



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAĞ KİRİŞLİ (BOŞLUKLU) PERDELERİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Saeid FOROUGHİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran- 2016

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Saeid FOROUGHİ
Tarih:29.06.2016

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAĞ KİRİŞLİ (BOŞLUKLU) PERDELERİN SİSMİK DAVRANIŞLARININ ARAŞTIRILMASI

Saeid FOROUGHİ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. S.Bahadır YÜKSEL

2016, 112 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. S.Bahadır YÜKSEL
Yrd. Doç. Dr. Günnur YAVUZ
Yrd. Doç. Dr. Süleyman Kamil AKIN

Bu çalışmada kısa ve derin açıklıklı bağ kirişlerine sahip olan bağ kirişli boşluklu perdelerin sismik yükler altında davranışı analitik olarak araştırılmıştır. İlk aşamada örnek olarak seçilen bağ kirişli boşluklu perdelere eşdeğer deprem yükleri uygulanarak perde duvarlara ve bağ kirişlerine gelen kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri hesaplanmıştır. Bağ kirişlerinin boyutları değiştirilerek bağ kirişi rijitliğinin iç kuvvet dağılımına nasıl etkisi olduğu araştırılmıştır. Analiz edilen bağ kirişli boşluklu perdelerden maksimum kesme kuvvetine sahip olanı seçilerek bağ kirişlerinin yönetmeliklerde öngörülen çapraz bağ kirişi donatıları hesabı yapılmıştır. Bu çalışmada SAP 2000 ve ETABS paket programı kullanılarak; bağ kirişli boşluklu perdeler modellenerek, analizleri yapılmış, kat yanal deplasmanları, perde momentleri ve kesme kuvvetleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi ve eşdeğer çerçeve modeli ile çözüm yapabilen paket programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Analiz edilen bağ kirişleri Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik (DBYBHY, 2007) ve Avrupa Deprem Yönetmeliğinde (Eurocode8, 2004) öngörülen çapraz donatılar ile donatılarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda bağ kirişli boşluklu perde duvarların yapı davranışına etkisi belirlenmiştir. Bağ kirişli boşluklu perde duvarların bağ kirişlerinde ana taşıyıcı sistem görevi görecek çapraz donatılarda pratikte donatı yoğunluğundan ve montaj güçlüğünden dolayı yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatıların uygulanamamasından dolayı çapraz donatılarda yeni donatı düzeni araştırılması amaçlanmıştır. Bundan dolayı hesaplanan maksimum kesme kuvveti için eşdeğer yapısal çelik elemanların hesabı yapılmıştır. Yapısal çelik elemanlar uygulamayı kolaylaştırabilmek için parçalı olarak tasarlanmıştır. Yeni çapraz donatı düzeneği bağ kirişleri için yeni bir donatı türü (çapraz donatılar) literatüre sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bağ kiriş, Boşluklu perde duvar, Çapraz donatı, Sonlu elemanlar yöntemi, Eşdeğer çerçeve modeli

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE SEISMIC BEHAVIOR OF THE COUPLED SHEAR WALLS

Saeid FOROUGHİ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. S.Bahadır YÜKSEL

2016, 112 Pages

Jury
Prof. Dr. S.Bahadır YÜKSEL
Asst. Prof. Dr. Günnur YAVUZ
Asst. Prof. Dr. Süleyman Kamil AKIN

This study was aimed to investigate the analytical behavior of shear wall with openings having short and deep coupling beams under seismic loading. In the first step, equivalent seismic load was applied to the selected shear wall with openings as an example and then, shearing forces and bending moments acting to shear walls and coupled shear wall system were calculated. By changing the dimensions of coupled shear wall system, it was investigated how stiffness of coupled shear wall system influences internal force distribution. Maximum shearing force acting of the coupling beams of coupled shears were selected. Diagonal reinforcement of the coupling beams of coupled shear wall system were calculated. SAP 2000 and ETABS software packages were used in this study. Coupled shear wall with opening was modeled and analyzed. Coupling beams moments and shear forces were calculated. Analysis was performed using packaged software that is capable of analyzing through Finite element method, Equivalent frame model. Coupled shear wall system analyzed was compared by equipping with diagonal reinforcements projected by Regulations on Buildings to be Built in Seismic Zones (DBYBHY, 2007) and European Earthquake Regulations (Eurocode8, 2004). The effects of coupling beams of the coupled shear walls were investigated. It was aimed to investigate the new reinforcement arrangement in diagonal reinforcement since reinforcement density in practical terms has been in diagonal reinforcement acting as main carrier system in coupled shear wall with opening and diagonal reinforcement projected by regulations cannot have applied due to building-up difficulty. Therefore, equivalent structural steel components were calculated for the calculated maximum shear force. Structural steel components were designed in pieces in order to facilitate the application. A new type of reinforcement (diagonal reinforcement) was presented to the literature for a new coupled shear wall system of diagonal reinforcement arrangement.

Keywords: Coupling shear wall system, Shear wall with opening, Diagonal reinforcement, Finite element method, Equivalent frame model

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü konuda desteğini esirgemeyen çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren, gerekli yönlendirmeyi ve yetişmemi sağlayan, karşılaştığım her zorlukta yardımını esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Süleyman Bahadır YÜKSEL'e şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Saeid FOROUGHİ
KONYA-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **5**

3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler 5
3.2. Yüksek Binalarda Boşluklu Perdeler 5
3.3. Yüksek Binalarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar 6
3.3.1. Bağ kirişli perde duvarlar ve sismik yükler altındaki davranışı 6
3.4. DBYBHY 2007'ye Göre Bağ Kirişli Boşluklu Perde Duvarlara İlişkin Kural ve Koşullar 7
3.5. Eurocode8 2004'e Göre Bağ Kirişli Perdelere İlişkin Kural Ve Koşullar 10

4. ARAŞTIRMA SONUÇLAR VE TARTIŞMA **12**

4.1. Bağ Kirişli Perde Duvarların SAP2000 Programı İle İki Boyutlu Analizi 12
4.1.1. Örnek 1 12
4.1.1.1. Örnek 1, DBYBHY 2007'ye göre hesap 13
4.1.1.2. Örnek 1 Eurocode8 2004'de göre hesap 19
4.1.2. Örnek 2 24
4.1.2.1. Örnek 2, DBYBHY 2007'ye göre hesap 25
4.1.2.2. Örnek 2 Eurocode8 2004'de göre hesap 30
4.1.3. Örnek 3 36
4.1.3.1. Örnek 3, DBYBHY 2007'ye göre hesap 37
4.1.3.2. Örnek 3 Eurocode8 2004'de göre hesap 42
4.2. ETABS Programı İle İki Boyutlu Analiz 47
4.3. ETABS Programı ile Üç Boyutlu Analiz. 60
4.3.1. Giriş 60
4.3.2. Rijit diyafram modeli 60
4.3.2.1. Sistem modelinin oluşturulması 60
4.3.2.2. Kesit özelliklerinin tanımlanması 61
4.3.2.3. Analiz (çözüm) 61
4.3.3. Sayısal Uygulamalar ve Sonuçlar 61

4.3.3.1. Örnek 1 sadece çerçevelerden oluşan betonarme bina 61
4.3.3.1.1. Veriler 61
4.3.3.1.2. TS500, 2000'e göre etkili tabla genişliği hesabı 62
4.3.3.1.3. Deprem bilgileri 65
4.3.3.1.4. Çerçeveli bina 3 boyutlu analiz sonuçları 66
4.3.3.2. Örnek 2 perde- çerçeveli betonarme bina 71
4.3.3.2.1. Veriler 71
4.3.3.2.2. Deprem bilgileri 71
4.3.3.2.3. perde- çerçeveli betonarme bina 3 boyutlu analiz sonuçları 72
4.3.3.3. Örnek 3 bağ kirişli boşluklu perdeli- çerçeveli betonarme bina 80
4.3.3.3.1. Veriler 80
4.3.3.3.2. Deprem bilgileri 80
4.3.3.3.3. bağ kirişli boşluklu perdeli- çerçeveli betonarme bina 3 boyutlu analiz sonuçları 81
4.3.4. Karşılaştırma 91

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 101

KAYNAKLAR 102

ÖZGEÇMİŞ 103

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A(T) : Spektral ivme katsayısı
A_0 : Etkin yer ivme katsayısı
I : Bina önem katsayısı
S(T) : Spektrum katsayısı
T_A, T_B : Spektrum karakteristik periyotları
T : Bina doğal periyodu
Z : Yerel zemin sınıfları
Ra(T) : Deprem yükü azaltma katsayısı
R : Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
H_N : Yapı yüksekliği
V_t : Toplam eşdeğer deprem yükü
n : Hareketli yük katılım katsayısı
T : Bina doğal titreşim periyodu [s]
h_k : Bağ kirişi yüksekliği
ℓ_n : Bağ kirişlerinin perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
b_w : Bağ kirişi gövde genişliği
d : Bağ kirişi faydalı yüksekliği
f_{ctd} : Betonun tasarım çekme dayanımıdır
A_{sd} : Bağ kirişinde çapraz donatı demetlerinin her birinin toplam alanı
V_d : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı
γ : Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açı
A_b : Her bir çapraz donatının alanı
f_{yt} : Enine donatının tasarım akma dayanımı
L : Bağ kirişlerinin perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
H : Bağ kirişi yüksekliği
V_{Ed} : Bağ kirişindeki tasarım kesme kuvveti
b_w : Bağ kirişi gövde genişliği
d : Bağ kirişi faydalı yüksekliği
A_s : Bağ kirişinde her bir diyagonal doğrultudaki donatıların toplam alanı
α : Eurocode8'de bağ kirişinde kullanılan çapraz donatıların yatayla yaptığı açı

Kısaltmalar

TS500- 2000 : Türk Standardı, Betonarme Yapıların Tasarım Ve Yapım Kuralları, 2000.
DBYBHY2007 : Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 2007.
Eurocode2 : Avrupa Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Yönetmeliği, 2004
Eurocode8 : Avrupa Deprem Yönetmeliği, 2004

1. GİRİŞ

Perde duvarların kullanıldığı taşıyıcı sistemlerde, kapı, pencere ya da tesisat geçişi gibi işlevsel nedenlerden ötürü bırakılan boşluklardan dolayı bağ kirişli perde duvarlar oluşmaktadır. Bağ kirişlerinin sayıları ve boyutları yapının davranışını, bağ kirişlerindeki ve perde duvarlardaki iç kuvvetlerin dağılımını etkilemektedir. Yüksek kesme kuvvetine maruz kısa ve derin açıklıklı bağ kirişlerinde kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere yönetmeliklerde kullanılması öngörülen çapraz donatılar demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az kenetlenme boyunun 1.5 katı kadar uzatılacaktır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelikte (DBYBHY, 2007) ve Avrupa Deprem Yönetmeliğinde (Eurocode8, 2004) öngörülen sık etriyelerle sarılı çapraz donatıların, bağ kirişinin ortasında birbirinin içinden geçerek inşa edilmesi ve yoğun donatıların bulunduğu perde duvar uç bölgelerinin içine kenetleme boyu kadar girecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir. İnşaat yapım tekniğinden dolayı boşluklu perde duvarların inşasında ilk aşamada yoğun düşey donatıların bulunduğu sık etriyelerle sarılı perde uç bölgelerinin inşa edilmesi daha sonra ise sık etriyelerle sarılı çapraz donatıların inşa edilerek perde uç bölgelerine ve perde gövdesine ankrajının yapılarak monte edilmesi gerekmektedir (Yuksel, 2015). Kısa ve derin açıklıklı bağ kirişlerine sahip olan bağ kirişli boşluklu perdelerin sismik yükler altında davranışını analitik olarak incelenmiştir.

İlk aşamada örnek olarak seçilecek bağ kirişli boşluklu perdelere eşdeğer deprem kuvvetleri uygulanarak perde duvarlara ve bağ kirişlerine gelen kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri hesaplanmıştır. Farklı örneklerde bağ kirişlerinin boyutları değiştirilerek bağ kirişi rijitliğinin iç kuvvet dağılımına nasıl etkisi olduğunun araştırılması amaçlanmıştır. Daha sonra analiz edilen bağ kirişli boşluklu perdelerden maksimum kesme kuvvetine sahip olan bağ kirişleri seçilerek yönetmeliklerde öngörülen çapraz bağ kirişi donatılarının hesabı yapılmıştır. Bu çalışmada SAP 2000 (CSI-ver.14.1.0) ve ETABS (CSI-ver.15.0.0) paket programları kullanılarak; bağ kirişli (boşluklu) perde duvarlar modellenerek, analizi yapılmış, kat yanal deplasmanları, perde momentleri ile kesme kuvvetleri hesaplanmıştır. Analiz edilen bağ kirişleri DBYBHY 2007'de öngörülen çapraz donatılar ve Eurocode8 2004'te öngörülen çapraz donatılar ile donatılarak karşılaştırma yapılmıştır. Bulunan sonuçlar irdelenerek gerekli yorumlar yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda bağ kirişli boşluklu perdelerin yapı davranışına etkisi incelenmiştir.

Bağ kirişli boşluklu perde duvarların bağ kirişlerinde, sismik etkilerin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için bağ kirişli boşluklu perdelerin bağ kirişlerinde ana taşıyıcı sistem görevi görecek çapraz donatılarda pratikte donatı yoğunluğundan ve montaj güçlüğünden dolayı yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatıların uygulanamamasından dolayı çapraz donatılarda, yeni donatı düzeni araştırılmıştır. Bundan dolayı bu örneklerde hesaplanan kesme donatısına göre eşdeğer profil alanı hesaplanmıştır. Yapısal çelik elemanlardan hesaplanan yeni kesme donatısı parçalı olarak tasarlanmıştır. Yeni tasarlanan yeni çapraz donatı düzeneği bağ kirişleri için yeni bir donatı türü (çapraz donatılar) literatüre sunulmuştur. Sık etriyelerle sarılı birbirinin içinden geçen çapraz donatıların inşası ve yerine montajı neredeyse imkânsız olduğu için şantiye şartlarında pratik ve uygulanabilir montaj imkânı ve yerleştirme olanağı olmadığından dolayı bu tip çapraz donatılar yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Pratikte şantiye şartlarında uygulanabilir ve inşa edilebilir çapraz donatıların tasarlanması çok büyük öneme haizdir. Bundan dolayı parçalı sistemlerden oluşan pratikte uygulanabilir donatı düzeneklerinin bu tezde araştırılması çok önemlidir. Çapraz bağ kirişi donatıları, parçalı olduğu zaman montajı çok kolay hale gelmektedir. Bağ kirişi içinde kalan yapısal çelik elemanlar ve perde duvar içinde kalacak yapısal çelik elemanlar parçalı olarak imal edilebilirse ve yerinde montaj yapılabilirse ülke ekonomisine çok büyük katkıda bulunulabilir (Yuksel, 2015).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Son yıllarda özellikle kentsel alanlarda meydana gelen depremlerde yapılardaki hasarların ekonomik etkisinin çok büyük olması, depreme dayanıklı yapı tasarımında hasar kontrolünün de göz önüne alınması gerektiğini göstermiştir. Buna bağlı olarak, geleneksel kuvvete dayalı tasarımın yerini alması için performansa (deprem güvenliğine) dayalı tasarım ve değerlendirme ile ilgili çalışmalar önem kazanmıştır. Çeşitli yönetmeliklerce tasarlanan yapılardan öngörülen hedefler, yönetmeliklerce yer alan çeşitli koşullar (süneklik koşulları, yer değiştirme sınırlandırmaları vb.) ile sağlanmaya çalışılmaktadır. Bunun için lineer statik analiz yöntemlerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Betonarme binaların deprem karşısında davranışları hakkındaki bilgilerin, zaman ilerledikçe mevcut kabul edilen çözüm yöntemlerinin yetersiz kaldığının ortaya çıkması, bilgisayar programlarında ve çözüm yöntemlerindeki hızlı ilerleyiş, deprem davranışının daha gerçekçi modellenebilmesi ve daha karmaşık çözüm yöntemlerinin denenmesini mümkün kılmıştır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında ya da mevcut yapıların deprem bakımından güçlendirilmesinde betonarme perde duvarlar etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle çok katlı yapılarda yatay deplasmanların kontrolü için rijitlik katı oluşturulabilmektedir. Rijitlik katı uygulamasının pratikte kullanılan bir başka şekli ise perde duvarların yüksek kirişlerle birbirine bağlanarak rijitliğin artırılmasıdır. Bu tasarım yöntemi deplasmanın azaltılmasının yanında düşey taşıyıcı elemanlarda eğilme momentine yol açan yatay yüklerin bu elemanlarda oluşacak kuvvet çiftleriyle karşılanmasını sağlar (Kaplan ve Tama, 1995). Böylece düşey taşıyıcı elemanların boyutlarının büyümesine yol açan eğilme etkileri, daha kolay karşılanabilen eksenel kuvvetlere dönüştürülür. Doğrusal olmayan itme analizi ve kapasite spektrumu yöntemi son yıllarda yapı mühendisliğinde popülarite kazanmış etkin araçlardır. Bu çalışmada, mevcut yapıya ilave edilen güçlendirme perdelerinin yüksek bağ kirişleriyle bağlanmasıyla veya yapıda mevcut bulunan ancak yatay yükler altında yetersiz olan perde elemanların çatı üstünde veya son kat seviyesinde rijit bağ kirişleriyle birbirine bağlanması ile yapının deprem güvenliğinin artırılabileceği gösterilmiştir. Bunun için güçlendirilmesi gereken 5 katlı bir yapının ve 3 farklı güçlendirme alternatifinin SAP2000 (CSI) programıyla statik itme analizleri yapılmış, kapasite spektrumu yöntemi ile performansları hesaplanmıştır. Yapıların kapasiteleri, performansları ve hasar görme şekilleri karşılaştırılmıştır.

Çok katlı yapılarda, artan kat sayısına paralel olarak yapıya gelen deprem kuvvetleri de artmakta ve yapı daha fazla yatay kuvvete maruz kalmaktadır. Artan bu yatay tesirlere karşı emniyeti yalnız çerçevelerle temin etmek, kolon boyutları büyüyeceğinden, gerek alt katlardaki hacim kaybı nedeniyle, gerekse maliyet bakımından uygun çözüm olmamaktadır. Özellikle deprem bölgelerinde kolonlar, taşıdıkları servis yüklerinden daha fazla eğilme momentine maruz kalmaktadır. Bu durumda yatay etkilere karşı, rijitliği kolonlara nazaran daha fazla olan perde elemanlar tercih edilmektedir. Ancak bazı durumlarda, kapı, pencere ve koridor gibi mimari nedenlerle açılan boşluklar, boşluklu perdeleri ortaya koymaktadır. Böylece çok katlı yapı tasarımında bağ kiriş-perde sistemi olarak bilinen bir sistem ile karşılaşırız. Bu çalışmada bağ kirişli-perde taşıyıcı sistemlerde, bağ kirişi boyutlarının sistemin davranışına etkisi incelenmiştir. Bir modelde üst kat bağ kirişi yüksekliği değiştirilerek çözümler yapılmıştır. Çözümlerde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Yapılacak olan deneysel çalışmaya bir ön hazırlık teşkil eden çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır. Özellikle son kattaki bağ kirişinin daha rijit olması durumunda, boşluklu perdenin davranışının perde davranışına daha yakın olduğu görülmüştür. Perde boyutları, yükler ve diğer bağ kirişlerinin boyutları sabit kalmak üzere, son kat bağ kirişinin yüksekliği arttıkça sistemin yatay ötelenmelerinin azaldığı gözlenmiştir (Kaplan ve Tama, 1995).

Tek boşluklu perde duvarların yatay yükler altındaki ötelenmeleri incelenmiştir. Boşluğun katlar içindeki konumu değişken alınmıştır. Sonuçlar, dolu ve her katta kapı boşluğu olan perde duvar modelleri ile karşılaştırılmıştır. Seçilen modeller için sonlu elemanlar kullanılarak çözüm aranmıştır. Boşluğun duvar boyutlarına göre görece küçük olduğu durumlarda sisteme etkisi ihmal edilerek, sistem boşluksuz kabul edilebilmektedir. Ancak boşluğun görece büyük olduğu ya da perdenin kritik bir bölgesinde konumlandığı durumlarda, sisteme etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Boşluğun duvarın orta bölgesinde bulunduğu durumlarda kesme dayanımı önemli ölçüde düşerken, moment taşıma kapasitesi aynı derecede etkilenmemektedir.

Bağ kirişli boşluklu perdelerin bağ kirişlerinin uç bölgelerine derz (slit) uygulayarak derzli bağ kirişlerini literatüre sunmuştur. Derzli bağ kirişlerinin statik ve dinamik yükler altındaki davranışlarını sonlu elemanlar yöntemi ile araştırmıştır. Derzli bağ kirişlerinin rijitlik parametrelerini hesaplamıştır. Parametrik çalışma yapılarak derzli bağ kirişlerin modellenmesi için uygun katsayılar literatüre sunulmuştur (Yuksel, 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada üç farklı örnek olarak; sadece çerçevelerden oluşan betonarme bina, perdeli- çerçeveli betonarme bina ve bağ kirişli boşluklu perde duvarlardan oluşan binalar analiz edilmiş ve bununla birlikte bağ kiriş boyutlarının sistemin davranışına etkisi araştırılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ve eşdeğer çerçeve modeli ile çözüm yapabilen ETABS ve SAP2000 paket programları kullanılarak analizler yapılmıştır. Farklı modellerde bağ kiriş yükseklikleri değiştirilerek SAP2000 ve ETABS paket programları ile iki boyutlu ve üç boyutlu çözümler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırmaları sonucunda bağ kirişlerinin sismik yükler altında davranışı ve bağ kirişi boyutlarının değişmesi nedeni ile kesme kuvveti ve moment değerlerinin değişmeleri araştırılmıştır. Bağ kirişli boşluklu perde duvarlar modellenerek, analizlerinin yapılması, kat yanal deplasmanları, perde momentleri ile kesme kuvvetleri bulunmuştur. Analiz edilen bağ kirişleri DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'te öngörülen çapraz donatılar ile donatılarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda bağ kirişli boşluklu perde duvarların yapısal davranışa etkisi araştırılmıştır. Bu programlarda yapıların statik çözümlenmesi sonucunda bağ kirişli boşluklu perde duvarlı binaların DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'e göre boşluklu perde duvarlı binanın her katında perde duvarların yönetmelikte öngörülen çapraz bağ kirişi donatıları ile hem de yeni çapraz donatı düzeneği ile donatılması ve karşılaştırılmaları yorumlanmıştır. Çapraz bağ kirişi donatıları, parçalı olduğu zaman montajı çok kolay hale gelmektedir. Bağ kirişi içinde kalan yapısal çelik elemanlar ve perde duvar içinde kalacak yapısal çelik elemanlar parçalı olarak imal edilebilirse ve yerinde montaj yapılabilirse ülke ekonomisine çok büyük katkıda bulunulabilir (Yuksel, 2015).

3.1. Bina Taşıyıcı Sistemlerine İlişkin Genel İlkeler

Bir bütün olarak deprem yüklerini taşıyan bina taşıyıcı sisteminde ve aynı zamanda taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların her birinde, deprem yüklerinin temel zeminine kadar sürekli bir şekilde ve güvenli olarak aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunmalıdır. Binaya aktarılan deprem enerjisinin önemli bir bölümünün taşıyıcı sistemin sünek davranışı ile tüketilmesi için, sünek tasarım ilkelerine titizlikle uyulmalıdır. Binalara etkiyen deprem yüklerinin belirlenmesi için, Spektral İvme Katsayısı ve Deprem Yükü Azaltma Katsayısı esas alınacaktır. DBYBHY 2007'de aksi belirtilmedikçe, deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve birbirine dik iki eksen doğrultusunda etkidikleri varsayılacaktır (DBYBHY, 2007).

3.2 Yüksek Binalarda Boşluklu Perdeler

Çok katlı binaların taşıyıcı sistem tasarımında, perde duvarların kat seviyesinde bağ kirişleriyle birbirlerine bağlanması uygun bir kullanımdır. Deprem yükleri altında boşluklu ve boşluksuz perde duvarların yatay ötelenmeleri farklılık göstermektedir. Boşluklu perde sistemlerinde deprem yüklerine karşı bağ kirişlerinde oluşan hasarlar, deprem enerjisinin önemli bir kısmını karşılar. Boşluğun duvarın orta bölgesinde bulunduğu durumlarda kesme dayanımı önemli ölçüde düşerken, moment taşıma kapasitesi aynı derecede etkilenmemektedir. Boşluklu perde duvarların deprem yükleri altındaki davranışı bağ kiriş boyutu, kat sayısına göre farklılık göstermektedir (Özsoy ve Kaya, 2005).

3.3. Yüksek Binalarda Yatay Yük Taşıyıcı Elemanlar

Yüksek yapılarda taşıyıcı sistemler kullanılan malzeme, yapı yüksekliği, kat adedi ve yapının işlevine göre çeşitlilik gösterebilir. Yüksek yapılara etki eden yatay ve düşey kuvvetlerin aktarılmasında kullanılan en çok taşıyıcı sistem tipleri:

- Çerçevelerden oluşan sistemler.
- Perde ve çerçevelerden oluşan sistemler.
- Boşluklu perdelerden oluşan sistemler.
- Boşluklu perde- perde- çerçevelerden oluşan sistemler.
- Perde- çerçeve- çekirdekten oluşan sistemler.
- Perde- kolon veya çekirdek- kolonlardan oluşan sistemler.
- Tüplerden oluşan sistemler.(Bikçe, 1996).

3.3.1. Boşluklu (bağ kirişli) perde duvarlar ve sismik yükler altındaki davranışı

Perdelerin birbirlerine bağ kirişleri ile bağlanması sonucunda elde edilen yatay yük taşıyıcı elemanlar boşluklu perde olarak isimlendirilir. Boşluklu perdeler, çok katlı yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımında çok kullanılır. Boşluklu perde hem eğilme kirişi hem de kesme kirişi davranışı gösterir. Boşluklu perdenin eğilme rijitliği boşluk yanlarında kalan perdelerin rijitliklerinin toplamıdır (Ak, 2004).

