kat Planı



ProtaStructure – 3 Boyutlu Fiziksel Model



ProtaStructure – Analitik Model



ETABS – Analitik Model

Analitik Model

Bu belgede SI birim sistemi kullanılmıştır. Her iki yazılımda da **ACI 318-19 Kodu Bölüm 6.6.3.1.1'e** göre çatlamış kesit özellikleri kullanılmıştır.

Not:

ProtaStructure, G ve Q yük durumları için deprem kombinasyonlarında çatlamış, deprem dışı kombinasyonlarda ise çatlamamış kesit özelliklerinin kullanılmasına olanak tanıyan özel bir özelliğe sahiptir. Ancak bu, iki ayrı analiz yapılmasını gerektirir ki bu işlem ETABS tarafından otomatik olarak yapılamamaktadır.

ProtaStructure, tek bir analizde hem çatlamış hem de çatlamamış kesit özelliklerini dikkate alabilir. Bu özellik, sismik ve sismik olmayan kombinasyonlar için çatlamış ve çatlamamış kesit senaryolarının eş zamanlı olarak değerlendirilmesini gerektiren deprem yönetmelikleri açısından oldukça önemlidir.

Açıklama:

Bu özelliğin varlığı karşılaştırmayı etkilememektedir çünkü sadece sismik kombinasyonlar karşılaştırılmıştır ve her iki yazılımda da aynı çatlamış kesit özellikleri kullanılmıştır.

ETABS'ta düşey yük kombinasyonları sonuçlarının ProtaStructure sonuçları ile karşılaştırılabilmesi için çatlamamış kesit özellikleriyle ayrı analizler yapılması gerekmektedir. Alternatif olarak, ProtaStructure'da tüm çatlamış kesit çarpanları 1.0 olarak ayarlanabilir.

Not:

Modelleme sırasında rijit bölgeler dikkate alınmamıştır.

ETABS'ta Yük Hali Tanımları

EXP ve EYN yük durumları için ETABS'ta yapılan yük hali tanımları aşağıda gösterilmiştir.

The image displays two screenshots of the 'ASCE 7-16 Seismic Loading' dialog box in ETABS. The top screenshot shows the 'Direction and Eccentricity' tab with 'X Dir' selected and 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' set to 0.05. The bottom screenshot shows the same dialog with 'Y Dir' selected and 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' set to -0.05. Both screenshots show the 'Seismic Coefficients' and 'Factors' sections with various values.

Section	Parameter	Value
Seismic Coefficients	0.2 Sec Spectral Accel, S_a	1.25
	1 Sec Spectral Accel, S_1	0.4
	Long-Period Transition Period	8
	Site Class	C
	Site Coefficient, F_a	1.2
Calculated Coefficients	$SDS = (2/3) * F_a * S_a$	1
	$SD1 = (2/3) * F_v * S_1$	0.4
Factors	Response Modification, R	7
	System Overstrength, Ω	2.5
	Deflection Amplification, C_d	5.5
	Occupancy Importance, I	1

Deprem Parametreleri

Dikkate alınan deprem için harita spektral ivme katsayısı değerleri:

- S_s (kısa periyot, 0.2 sn) = 1.25 g
- S_1 (uzun periyot, 1.0 sn) = 0.40 g

Bina, Yerel Zemin Sınıfı C olan bir bölgede yer almaktadır [ASCE 7-16 Tablo 20.3-1].

- Kısa periyot için yerel zemin etki katsayısı (F_a) = 1.2
- Uzun periyot için yerel zemin etki katsayısı (F_v) = 1.5 [ASCE 7-16 Tablolar 11.4-1 ve 11.4-2]

Dikkaten alınan deprem için zemin sınıfı etkilerine göre düzeltilmiş maksimum spektral ivme değerleri, ASCE 7-16'daki Denklem 11.4-1 kullanılarak belirlenmiştir.

$$S_{MS} = F_a S_s = 1.20 \times 1.25 = 1.500 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v S_1 = 1.50 \times 0.4 = 0.600 \text{ g}$$

%5 sönümlü kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} ve 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı S_{D1} değerleri ASCE 7-16 Denklem 11.4-3 ve Denklem 11.4-4 kullanılarak belirlenmiştir:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} = 2/3 \times 1.500 = 1.000 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} = 2/3 \times 0.600 = 0.400 \text{ g}$$

Binanın Risk Kategorisi, II olarak belirlenmiştir [ASCE 7-16 Tablo 1.5-1].

Risk kategorisine bağlı olarak, yapının Deprem Önem Katsayısı (I_e) = 1.00 olarak alınmıştır [ASCE 7-16 Tablo 1.5-2].

Risk Category from Table 1.5-1	Snow Importance Factor, I_s	Ice Importance Factor—Thickness, I_i	Ice Importance Factor—Wind, I_w	Seismic Importance Factor, I_e
I	0.80	0.80	1.00	1.00
II	1.00	1.00	1.00	1.00
III	1.10	1.15	1.00	1.25
IV	1.20	1.25	1.00	1.50

Tüm yapılar, risk kategorileri ve tasarım spektral ivme katsayısı değerleri temel alınarak bir Deprem Tasarım Kategorisine (SDC) atanmalıdır.

Deprem Tasarım Kategorisi (SDC) kullanılabilir taşıyıcı sistemleri, yükseklik ve düzensizlik sınırlamalarını, deprem yüklerine göre tasarlanması gereken yapı bileşenlerini ve gerekli analiz türlerini belirler.

SDC'nin belirlenmesi, ASCE 7-16 Tablo 11.6-1 ve Tablo 11.6-2 kullanılarak yapılır.

$$S_{DS} = 1.000 \text{ g ve Risk Kategorisi II} \Rightarrow \text{SDC D.}$$

$$S_{D1} = 0.400 \text{ g and Risk Kategorisi II} \Rightarrow \text{SDC D.}$$

Sonuç olarak, Sismik Tasarım Kategorisi D olarak belirlenmiştir.

ASCE 7-16 Tablo 12.2-1'e göre.

D. DUAL SYSTEMS WITH SPECIAL MOMENT FRAMES CAPABLE OF RESISTING AT LEAST 25% OF PRESCRIBED SEISMIC FORCES		12.2.5.1							
1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
2. Steel special concentrically braced frames	14.1	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
3. Special reinforced concrete shear walls ^{e,h}	14.2	7	2½	5½	NL	NL	NL	NL	NL
4. Ordinary reinforced concrete shear walls ^f	14.2	6	2½	5	NL	NL	NP	NP	NP
5. Steel and concrete composite eccentrically braced frames	14.3	8	2½	4	NL	NL	NL	NL	NL
6. Steel and concrete composite special concentrically braced frames	14.3	6	2½	5	NL	NL	NL	NL	NL

“Taşıyıcı Sistem Tipi” olarak “D3” seçilmiştir ve buna karşılık gelen “Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)” değeri 7’dir.

Dayanım Katsayısı (Ω_0) 2.50, Deplasman Büyütme Katsayısı (C_d) ise 5.50’dir.

Tablodan da görülebileceği üzere, SDC = D için yapı yüksekliği sınırlaması bulunmamaktadır.

Analiz Yönteminin Seçilmesi

ProtaStructure'da yapı analiz süreci tamamlandıktan sonra, ELF (Eşdeğer Deprem Yükü) yönteminin incelenen yapı için uygun olup olmadığının kontrol edilmesi gerekir.

Bu amaçla, yatay ve düşey düzensizlikler, ProtaStructure içerisindeki Raporlar sekmesinde yer alan “Analiz Sonrası Kontrolleri Raporu” kullanılarak kontrol edilebilir.

Bildirimler sekmesinde, yapı için herhangi bir yatay veya düşey düzensizlik bulunmadığı belirtilmektedir.

Yön 1: Yapıda Rijitlik Düzensizliği Yoktur.
Yön 2: Yapıda Rijitlik Düzensizliği Yoktur.
Yapıda Katlararası Kütile Düzensizliği Yoktur.
Yapıda Katlararası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat) saptanmamıştır.
Yön 1: Burulma Düzensizliği saptanmamıştır.
Yön 2: Burulma Düzensizliği saptanmamıştır.
Yön 1... Göreli Kat Ötelemeleri Limit Değerleri sağlamaktadır.
Yön 2... Göreli Kat Ötelemeleri Limit Değerleri sağlamaktadır.

Toplam yapı yüksekliğinin $h_n = 46$ m ve SDC'nin D olduğu göz önünde bulundurulduğunda, Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi, aşağıda gösterildiği gibi ASCE 7-16 Tablo 12.6-1'e göre kullanılabilir.

Table 12.6-1 Permitted Analytical Procedures

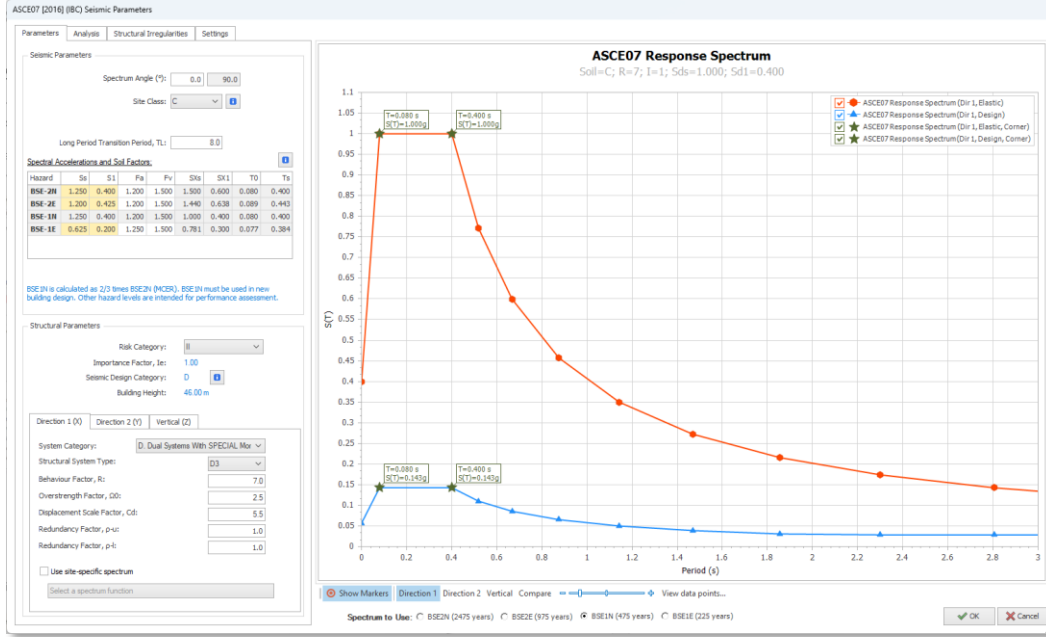
Seismic Design Category	Structural Characteristics	Equivalent Lateral Force Procedure, Section 12.8 ^a	Modal Response Spectrum Analysis, Section 12.9.1, or Linear Response History Analysis, Section 12.9.2 ^a	Nonlinear Response History Procedures, Chapter 16 ^a
B, C	All structures	P	P	P
D, E, F	Risk Category I or II buildings not exceeding two stories above the base	P	P	P
	Structures of light-frame construction	P	P	P
	Structures with no structural irregularities and not exceeding 160 ft (48.8 m) in structural height	P	P	P
	Structures exceeding 160 ft (48.8 m) in structural height with no structural irregularities and with $T < 3.5T_s$	P	P	P
	Structures not exceeding 160 ft (48.8 m) in structural height and having only horizontal irregularities of Type 2, 3, 4, or 5 in Table 12.3-1 or vertical irregularities of Type 4, 5a, or 5b in Table 12.3-2	P	P	P
	All other structures	NP	P	P

^aP: Permitted; NP: Not Permitted; $T_s = S_{D1}/S_{DS}$.

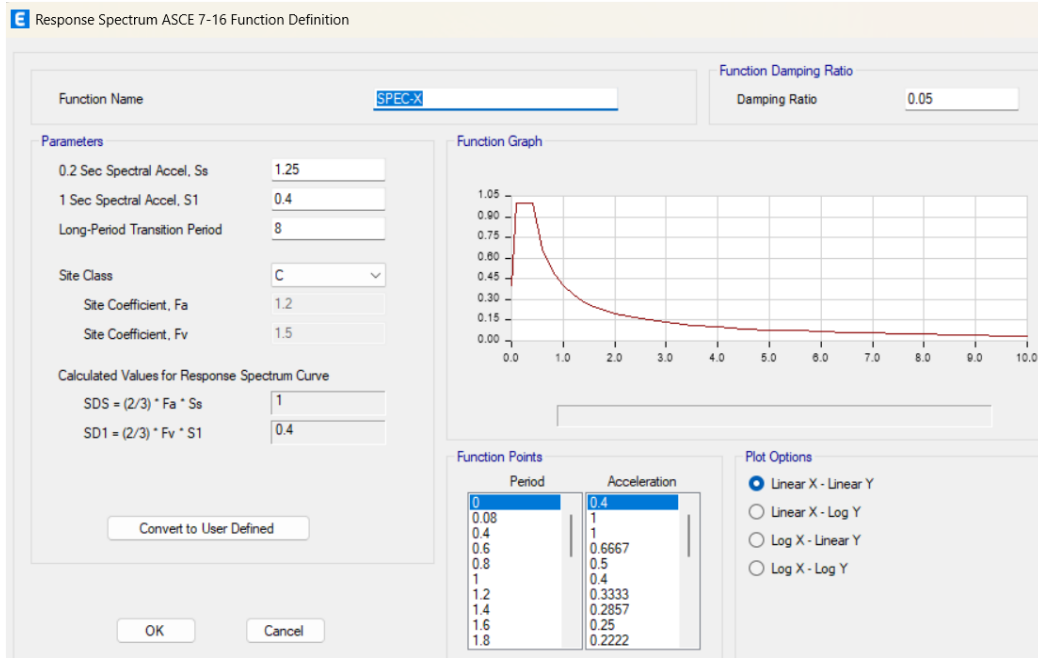
ProtaStructure ve ETABS'ta Yatay İvme Spektrumları