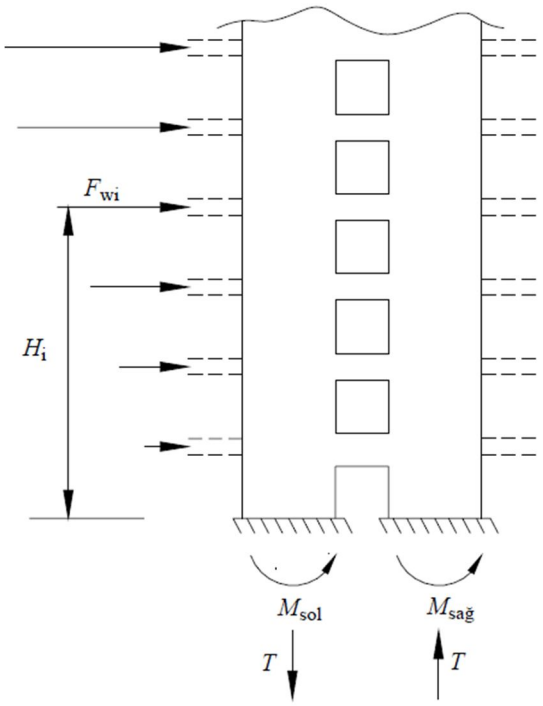
Boşlukların konumları ile birlikte duvar boyunca sayıları ve boyutları da yapının davranışını, bağ kirişlerindeki ve perde duvarlardaki iç kuvvetlerin dağılımını etkilemektedir. Bu tip yapılarda, boşlukların perde duvarlar içindeki

konumları, yapı davranışına etkileri göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Bağ kirişli perde duvarlara etkiyen yatay yükler etkisi ile perde duvarlarda eksenel kuvvetler, kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşurken bağ kirişlerinde kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşur. Bağ kirişli perdeler ve bağ kirişleri uygun biçimde tasarlandıklarında, yeterince sünek davranabilirler (Yuksel, 2015).

Depreme dayanıklı yapı tasarımında genel eğilim sünek taşıyıcı sistemlerin teşvik edilmesi şeklindedir. Bunun yanında yatay ve düşey kesitlerde düzenli taşıyıcı sistemin seçimi ve elemanların birleşim bölgelerinde gösterilecek özen önemle vurgulanır. Ayrıca taşıyıcı sistemde yatay yer değiştirmeleri sınırlandıracak rijitliğin oluşturulması ve bu suretle taşıyıcı olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması diğer önemli bir husustur. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 de tanımlanan tasarım depremi, yapı önem katsayısı 1 olan binalar için dönüşüm periyodu 475 yıl ve 50 yıllık süre içinde asılması olasılığı % 10 olan yer hareketine karşı gelmektedir (Akyurt, 2010).

3.4. DBYBHY 2007'ye göre Bağ Kirişli Boşluklu Perde Duvarlara İlişkin Kural ve Koşullar

DBYBHY 2007'ye göre göz önüne alınan deprem doğrultusunda, herhangi bir bağ kirişli perde sistemini oluşturan perde parçalarında deprem yüklerinden oluşan taban momentlerinin toplamı, bağ kirişli perde sisteminde deprem yüklerinden oluşan toplam devrilme momentinin 2/3'ünden fazla olmayacaktır. Bu koşulun sağlanamaması durumunda, bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının her biri boşluksuz perde olarak sayılacak R katsayısı değiştirilecektir. Bağ kirişli perdeyi oluşturan perde parçalarının düşey donatı hesabında, düşey yükler ve depremin ortak etkisinde çekmeye çalışan perde parçasındaki eğilme momentinin en fazla %30'unun, basınca çalışan perde parçasına aktarılmasına (yeniden dağılım) izin verilebilir (DBYBHY, 2007).



Şekil 3.1. Bağ kirişli perde duvar sisteminde deprem yüklerinden oluşan taban momentleri (DBYBHY, 2007)

Bağ kirişli perde duvar sistemlerde, bağ kirişleri ile perde duvarların beraber çalışmaları amaçlanır. DBYBHY 2007'ye göre aşağıda verilen her iki denkleminde sağlanmaması durumunda bağ kirişine konulacak özel çapraz donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılacaktır.

$$\ell_n > 3 \times h_k \tag{3.1}$$

$$V_d \leq 1.5 \times b_w \times d \times f_{ctd} \tag{3.2}$$

Yukarıdaki formülde;

ℓ_n : bağ kirişlerinin perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

h_k : bağ kirişi yüksekliği,

b_w : bağ kirişi gövde genişliği,

d : bağ kirişi faydalı yüksekliği,

f_{ctd}: betonun tasarım çekme dayanımıdır.

DBYBHY 2007'de her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$A_{sd} = V_d /(2 \times f_{yd} \times \sin\gamma) \qquad (3.3)$$

Bu denklemde;

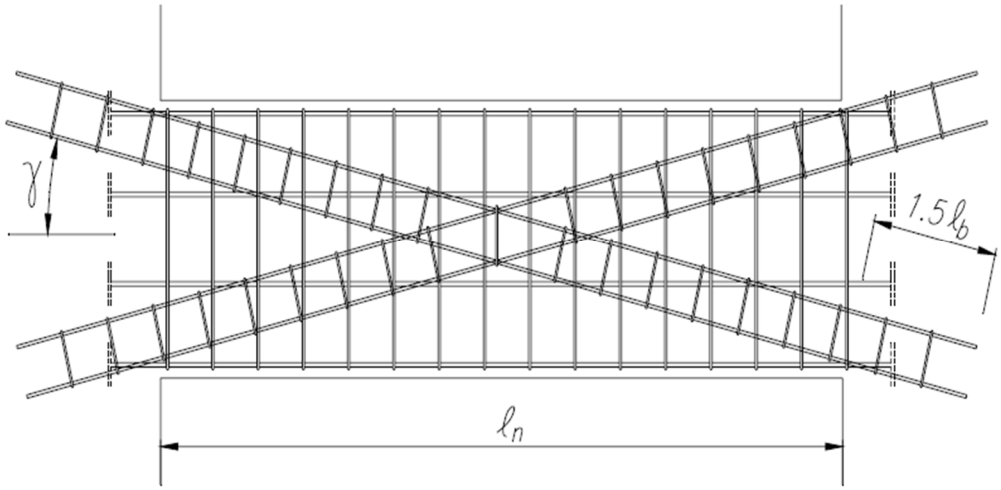
A_{sd} : Bağ kirişinde çapraz donatı demetinin her birinin toplam alanı,

V_d : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti,

f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı,

γ : Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatı demetinin yatayla yaptığı açıdır.

Bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere DBYBHY 2007'de kullanılması öngörülen çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az kenetlenme boyunun bir buçuk katı kadar uzatılacaktır. Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8mm'den, aralığı ise çapraz donatı çapının 8 katından ve 100mm'den daha fazla olmayacaktır. Çapraz donatılara ek olarak, bağ kirişine öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay donatı konulacaktır.



Şekil.3.2. DBYBHY2007'e göre bağ kirişlerinde çapraz donatı düzeni görünüşü (DBYBHY, 2007)

3.5. Eurocode8 2004'e göre Bağ Kirişli Boşluklu Perdelere İlişkin Kural ve Koşullar

Eurocode8 2004'e göre aşağıda verilen her iki denkleminde sağlanması durumunda sismik etkileri karşılamak için bağ kirişinin her iki diyagonali boyunca donatıların aşağıda verilen kurallar dâhilinde uygulanması gerekmektedir.

$$l < 3 \times h \tag{3.4}$$

$$V_{Ed} > f_{ctd} \times b_w \times d \tag{3.5}$$

Yukarıdaki formülde;

l : bağ kirişlerinin perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı,

h : bağ kirişi yüksekliği,

V_{Ed} : bağ kirişindeki tasarım kesme kuvveti ($V_{Ed} = 2.M_{Ed}/l$),

b_w : bağ kirişi gövde genişliği,

d : bağ kirişi faydalı yüksekliği,

f_{ctd} :betonun tasarım çekme dayanımıdır.

a) Eurocode8, 2004'e göre çapraz donatılı bağ kirişlerinde aşağıdaki denklem sağlanmalıdır.

$$V_{Ed} = 2 \times A_{si} \times f_{yd} \times \sin\alpha \tag{3.6}$$

Yukarıdaki formülde;

V_{Ed} : Bağ kirişindeki tasarım kesme kuvveti, ($V_{Ed} = 2.M_{Ed} / l$)

A_{si} : Bağ kirişinde her bir diyagonal doğrultudaki donatıların toplam alanı,

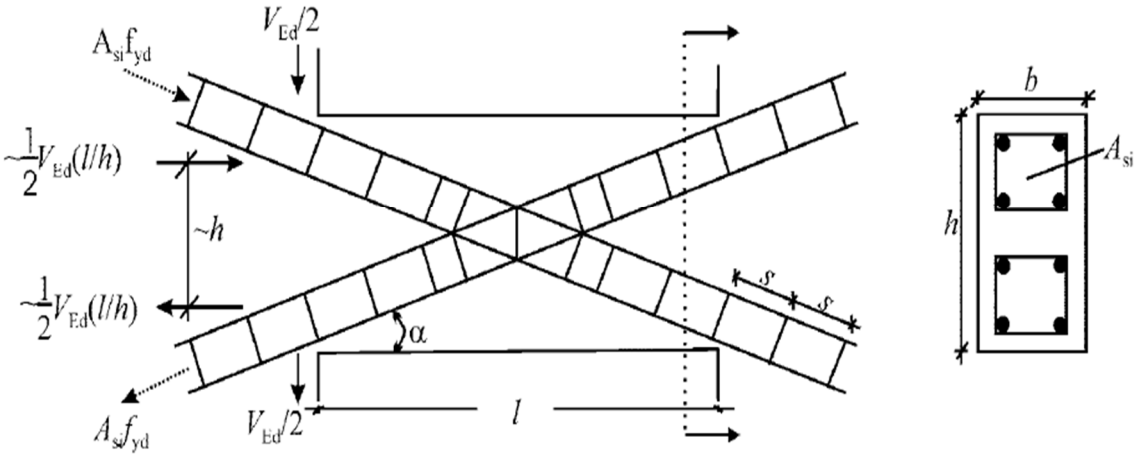
f_{yd} : Boyuna donatının tasarım akma dayanımı,

α : Bağ kirişinde kullanılan çapraz donatıların yatayla yaptığı açıdır.

b) Diyagonal donatıların genişliği en az $0.5 \times b_w$ olacak şekilde kolon elemanı gibi donatılmalıdır.

c) Kolon gibi donatılan bu çapraz elemanlardaki boyuna donatıların burkulmasını önlemek için etriyeler kullanılmalıdır.

d) Düşey ve yatay donatılar bağ kirişin her iki yüzüne de yerleştirilmelidir ve Eurocode8 2004'te belirtilen minimum şartları sağlamalıdır.



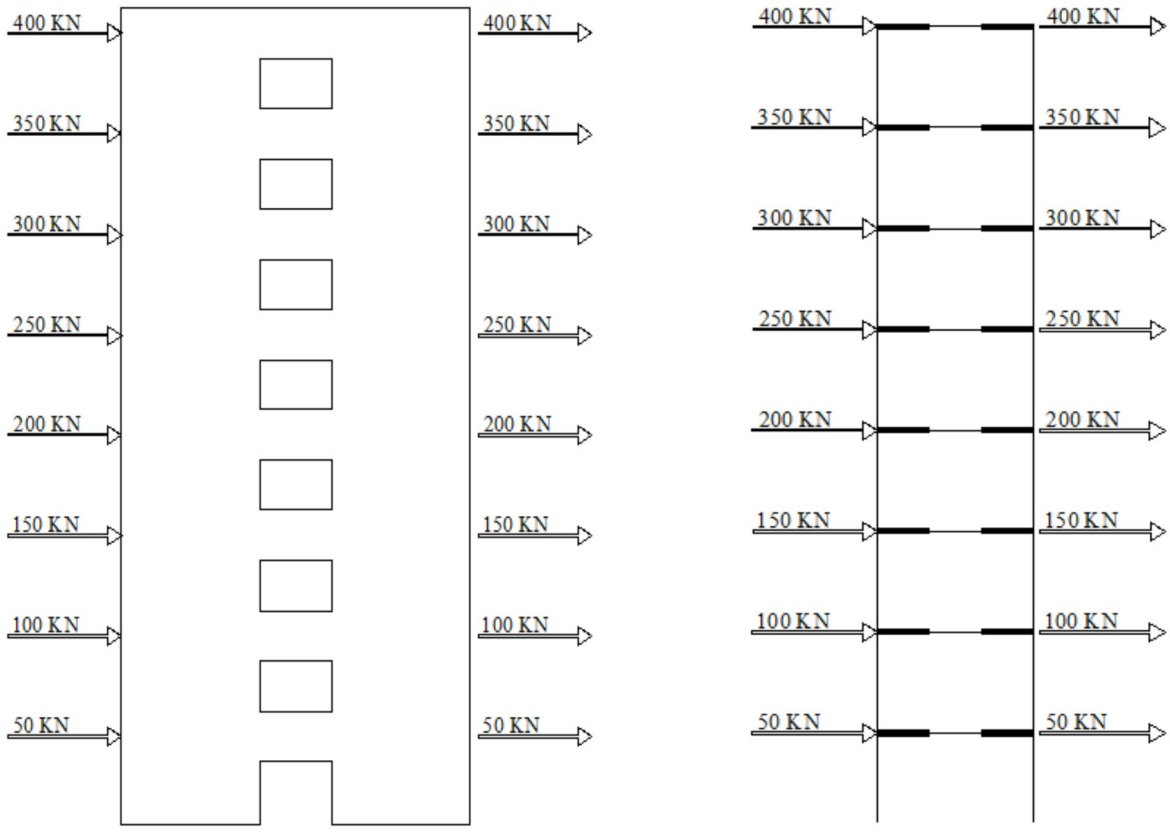
Şekil 3.3. Eurocode8 2004'e göre bağ kirişinde çapraz donatı düzeni görünüşü (Eurocode8, 2004)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1. Bağ Kirişli Boşluklu Perde Duvarların SAP2000 Programı İle İki Boyutlu Analizi

4.1.1. Örnek 1

İlk analizi yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 6500 mm, bağ kiriş uzunluğu 1700 mm ve bağ kiriş yüksekliği 2000 mm alınmıştır. Bina zemin +7 kattan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda 3000 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200 mm alınmıştır. Malzeme olarak beton C30 ve donatı S420 kullanılmıştır. Donatı için Elastisite modülü 32000 MPa ve poison oranı 0.20 alınmıştır. Binaya etkiye deprem yükleri ve bağ kirişli boşluklu perdelerin SAP2000 ve ETABS analizlerinden elde edilen maksimum kesme kuvvetine göre DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'e göre bağ kirişlerinde çapraz donatı hesabı tahkikleri yapılmıştır. Yapılan tahkikler tablo halinde karşılaştırmıştır.

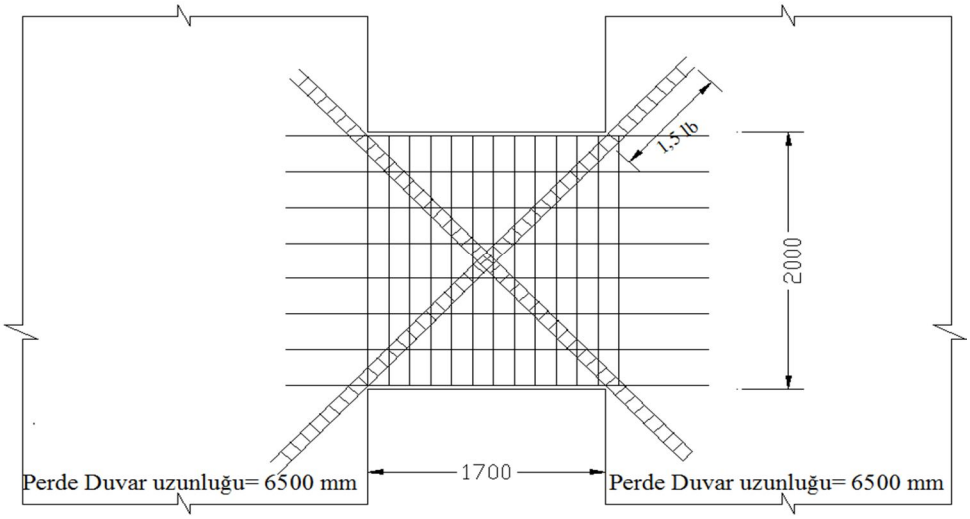


a) Boşluklu bağ kirişi b) SAP 2000, eşdeğer çerçeve modeli

Şekil.4.1. Örnek 1'e ait bağ Kirişli (boşluklu) perde duvarı ve eşdeğer çerçeve modeli görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016a)

4.1.1.1. Örnek 1, DBYBHY 2007'ye göre hesap

SAP2000 iki boyutlu analizinden elde edilen maksimum kesme kuvveti ikinci katta 921.2kN'dur. DBYBHY 2007'ye göre tahkikler yapılmıştır. Çapraz donatı alanı 1700mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kirişinin donatı hesabı aşağıda verilmiştir.



Şekil.4.2. Örnek 1'e ait bağ kirişi kesit görünüşü

Bu örnekte: h_k = 2000mm, ℓ_n = 1700mm, b_w= 200mm, V_d= 921.2kN, C30 ; f_{ctd}= 1.25MPa, S420; f_{yd}=365MPa, d'= 30mm, d= 1970mm

Bağ kirişlerinin çapraz donatılarına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir.

(a): Aşağıdaki koşulların herhangi birinin sağlanması durumunda, bağ kirişlerinin çapraz donatısı hesabı DBYBHY 2007 bölüm 3.4.5'e göre yapılacaktır.

$$l_n > 3h_k \tag{4.1}$$

$$V_d \leq 1.5 b_w \times d \times f_{ctd} \tag{4.2}$$

$l_n = 1700\ mm >^? 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{1700\ mm < 6000\ mm\}$

$V_d = 921200\ N \leq^? 1.5 \times 200\ mm \times 1970\ mm$

$\times 1.25\ N/mm^2 = 738750\ N \rightarrow \{921200\ N > 738750\ N\}$

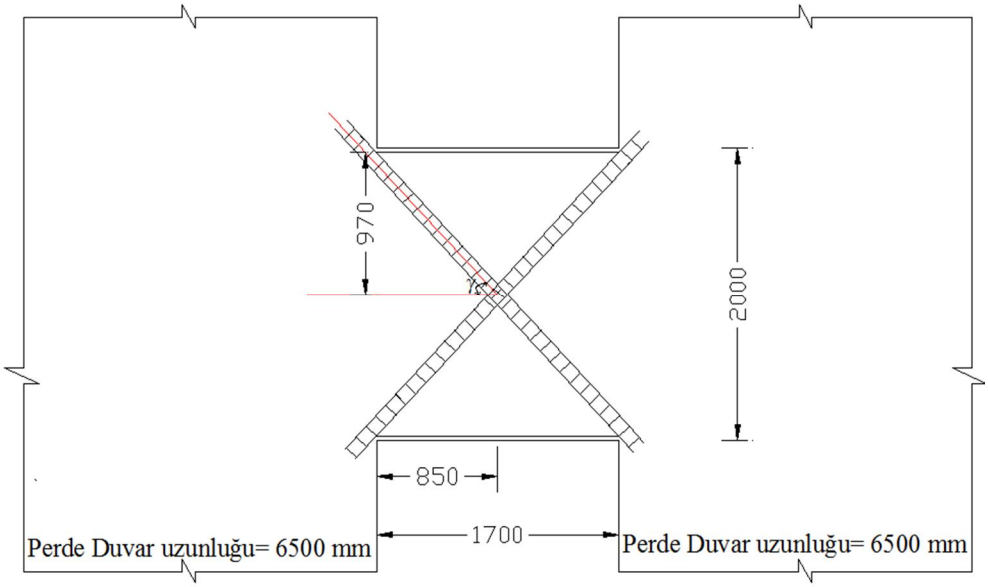
$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d$

$V_{cr} = 065 \times 1.25\ {}^{N}/_{mm^2} \times 200mm \times 1970mm = 320125N$

$V_{r\,max} = 0.22 f_{cd} b_w d = 0.22 \times 20\ {}^{N}/_{mm^2} \times 200mm \times 1970mm = 1733600\ N$

Bağ kirişlerinin çapraz donatı hesabı DBYBHY 2007 bölüm 3.6.8.4'de göre yapılacaktır. Yukarıdaki koşulların her ikisinin de sağlanamaması durumunda, bağ kirişine konulacak özel çapraz donatısı, geçerliliği deneylerle kanıtlanmış yöntemlerle belirlenecek veya bağ kirişindeki kesme kuvvetini ve onun oluşturduğu eğilme momentini karşılamak üzere çapraz donatılar kullanılacaktır. Her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$A_{sd} = \frac{V_d}{2f_{yd} \times sin\gamma} \tag{4.3}$$



Şekil.4.3. Örnek 1'e ait bağ kirişi kesitinde çapraz donatı yatay ile yaptığı eğim açısı görünüşü

$$tan\gamma = \frac{970\ mm}{850\ mm} = 1.14 \rightarrow \gamma = 48.72° \sim 49°$$

$$A_{sd} = \frac{921200\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 49°} = 1672.05\ mm^2 \sim 1700\ \ mm^2$$

Bağ kirişi için seçilen çapraz donatısı 4∅24 → $A_{s4\varnothing24}$ = 1810 mm^2 olarak hesaplanmıştır.

Çapraz donatıların burkulmasını önleyecek sargı donatısı;

$$\frac{A_{te}}{S} = \sum \frac{A_b \times f_{yd}}{1600 f_{yt}} = \frac{452 \times 365}{1600 \times 365} = 0.28$$

olarak belirlenir. Söz konusu denklem sargı donatısının çekme kapasitesinin 100mm aralıkla yerleştirilmesi durumunda burkulmaya karşı koruduğu boyuna donatının basınç kuvvetinin

1/16'sından az olmamasını sağlamak amaçlıdır. Seçilen etriye ∅8/100mm olarak hesaplanmıştır.

DBYBHY 2007'e göre çapraz donatı demetlerinde en az dört adet donatı bulunacak ve bu donatılar perde parçalarının içine doğru en az $1.5\ell_b$ kadar uzatılacaktır. Çapraz donatıların kenetlenme boyu hesabı aşağıda yapılmıştır. Bu kenetlenme boyu TS500, 2000'de betonarme bir yapı elemanının gerektiği gibi davranabilmesi için donatının betona kenetlenmesi zorunludur.

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset \qquad (4.4)$$

$$l_{b\emptyset 24} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 24\ mm = 840.96\ mm > 20 \times 24\ mm = 480\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset 24} = 1.5 \times 840.96\ mm = 1261.44\ mm$$

Aderansın tam olarak sağlanabilmesi için gerekli kenetlenme boyu, kesitteki donatı çubuklarının betonlama sırasındaki konumuna bağlıdır.

- Konum I: Genel durum (Konum II de olmayan bütün çubuklar)
- Konum II: Betonlama sırasında eğimi yatayla 45^o - 90^o arasında olanlar ile daha az eğimli veya yatay olup da betonlama sırasında kesitin alt yarısında veya kesitin serbest üst yüzünden 300 mm den daha uzakta olan çubuklar.

Hesaplanan kenetlenme boyları konum II'ye giren çubuklar için 1.0 ile, konum I'e giren çubuklar ise 1.4 ile çarpılmalıdır.

Konum I: $l_{b\emptyset 24} = 1.4 \times 1261.44\ mm = 1766.01\ mm \sim 1800\ mm$
Konum II: $l_{b\emptyset 24} = 1 \times 1261.44\ mm = 1261.44\ mm \sim 1300\ mm$

Donatı demetleri özel deprem etriyeleri ile sarılacak ve kullanılacak etriyelerin çapı 8mm'den, aralığı ise çapraz donatı çapının 8 katından ve 100mm'den daha fazla olmayacaktır.

Çapraz donatı çapı: d= 24 mm

$8\times d_{24}= 8\times 24$ mm = 192 mm ve 100mm olduğundan etriye ∅8/100 mm seçilmiştir.

Çapraz donatılara ek olarak, bağ kirişine TS500, 2000'de öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay donatı konulacaktır. TS500, 2000'e göre kirişte yatay donatı oranı ρ, aşağıdaki değerlerden az olamaz:

$$\rho = \frac{A_s}{b_w.d} \geq \rho_{min} = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} \quad (4.5)$$

$$\rho_{min} = 0.8 \times \frac{1.25\ MPa}{365\ MPa} = 0.00273$$

$$\frac{A_s}{b_w.d} = \rho_{min} = 0.00273$$

$$A_{s\,min} = 0.00273 \times 200\ mm \times 1970\ mm = 1075.6\ mm^2$$

Bağ kirişinde çapraz donatısına ek olarak yatay donatı: 6∅16 hesaplanmıştır.

$A_{s6\emptyset20} = 1206\ \text{mm}^2$

Bağ kirişi için çapraz donatısına ek olarak 6∅16 yatay donatı hesaplanmıştır. Kirişte düz donatıların (yatay donatıların) betonarme perde duvar içindeki kenetlenme boyu:

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset20} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 16\ mm = 560.64\ mm > 20 \times 16\ mm = 360\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset20} = 1.5 \times 560.64\ mm = 840.9\ mm$$

Hesaplanan kenetlenme boyları konum II'ye giren çubuklar için 1.0 ile, konum I'e giren çubuklar ise 1.4 ile çarpılmalıdır.

Konum I: $l_{b\emptyset20} = 1.4 \times 840.9\ mm = 1177.3\ mm \sim 1200\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset20} = 1 \times 840.9\ mm = 840.9\ mm \sim 900\ mm$

Gövde yüksekliği 600 mm den büyük olan kirişlerde, en az TS500, 2000'de denklem 7.6 ile belirlenen miktar kadar gövde donatısı bulundurulur. Bu donatı, gövdenin iki yüzünde eşit olarak, en az 10mm çaplı çubuklardan ve çubuk aralığı 300mm'yi geçmeyecek biçimde düzenlenir.

$$A_{sl} = 0.001.b_w.d \quad (4.6)$$

$A_{sl} = 0.001 \times 200mm \times 1970mm = 394\ mm$

Bağ kirişleri için gövde donatısı olarak 12∅10 seçilmiştir.