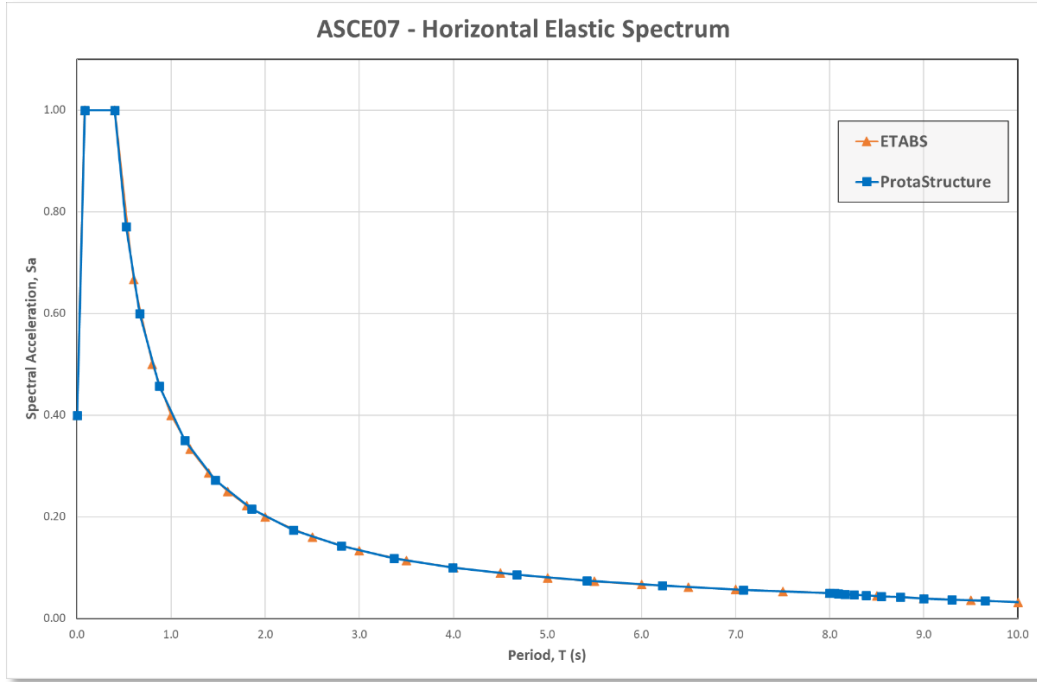
ProtaStructure, ASCE 7-16 standardına göre yatay yönler için Tasarım İvme Spektrumunu aşağıda gösterildiği şekilde hesaplamaktadır.

Bu modelde, Yön 1 ve Yön 2 için kullanılan spektrumlar aynıdır, ancak istenirse farklı deprem doğrultuları için farklı spektrumlar seçilebilir.



ETABS'ta yatay elastik tasarım spektrumu aşağıdaki gibidir.





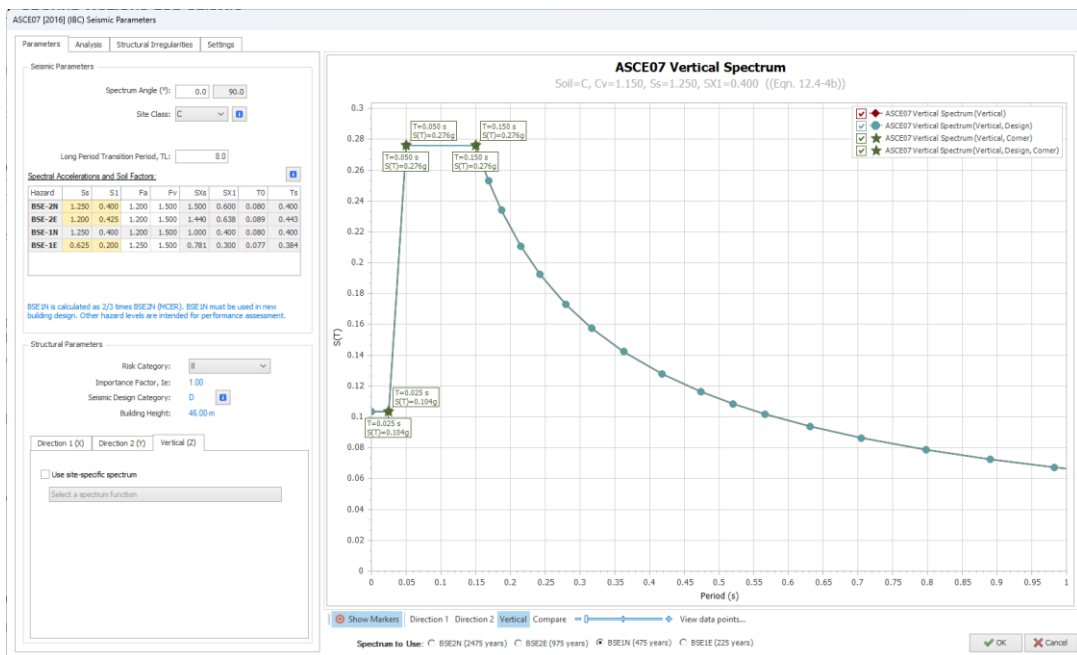
ProtaStructure ve ETABS'taki yatay elastik tasarım spektrumu aynı grafik üzerinde çizilmiştir.

ProtaStructure ve ETABS'ta Düşey Deprem Spektrumları

SDC C, D, E ve F kategorisindeki yapılar için düşey deprem yükü etkisi, aşağıdaki denklemle belirlenir [ASCE 7-16 Denklem 12.8-2]:

$$E_v = 0.3S_{av}D$$

ProtaStructure, ASCE 7-16 Bölüm 11.9'da verilen formülleri kullanarak düşey tepki spektrumunu hesaplar ve ardından S_v değerlerini 0.3 ile çarpar. Aşağıda gösterilmiştir.



ProtaStructure’da, düşey ve yatay spektrumlar, “**Analiz Öncesi Kontrol Raporu**” içinde hem tablo halinde sunulur ve grafik olarak gösterilir.

Daha sonra düşey deprem analizi, “**Modal Spektrum Analizi Yöntemi**” ile gerçekleştirilir.

Düşey deprem yükü etkisi sismik tasarım sınıfı A ve B olan yapılar için “**Yaklaşık Statik Yöntem**” ile belirlenmelidir.

Not:

ETABS, ASCE 7-16 standardına göre düşey tasarım spektrumunu otomatik olarak hesaplayamamaktadır.

Bu nedenle, ProtaStructure tarafından hesaplanan düşey spektrum, “From File” seçeneği kullanılarak doğrudan ETABS’a aktarılmıştır.

ETABS ve ProtaStructure Sonuçlarının Karşılaştırılması

Kat Kütleleri ve Ağırlıkları

Kat kütleleri ve deprem ağırlıklarının karşılaştırılması aşağıdaki tabloda sunulmuştur:

Storey	H	Kütle (ton)		G (kN)		Q (kN)		W (kN)	
		ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS
15	3.0	264.78	281.20		2649.53		650.00	2941.25	2812.03
14	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
13	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
12	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
11	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
10	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
9	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
8	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
7	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
6	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
5	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
4	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
3	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
2	3.0	352.79	333.04		3167.93		650.00	3459.65	3330.43
1	4.0	364.50	356.02		3397.68		650.00	3689.40	3560.18
Total				49168.60	47230.32	9750.00	9750.00	51606.10	49667.82

Not:

Sismik kütle ve ağırlık değerleri, her iki yazılım arasında büyük ölçüde uyumludur. **%4.1'lik** fark, ağırlıklı olarak ETABS ve ProtaStructure'ın taşıyıcı sistemin kendi ağırlığının hesabı ve yük dağılımı konusundaki farklı yaklaşımlarından kaynaklanmaktadır. Bu fark hareketli yüklerde gözlenmemektedir.

- ProtaStructure, döşeme ağırlığını kiriş yüzlerinde hesaplayarak dağıtır. Böylece kiriş ağırlığı ile çakışmayı önlemek için döşemenin net açıklığı esas alınır.

- Kiriş-kolon birleşim noktalarında, kiriş ağırlıkları ProtaStructure tarafından dikkate alınmaz, böylece iki kere göz önüne alınması önlenir ve bu durum toplam ağırlığın daha düşük çıkmasına neden olur.

- ETABS, birinci kat kütlelerinin yarısını temel kotuna dağıtır, bu değer yukarıdaki tabloda yer almamaktadır.