$A_{s12\emptyset10} = 942\ mm^2$

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset 10} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 10\ mm = 350.40\ mm > 20 \times 10\ mm = 200\ mm$$

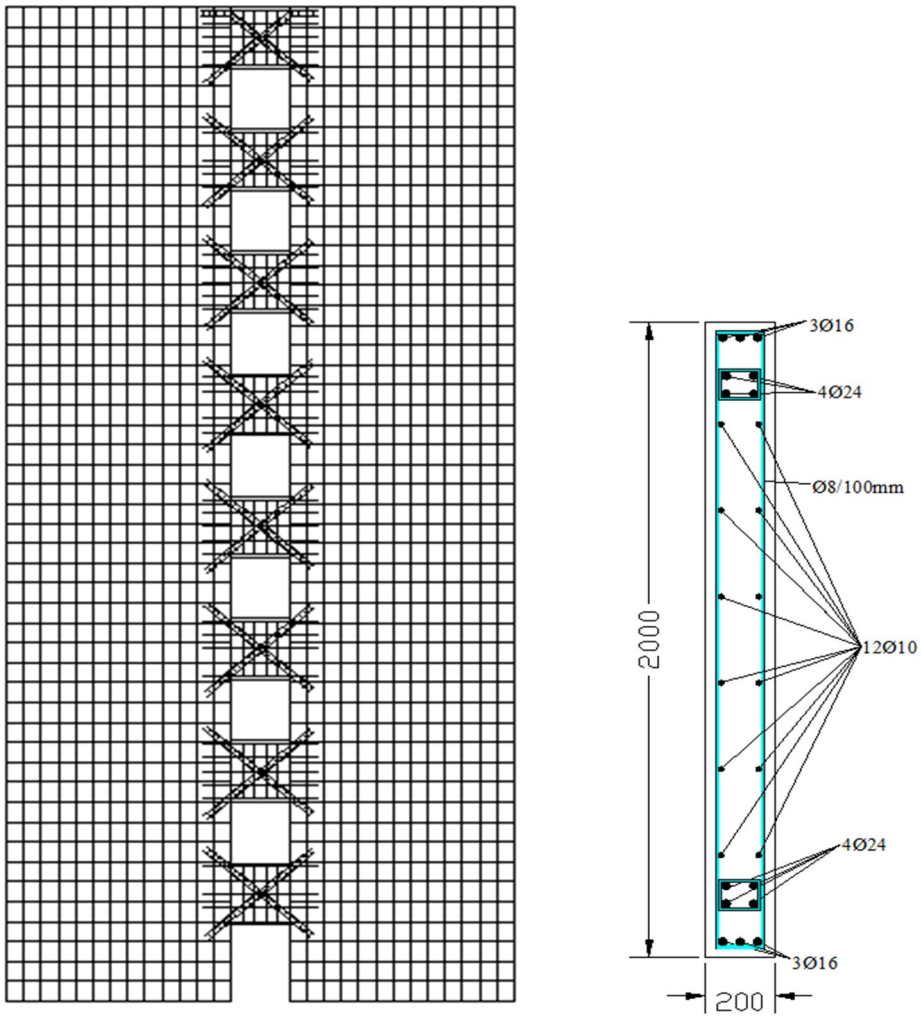
$$1.5 l_{b\emptyset 10} = 1.5 \times 350.40\ mm = 526.60\ mm$$

Hesaplanan kenetlenme boyları konum II'ye giren çubuklar için 1.0 ile, konum I'e giren çubuklar ise 1.4 ile çarpılmalıdır.

Konum I: $l_{b\emptyset 10} = 1.4 \times 526.60\ mm = 735.84\ mm \sim 750\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 10} = 1 \times 526.60\ mm = 526.60\ mm \sim 550\ mm$

Bu binada hesaplanan bağ kirişinde çapraz donatı hesabı kesit görünüşü Şekil 4.4'te verilmiştir.



a) b)

Şekil.4.4. Örnek 1'e ait a) bağ kirişli perde duvarın görünüşü, b) yönetmelikte öngörülen donatı düzeni (Foroughi ve Yüksel, 2016a)

Tasarlanan yeni çapraz donatı düzeni için eşdeğer profil alanı hesaplanmıştır. Malzeme olarak st52 tipi çelik ile alternatif tasarım yapılmıştır. Bu parçalı sistemde örnek olarak boru hesabı yapılmıştır.

St52: $f_{yd} = 360\ MPa$
S420: $f_{yd} = 365\ MPa$

$$A_{s\ st52} \times f_{y\ st52} = A_{s\ s420} \times f_{yd} \tag{4.7}$$

$$A_{s\ st52} \times 360\ MPa = 1698.07\ mm^2 \times 365\ MPa$$

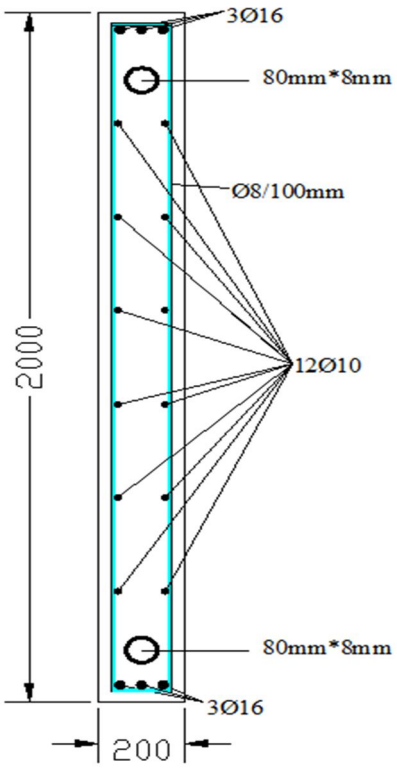
$$A_{s\ st52} = 1721.65\ mm^2$$

Bu örnekte profil olarak boru hesabı yapılmıştır. Seçilen boru:

$d_{dış} = 80\ mm$, $d_{iç} = 64\ mm$, $t = 8\ mm$ (et kalınlık)

$$A_{s\ st52} = \frac{\pi {d_{dış}}^2}{4} - \frac{\pi {d_{iç}}^2}{4} = \frac{\pi}{4}[(80)^2 - (64)^2] = 1809.55\ mm^2$$

Seçilen boru 80mm'e dış çap, 64 mm iç çap ve et kalınlığı 8 mm olmalıdır.



Şekil.4.5. Örnek 1'e ait profillerden oluşan alternatif donatı düzeni görünüşü

4.1.1.2. Örnek 1 Eurocode8 2004'de göre hesap

Analizlerden elde edilen maksimum kesme kuvveti ikinci katta 921.2kN hesaplanmıştır. Eurocode8 2004'e göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 1700mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kiriş donatı hesabı aşağıda verilmiştir.

$$l \geq 3h \tag{4.8}$$

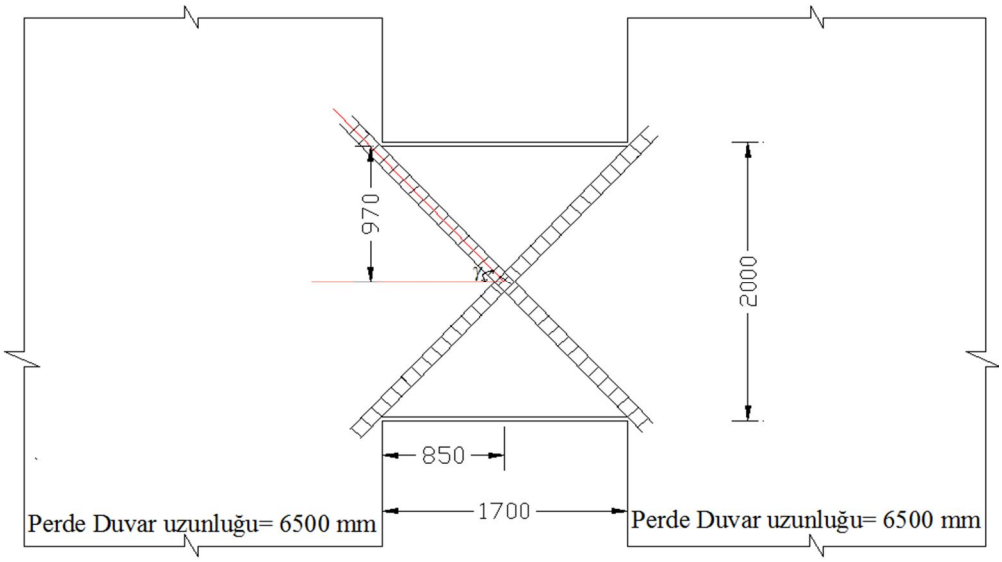
$$V_{Ed} \leq b_w \times d \times f_{ctd} \tag{4.9}$$

$$l = 1700\ mm >^{?} 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{1700\ mm < 6000\ mm\}$$

$$V_{Ed} = 921200\ N \leq^{?} 200\ mm \times 1970\ mm \times 1.25\ N/mm^2 = 492500\ N$$

$\rightarrow \{921200\ N > 492500\ N\}$ olduğu için bağ kirişi kesiti çapraz donatılar ile donatılacaktır.

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2f_{yd} \times sin\alpha} \tag{4.10}$$



Şekil 4.6. Örnek 1'e ait bağ kirişi çapraz donatı eğimi hesabı görünüşü

$$tan\alpha = \frac{970\ mm}{850\ mm} = 1.14 \rightarrow \alpha = 48.74° \sim 49°$$

$$A_{si} = \frac{921200\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 49°} = 1672.05\ mm^2 \sim 1700\ \ mm^2$$

Bağ kirişi için seçilen çapraz donatısı 4∅24 olarak hesaplanmıştır.

$A_{s4\varnothing24}$ = 1810 mm^2

Analizi yapılan ikinci bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 6500mm, bağ kiriş uzunluğu 1700mm ve bağ kiriş yüksekliği 1500 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 877kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'e göre tahkikler yapılmıştır. Analizlerden alınan sonuçlara göre çapraz donatı alanı 1910 mm^2 olarak hesaplanmıştır.

SAP2000 iki boyutlu analizinden bağ kirişlerinde oluşan kesme kuvvetleri Çizelge 4.1'de farklı yükseklikler göre karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırılmadan açıkça görüldüğü gibi bağ kiriş yüksekliği (boyutları) arttıkça bağ kirişlerine daha fazla kesme kuvveti gelmektedir. Deprem yüklerine maruz bağ kirişli boşluklu perde duvarlarda bağ kirişi kesit boyutları büyüdükçe yani bilhassa (h_k) yüksekliği arttıkça sistemde oluşan kesme kuvvetlerinden bağ kirişlerinin taşıdığı oran artmaktadır (Foroughi ve Yüksel, 2016a). Bağ kirişlerinde yükseklik arttıkça çapraz donatı eğiminin(γ değeri) artması ile daha az donatıya ihtiyaç duyulmaktadır. Yönetmeliklerde belirtilen klasik çapraz bağ kiriş donatılarına alternatif olarak parçalı sistemli profillerden oluşan çapraz bağ kirişi donatıları da kullanılabilir.

Analizi yapılan üçüncü bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 6500mm, bağ kiriş uzunluğu 1700 mm ve bağ kiriş yüksekliği 1000mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden elde edilen maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 785kN olarak bulunmuştur. DBYBHY 2007'e göre tahkikler yapılmıştır. Çapraz donatı alanı 2368.6mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kirişlerinde çapraz donatı hesabı aşağıda verilmiştir. Değişik yüksekliğe sahip bağ kirişli boşluklu perde duvarların analiz sonuçlarından elde edilen maksimum kesme kuvveti değerlerine göre çapraz donatı alanı hesapları aşağıdaki çizelge (4.2), (4.3) ve (4.4)'te verilmiştir. Hesaplanan klasik çapraz donatılara eşdeğer profil alanı hesaplanmıştır. Bu profiller de çapraz donatı olarak tasarlanmıştır.

Çizelge 4.1. Örnek 1'e ait farklı yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarlarda bağ kirişi kesme kuvveti değerleri (Foroughi ve Yüksel, 2016a)

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti (kN)		
Bağ kiriş kalınlığı: 200 mm					
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
			2000 mm	1500 mm	1000 mm
1700 mm	6500 mm	1	745.97	663.45	517.12
		2	921.20	863.39	731.7
		3	909.62	877	785
		4	822.80	804.59	747.09
		5	693.85	684.40	654.89
		6	535.29	534.31	532.27
		7	360.70	372.73	403.01
		8	208.46	239.22	303.72
Bağ Kirişlerindeki Toplam Kesme Kuvveti (kN)			5197.88	5038.98	4674.8

Çizelge 4.2. Örnek 1'e ait 2000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarlarda bağ kirişi kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı

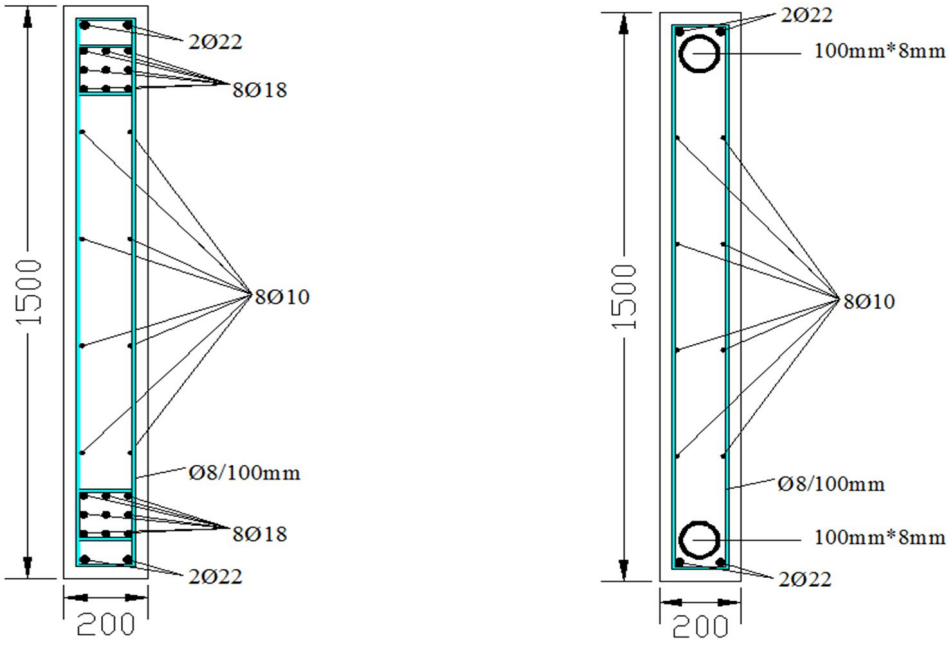
Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 2000 mm		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm					
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd}(çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
1700 mm	6500 mm	2	921.2	1700	1721.6

Çizelge 4.3. Örnek 1'e ait 1500 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarlarda bağ kirişi kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 1500 mm		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm					
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd}(çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
1700 mm	6500 mm	3	877	1910	1926.4

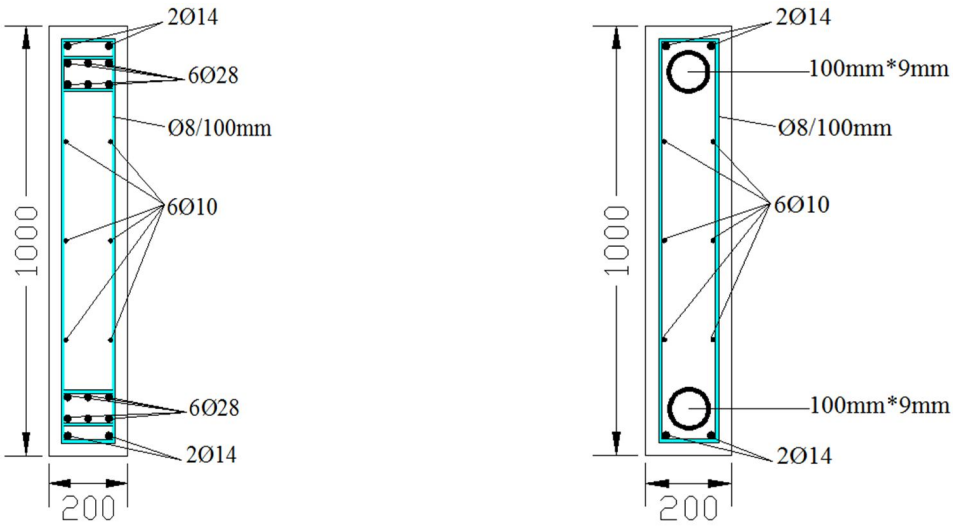
Çizelge 4.4. Örnek 1'e ait 1000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarlarda bağ kirişi kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 1000 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd}(çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
1700 mm	6500 mm	3	785	2368.6	2401.5



a)yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar **b)**parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

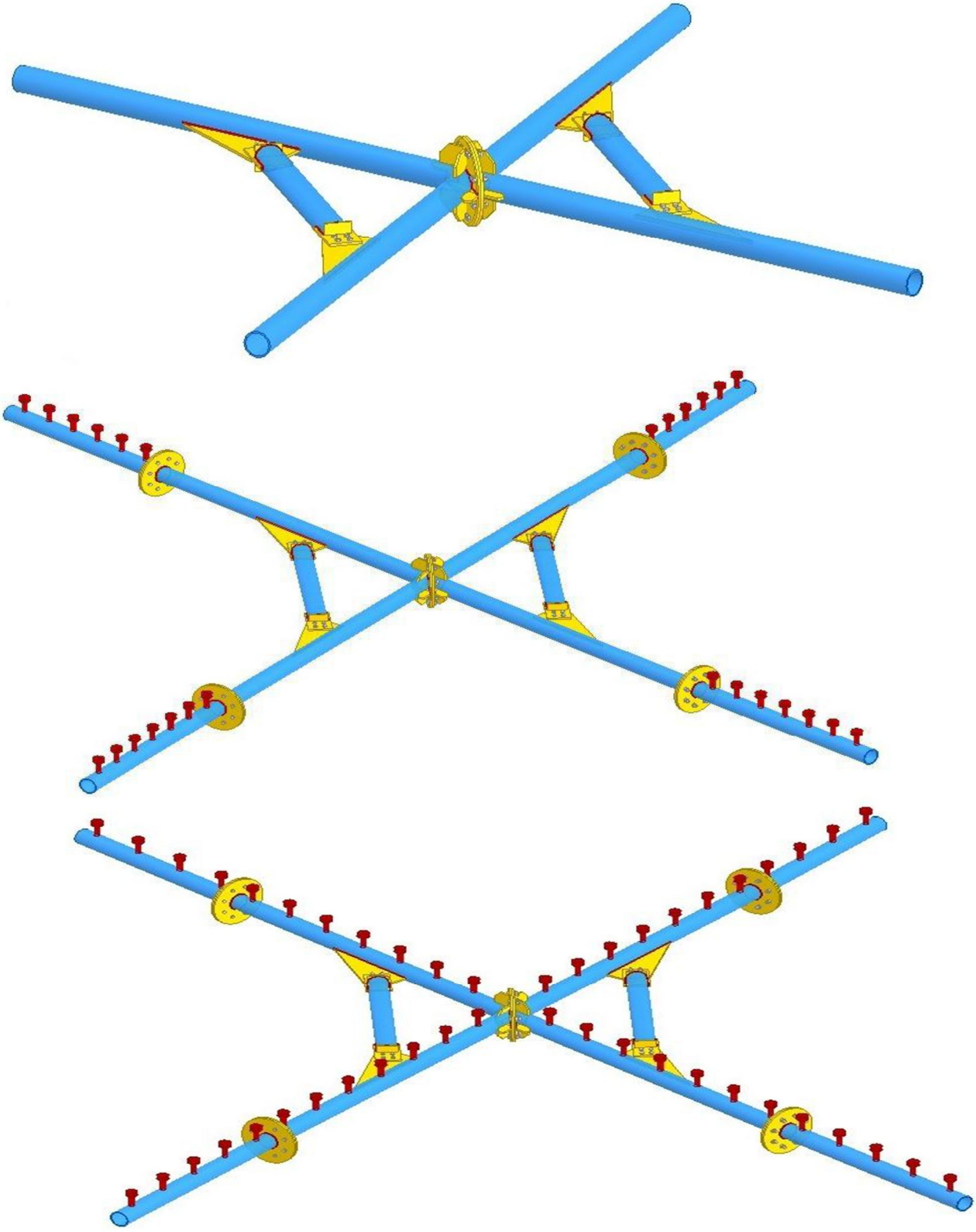
Şekil 4.7. örnek 1'e ait 1500 mm yüksekliğe sahip bağ kirişi kesit görünüşü



a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar **b)** Parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

Şekil 4.8. Örnek 1'e ait 1000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişi kesit görünüşü

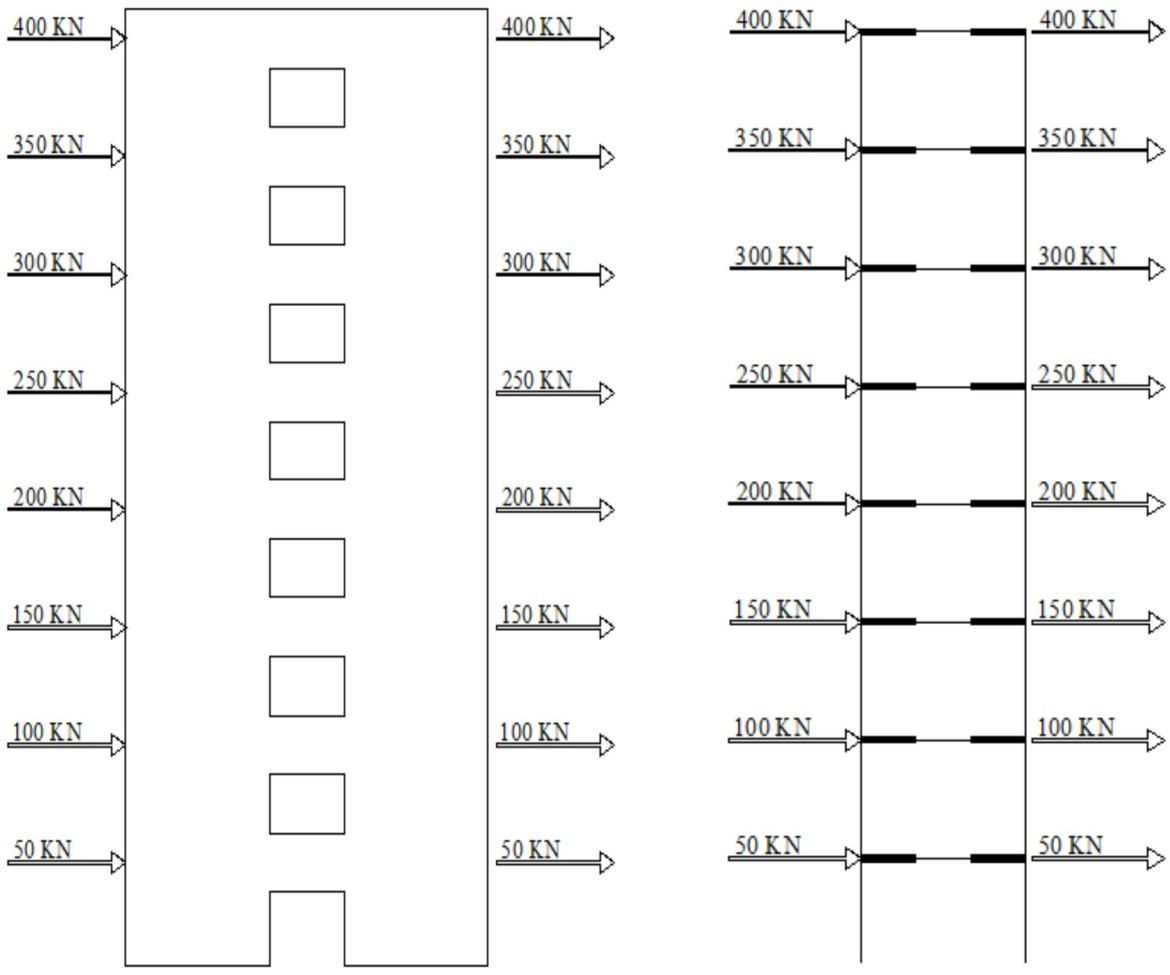
Bu profillerin betonarme perde duvar içinde sıyrılmaması ve kenetlenmenin tam sağlanması için özel olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan parçalı sistemlerin görünüşü Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4. 9. Parçalı sistemden oluşan çapraz donatı olarak yapısal çelik elemanların kesit görünüşü

4.1.2. Örnek 2

Bu örnekte ilk analizi yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 5800mm, bağ kiriş uzunluğu 3000mm ve bağ kiriş yüksekliği 2000mm alınmıştır. Bina zemin +7 kattan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda 3000 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200 mm alınmıştır. Malzeme olarak C30 ve S420 kullanılmıştır. Elastisite modülü 32000MPa ve poison oranı 0.20 alınmıştır. Malzeme özellikleri tüm bağ kirişli boşluklu perdelerde aynı alınmıştır. Bu binada SAP2000 ve ETABS paket programları analizinden maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 857.52kN elde edilmiştir. DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'e göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 2216.7mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kirişi çapraz donatı hesabı aşağıda verilmiştir.

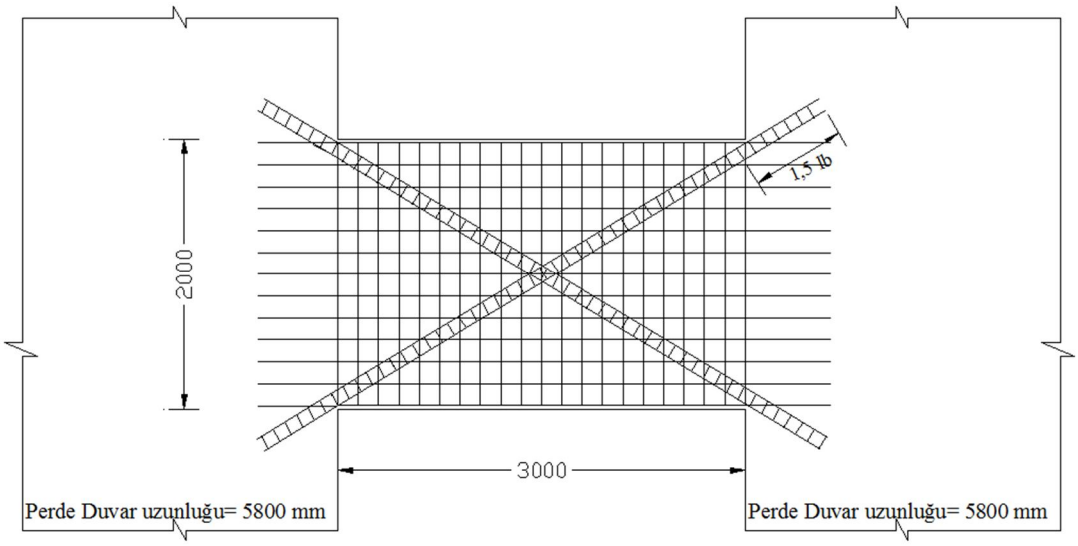


a) Boşluklu bağ kirişi b) SAP2000, eşdeğer çerçeve modeli

Şekil. 4.10. Örnek 2'ye ait bağ kirişli (boşluklu) perde duvarı ve eşdeğer çerçeve modeli görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016a)

4.1.2.1. Örnek 2 DBYBHY 2007'e göre hesap

Bağ kirişli boşluklu perde duvarda SAP2000 paket programı analizinden maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 857.52kN olarak elde edilmiştir. DBYBHY 2007'ye göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 2216.7mm^2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.11. Örnek 2'ye ait bağ kirişi kesit görünüşü.