- ETABS, her kat için G (sabit yük) ve Q (hareketli yük) kütlelerini ayrı ayrı raporlamamaktadır.

Bu nedenle, bu değerler tabloya dahil edilmemiştir.

Titreşim Modları ve Modal Kütle Katılım Oranları

Her iki programda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Mod	Periyot (s)		X-ekseni doğrultusundaki Kütle Katılımı (%)		Y-ekseni doğrultusundaki Kütle Katılımı (%)		Z-Eksenine etrafındaki Kütle Katılımı (%)	
	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS
1	2.207	2.235	0.000	0.000	73.500	74.130	0.000	0.000
2	1.647	1.670	69.780	70.091	0.000	0.000	0.000	0.000
3	1.515	1.539	0.000	0.000	0.000	0.000	70.690	71.201
4	0.614	0.634	0.000	0.000	13.320	12.838	0.000	0.000
5	0.401	0.412	16.200	15.845	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.384	0.397	0.000	0.000	0.000	0.000	15.190	14.276
7	0.285	0.300	0.000	0.000	5.540	5.396	0.000	0.000
8	0.172	0.175	0.000	6.455	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.171	0.174	6.150	0.000	0.000	3.016	0.000	0.000
10	0.166	0.115	0.000	0.000	0.000	1.824	6.150	0.000
11	0.166	0.099	0.000	3.357	2.960	0.000	0.000	0.000
12	0.164	0.082	0.290	0.000	0.000	1.137	0.000	0.000

ETABS ile ProtaStructure arasında, 1. mod periyodu (Y yönü modu) için **%1.25**, 2. mod periyodu (X yönü modu) için ise **%1.38** fark vardır.

3. mod periyodu (öncelikli olarak dönme modu) için ise **%1.56** fark bulunmaktadır.

Not:

Modal analiz sonuçları, her iki yazılım arasında makul sınırlar içinde iyi bir uyum göstermektedir.

Buradaki küçük farklılıkların, kütle ve kütle atalet momentleri hesaplamalarındaki farklardan (buna ek olarak sonlu eleman (FE) formülasyonundaki rijitlik ve varsayım farklılıklarından) kaynaklandığı kabul edilmelidir.

Taban Kesme Kuvveti ve Katlardaki Deprem Yükleri

Her iki programda elde edilen taban kesme kuvveti ve kat seviyelerinde hesaplanan yanal yükler, aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Storey	Fx & Fy (kN)		Fark
	ETABS	PS	
15	268.73	292.45	8.11%
14	326.83	315.93	3.45%
13	296.36	286.42	3.47%
12	266.70	257.69	3.50%
11	237.87	229.78	3.52%
10	209.93	202.73	3.55%
9	182.92	176.60	3.58%
8	156.92	151.45	3.61%
7	132.00	127.35	3.65%
6	108.26	104.39	3.71%
5	85.80	82.69	3.76%
4	64.79	62.40	3.83%
3	45.43	43.72	3.91%
2	28.04	26.96	4.01%
1	13.59	13.49	0.74%
Toplam	2424.17	2374.06	2.11%

Not:

Taban kesme kuvveti sonuçları, her iki yazılım arasında makul toleranslar içinde iyi bir uyum göstermektedir.

Toplam taban kesme kuvveti, iki yazılım arasında **%2.11** oranında farklılık göstermektedir.

Bu fark, sismik ağırlıkları ve titreşim periyotlarındaki farklılıkların yanı sıra, sonlu eleman (FE) modelleme yaklaşımlarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Taban Kesme Kuvvetinin Elle Doğrulanması

Bu bölümde, ProtaStructure taban kesme kuvveti değeri, elle yapılan hesaplamalarla doğrulanmıştır.

Yapının X yönündeki hâkim periyodu **T (X) = 1.670 s.**

Yapının Y yönündeki hâkim periyodu **T (Y) = 2.235 s.**

T_a = C_t H_n = 0.0488 x 46^{0.75} = 0.862 s. [ASCE 7.16 Tablo 12.8-2]

T_{max} = C_u T_a = 1.4 x 0.862 = 1.207 s. [ASCE 7.16 Tablo 12.8-1]

T(X) = 1.670 s. > T_{max} = 1.207 sec. then **T (X) = 1.207 s.**

T(Y) = 2.235 s. > T_{max} = 1.207 sec. then **T (Y) = 1.207 s.**

X ve Y yönlerinde, periyod değerlerini üst sınır değerleri kontrol etmektedir.

C_s = 1.000 / (7/1.00) = 1.0 / 7.0 = 0.1429 [ASCE 7.16 Denklem 12.8-2]

Maksimum C_s (X Yönü) = 0.4 / [(1.207) x (7.0/1.00)] = 0.0473

Maksimum C_s (Y Yönü) = 0.4 / [1.207 x (7.0/1.00)] = 0.0473

Minimum C_s (X ve Y Yönü) = 0.044 x 1.000 x 1.00 = 0.044 ≥ 0.01 √

∴ C_s (X) = 0.0473, C_s(Y) = 0.0473

W = G + nQ = 47230.32 + 0.25 x 9750 = 49667.82 kN

V_X = C_s(X) W = 0.0473 x 49667.82 = 2349.29 kN

V_Y = C_s(Y) W = 0.0473 x 49667.82 = 2349.29 kN

V_{min} = C_{smin} * S_{Ds} * I_e = 0.044 x 49667.82 x 1.0 = 2185.38 kN

ProtaStructure sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

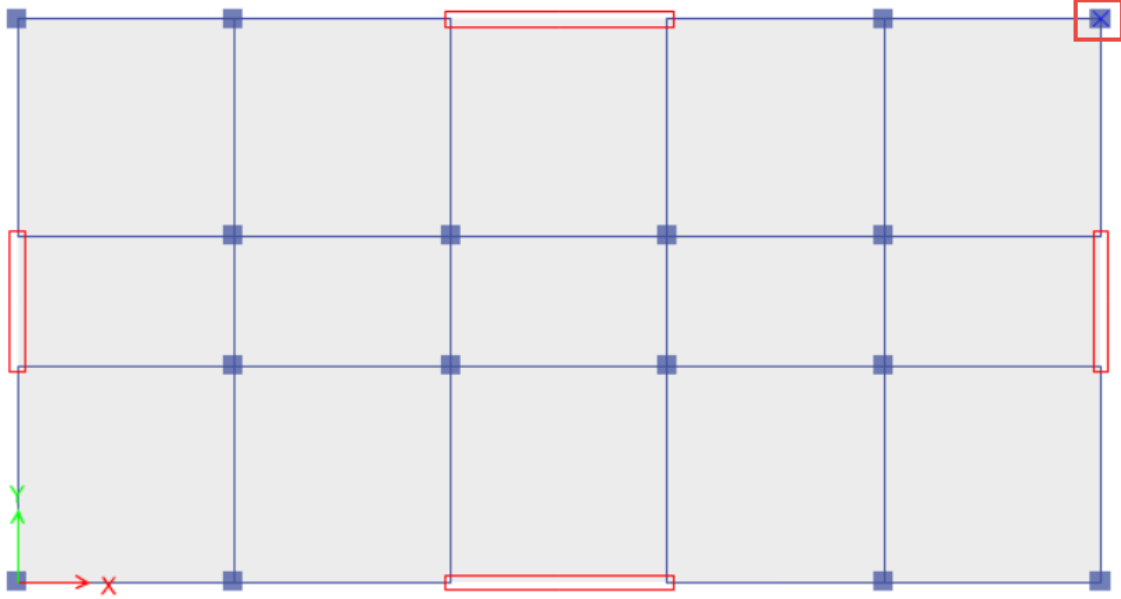
Yön	Periyot (s)		Limit Periyot (s)		Spektral İvme (g)		Toplam Taban Kesme Kuvveti (kN)		Minimum Taban Kesme Kuvveti (kN)	
	El Hes.	PS	El Hes.	PS	El Hes.	PS	El Hes.	PS	El Hes.	PS
1	-	1.670	1.207	1.212	0.0473	0.0480	2349.29	2374.06	2185.38	2191.59
2	-	2.235	1.207	1.212	0.0473	0.0480	2349.29	2374.06	2185.38	2191.59

Not:

ProtaStructure taban kesme kuvveti sonuçları, elle yapılan hesaplamalarla uyumlu görünmektedir.