Bu örnekte: h_k = 2000 mm, ℓ_n = 3000 mm, b_w= 200 mm, V_d=857.52kN, C30 ; f_{ctd}= 1.25MPa, S420; f_{yd}=365MPa, d'= 30 mm, d= 1970 mm

Bağ kirişlerinin çapraz donatılarına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir.

(a): Aşağıdaki koşulların herhangi birinin sağlanması durumunda, bağ kirişlerinin çapraz donatısı hesabı DBYBHY 2007'de bölüm 3.4.5'e göre yapılacaktır.

$$l_n > 3h_k$$

$$V_d \leq 1.5 b_w \times d \times f_{ctd}$$

$$l_n = 3000\ mm >^{?} 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{3000\ mm < 6000\ mm\}$$

$$V_d = 857520\ N \leq^{?} 1.5 \times 200\ mm \times 1970\ mm \times 1.25\ N/mm^2 = 738750\ N \rightarrow \{857520\ N > 738750\ N\}$$

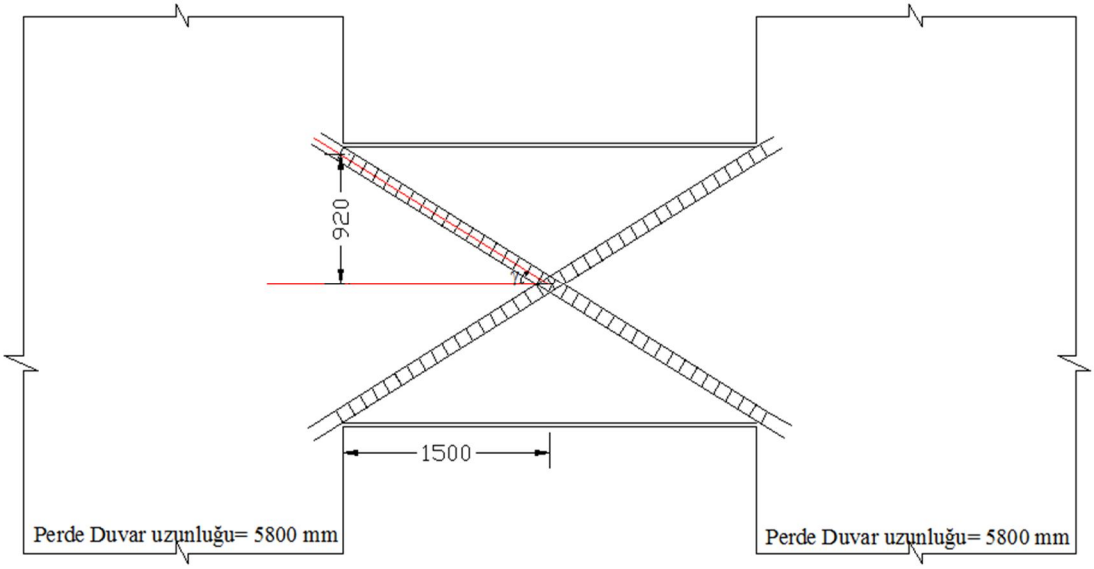
olduğu için bağ kiriş donatı hesabı DBYBHY 2007'de bölüm 3.6.8.4'e göre yapılacaktır.

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 065 \times 1.25\ {}^{N}/_{mm^2} \times 200mm \times 1970mm = 320125N$$

$$V_{r\,max} = 0.22 f_{cd} b_w d = 0.22 \times 20\ {}^{N}/_{mm^2} \times 200mm \times 1970mm = 1733600\ N$$

DBYBHY 2007'de bölüm 3.6.8.4'e göre bağ kiriş donatılarının hesabında her bir çapraz donatı demetindeki toplam donatı alanı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$A_{sd} = \frac{V_d}{2f_{yd} \times sin\gamma}$$



Şekil 4.12. Örnek 2'ye ait bağ kirişinde çapraz donatıların eğimi hesabı görünüşü

$$tan\gamma = \frac{920\ mm}{1500\ mm} = 0.613 \rightarrow \gamma = 31.50° \sim 32°$$

$$A_{sd} = \frac{857520\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 32°} = 2216.7\ mm^2$$

Bağ kirişi için seçilen çapraz donatısı: 6∅22 olarak hesaplanmıştır.

$A_{s6\varnothing22}$ = 2281 mm^2

Çapraz donatıların burkulmasını önleyecek sargı donatısı;

$$\frac{A_{te}}{S} = \sum \frac{A_b \times f_{yd}}{1600 f_{yt}} = \frac{380 \times 365}{1600 \times 365} = 0.24$$

olarak belirlenir. Söz konusu denklem sargı donatısının çekme kapasitesinin 100mm aralıkla yerleştirilmesi durumunda burkulmaya karşı koruduğu boyuna donatının basınç kuvvetinin 1/16'sından az olmamasını sağlama amaçlıdır. Seçilen etriye ∅8/100 olarak hesaplanmıştır.

Çapraz donatıların kenetlenme boyu hesabı aşağıda yapılmıştır.

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset 22} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 22\ mm = 770.88\ mm > 20 \times 22\ mm = 440\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset 22} = 1.5 \times 770.88\ mm = 1156.32\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset 22} = 1.4 \times 1156.32\ mm = 1618.84\ mm \sim 1700\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 22} = 1 \times 1156.32\ mm = 1156.32\ mm \sim 1200\ mm$

TS500, 2000'de öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay donatı hesabı:

Çapraz donatı çapı: d= 22 mm

8× d_{22}= 8× 22 mm = 176 mm ve 100mm olduğundan etriye ∅8/100 mm seçilmelidir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w.d} \geq \rho_{min} = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$$

$$\rho_{min} = 0.8 \times \frac{1.25\ MPa}{365\ MPa} = 0.00273$$

$$\frac{A_s}{b_w.d} = \rho_{min} = 0.00273$$

$$A_{s\,min} = 0.00273 \times 200\ mm \times 1970\ mm = 1075.6\ mm^2$$

Bağ kirişi yatay donatıları 6∅16 olarak bulunmuştur.

$A_s = 1206\ mm^2$

$1206\ mm^2 > 1075.6\ mm^2$

Bağ kirişi için çapraz donatısına ek olarak 6∅16 yatay donatı hesaplanmıştır. Kirişte düz donatıların(yatay donatıların) betonarme perde duvar içindeki kenetlenme boyu:

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset 20} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 16\ mm = 560.64\ mm > 20 \times 16\ mm = 360\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset 20} = 1.5 \times 560.64\ mm = 840.96\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset 20} = 1.4 \times 840.96\ mm = 1177.34\ mm \sim 1200\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 20} = 1 \times 840.96\ mm = 840.96\ mm \sim 900\ mm$

TS500, 2000'e göre gövde donatı hesabı:

$$A_{sl} = 0.001.b_w.d$$

$$A_{sl} = 0.001 \times 200mm \times 1970mm = 394\ mm$$

Gövde donatısı olarak 12∅10 seçilmiştir.

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

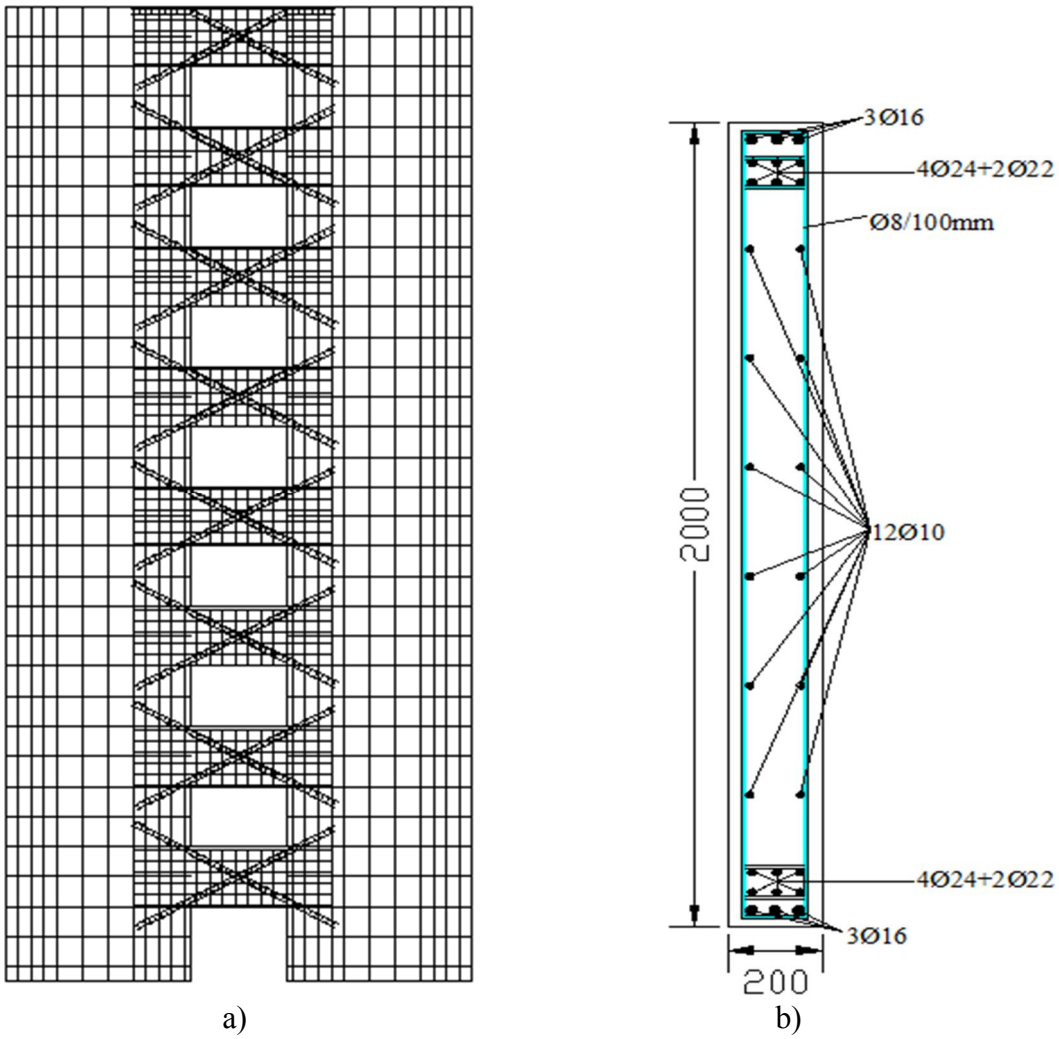
$$l_{b\emptyset 10} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 10\ mm = 350.40\ mm > 20 \times 10\ mm = 200\ mm$$

$$1.5l_{b\emptyset 10} = 1.5 \times 350.40\ mm = 526.60\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset 10} = 1.4 \times 526.60\ mm = 735.84\ mm \sim 750\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 10} = 1 \times 526.60\ mm = 526.60\ mm \sim 550\ mm$

Bu binada hesaplanan bağ kirişinde çapraz donatı kesit görünüşü Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13. Örnek 2'e ait a) bağ kirişli perde duvarın görünüşü, b) yönetmelikte öngörülen donatı düzeni (Foroughi ve Yüksel, 2016a).

ST52 tipi çelik ile alternatif tasarım:

ST52: $f_{yd} = 360\ MPa$, S420: $f_{yd} = 365\ MPa$

$$A_{s\ st52} \times f_{y\ st52} = A_{s\ s420} \times f_{yd}$$

$$A_{s\ st52} \times 360\ MPa = 2216.72\ mm^2 \times 365\ MPa$$

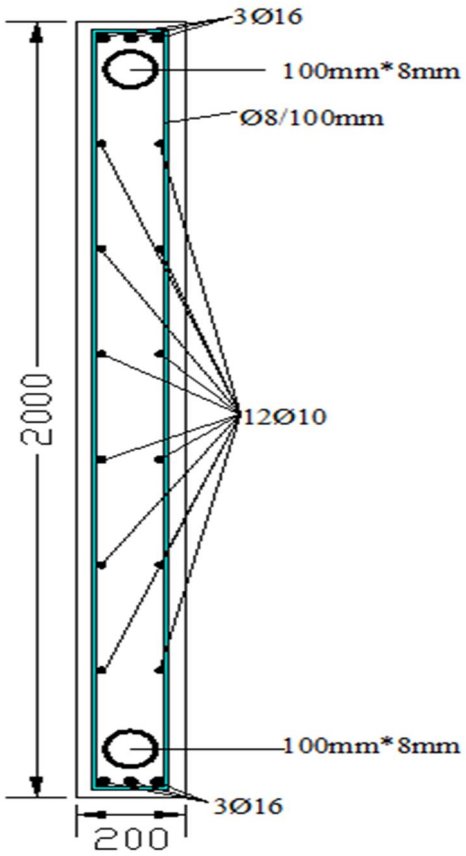
$$A_{s\ st52} = 2247.50\ mm^2$$

Bu örnekte profil olarak boru hesabı yapılmıştır. Seçilen boru:

$d_{dış} = 100\ mm$, $d_{iç} = 84\ mm$, $t = 8\ mm$ (et kalınlık)

$$A_{s\ st52} = \frac{\pi {d_{dış}}^2}{4} - \frac{\pi {d_{iç}}^2}{4} = \frac{\pi}{4}[(100)^2 - (84)^2] = 2312.21\ mm^2$$

Seçilen boru 100mm'e dış çap, 84 mm iç çap ve et kalınlığı 8 mm olmalıdır.



Şekil 4.14. Örnek 2'ye ait binanın bağ kirişinde profillerden oluşan alternatif donatı düzeni görünüşü.

4.1.2.2. Örnek 2 Eurocode8, 2004'te göre hesap

Bu analizinden elde edilen maksimum kesme kuvveti ikinci katta 875.52kN hesaplanmıştır. Eurocode8 2004'e göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan kesme donatı alanı 2216.7mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kiriş kesitinin çapraz donatı hesabı ve gerekli tahkikler aşağıda verilmiştir.

$$l \geq 3h$$

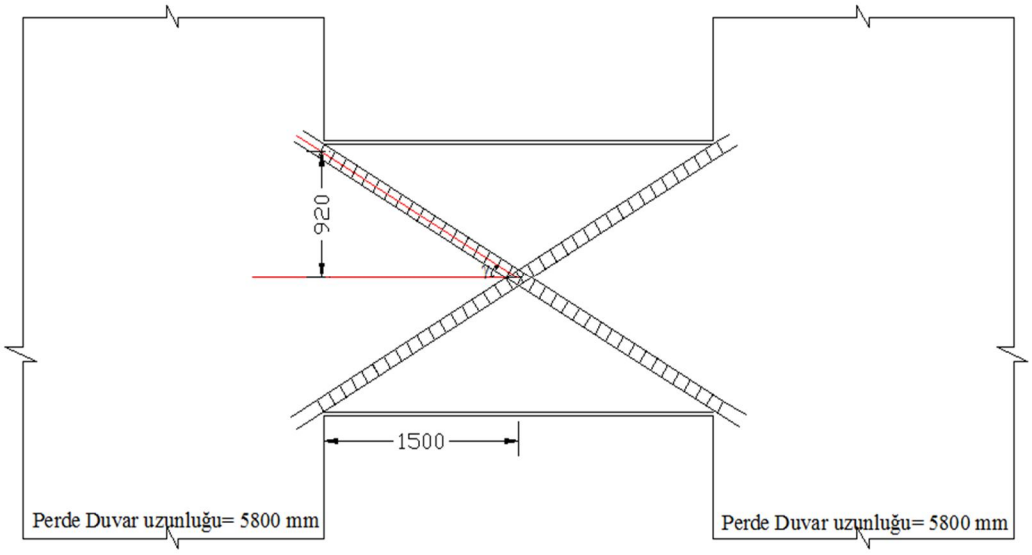
$$V_{Ed} \leq b_w \times d \times f_{ctd}$$

$$l = 1700\ mm >^{?} 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{1700\ mm < 6000\ mm\}$$

$$V_{Ed} = 875520\ N \leq^{?} 200\ mm \times 1470\ mm \times 1.25 N/mm^2 = 367500 N$$

$\rightarrow \{921200\ N > 367500\ N\}$ olduğu için bağ kirişi kesiti çapraz donatılar ile donatılacaktır.

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2 f_{yd} \times sin\alpha}$$



Şekil 4.15. Bağ kirişi çapraz donatı eğimi hesabı

$$tan\alpha = \frac{920\ mm}{1500\ mm} = 0.613 \rightarrow \alpha = 31.5° \sim 32°$$

$$A_{si} = \frac{857520\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 32°} = 2216.72\ mm^2$$

Bağ kirişi için seçilen çapraz donatısı: 6∅22 olarak hesaplanmıştır.

$A_{s6\varnothing 22}$ = 2281 mm^2

İkinci analiz yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 5800mm, bağ kiriş uzunluğu 3000 mm ve bağ kiriş yüksekliği 1500mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 786.34kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'ye göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 2648.3mm^2 olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü analiz yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 5800 mm, bağ kiriş uzunluğu 3000 mm ve bağ kiriş yüksekliği 1000 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200 mm alınmıştır. Binaya etkiye deprem yükleri ve bağ kirişli boşluklu perdelerin SAP2000 analizinden elde edilen sonuçlara göre donatı hesabı yapılmış ve donatı şeması görünüşü aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 622kN hesaplanmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 3091.2mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kirişinin çapraz donatı hesabı aşağıda verilmiştir.

Dördüncü analiz yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 5800 mm, bağ kiriş uzunluğu 3000 mm ve bağ kiriş yüksekliği 600 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 200mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 398kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'ye göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 3485.2mm^2 olarak hesaplanmıştır. Bağ kirişlerinde oluşan maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanları tablo olarak aşağıda karşılaştırılmıştır.

Analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda verilen çizelgelerde görüldüğü gibi deprem yüklerine maruz bağ kirişli boşluklu perde duvarlarda bağ kirişi kesit boyutları büyüdükçe yani bilhassa (h_k) yüksekliği arttıkça sistemde oluşan kesme kuvvetlerinden bağ kirişlerinin taşıdığı oran artmaktadır (Foroughi ve Yüksel, 2016a). Yönetmeliklerde belirtilen klasik çapraz bağ kiriş donatılarına alternatif olarak parçalı sistemli profillerden oluşan çapraz bağ kirişi donatıları da kullanılabilir.

Çizelge 4.5. Örnek 2'e ait farklı yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde SAP2000 analizinden elde edilen kesme kuvveti değerleri

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti (kN)			
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm						
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)			
			2000 mm	1500 mm	1000 mm	600 mm
3000 mm	5800 mm	1	641.33	526.68	350.07	166.16
		2	840.71	738.06	537.88	280.04
		3	857.52	78 6.34	616.78	350.95
		4	788.74	744.44	622	387.42
		5	672.06	649.43	578.53	398
		6	525.90	524.48	507.26	390.24
		7	368.98	392.66	429.40	374.24
		8	240.24	290.68	371.48	360.10
Bağ Kirişi Toplam Kesme Kuvveti (kN)			4935.48	4652.77	4013.36	2706.84

Çizelge 4.6. Örnek 2'e ait 2000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarı EY yüklemesinde SAP2000'den elde edilen maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı hesabı

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm			2000 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (Çapraz Donatı Alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
3000 mm	5800 mm	3	857.52	2216.7	2247.5

Çizelge 4.7. Örnek 2'e ait 1500 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarı EY yüklemesinde SAP2000'den elde edilen maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı hesabı

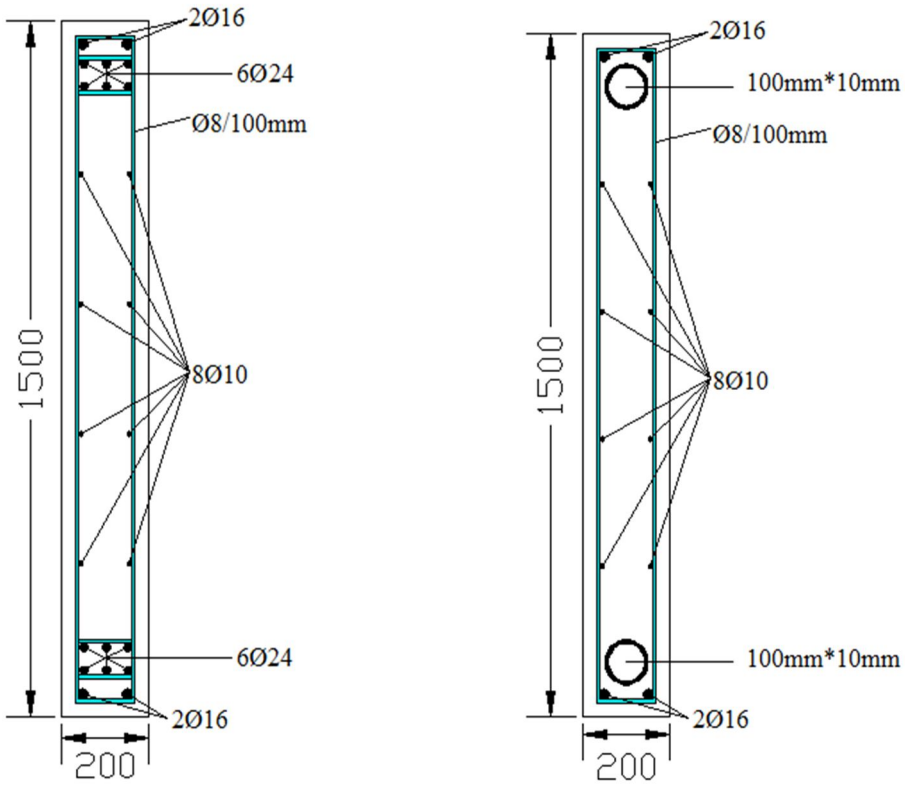
Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm			1500 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
3000 mm	5800 mm	3	786.34	2648.3	2685.1

Çizelge 4.8. Örnek 2'e ait 1000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarı EY yüklemesinde SAP2000'den elde edilen maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı hesabı

Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm			1000 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
3000 mm	5800 mm	4	622	3091.2	3134

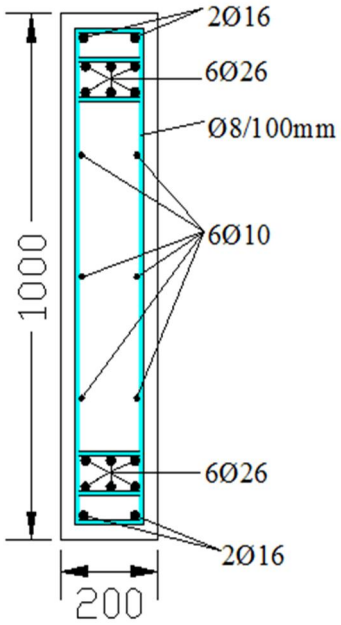
Çizelge 4.9. Örnek 2'e ait 600 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarı EY yüklemesinde SAP2000'den elde edilen maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanı hesabı

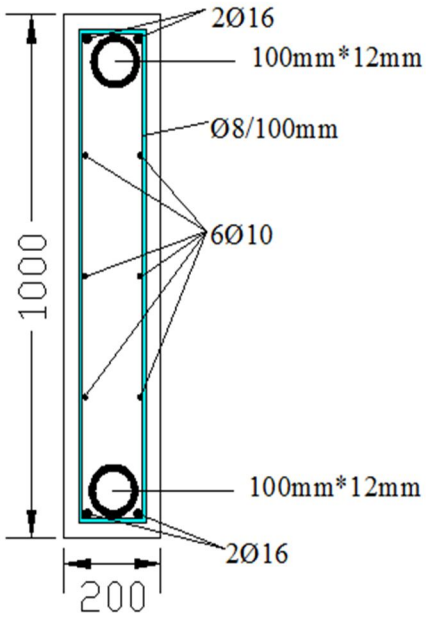
Perde Duvar Kalınlığı: 200 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 200 mm			600 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme Kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
3000 mm	5800 mm	5	398	3485.2	3533.6



a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar b) Parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

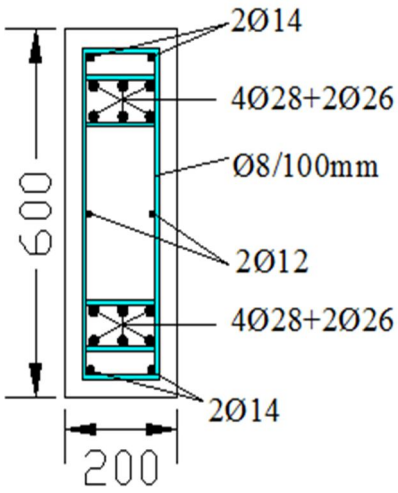
Şekil 4.16. Örnek 2'e ait 1500 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvar kesit görünüşleri.

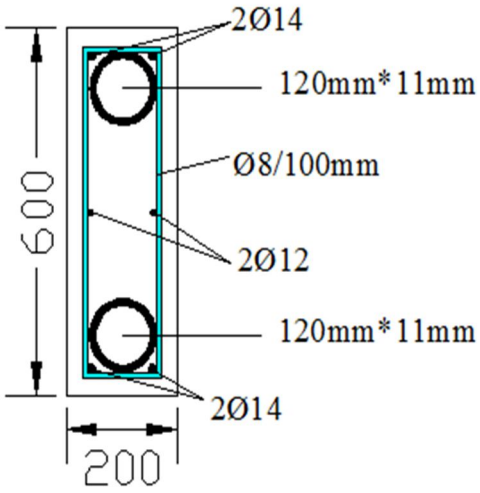




a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar b) Parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

Şekil 4.17. Örnek 2'e ait ait 1000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvar kesit görünüşleri

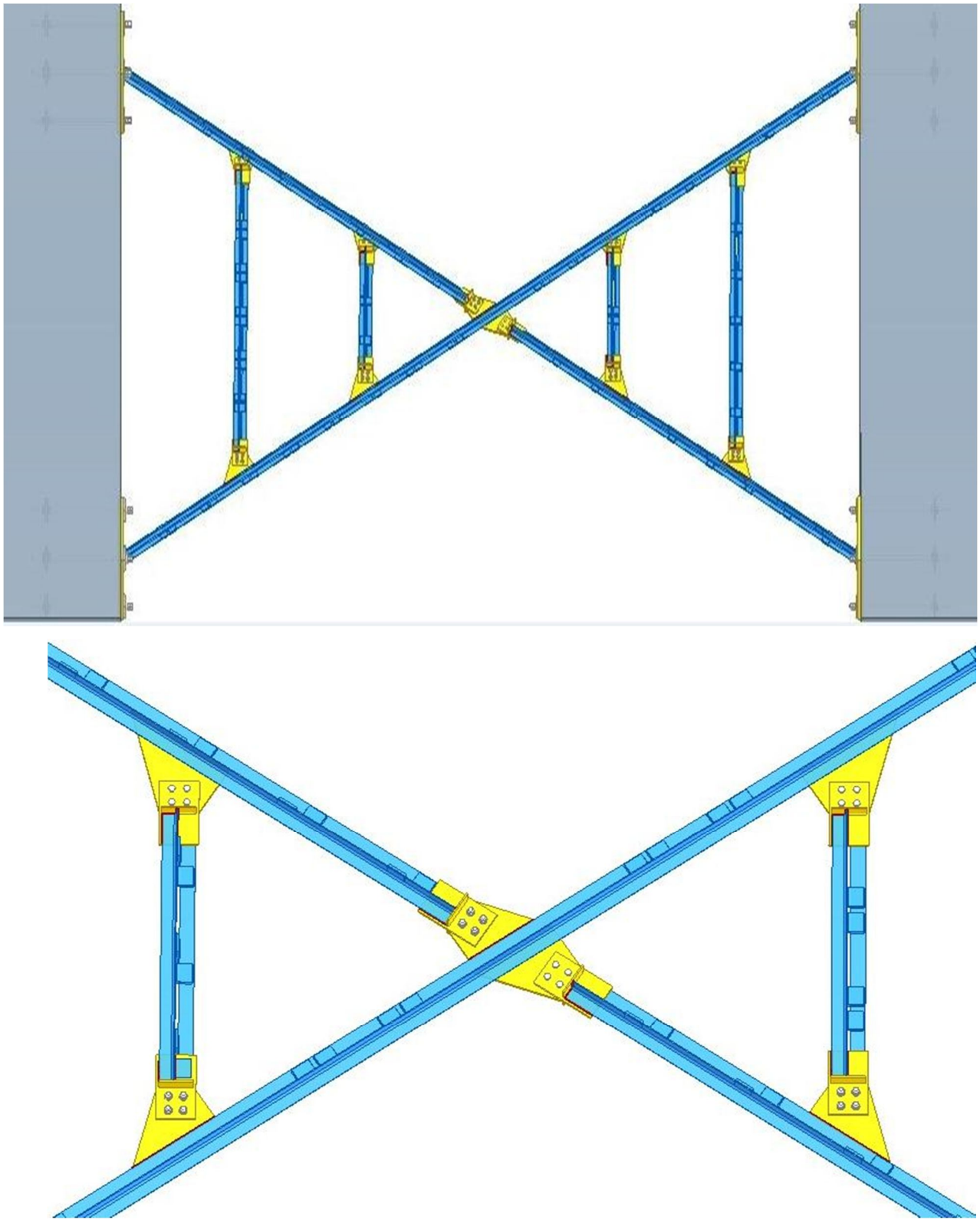




a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar b) Parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

Şekil 4.18. Örnek 2'e ait 600 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvar kesit görünüşleri

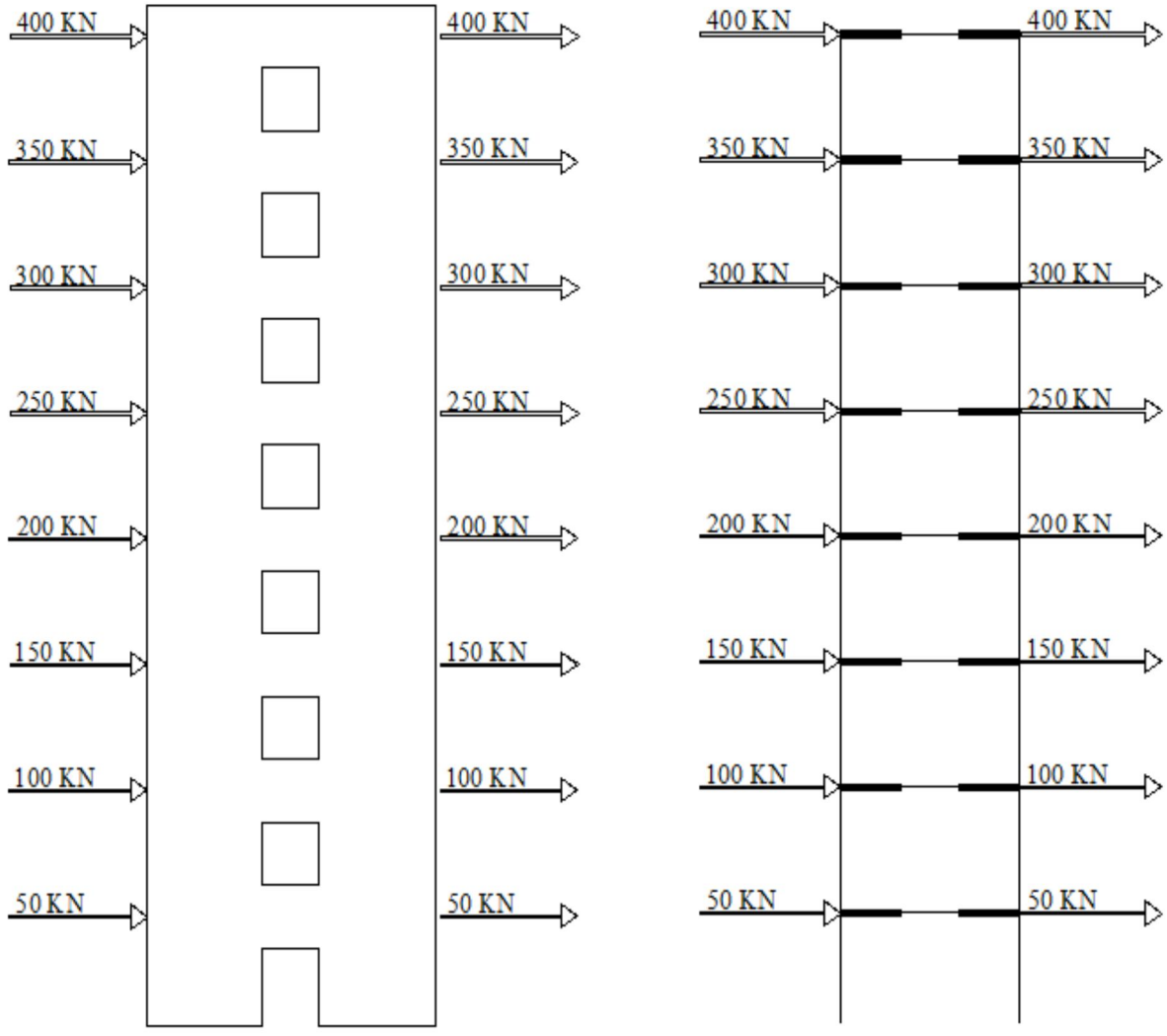
Yapısal çelik elemanlar ile tasarlanan parçalı sistemlerin görünüşü Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19. Parçalı sistemden oluşan çapraz donatı olarak yapısal çelik elemanların kesit görünüşü

4.1.3. Örnek 3

Bu örnekte ilk olarak analizi yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 4000 mm, bağ kiriş uzunluğu 2000mm ve bağ kiriş yüksekliği 2000mm alınmıştır. Bina zemin +7 kattan oluşmuştur. Kat yüksekliği zemin katında 3000mm ve normal katlarda da 3000 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 350mm alınmıştır. Binaya etkiye deprem yükleri ve bağ kirişli boşluklu perdelerin SAP2000 ve ETABS paket programından elde edilen sonuçlara göre çapraz donatı hesabı yapılmış ve sonuçlar çizelge 4.10'da verilmiştir. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden elde edilen maksimum kesme kuvvetine göre DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'e göre tahkikler yapılmıştır.

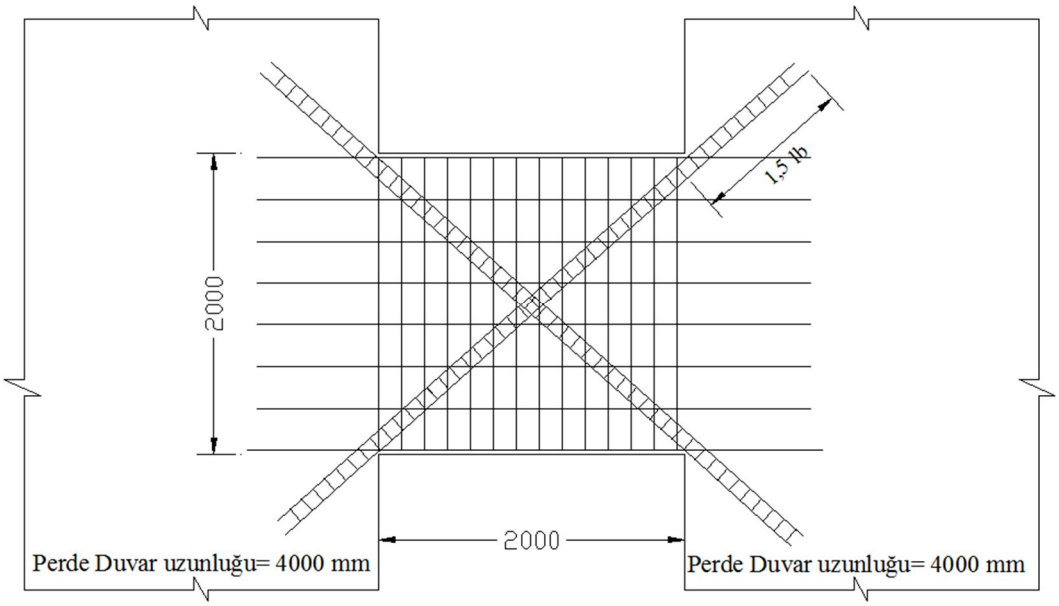


a) Bağ kirişli (boşluklu) perde duvar b) SAP 2000, eşdeğer çerçeve modeli

Şekil 4.20. Örnek 3'e ait bağ kirişli perde duvarlı binada ve SAP2000 iki boyutlu analiz görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016a).

4.1.3.1. DBYBHY 2007'ye göre hesap

Bu bağ kirişli boşluklu perde duvarda SAP2000 paket programı analizinden elde edilen maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 1398.55kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'ye göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 2808.3mm^2 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.21. Örnek 3'e ait bağ kiriş çapraz donatı kesit görünüşü.

Bu örnekte: h_k = 2000mm, ℓ_n = 2000mm, b_w= 350mm, V_d= 1398.35KN, C30 ; f_{ctd}= 1.25MPa, S420; f_{yd}=365MPa, d'= 30 mm, d= 1970 mm

Bağ kirişlerinin çapraz donatılarına ilişkin kurallar aşağıda verilmiştir.

$$l_n > 3h_k$$

$$V_d \leq 1.5 b_w \times d \times f_{ctd}$$

$$l_n = 2000\ mm >^{?} 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{2000\ mm < 6000\ mm\}$$

$$V_d = 1398350\ N \leq^{?} 1.5 \times 350\ mm \times 1970\ mm \times 1.25\ N/mm^2 = 1292812.5\ N$$

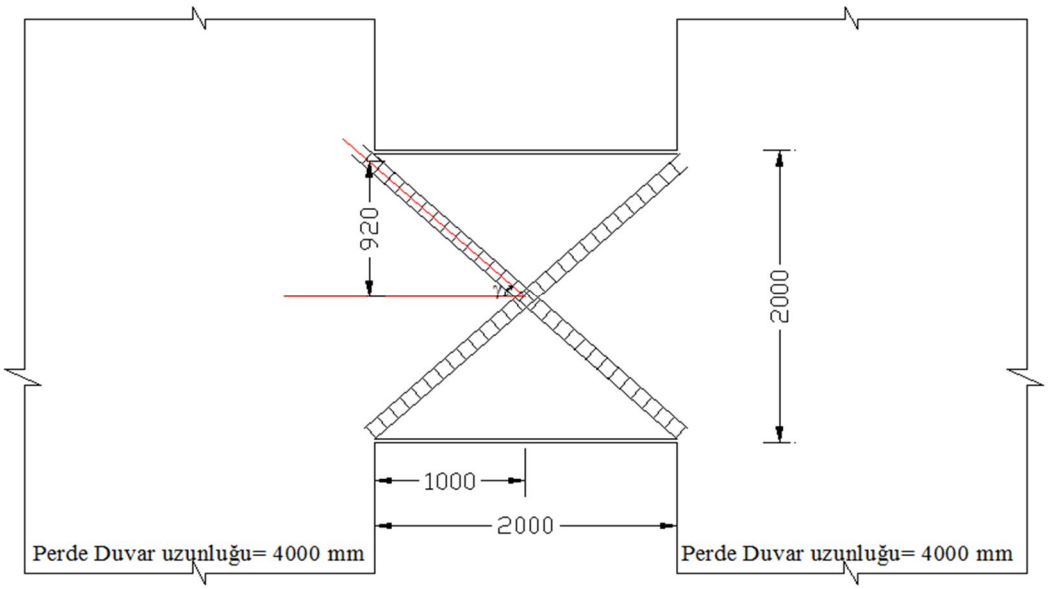
$\rightarrow \{1398350\ N > 1292812.5\ N\}$ olduğu için bağ kiriş donatı hesabı DBYBHY 2007'de bölüm 3.6.8.4'e göre yapılacaktır.

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 065 \times 1.25\ {}^{N}/_{mm^2} \times 350mm \times 1970mm = 560218.7N$$

$$V_{r\ max} = 0.22 f_{cd} b_w d = 0.22 \times 20\ {}^{N}/_{mm^2} \times 350mm \times 1970mm = 3033800\ N$$

DBYBHY 2007'ye göre her bir çapraz donatı demetindeki toplam çapraz donatı alanı aşağıdaki denklem ile belirlenecektir.

$$A_{sd} = \frac{V_d}{2f_{yd} \times sin\gamma}$$



Şekil 4.22. Örnek 3'e ait bağ kiriş çapraz donatı eğimi hesap görünüşü

$$tan\gamma = \frac{920\ mm}{1000\ mm} = 0.92 \rightarrow \gamma = 42.61° \sim 43°$$

$$A_{sd} = \frac{1398350\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 43°} = 2808.7\ mm^2$$

Bağ kirişinde çapraz donatısı 4∅30 olarak bulunmuştur.

$A_{s4\varnothing30}$ = 2827 mm^2

Çapraz donatıların burkulmasını önleyecek sargı donatısı;

$$\frac{A_{te}}{S} = \sum \frac{A_b \times f_{yd}}{1600 f_{yt}} = \frac{707 \times 365}{1600 \times 365} = 0.44$$

olarak belirlenir. Söz konusu denklem sargı donatısının çekme kapasitesinin 100mm aralıkla yerleştirilmesi durumunda burkulmaya karşı koruduğu boyuna donatının basınç kuvvetinin 1/16'sından az olmamasını sağlama amaçlıdır. Seçilen etriye ∅8/100 olarak hesaplanmıştır.

TS500, 2000'e göre çapraz donatıların kenetlenme boyu hesabı aşağıda yapılmıştır.

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset 30} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 30\ mm = 1051.20\ mm > 20 \times 30\ mm = 600\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset 30} = 1.5 \times 1051.20\ mm = 1576.80\ mm \sim 1600\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset 30} = 1.4 \times 1600\ mm = 2207.52 \sim 2300\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 30} = 1 \times 1600\ mm = 1600\ mm$

Çapraz donatılara ek olarak bağ kirişine TS500, 2000'de öngörülen minimum miktarda etriye ve yatay donatı hesabı:

Çapraz donatı çapı: d= 30 mm

8× d_{30}= 8× 30 mm = 240 mm ve 100mm olduğundan etriye ∅8/100 mm seçilmelidir.

$$\rho = \frac{A_s}{b_w.d} \geq \rho_{min} = 0.8 \times \frac{f_{ctd}}{f_{yd}}$$

$$\rho_{min} = 0.8 \times \frac{1.25\ MPa}{365\ MPa} = 0.00273$$

$$\frac{A_s}{b_w.d} = \rho_{min} = 0.00273$$

$$A_{s\,min} = 0.00273 \times 350\ mm \times 1970\ mm = 1882.335\ mm^2$$

Bağ kirişinde çapraz donatısına ek olarak yatay donatı 6∅20 hesaplanmıştır.

$A_s = 1885\ mm^2$

$1885\ mm^2 > 1882.335\ mm^2$

Bağ kirişi için çapraz donatısına ek olarak 6∅20 yatay donatı hesaplanmıştır.

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

$$l_{b\emptyset 20} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 20\ mm = 700.8\ mm > 20 \times 20\ mm = 400\ mm$$

$$1.5 l_{b\emptyset 20} = 1.5 \times 700.8\ mm = 1051.20\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset 20} = 1.4 \times 1051.20\ mm = 1471.68\ mm \sim 1500\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset 20} = 1 \times 1051.20\ mm = 1051.20\ mm \sim 1100\ mm$

Bağ kirişli (boşluklu) perde duvarda gövde donatı hesabı aşağıda verilmiştir.

$$A_{sl} = 0.001.b_w.d$$

$$A_{sl} = 0.001 \times 350mm \times 1970mm = 689.50\ mm$$

Bağ kirişleri için gövde donatısı olarak 12∅10 seçilmiştir.

$A_{s12\emptyset10} = 942\ mm^2$

$$l_b = 0.12.\frac{f_{yd}}{f_{cd}}.\emptyset \geq 20\emptyset$$

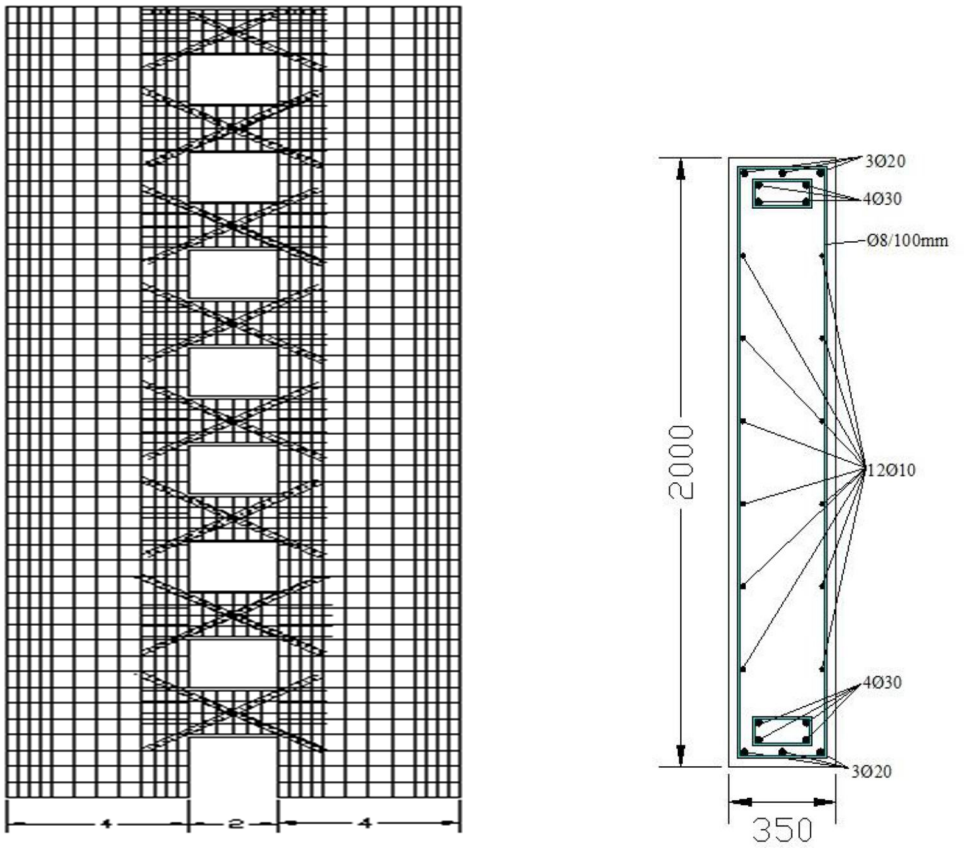
$$l_{b\emptyset10} = 0.12 \times \frac{365\ MPa}{1.25\ MPa} \times 10\ mm = 350.40\ mm > 20 \times 10\ mm = 200\ mm$$

$$1.5l_{b\emptyset10} = 1.5 \times 350.40\ mm = 526.60\ mm$$

Konum I: $l_{b\emptyset10} = 1.4 \times 526.60\ mm = 735.84\ mm \sim 750\ mm$

Konum II: $l_{b\emptyset10} = 1 \times 526.60\ mm = 526.60\ mm \sim 550\ mm$

Bu binada hesaplanan bağ kirişinde çapraz donatısı kesit görünüşü Şekil 5.23'te verilmiştir.



a) b)

Şekil 4.23. Örnek 3'e ait a) bağ kirişli perde duvarın görünüşü, b) yönetmelikte öngörülen donatı düzeni görünüşü

ST52 tipi çelik ile alternatif tasarım:

ST52: $f_{yd} = 360\ MPa$, S420: $f_{yd} = 365\ MPa$

$$A_{s\ st52} \times f_{y\ st52} = A_{s\ s420} \times f_{yd}$$

$$A_{s\ st52} \times 360\ MPa = 2808.72\ mm^2 \times 365\ MPa$$

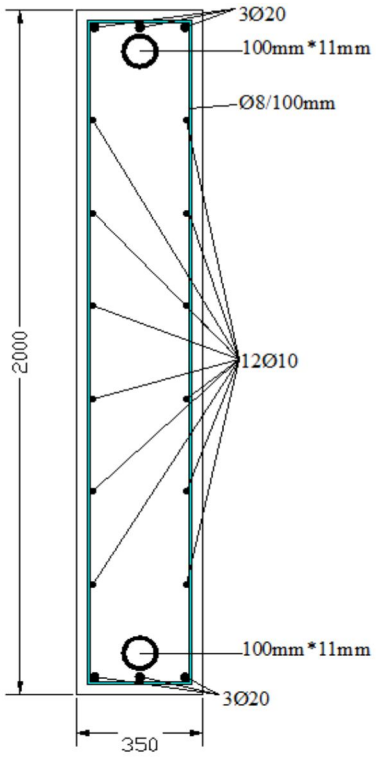
$$A_{s\ st52} = 2847.43\ mm^2$$

Bu örnekte profil olarak boru hesabı yapılmıştır. Seçilen boru:

$d_{dış} = 100\ mm$, $d_{iç} = 78\ mm, t = 11\ mm$ (et kalınlık)

$$A_{s\ st52} = \frac{\pi {d_{dış}}^2}{4} - \frac{\pi {d_{iç}}^2}{4} = \frac{\pi}{4}[(100)^2 - (78)^2] = 3075.62\ mm^2$$

Seçilen boru 100mm'e dış çap, 78 mm iç çap ve et kalınlığı 11 mm olmalıdır.



Şekil 4.24. Örnek 3'e ait binada parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatıların kesit görünüşü

4.1.3.2. Örnek 3 Eurocode8, 2004'te göre analiz

Bu analizinden elde edilen maksimum kesme kuvveti ikinci katta 1398.35kN hesaplanmıştır. Eurocode8 2004'de göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 2808.7mm^2 olarak hesaplanmıştır. Maksimum kesme kuvveti oluşan bağ kiriş kesiti, çapraz donatı hesabı ve gerekli tahkikler aşağıda verilmiştir.

$$l \geq 3h$$

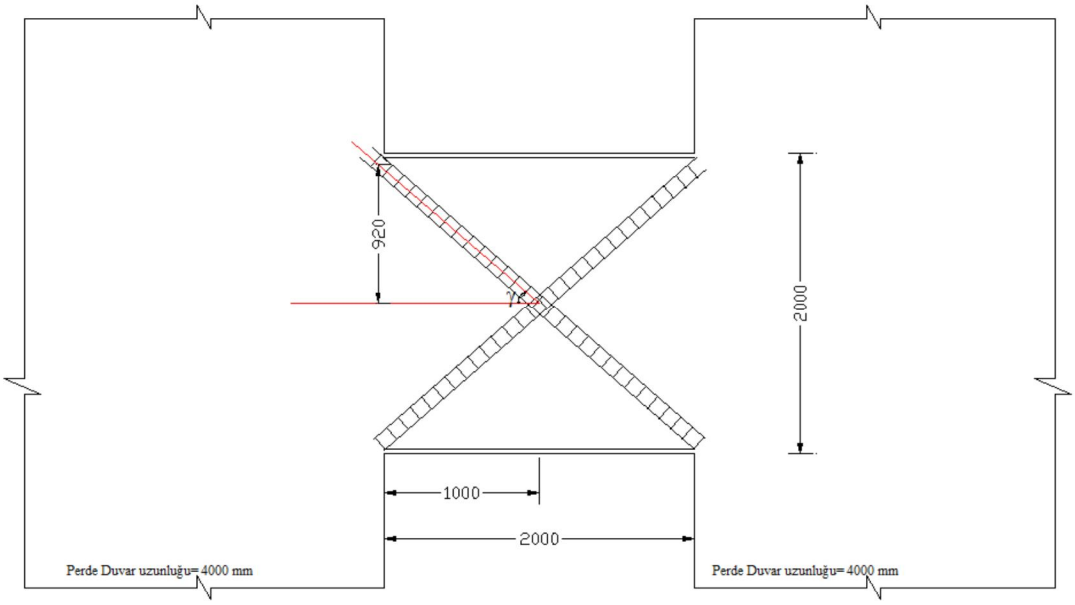
$$V_{Ed} \leq b_w \times d \times f_{ctd}$$

$$l = 1700\ mm >^{?} 3 \times 2000\ mm = 6000\ mm \rightarrow \{1700\ mm < 6000\ mm\}$$

$$V_{Ed} = 1398350\ N \leq^{?} 350\ mm \times 1470\ mm \times 1.25\ N/mm^2 = 643125\ N$$

$\rightarrow \{1398350\ N > 643125\ N\}$ olduğu için bağ kirişi kesiti çapraz donatılar ile donatılacaktır.

$$A_{si} = \frac{V_{Ed}}{2f_{yd} \times sin\alpha}$$



Şekil 4.25. Çapraz donatı eğim hesabı görünüşü

$$tan\alpha = \frac{920\ mm}{1000\ mm} = 0.92 \rightarrow \alpha = 42.61° \sim 43°$$

$$A_{si} = \frac{1398350\ N}{2 \times 365\ N/mm^2 \times \sin 43°} = 2808.7\ mm^2$$

Bağ kirişinde çapraz donatısı olarak 4∅30 hesaplanmıştır.