Düğüm Noktası Yer değiştirme ve Dönme Değerlerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırma için, 15. kattaki sağ-üst köşe düğüm noktası dikkate alınmıştır



Bu nokta için her iki programda **EYP** yük halinde elde edilen yer değiştirme ve dönme değerleri aşağıda verilmiştir.

EYP Yük Hali	Ux (mm)	Uy (mm)	Uz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
ETABS	-4.913	121.470	-3.643	-0.001284	-0.000009	0.000756
ProtaStructure	-5.755	127.361	-3.688	-0.001270	-0.000020	0.000890

EXP yük durumu için yer değiştirme ve dönme değerleri, her iki programda aşağıda verilmiştir.

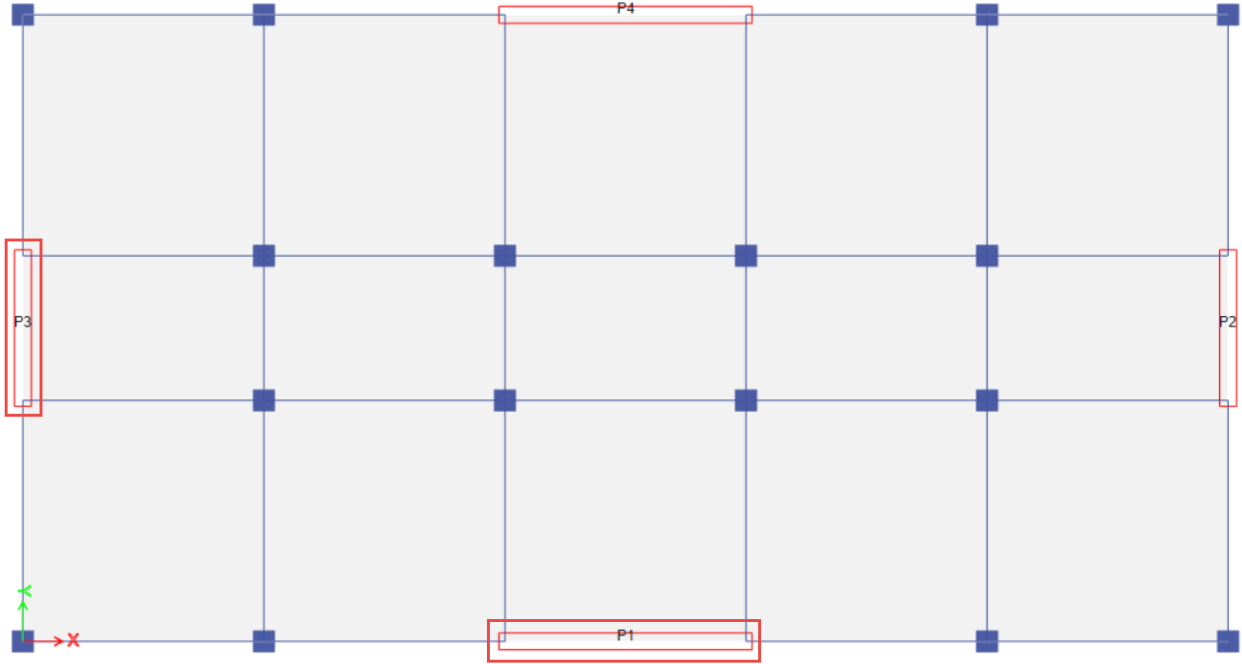
EXP Yük Hali	Ux (mm)	Uy (mm)	Uz (mm)	Rx (rad)	Ry (rad)	Rz (rad)
ETABS	69.139	-4.913	-1.323	0.000003	0.001084	-0.000393
ProtaStructure	72.653	-5.753	-1.370	0.000010	0.001120	-0.000460

Not:

İki yazılım arasındaki sonuçlardaki fark, makul sınırlar içinde görünmektedir. Bu fark, sismik ağırlıklar ve titreşim periyotlarındaki farklılıkların yanı sıra, sonlu eleman (FE) modelleme yaklaşımlarındaki ve modellerde kullanılan ağ boyutundaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır.

Perde İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırma için, 1. kattaki P1 ve P3 perdeleri göz önüne alınmıştır



Karşılaştırılacak Yük Halleri ve Kombinasyonlar

Perdelerin **güçlü ve zayıf eksenlerindeki** sonuçları elde etmek için, iki ayrı kombinasyonun ve ilgili yük hallerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

- $1.2G + Q + Ex + 0.3Ey + 0.3Ez$ (Kombinasyon 5, X yönündeki baskın deprem yükü)
- $1.2G + Q + Ey + 0.3Ex + 0.3Ez$ (Kombinasyon 17, Y yönündeki baskın deprem yükü)

Kombinasyon bilgisi, aşağıdaki ETABS ekran görüntüsünde gösterilmiştir.

E Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
GC	1.2
QC	1
EZ	0.3
EXN	0.3
EYP	1

E Load Combination Data

General Data

Load Combination Name:

Combination Type:

Notes:

Auto Combination:

Define Combination of Load Case/Combo Results

Load Name	Scale Factor
GC	1.2
QC	1
EZ	0.3
EXP	1
EYN	0.3

P1 perdesi için sonuçlar aşağıda verilmiştir.

P1 Perdesi	Eksenel Kuvvet (kN)		Kesme Kuvveti (kN)		Moment (kNm)	
	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS
G	-5883.29	-5653.77	0.00	0.03	0.00	-2.10
Q	-980.59	-966.25	0.00	0.01	0.00	-0.80
EXP	0.00	-0.15	1102.84	-1068.72	17798.32	16553.80
EYN	1390.18	1392.16	84.08	95.55	1435.04	-1533.10
EZ	922.82	-895.92	0.00	0.65	0.00	21.70
Kombinasyon 5 1.2G+Q+EX+0.3EY+0.3EZ	-7346.64	-7601.58	1128.06	-1039.82	18228.84	16097.10