$A_{s4\varnothing30}$ = 2827 mm^2

İkinci analiz yapılan bağ kirişli boşluklu betonarme perde duvar uzunluğu 4000 mm, bağ kiriş uzunluğu 2000 mm ve bağ kiriş yüksekliği 1600 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 350 mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti ikinci katta 1354.56kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'e göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 3156.8mm^2 olarak hesaplanmıştır.

Üçüncü olarak analiz yapılan bağ kirişli boşluklu perde duvar uzunluğu 4000 mm, bağ kiriş uzunluğu 2000 mm ve bağ kiriş yüksekliği 800 mm alınmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 350 mm alınmıştır. Bu binada SAP2000 paket programı analizinden alınan maksimum kesme kuvveti üçüncü katta 1115.22kN hesaplanmıştır. DBYBHY 2007'e göre tahkikler yapılmıştır. Hesaplanan çapraz donatı alanı 5225.2mm^2 olarak hesaplanmıştır.

Örnek 3'te SAP2000 iki boyutlu analizinden farklı yükseklikler göre bağ kirişlerinde oluşan kesme kuvvetleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Bağ kiriş kesitlerde kesit yüksekliği arttıkça (bağ kiriş boyutları) bina rijitliğinide artmakta ve betonarme perde duvara gelen deprem yüklerinin büyük bir kısmın karşılamakta olur. Profil olarak yapılan boru hesabına ek olarak diğer yapısal çelik elemanların da tasarımı yapılmıştır.

Çizelge 4.10. Örnek 3'e ait farklı yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarları EY yüklemesinde SAP 2000'den elde edilen kesme kuvveti değerleri

Perde Duvar Kalınlığı: 350 mm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti (kN)		
Bağ Kiriş Kalınlığı: 350 mm					
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k)		
			2000 mm	1600 mm	800 mm
2000 mm	4000 mm	1	1206.99	1121.54	725,95
		2	1398.35	1354.56	1034,26
		3	1343.12	1323.65	1115,22
		4	1202.05	1191.99	1065,52
		5	1009.13	1003.03	937,46
		6	773.47	771.48	765,64
		7	506.66	513.97	584,53
		8	257.39	284.03	446,06
Bağ Kirişi Toplam Kesme Kuvveti (kN)			7697.16	7564.25	6674,64

Çizelge 4.11. Örnek 3'e ait 2000 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarları EY yüklemesinde SAP 2000'den elde edilen maksimum kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanları

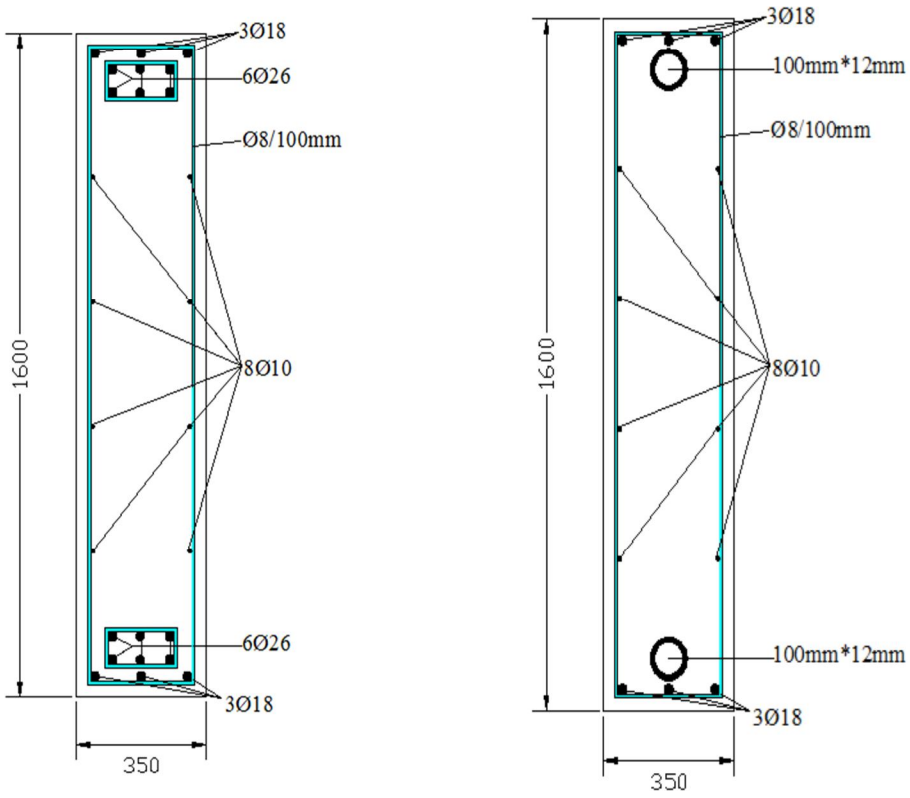
Perde Duvar Kalınlığı: 350 mm Bağ Kiriş Kalınlığı: 350 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 2000 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
2000 mm	4000 mm	2	1398.35	2808.7	2847.4

Çizelge 4.12. Örnek 3'e ait 1600 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarları EY yüklemesinde SAP 2000'den elde edilen kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanları

Perde Duvar Kalınlığı: 350 mm Bağ Kiriş Kalınlığı: 350 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 1600 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
2000 mm	4000 mm	2	1354.56	3156.8	3139.3

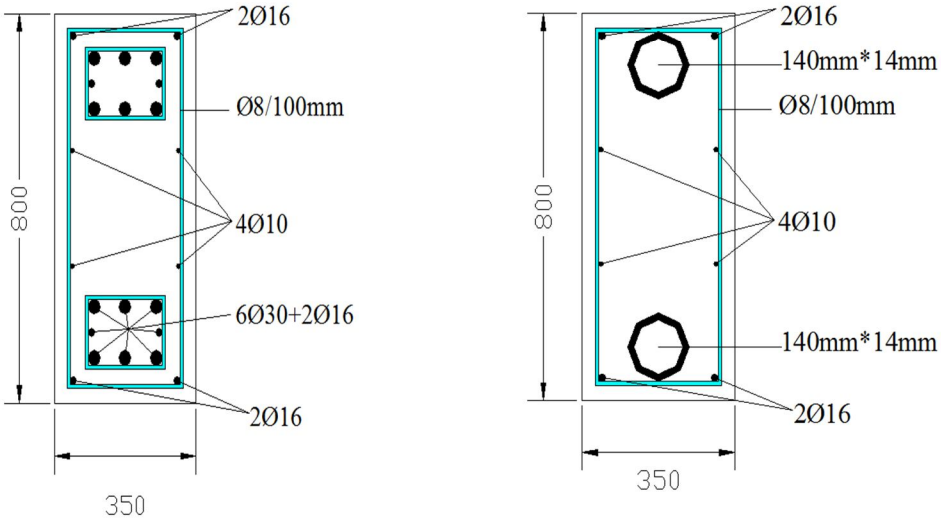
Çizelge 4.13. Örnek 3'e ait 800 mm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarları EY yüklemesinde SAP 2000'den elde edilen kesme kuvveti değerleri ve çapraz donatı alanları

Perde Duvar Kalınlığı: 350 mm Bağ Kiriş Kalınlığı: 350 mm			Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k) 800 mm		
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Max Kesme kuvveti (kN)	A_{sd} (çapraz donatı alanı) (mm^2)	Eşdeğer Profil Alanı (mm^2)
2000 mm	4000 mm	3	1115.22	5225.2	5297.7



a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar b) parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

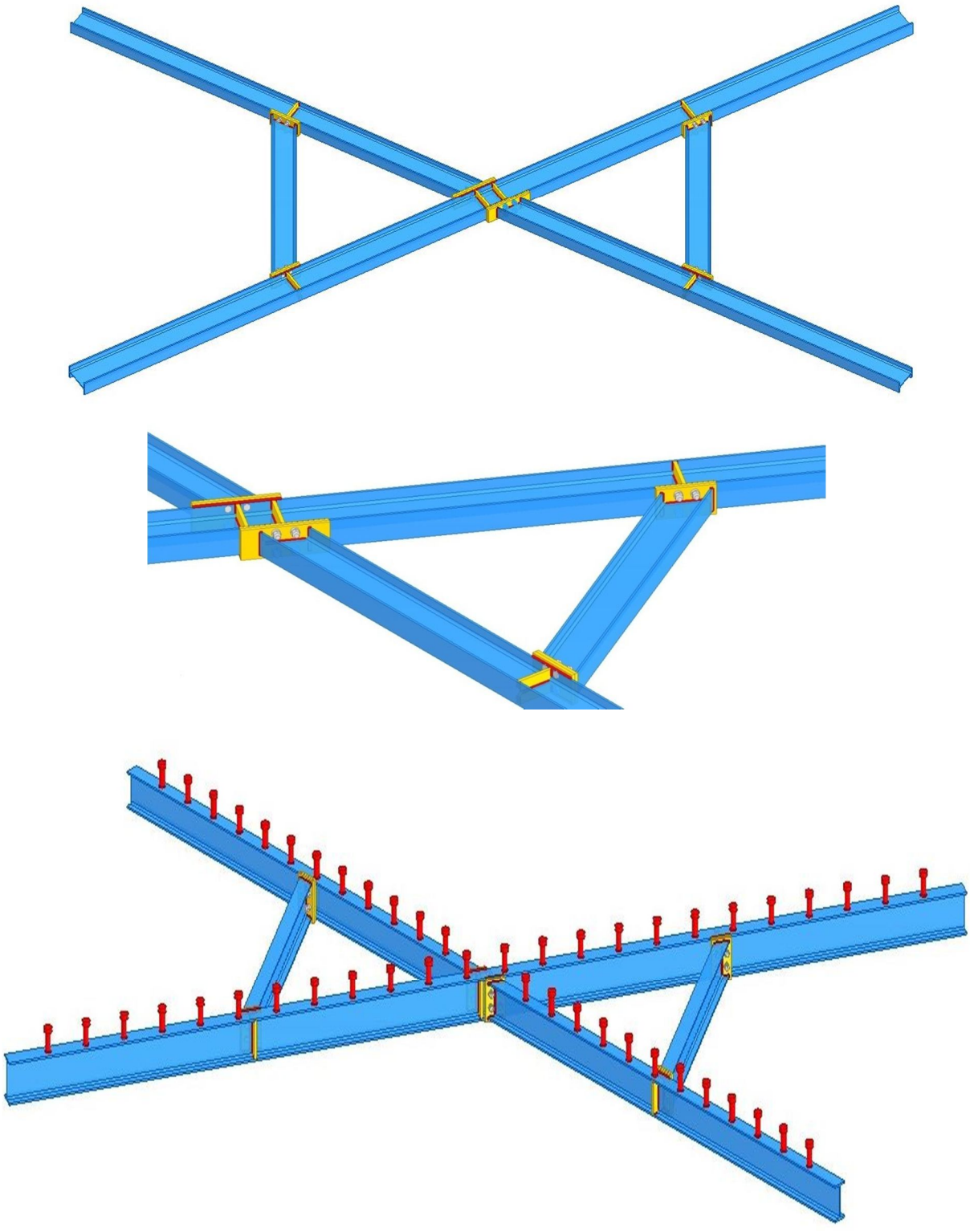
Şekil 4.26. Örnek 3'e ait 1600 mm yüksekliğe sahip bağ kirişi kesit görünüşleri



a) Yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatılar b) parçalı sistemlerden oluşan çapraz donatılar

Şekil 4.27. Örnek 3'e ait 800 mm yüksekliğe sahip bağ kirişi kesit görünüşleri.

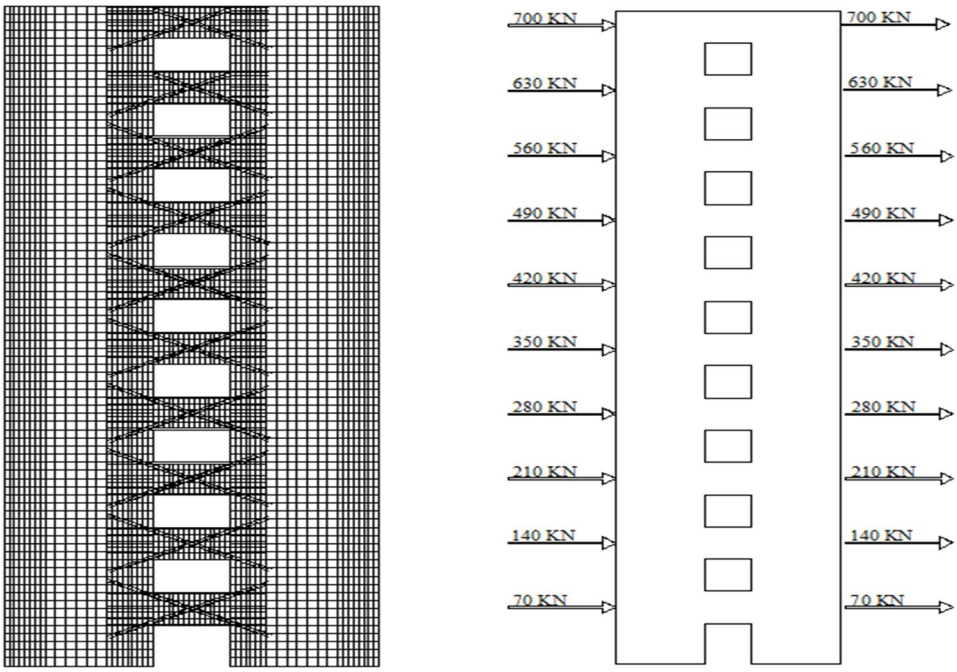
Bu profillerin betonarme perde duvar içinde bu yeni parçalı sistemde profilleri sıyrılmaması ve kenetlenmenin tam sağlanması için özel yapımlar tasarlanmıştır. Yapısal çelik elemanının (I profil) tasarımı şekil 4.28'te verilmiştir.



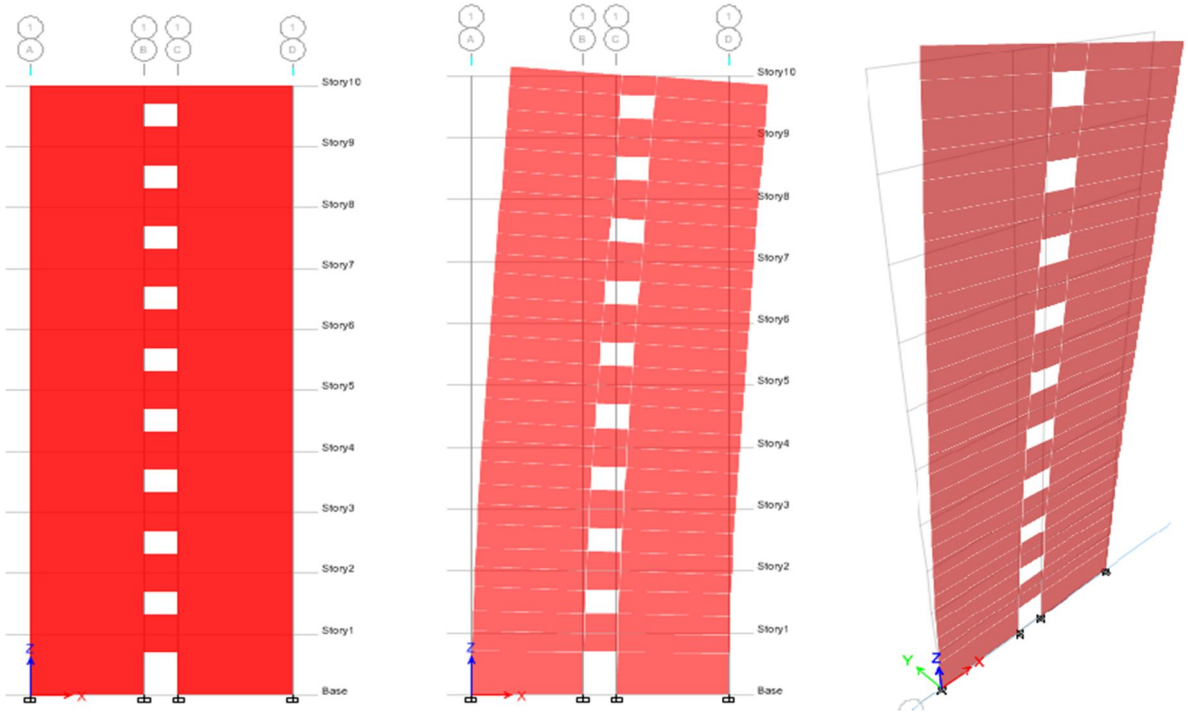
Şekil 4.28. Parçalı sistemden oluşan çapraz donatı olarak yapısal çelik elemanların kesit görünüşü

4.2. Bağ Kirişli Perde Duvarların ETABS Programı İle İki Boyutlu Analiz

Sonlu elemanlar yöntemi ile çözüm yapabilen ETABS paket programı kullanılarak analizler yapılmıştır. Farklı modellerde bağ kiriş yükseklikleri değiştirerek ETABS paket programı ile çözümler yapılmıştır. ETABS programı ile iki boyutlu analizleri yapılan bağ kirişli boşluklu bina toplam 10 kattan oluşmaktadır. Analizleri yapılan 10 katlı bağ kirişli boşluklu binalarda, perde duvar uzunluğu 6000 mm, bağ kiriş uzunluğu 1800mm olarak tasarlanmıştır. Bu binalar 4 farklı modelde analiz yapılmıştır. Her modelde bağ kirişi yükseklikleri farklı olarak tasarlanıp analiz edilmiştir. Farklı yükseklikte modellenen ve analizleri yapılan binaların analiz sonuçlarından alınan değerler karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Betonarme perde duvar ve bağ kiriş kalınlığı tüm katlarda 300mm alınmıştır. Kat yüksekliği tüm katlarda 3500mm alınmıştır. Analizlerden elde edilen maksimum kesme kuvveti ve eğilme momentine göre yönetmeliklerde öngörülen çapraz donatı alanı hesaplanmıştır. Katlara etkiyen yatay yük ve kesme kuvvetleri farklı yüksekliğe sahip bağ kirişli binaların analizlerinden elde edilen değerlere göre çizelge halinde karşılaştırılıp yorumlanmıştır. Analizlerde binalara etkiyen deprem yüklere göre analiz sonuçlarından elde edilen değerlere göre binaların kat yanal ötelenmeleri ve göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğe oranı da farklı modellerde karşılaştırılmıştır. Sonuçta bağ kirişlerin deprem karşı davranışı araştırılıp yorumlanmıştır. ETABS programında bağ kiriş SHELL ve SPANDRAL modeli yapılarak analiz edilmiştir (Foroughi ve Yüksel, 2016b).



Şekil.4.29. bağ kirişli perde duvarın görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016b)



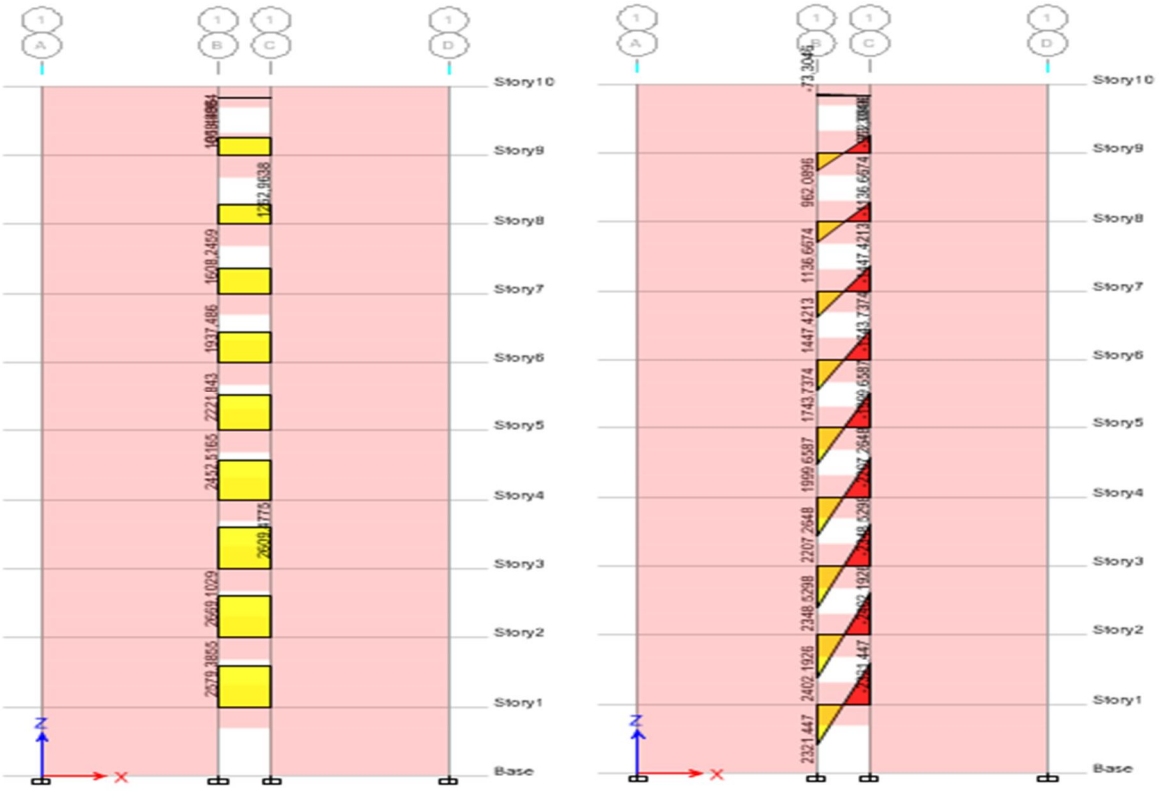
Şekil 4.30. Bağ kirişli boşluklu perde duvarların iki boyutlu ve üç boyutlu görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016b)

Çizelge 4.16. Farklı yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarı EY yüklemesinde elde edilen maksimum kesme kuvveti, eğilme momenti ve çapraz donatı alanı değerleri

Perde Duvar Kalınlığı: 30cm	Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n): 180 cm			
Bağ Kiriş Kalınlığı: 30cm	Bağ Kiriş Yüksekliği			
Perde Duvar Uzunluğu: 600cm	h_k: 220 cm	h_k: 180 cm	h_k: 140 cm	h_k: 100 cm
Maksimum Kesme Kuvveti (kN)	2669.10	2569.10	2479.95	2307.70
Maksimum Eğilme Momenti (kN- m)	2402.20	2312.20	2231.95	2076.90
Kat No	2	2	3	3
A_{sd} (mm^2)	48.80 cm^2	52.10 cm^2	60 cm^2	74.80 cm^2

Çizelge 4.14. 220cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde ETABS analizinden elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Perde Duvar Kalınlığı: 30cm Bağ Kiriş Kalınlığı: 30cm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k): 220cm	
			Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
180cm	600cm	1	2579.40	2321.45
		2	2669.10	2402.20
		3	2609.50	2348.50
		4	2452.50	2207.25
		5	2221.85	1999.70
		6	1937.50	1743.75
		7	1608.25	1447.40
		8	1263	1136.70
		9	1069	962.10
		10	81.45	73.30



Şekil 4.31. 220cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde perde duvar ve bağ kirişinde oluşan kesme diyagram görünüşü

Çizelge 4.15. 180cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde ETABS analizinden elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

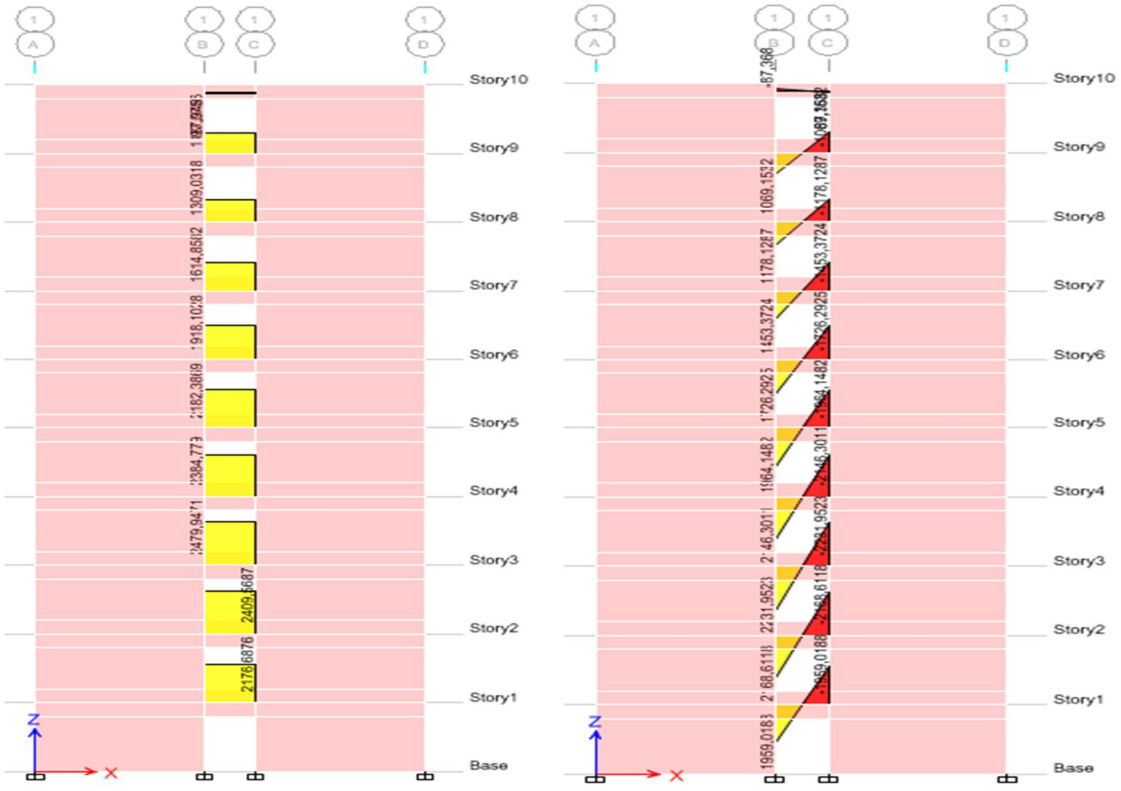
Perde Duvar Kalınlığı: 30cm Bağ Kiriş Kalınlığı: 30cm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k): 180cm	
			Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
180cm	600cm	1	2409.10	2168.15
		2	2569.10	2312.20
		3	2563.10	2306.75
		4	2429.80	2186.80
		5	2207.85	1987.10
		6	1929.55	1736.60
		7	1609.50	1448.55
		8	1281.10	1152.95
		9	1117.60	1005.80
		10	90	81