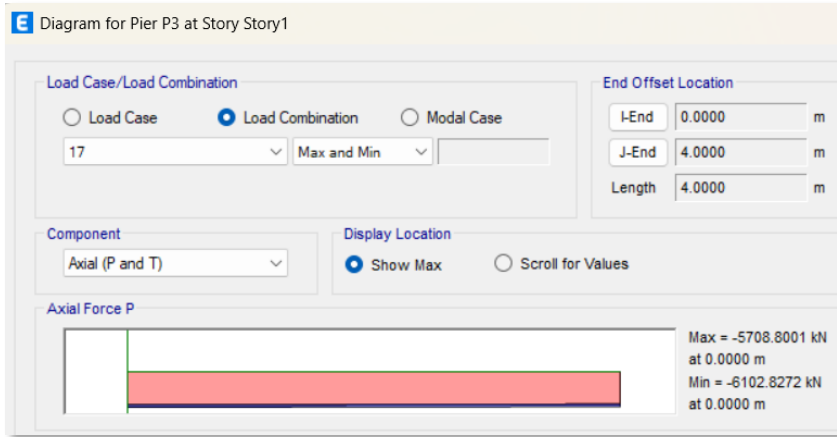
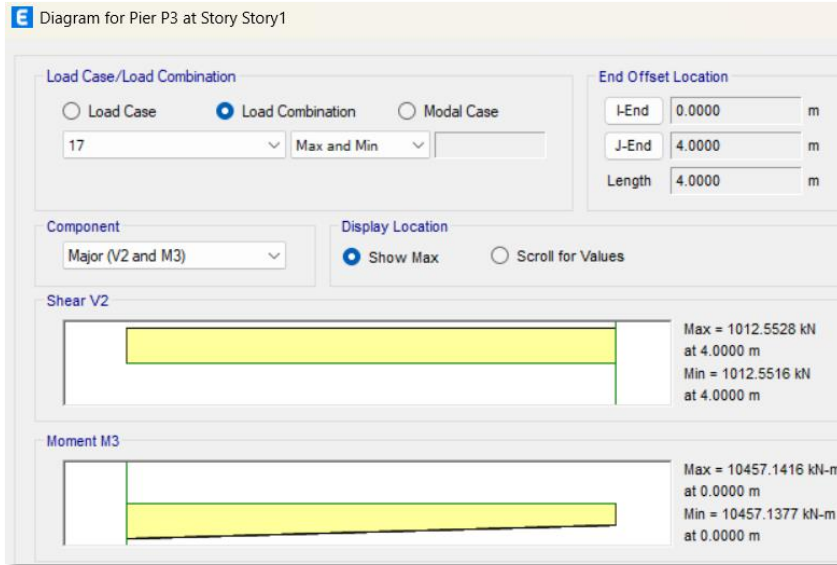
P3 perdesi için sonuçlar aşağıda verilmiştir.

P3 Perdesi	Eksenel Kuvvet (kN)		Kesme Kuvveti (kN)		Moment (kNm)	
	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS
G	-4482.48	-4258.77	0.00	0.01	0.00	-0.20
Q	-745.51	-727.20	0.00	0.00	0.00	-0.10
EXN	728.89	724.59	31.00	32.58	380.44	-371.70
EYP	0.00	0.02	1003.25	-960.57	10343.00	9079.20
EZ	656.71	-689.89	0.02	0.32	0.06	7.80
Kombinasyon 17 1.2G+Q+EY+0.3EX+0.3EZ	-5708.80	-5827.30	1012.55	-950.69	10457.14	8969.70

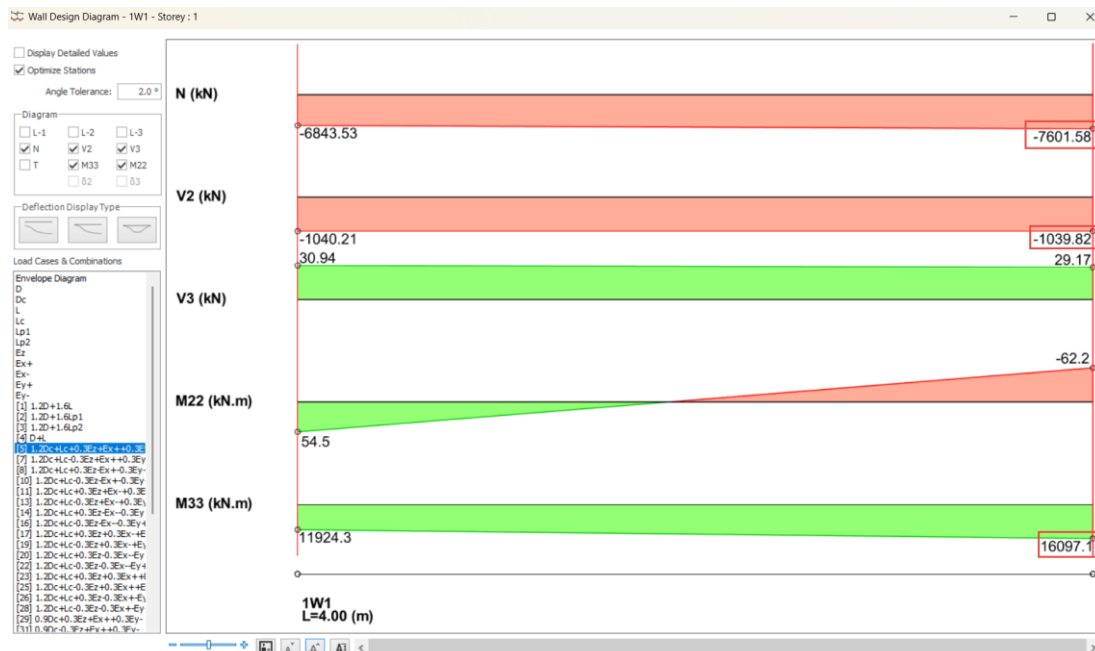
Kombinasyon 17 için ProtaStructure diyagramları aşağıda referans olarak verilmiştir:



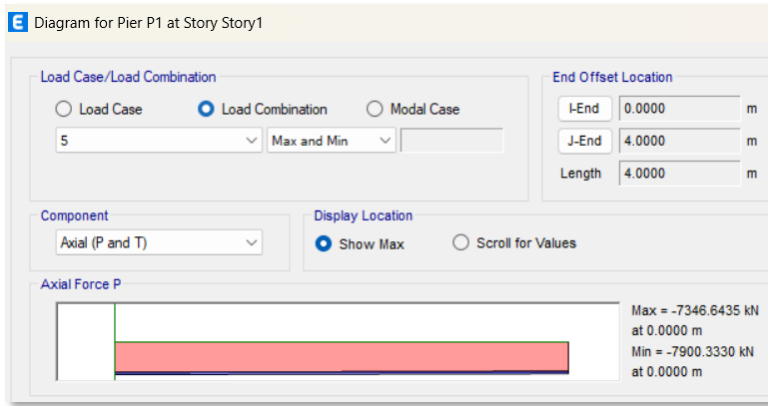
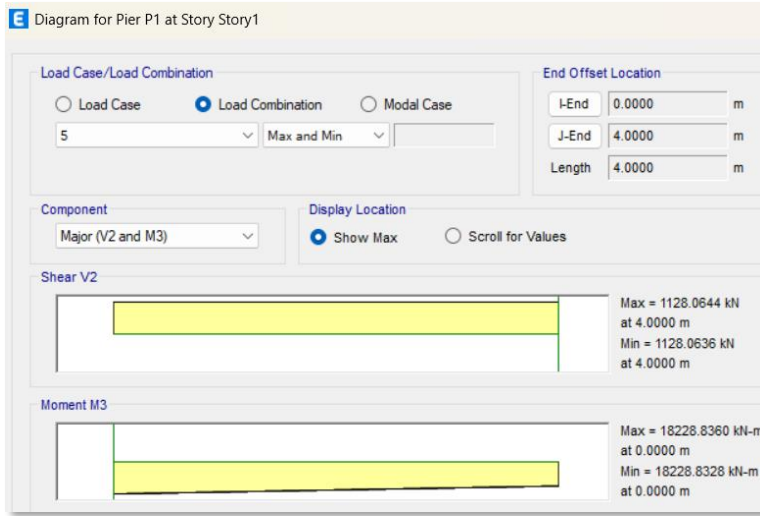
Kombinasyon 17 için ETABS diyagramları aşağıda referans olarak verilmiştir:



Kombinasyon 5 için ProtaStructure diyagramları aşağıda referans olarak verilmiştir:

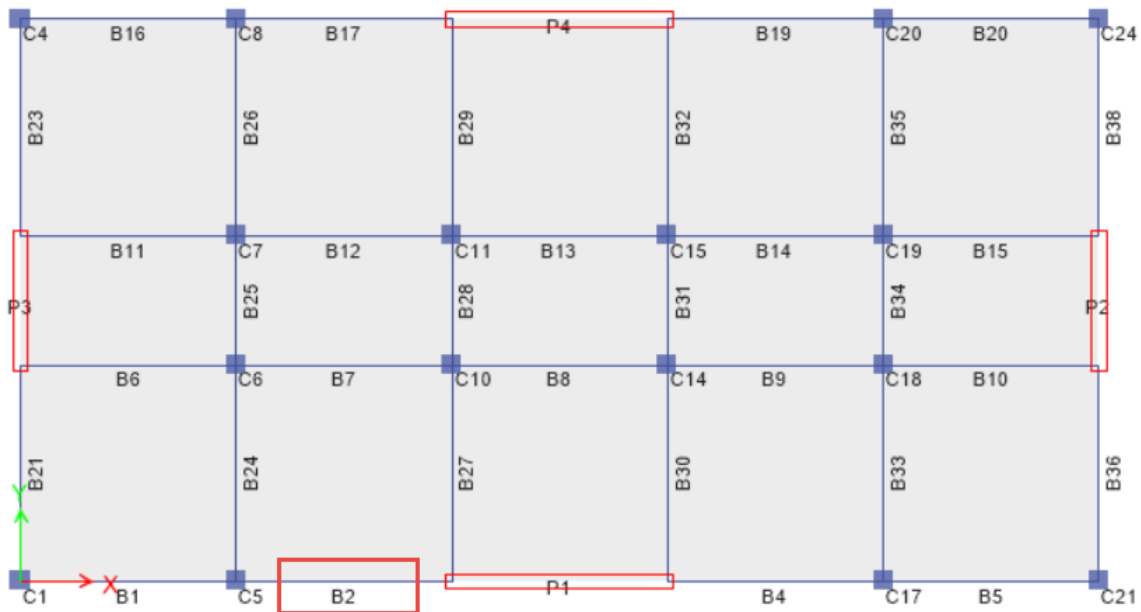


Kombinasyon 5 için ETABS diyagramları aşağıda referans olarak verilmiştir:



Kiriş İç Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

İkinci karşılaştırma için, 1. kattaki B2 kirişi göz önüne alınmıştır.



Kombinasyon-5 sonuçları 1. kattaki B2 kirişi için aşağıdaki gibidir.

B2 Kirişi– Kat 1	Kesme Kuvveti – Sol Uç (kN)		Kesme Kuvveti – Sağ Uç (kN)	
	ETABS	PS	ETABS	PS
G	-40.16	-39.25	44.20	46.16
Q	-5.70	-5.76	6.66	7.15
EXP	14.81	15.02	13.04	15.55
EYN	0.89	-1.82	-0.32	-3.66
EZ	2.99	4.83	0.08	-5.37
Kombinasyon 5 1.2G+Q+EX+0.3EY+0.3EZ	-37.90	-37.05	73.58	75.44

B2 Kirişi – Kat 1	Sol Uç Moment (kNm)		Açıklık Momenti (kNm)		Sağ Uç Moment (kNm)	
	ETABS	PS	ETABS	PS	ETABS	PS
G	-33.33	-34.09	18.11	18.57	-43.72	-48.9
Q	-5.34	-5.55	3.43	3.58	-7.64	-8.60
EXP	33.60	34.67	7.42	7.99	-35.94	-39.10
EYN	1.30	-4.96	-0.13	-1.57	-0.45	7.50
EZ	3.77	-5.57	1.84	-2.78	3.94	6.40
Kombinasyon 5 1.2G+Q+EX+0.3EY+0.3EZ	-12.47	-15.00	34.64	32.70	-97.25	-102.20

Not:

Sonuçlar, her iki yazılım arasında uyumlu olup, oluşan farklar makul sınırlar içindedir.

ProtaStructure, perdelerde "göreceli rijit" kirişler kullanarak, membran eleman formülasyonlarındaki dönme serbestlik derecelerinin kenar uzunluğu duyarlılığı nedeniyle kiriş mesnet momentlerinin gerçekçi olmayan şekilde küçülmesini engellemeyi amaçlamaktadır.

Kütle, ağırlık, taban kesme kuvveti ve FE modelleme yaklaşımlarındaki diğer farklara ek olarak, bu durum biraz daha büyük kiriş mesnet momentlerinin elde edilmesinin bir başka nedeni olabilir.

Diğer bir etken ise döşemelerde kullanılan ağ boyutudur, bu da yük ve kütle dağılımını etkiler. Özellikle, kütle dağılımı, kirişler üzerindeki düşey deprem etkileri açısından önemli bir rol oynamaktadır.

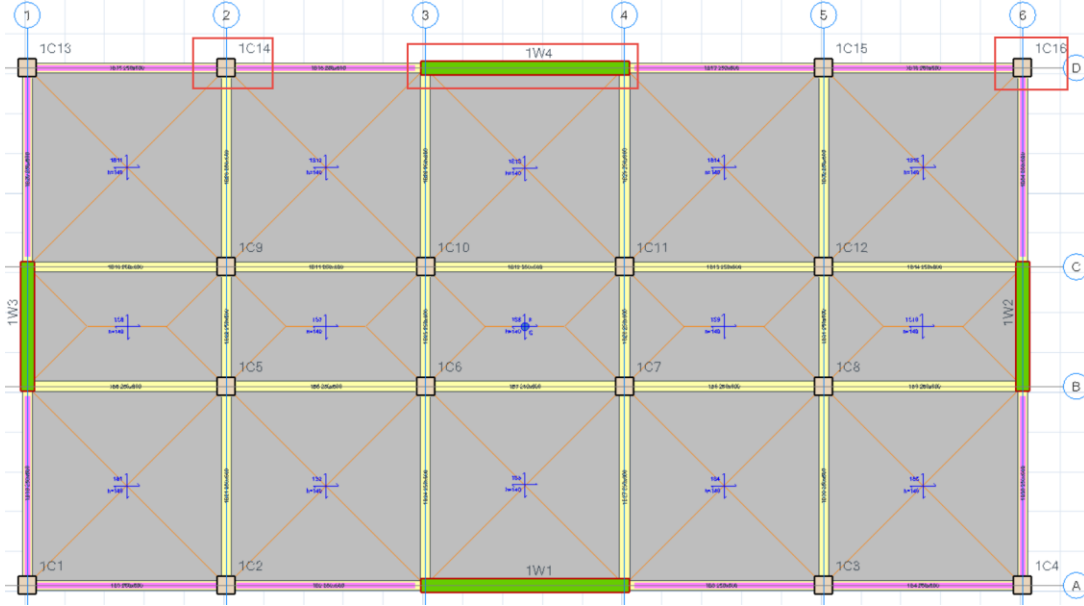
Kirişler, düşey deprem etkilerini doğru şekilde yakalamak için makul miktarda alt elemanlara bölünmelidir.

Detaylı bilgiye aşağıdaki bilimsel makalemizden ulaşılabilir:

[Comparison of Practical Approaches for Modeling Shearwalls in Structural Analyses of Buildings](#)

Düşey Deprem Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

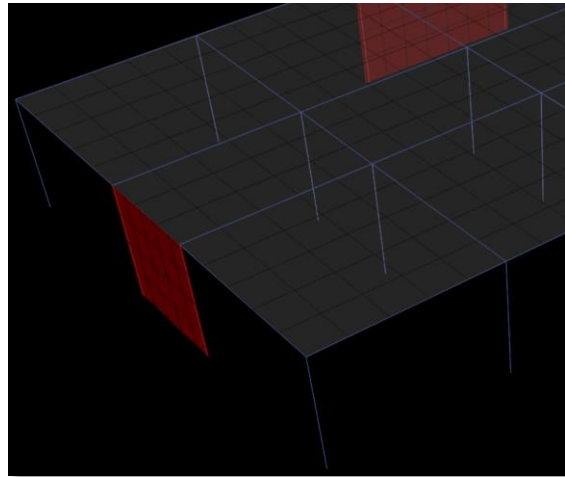
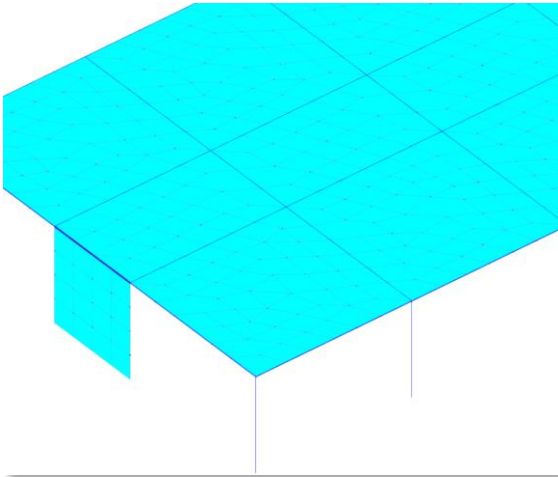
Her iki yazılımda **EZ** yük durumu (Düşey Deprem) için, 1. kattaki bazı seçilmiş kolonlar ve perdelerde elde edilen eksenel kuvvet değerleri aşağıda verilmiştir.



EZ Yük Hali	1C14	1W4	1C16
ETABS	370.49	922.82	237.48
ProtaStructure	373.47	873.91	247.55

Not: Sonuçlar, her iki yazılım arasında uyumlu olup, oluşan farklar makul sınırlar içinde kalmaktadır. Farkların, kütle hesaplama ve kütle dağılımındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, döşemelerdeki ağ boyutu da etkileyici bir faktördür.

ProtaStructure ve ETABS için oluşturulan döşeme ağı aşağıda gösterilmiştir. Döşemelerdeki ağ boyutu her iki yazılımda da ayarlanabilir. ProtaStructure, döşeme ağının oluşturulmasında QUAD elemanları kullanma seçeneğine de sahiptir.



ProtaStructure'daki (solda) ve ETABS'taki (sağda) oluşturulan döşeme ağı .

Sonuçların Değerlendirilmesi

İki iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan yapısal mühendislik yazılımı olan ProtaStructure ve ETABS arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. ProtaStructure'dan ETABS'a veri aktarma fonksiyonu kullanılmamış ve model her iki yazılımda da sıfırdan oluşturulmuştur. Yatay ve düşey ivme spektrumları, kat kütlesi ve deprem ağırlıkları, modal özellikler, taban kesme kuvveti değerleri ve analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

İki yazılım arasındaki fark, makul sınırlar içinde görünmektedir. Kütle ve yapı ağırlığı hesaplamalarındaki farkların diğer sonuçlara yansıdığı görülse de bu fark beklenen sınırlar içindedir.

ProtaStructure, yapısal kütleyi ve ağırlığı daha doğru bir şekilde hesaplar, çifte sayımı ve tekrarı engellemeye çalışır. Ayrıca, ProtaStructure, döşeme modellemesinde daha ince ağ kullanmayı tercih eder, böylece daha iyi bir yük ve kütle dağılımı çözünürlüğü elde edilir.

Karşılaştırma amacıyla model basit tutulmuştur. Sonuçların karşılaştırılmasında aşağıdaki noktalarda farklar oluşabilir ve bundan sonraki çalışmalarda göz önünde bulundurulmalıdır:

- ProtaStructure, sismik/sismik olmayan kombinasyonlarda çatlamış/çatlamamış kesitleri dikkate alabilmektedir.
- ProtaStructure, bodrum katları olan binalar için iki aşamalı analiz yapabilmektedir.
- ProtaStructure ve ETABS arasında, Eşdeğer Deprem Yüğü yöntemi ve Mod Birleştirme analizlerinde diyafram dışmerkezliğinin dikkate alınmasında farklar olabilir.
- ProtaStructure, bazı yapısal düzensizlik cezalarını otomatik olarak uygulamaktadır. Örneğin davranış faktörü değişikliği, ek dışmerkezlik artırımı vb.
- ProtaStructure, mod birleştirme yöntemine göre elde edilen bina toplam deprem yükünü eşdeğer deprem yükü yöntemi ile elde edilen bina toplam deprem yükü ile karşılaştırarak mod birleştirme yöntemine göre bulunan tüm kuvvet ve yer değiştirmelerin büyütülmesini otomatik olarak gerçekleştirebilmektedir.
- ProtaStructure ve ETABS arasında, FE modelleme yaklaşımları ve eleman eksantrikliklerinde farklar olabilir.
- ProtaStructure, doğru eksantrikliklere sahip elemanlar ekler, böylece ayrıntılı bir yapısal BIM modeli oluşturur ve analitik olarak kolonları kesit merkezi konumlarına dönüştürür. Diğer yandan, ETABS genellikle ağırlık merkezi modellemesi üzerine odaklanır ve çoğu zaman eleman eksantrikliklerini veya konumlarını basitleştirir veya göz ardı eder.
- Sonlu eleman formülasyonlarında farklar olabilir. Membran, plak eğilmesi ve kirişler için özel/farklı formülasyonlar olabilir.
- ProtaStructure, gerekli olan durumlarda dayanım fazlalığı katsayısını (D) ve hareketli yük azaltımını otomatik olarak uygular.

Önemli Not:

ProtaStructure, şartname gereksinimlerine göre analiz sonrası sonuçlarının ayrıntılı olarak irdelendiği gelişmiş bir yazılımdır. Özellikle deprem tasarımı için, elde edilen analiz sonuçları değiştirilmeden doğrudan kullanılamaz. Bu nedenle, gelecekte yapılacak karşılaştırma çalışmalarında bu faktörlerin dikkate alınması ve basit sonuçları karşılaştırarak sıfırdan başlanması, ardından karmaşık çıktıları doğru adım adım ilerlenmesi gerekmektedir.

Bu dokümandaki karşılaştırmalar ve yorumlar, yazarın ETABS hakkındaki en iyi bilgisiyle yapılmıştır. Detaylı bilgi veya herhangi bir soru durumunda, ETABS dokümantasyonuna başvurulmalıdır.

Teşekkür...

ProtaStructure Suite ürün ailesini tercih ettiğiniz için teşekkür ederiz.

Ürünlerimizle olan tecrübenizi kusursuz hale getirmek birinci önceliğimizdir. Bu nedenle teknik soru, öneri ve yorumlarınızı destek@protasoftware.com ve www.protayazilim.com adreslerinden bizlere her zaman iletebilirsiniz.

Özel çevrimiçi destek merkezimiz ve alanlarında uzman tecrübeli destek mühendislerimiz ile, sorularınızı yanıtlamaktan ve ürünlerimizin özelliklerini detaylı olarak sizlere anlatmaktan mutluluk duyacağız.

Prota Ekibi