Şekil 4.32. 180cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde perde duvar ve bağ kirişinde oluşan eğilme momenti diyagram görünüşü

Çizelge 4.17. 140cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde ETABS analizinden elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

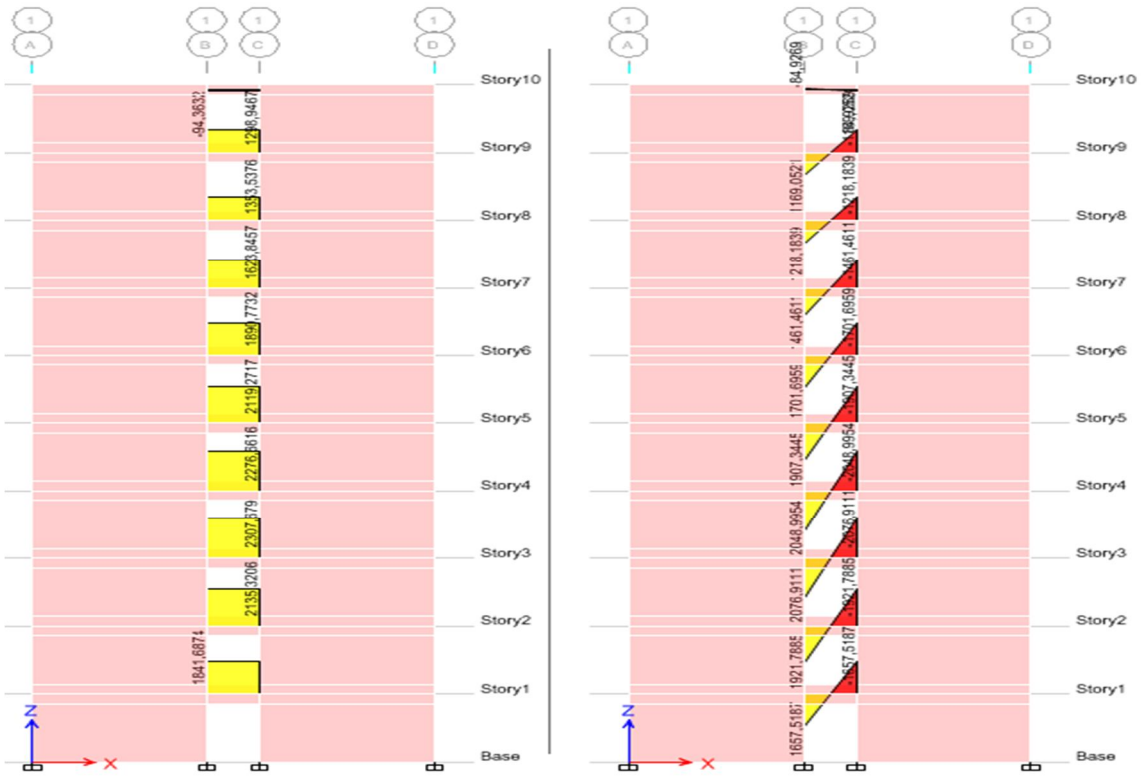
Perde Duvar Kalınlığı: 30cm Bağ Kiriş Kalınlığı: 30cm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k): 140cm	
			Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
180cm	600cm	1	2176.70	1959.10
		2	2409.57	2168.60
		3	2479.95	2231.95
		4	2384.80	2146.30
		5	2182.40	1964.15
		6	1918.10	1726.30
		7	1614.85	1453.40
		8	1309.10	1178.15
		9	1187.95	1069.15
		10	97.10	87.40



Şekil 4.33. 140cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde perde duvar ve bağ kirişinde oluşan eğilme momenti diyagram görünüşü

Çizelge 4.18. 100cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde ETABS analizinden elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

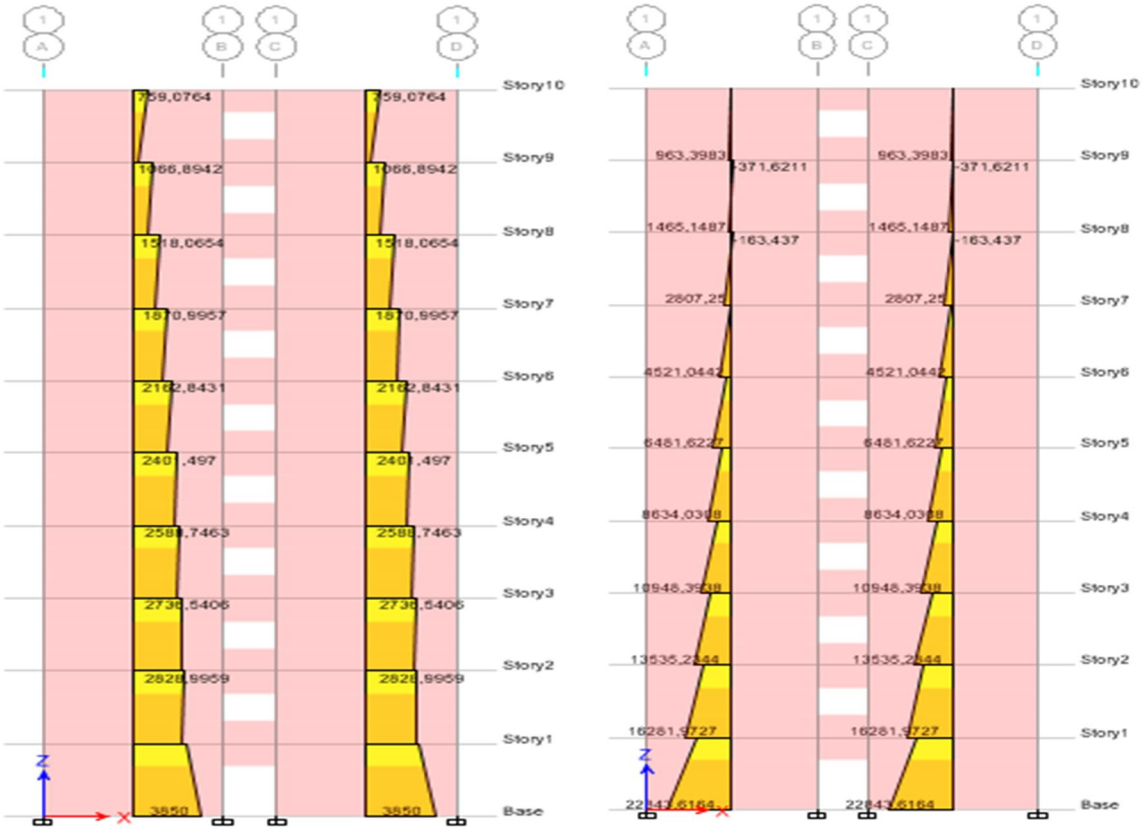
Perde Duvar Kalınlığı: 30cm Bağ Kiriş Kalınlığı: 30cm			Bağ Kirişinde Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Bağ Kiriş Uzunluğu (ℓ_n)	Perde Duvar Uzunluğu	Kat No	Bağ Kiriş Yüksekliği (h_k): 100cm	
			Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
180cm	600cm	1	1841.70	1657.50
		2	2135.30	1921.80
		3	2307.70	2076.90
		4	2276.65	2049
		5	2119.30	1907.35
		6	1890.80	1701.70
		7	1623.85	1461.45
		8	1353.50	1218.20
		9	1298.95	1169
		10	94.40	84.95



Şekil 4.34. 100cm yüksekliğe sahip bağ kirişli perde duvarların EY yüklemesinde perde duvar ve bağ kirişinde oluşan eğilme momenti diyagram görünüşü

Çizelge 4.19. 220cm yüksekliğine sahip bağ kirişli binada Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti değerleri

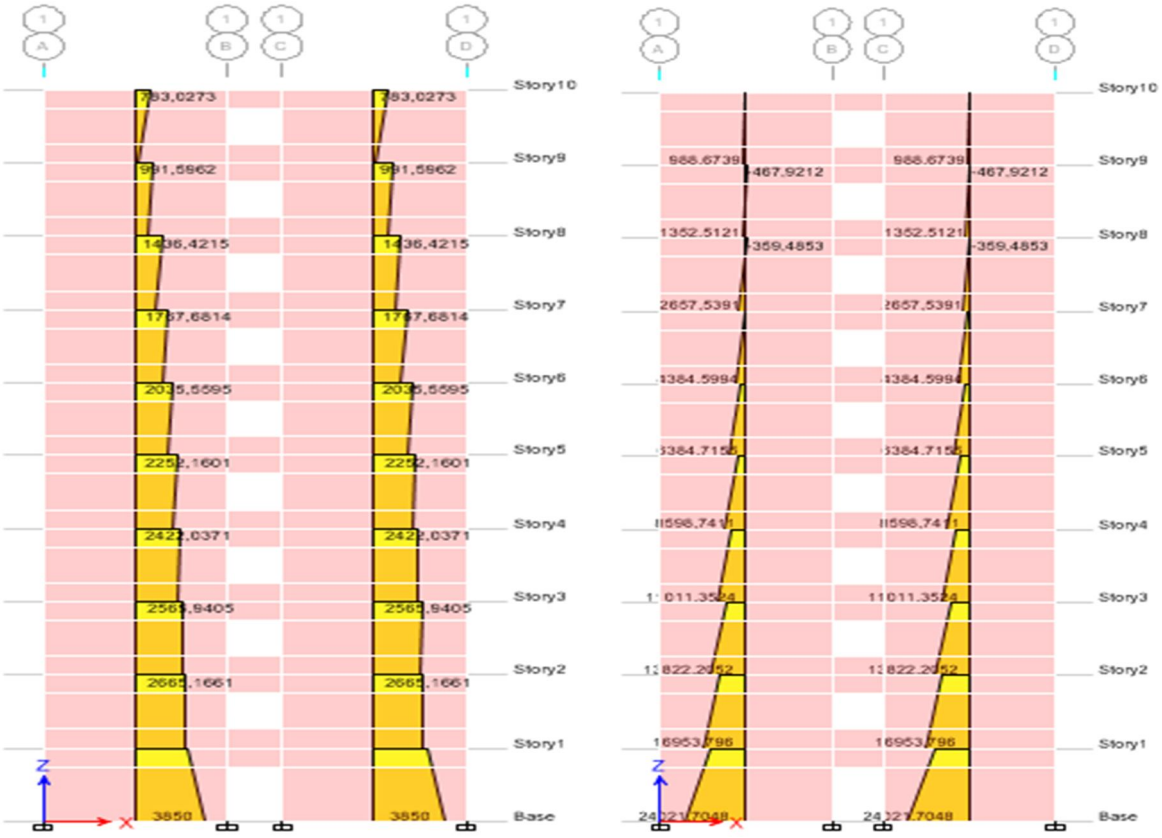
Perde Duvar Uzunluğu: 600 cm Perde Duvar Kalınlığı: 30cm		Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Kat No	Perde No	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
1	P1- P2	3850	22483.6
2	P1- P2	2829	16282
3	P1- P2	2736.50	13535.20
4	P1- P2	2588.70	10948.40
5	P1- P2	2401.50	8634
6	P1- P2	2162.80	6481.60
7	P1- P2	1871	4521
8	P1- P2	1518.10	2807.30
9	P1- P2	1066.90	1465.10
10	P1- P2	759.10	963.40



Şekil 4.35. 220cm yüksekliğe sahip boşluklu perde kesme ve eğilme

Çizelge 4.20. 180cm yüksekliğine sahip bağ kirişli binada Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti değerleri

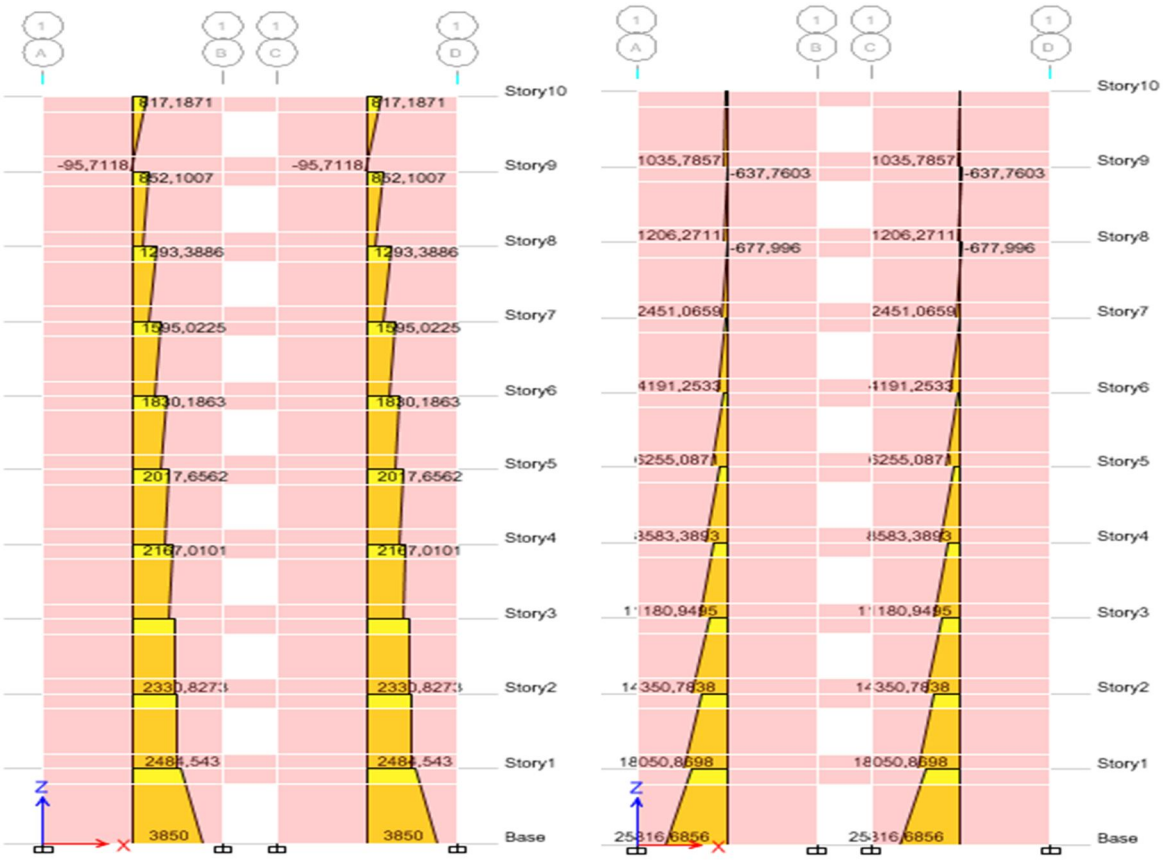
Perde Duvar Uzunluğu: 600 cm Perde Duvar Kalınlığı: 30cm		Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Kat No	Perde No	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
1	P1- P2	3850	24021.70
2	P1- P2	2665.15	16953.80
3	P1- P2	2565.95	13822.20
4	P1- P2	2422.10	11011.35
5	P1- P2	2252.15	8598.75
6	P1- P2	2035.55	6348.70
7	P1- P2	1767.70	4384.60
8	P1- P2	1436.45	2675.55
9	P1- P2	991.60	1352.50
10	P1- P2	783	988.70



Şekil 4.36. 180cm yüksekliğe sahip boşluklu perde kesme ve eğilme

Çizelge 4.21. 140cm yüksekliğine sahip bağ kirişli binada Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti değerleri

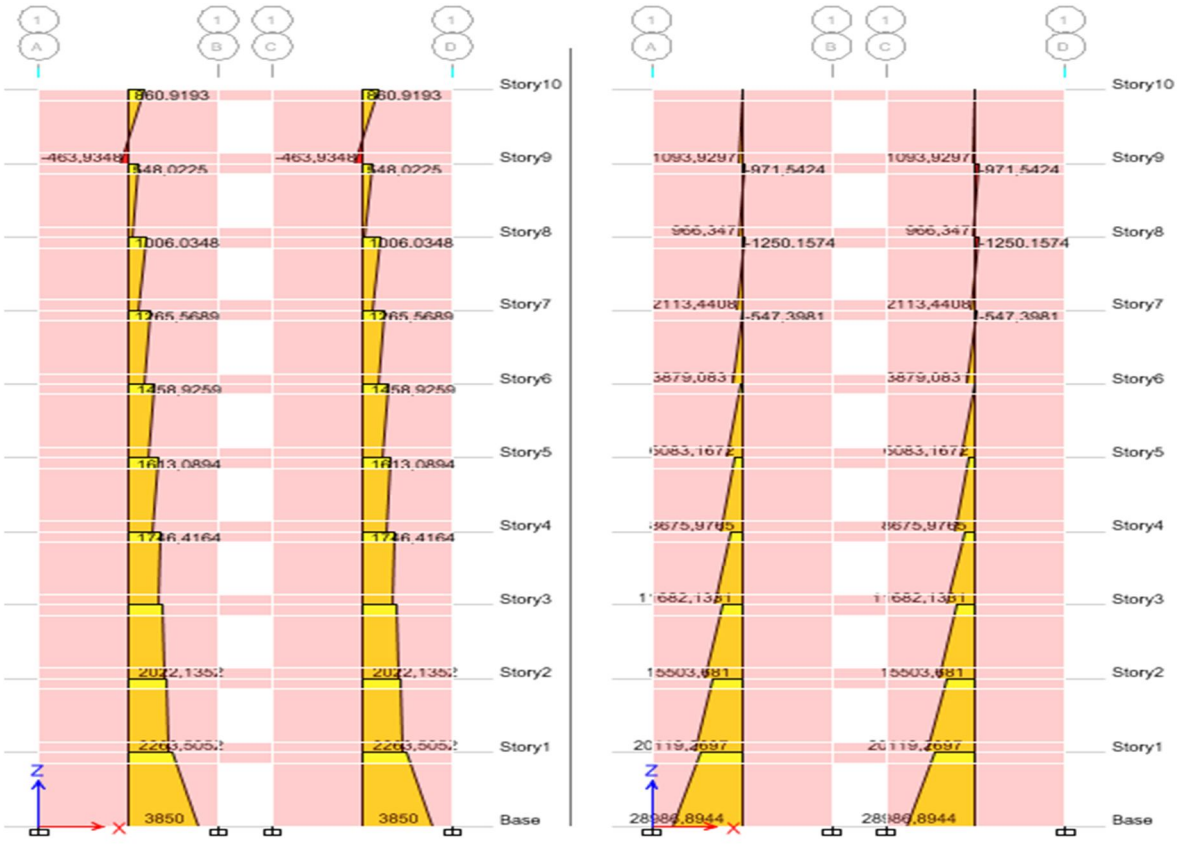
Perde Duvar Uzunluğu: 600 cm Perde Duvar Kalınlığı: 30cm		Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Kat No	Perde No	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
1	P1- P2	3850	25816.70
2	P1- P2	2484.55	18050.85
3	P1- P2	2330.80	14350.80
4	P1- P2	2167	11180.95
5	P1- P2	2017.65	8583.40
6	P1- P2	1830.20	6255.10
7	P1- P2	1595.10	4191.25
8	P1- P2	1293.40	2541.10
9	P1- P2	852.10	1206.30
10	P1- P2	817.20	1035.80



Şekil 4.37. 140cm yüksekliğe sahip boşluklu perde kesme ve eğilme

Çizelge 4.22. 100cm yüksekliğine sahip bağ kirişli binada Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti değerleri

Perde Duvar Uzunluğu: 600 cm Perde Duvar Kalınlığı: 30cm		Perde Duvarlarda Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	
Kat No	Perde No	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN-m)
1	P1- P2	3850	28986.90
2	P1- P2	2263.50	20119.30
3	P1- P2	2022.15	15503.70
4	P1- P2	1746.40	11682.20
5	P1- P2	1613.10	8676
6	P1- P2	1458.95	6083.20
7	P1- P2	1265.55	3879.10
8	P1- P2	1006.10	2113.45
9	P1- P2	548.10	971.55
10	P1- P2	860.90	1093.95



Şekil 4.38. 100cm yüksekliğe sahip boşluklu perde kesme ve eğilme

Çizelge 4.23. EY yüklemesinde katlarda oluşan maksimum yer değiştirme değerleri

		EY Yüklemesinde Kat Yanal ötelenme (mm)			
Kat No	Kat Yüksekliği (cm)	(h_k): 220cm	(h_k): 180cm	(h_k): 140cm	(h_k): 100cm
1	350	1.3	1.4	1.4	1.6
2	700	3.4	3.5	3.7	4.1
3	1050	6.2	6.4	6.8	7.6
4	1400	9.7	10	10.6	11.8
5	1750	13.6	14	14.8	16.4
6	2100	17.8	18.4	19.3	21.2
7	2450	22.2	22.9	24	26.2
8	2800	26.7	27.4	28.7	31.2
9	3150	31.2	32	33.3	31.1
10	3500	35.9	36.8	38.2	41.4

Çizelge 4.24. EY yüklemesinden elde edilen göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı

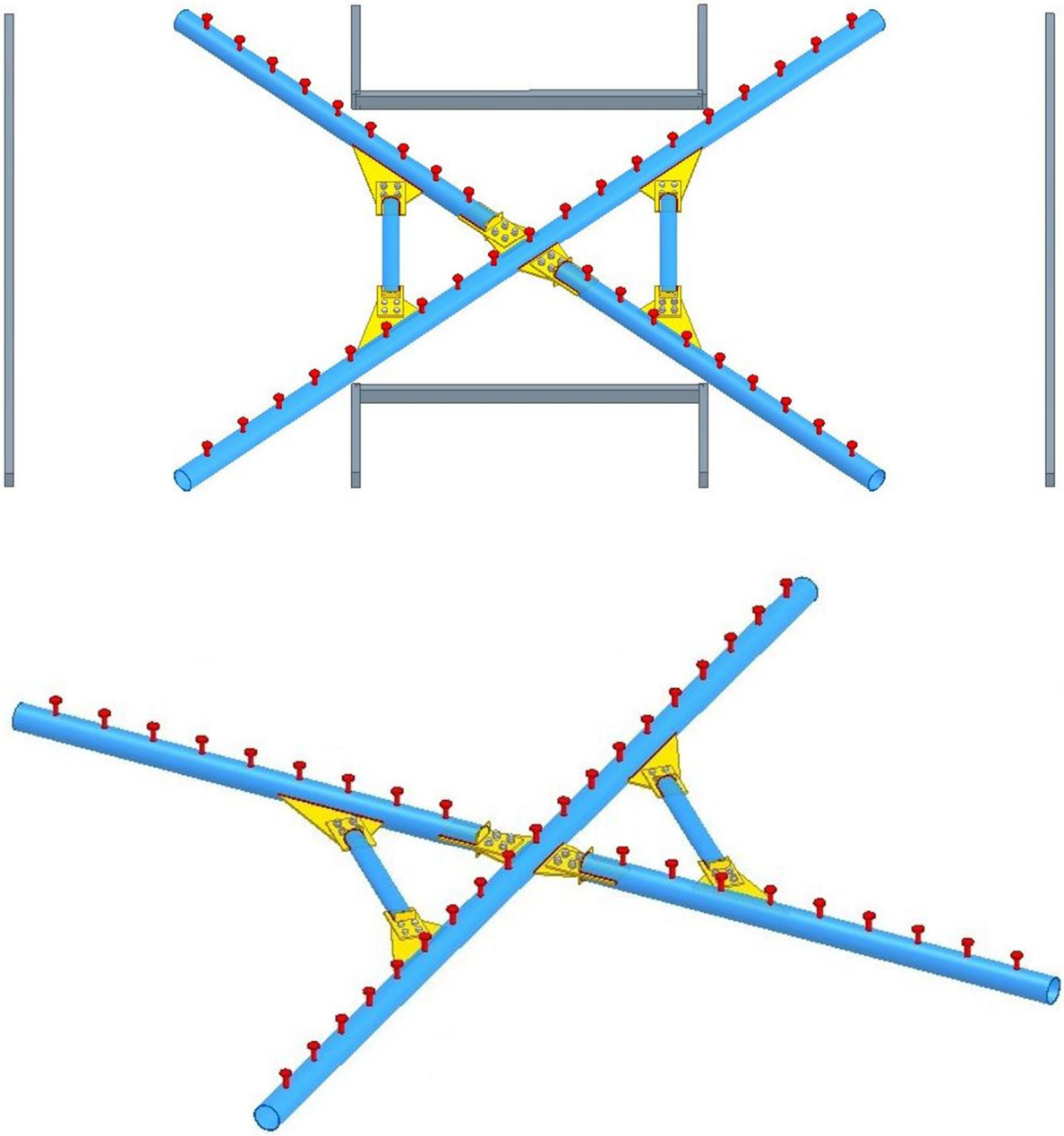
		EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı			
Kat No	Kat Yüksekliği (cm)	(h_k): 220cm	(h_k): 180cm	(h_k): 140cm	(h_k): 100cm
1	350	0.00038	0.00391	0.00041	0.000445
2	700	0.000613	0.000644	0.000691	0.000777
3	1050	0.000825	0.000857	0.000911	0.001018
4	1400	0.000999	0.001031	0.001087	0.001204
5	1750	0.001127	0.001158	0.001212	0.001326
6	2100	0.001216	0.001243	0.001292	0.001399
7	2450	0.001269	0.001292	0.001335	0.001431
8	2800	0.001291	0.001311	0.001347	0.001431
9	3150	0.001291	0.001308	0.00134	0.001418
10	3500	0.001334	0.001361	0.001407	0.001502

Çizelge 4.25. EY yüklemesinde katlara etkiyen yatay yük değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (cm)	EY yüklemesinde Yatay Yük (kN)
1	350	140
2	700	280
3	1050	420
4	1400	560
5	1750	700
6	2100	840
7	2450	980
8	2800	1120
9	3150	1260
10	3500	1400

Çizelge 4.26. EY yüklemesinde kat kesme kuvveti değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (cm)	EY yüklemesinde Kesme Kuvvet (kN)
1	350	7700
2	700	7560
3	1050	7280
4	1400	6860
5	1750	6300
6	2100	5600
7	2450	4760
8	2800	3780
9	3150	2660
10	3500	1400



Şekil 4.39. Parçalı sistemden oluşan çapraz donatı olarak yapısal çelik elemanların kesit görünüşü

4.3. ETABS Programı ile Üç Boyutlu Analiz

4.3.1. Giriş

Farklı taşıyıcı sistemlere sahip çerçeveli sistem, bağ kirişli boşluklu perdeli sistem ve perdeli duvar içeren binalar ETABS paket programı ile üç boyutlu modellenmiştir. ETABS programı özellikle yüksek binalar için geliştirilmiş özel amaçlı bir bilgisayar programıdır. Model 7 katlı olarak çerçeveli sistem, bağ kirişli boşluklu sistem ve perdeli sistem olarsak tasarlanmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçların karşılaştırmaları sonucunda bağ kirişlerinin sismik yükler altında davranışı ve bağ kirişi boyutlarının değişmesi nedeni ile kesme kuvveti ve moment değerlerinin değişmeler araştırılmıştır.

4.3.2. Rijit diyafram modeli

Rijit diyafram kabulünde döşemelerin düzlem içinde sonsuz rijit olduğu yani şekil değiştirmediği kabul edilmektedir. Bu modelde döşemedeki herhangi bir noktanın, birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme olmak üzere üç serbestlik derecesinin bulunduğu varsayılır. Döşeme üzerinde seçilen ve Master noktası olarak adlandırılan bir noktanın birbirine dik iki yatay öteleme ve döşeme düzlemine dik eksen etrafında dönme deplasmanlarının bilinmesi durumunda, döşeme üzerindeki diğer düğümlerin deplasmanları, master noktası deplasmanına bağlı olarak hesaplanabilmektedir (Mavruk, 2006).

4.3.2.1. Sistem modelinin oluşturulması

İlk aşamada ya doğrudan ya da ETABS içinde bulunan şablon (Template) sistemler kullanılarak,

- Kiriş, Kolon v.b. çubuk elemanlar,
- Perde duvar, Döşeme, Kabuk gibi yapı elemanlarını temsil eden sonlu elemanlar,
- Düğüm noktalarında veya mesnetlerde elastik lineer olmayan birleşimler veya yaylar,
- Çeşitli tipte mesnetler,

Tanımlanarak sistem modeli oluşturulur. Bu sırada çeşitli yapı elemanlarının birleştiği düğüm noktaları, program tarafından otomatik olarak türetilmektedir. Oluşan öğelerin (çubuk, sonlu eleman, birleşim, yay ve düğüm noktası) tümüne nesne adı verilmektedir. Bazı durumlarda, ele alınan sistemin önce küçük bir bölümü oluşturulur. Daha sonra ETABS'in kısa yol olanaklarından yararlanılarak sistem tamamlanır.

4.3.2.2. Kesit özelliklerinin tanımlanması

Bu çalışmada bina içerisine yerleştirilen perdeler üç boyutlu olarak sonlu elemanlar metodu ile modellenerek binanın tamamı ETABS paket programı ile modellenmiştir.

4.3.2.3. Analiz (çözüm)

Sistem modeli malzeme, kesit özellikleri ve yüklemeleri ile birlikte tanımlandıktan sonra analiz (çözüm) yapılır. Bu görüntü üzerine istenen her türlü ayrıntı ayrıca ekranda görüntülenip incelenebilir. İstenilirse çözüm sonuçları bir dosyaya yazdırılabilir ya da yazıcı çıktısı alınabilir.

4.3.3. Sayısal uygulamalar ve sonuçlar

4.3.3.1. Örnek 1 Sadece çerçevelerden oluşan betonarme bina

Bu örnekte sadece çerçevelerden oluşan bina ETABS paket programı ile modellenmiştir. Örnekte toplam kat yüksekliği (H_N) 25m'den küçük, süneklik düzeyi yüksek ve rijit temele oturan düzenli bir yapının ETABS paket programı kullanılarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemiyle deprem analizi yapılmıştır. Model X doğrultusunda 5 açıklıklı ve Y doğrultusunda 3 açıklıklı ve toplam 7 katlı bir çerçevedir. Örnekle ilgili veriler aşağıda özetlenmektedir. Analizde B aksındaki kolonlar ve kirişleri kesme kuvvetleri ve moment değerleri Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de özetlenmiştir. Bu bina deprem yükleri altında EY doğrultusunda analizi yapılmıştır.

4.3.3.1.1. Veriler

Kolon Boyutları: 500 × 500 mm

Kiriş Boyutları: tablalı kiriş alınmıştır tabla genişliği hesapları TS500- 2000'e göre yapılmıştır.

Elastisite Modülü: E_c= 32000MPa ve E_s= 200000MPa

Poisson Oranı: 0.2

Kat Sayısı: 7

Kat Yükseklikleri: 3.5m

4.3.3.1.2. TS500, 2000'e göre etkili tabla genişliği hesabı

Tablalı kirişlerin kesit hesabında, yapısal çözümleme ve şekil değiştirme hesapları için gerekli eylemsizlik momentlerinin bulunmasında göz önüne alınacak tabla genişliği, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmalıdır,

- Simetrik kesitlerde (T-kesiti), $b = b_w + 0{,}2\, l_p$
- Simetrik olmayan kesitlerde (L-kesiti vb), $b = b_1 + 0{,}1\, l_p$

Ancak, gövde dışına taşan tabla genişliği, her bir yanda, tabla kalınlığının altı katından ve komşu kiriş gövde yüzüne olan uzaklığın yarısından fazla olamaz. Yukarıda kullanılan l_p, kirişin iki moment sıfır noktası arasındaki uzunluğudur. Kesin hesap yapılmayan durumlarda,

- l_p= 1,0 l (Tek açıklıklı, basit mesnetli kiriş)
- l_p= 0,8 l (Sürekli kiriş kenar açıklığı)
- l_p= 0,6 l (Sürekli kiriş iç açıklığı)
- l_p= 1,5 l (Konsol kiriş) alınabilir.

Burada l, kirişin hesap açıklığıdır (TS500, 2000).

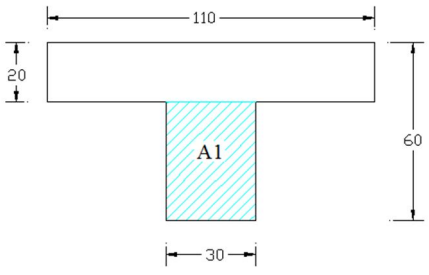
Bu çalışmada kirişler sürekli kiriş olarak alınmaktadır. Kirişin hesap açıklıkları 5m ve 3m alınmıştır. Etkili tabla genişliği hesaplarında kenar açıklık ve iç açıklık için ayrı ayrı hesap yapılmıştır. Kiriş boyutlarında döşeme kalınlığı 20 cm. kiriş yüksekliği h=60 cm ve b_w=30 cm alınmıştır.

Kirişin hesap açıklığı 500 cm simetrik kesit kenar açıklık hesabı:

$$l_p = 0{,}8\ l \text{ (Sürekli kiriş kenar açıklığı)},\ l_p = 0{,}8 \times 500cm = 400cm$$

$$l_p = 400cm$$

$$b = b_w + 0.2 l_p = 30cm + 0.2 \times 400cm = 110\ cm$$



Sistemde bulunan kiriş kesitleri tablalı kiriş kesitlerdir ve tablayı oluşturan bölüm döşemenin bir parçasıdır. Döşeme ağırlıkları ve kütle değerleri program tarafından hesaplandığından bu parçaların yük ve kütle katkıları döşemelerin içinde göz önüne

alınmaktadır. İkinci kez göz önüne alınmamasını sağlamak için kiriş kesit özelliklerinde değişiklik yapılacaktır.

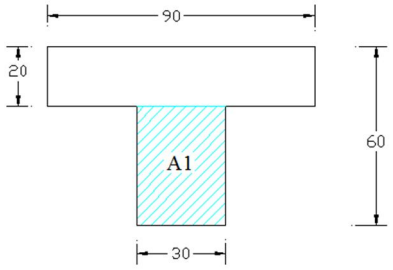
$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{3400\ cm} = 0.353$$

Kirişin hesap açıklığı 500 cm simetrik kesit iç açıklık hesabı:

l_p= 0,6 l (Sürekli kiriş iç açıklığı), l_p= $0{,}6 \times 500cm = 300cm$

$$l_p = 300cm$$

$$b = b_w + 0.2l_p = 30cm + 0.2 \times 300cm = 90\ cm$$



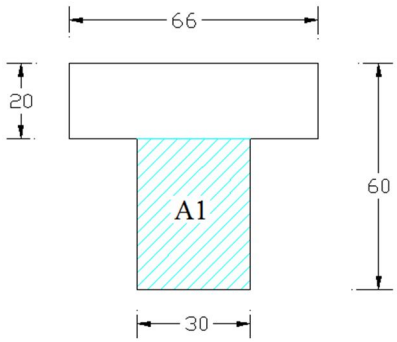
$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{3000\ cm} = 0.40$$

Kirişin hesap açıklığı 300 cm simetrik kesit iç açıklık hesabı:

l_p= 0,6 l (Sürekli kiriş iç açıklığı), l_p= $0{,}6 \times 300cm = 180cm$

$$l_p = 300cm$$

$$b = b_w + 0.2l_p = 30cm + 0.2 \times 180cm = 66\ cm$$



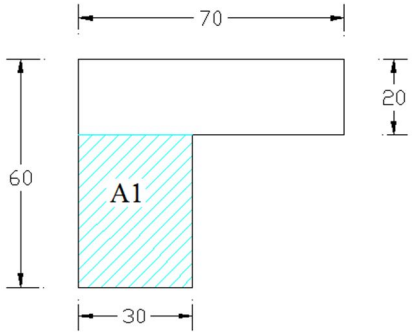
$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{2520\ cm} = 0.476$$

Kirişin hesap açıklığı 500 cm simetrik olmayan kesit kenar açıklık hesabı:

l_p= 0,8 l (Sürekli kiriş kenar açıklığı), l_p= $0{,}8 \times 500cm = 400cm$

$$l_p = 400cm$$

$$b = b_1 + 0.1l_p = 30cm + 0.1 \times 400cm = 70\ cm$$



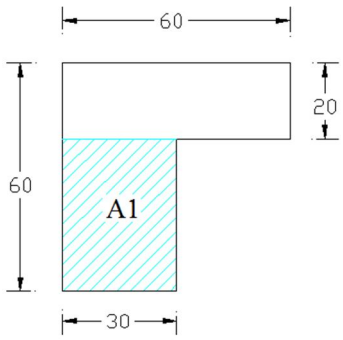
$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{2600\ cm} = 0.461$$

Kirişin hesap açıklığı 500 cm simetrik olmayan kesit iç açıklık hesabı:

l_p= 0,6 l (Sürekli kiriş iç açıklığı), l_p= $0{,}6 \times 500cm = 300cm$

$$l_p = 300cm$$

$$b = b_1 + 0.1l_p = 30cm + 0.1 \times 300cm = 60\ cm$$



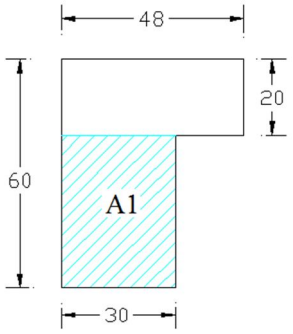
$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{2400\ cm} = 0.50$$

Kirişin hesap açıklığı 300 cm simetrik olmayan kesit iç açıklık hesabı:

l_p= 0,6 l (Sürekli kiriş iç açıklığı), l_p= $0{,}6 \times 300cm = 180cm$

$$l_p = 300cm$$

$$b = b_1 + 0.1l_p = 30cm + 0.1 \times 180cm = 48\ cm$$



$$\frac{A_1}{A_{toplam}} = \frac{1200\ cm}{2160\ cm} = 0.55$$

4.3.3.1.3. Deprem bilgileri

Bina Önem Katsayısı: I=1

Taşıyıcı Sistem Türü: Deprem yüklerinin tamamının çerçevelerle taşındığı binalar

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: A_0=0.4

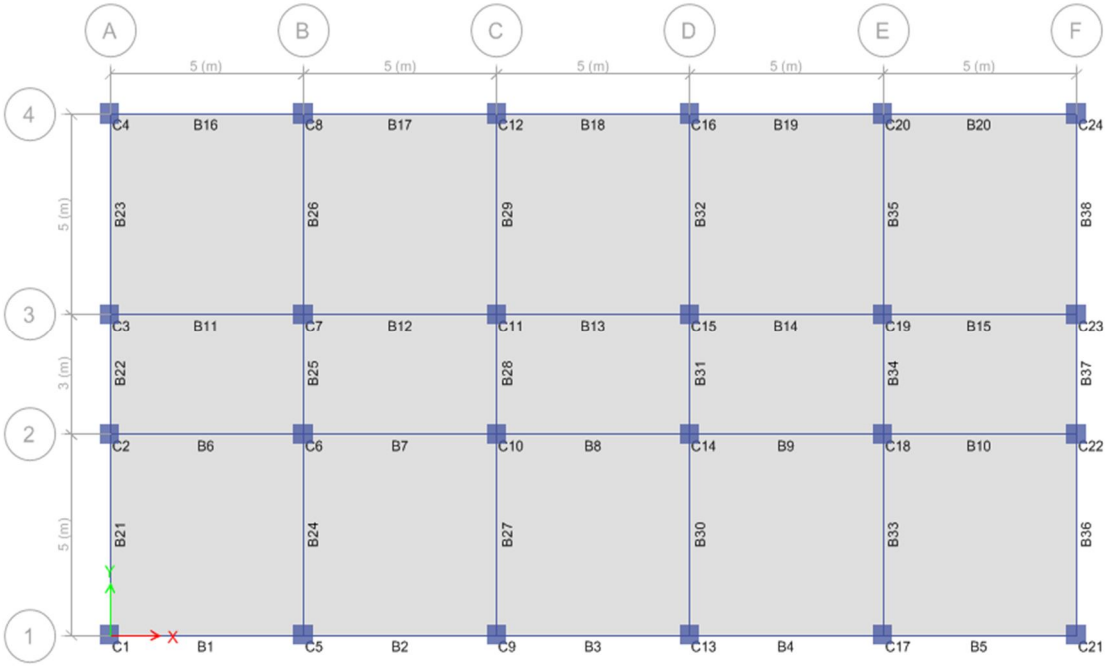
Yerel Zemin Sınıfı: Z4

Spektrum Karakteristik Periyotları: T_A=0.20 s, T_B=0.90 s

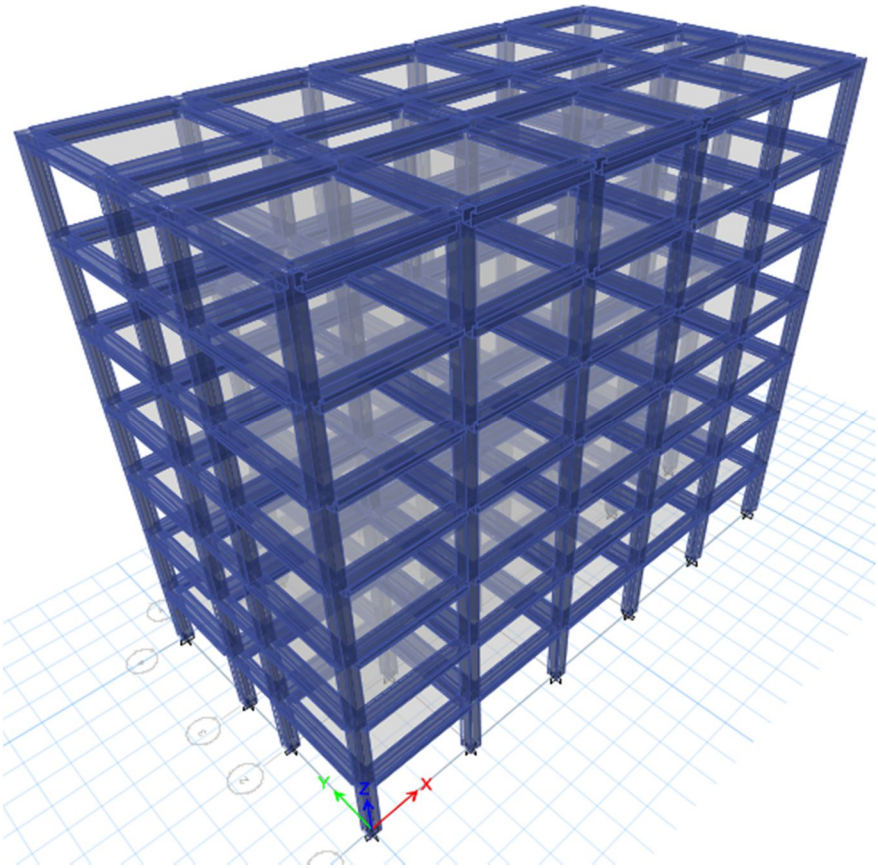
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı: R=8

Hareketli Yük Katılım Katsayısı: n= 0.3

4.3.3.1.4. Çerçeveli bina 3 boyutlu analiz sonuçları



Şekil 4.40. Örnek 1'e ait çerçeveli binada kat kalıp planı

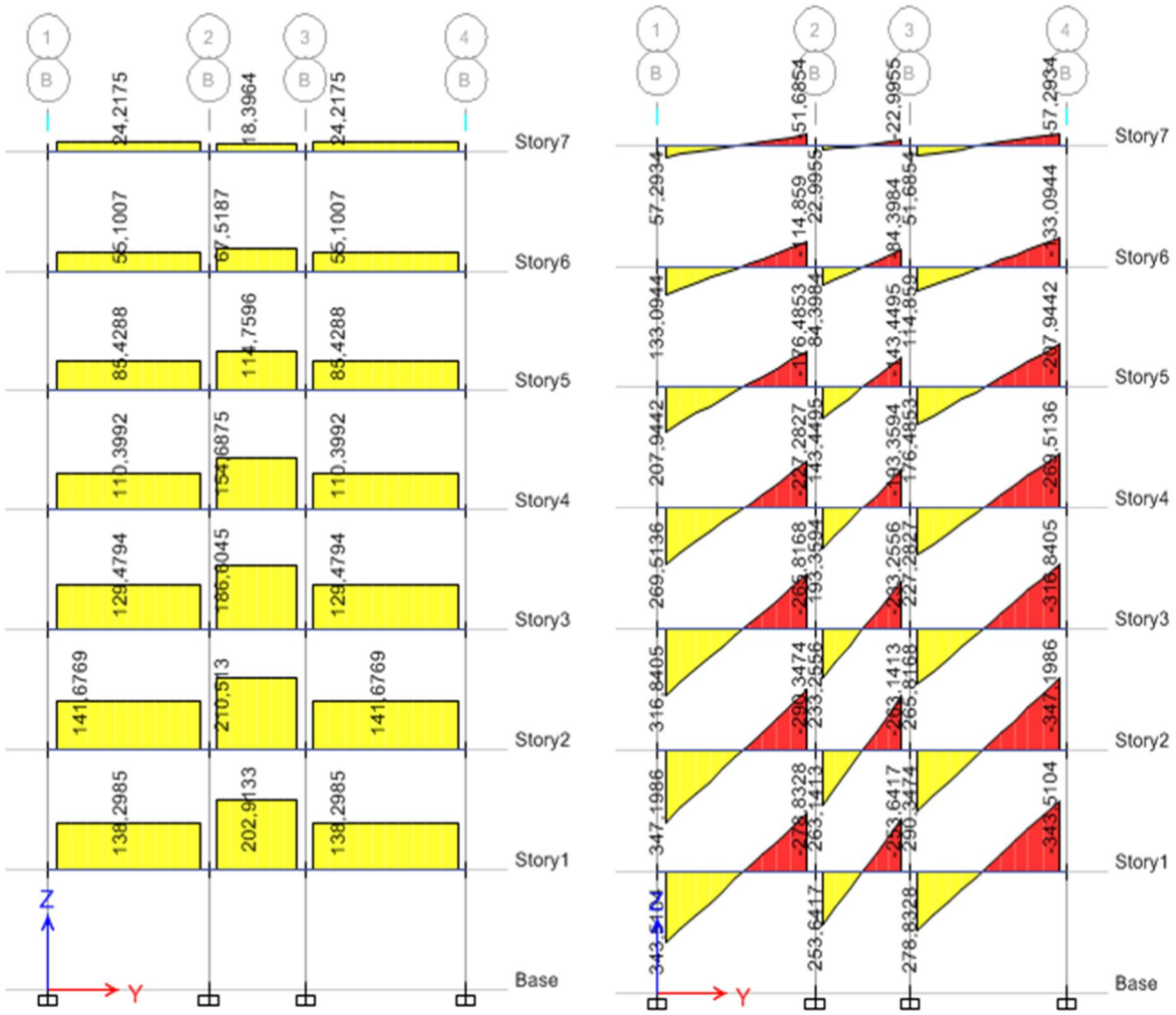


Şekil 4.41. Çerçeveli binada 3 boyutlu ETABS modeli (Foroughi ve Yüksel, 2016c)

Çerçeveli binada EY yüklemesinden analiz sonucunda B aksı kirişleri mesnetlerindeki maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksı kirişleri mesnetlerdeki maksimum kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kiriş NO	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	B24	EY	138.29	343.51
1	B25	EY	202.91	253.64
1	B26	EY	138.29	343.51

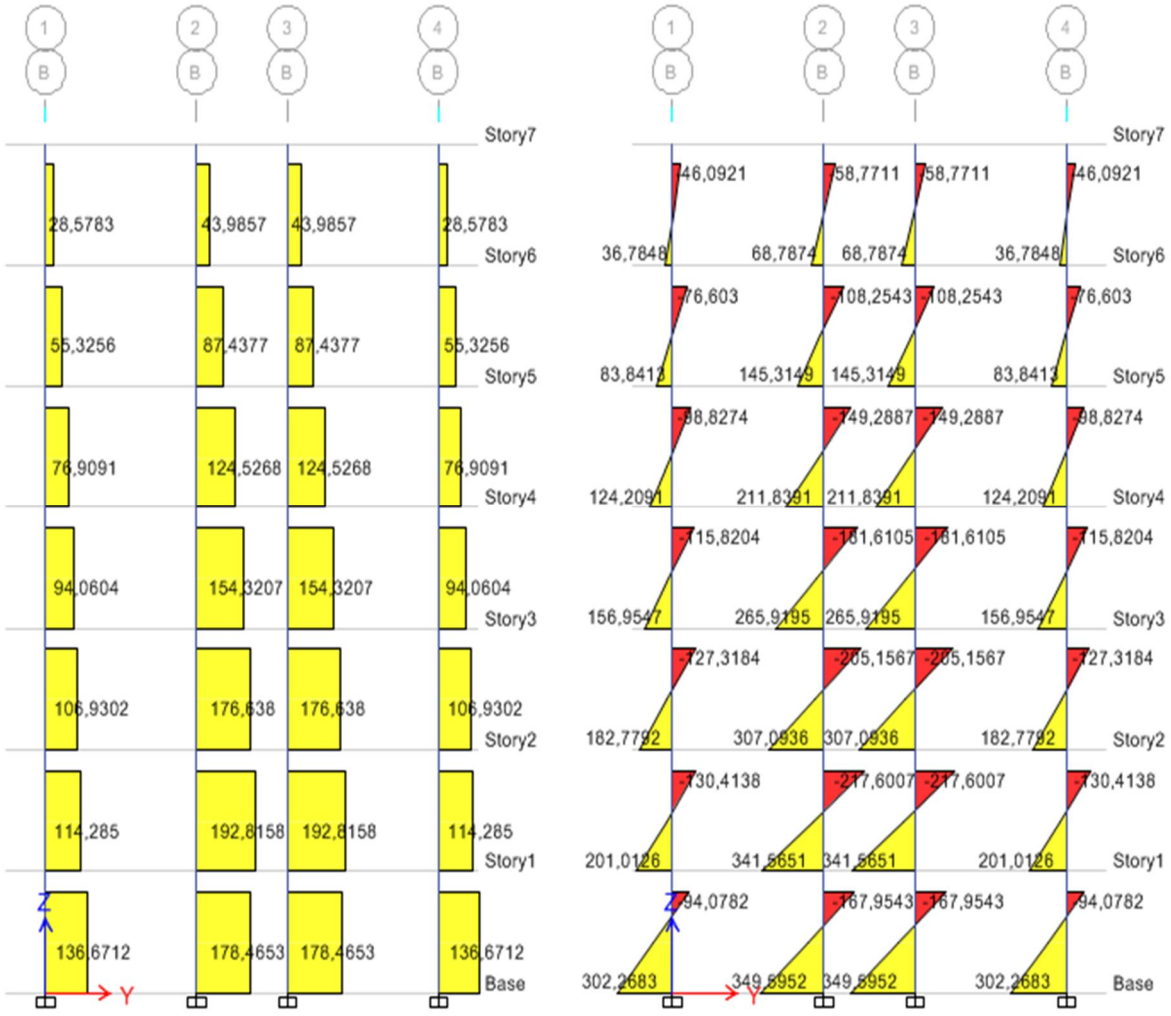


Şekil 4.42. Çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksı kirişleri kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramı

Çerçeveli binada EY yüklemesinde analiz sonucunda B aksı kolonlarında oluşan maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksı kolonları maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kolon No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	C5	EY	136.67	302.26
1	C6	EY	178.46	349.60
1	C7	EY	178.46	349.60
1	C8	EY	136.67	302.26



Şekil 4.43. Çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksı kolonları kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları görünüşü

Çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katlara göre binaya etkiyen yatay yük değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Çerçeveli binada EY yüklemesinde katlara etkiyen yatay yük değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY yüklemesinde Yatay Yük (kN)
Temel	0	0
1	3.5	137.43
2	7	274.87
3	10.5	412.30
4	14	549.74
5	17.5	687.17
6	21	824.61
7	24.5	850.87

Çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katlara göre binaya etkiyen kat kesme kuvveti değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Çerçeveli binada EY yüklemesinde kat kesme kuvveti değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY yüklemesinde Kesme Kuvvet (kN)
1	3.5	3737.02
2	7	3599.58
3	10.5	3324.71
4	14	2912.40
5	17.5	2362.66
6	21	1675.50
7	24.5	850.87

Çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katlara göre yanal ötelenme değerleri Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Çerçeveli binada EY yüklemesinde katlarda oluşan maksimum yer değiştirme değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Kat yanal ötelenme (mm)
Temel	0	0
1	3.5	5.4
2	7	12.7
3	10.5	19.7
4	14	25.9
5	17.5	31.1
6	21	35.0
7	24.5	37.2

Çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katların göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı değerleri Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Çerçeveli binada EY yüklemesinde göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı
Temel	0	0
1	3.5	0.001549
2	7	0.002077
3	10.5	0.001994
4	14	0.001785
5	17.5	0.001484
6	21	0.001099
7	24.5	0.00065

4.3.3.2. Örnek 2 perdeli- çerçeveli betonarme bina

Bu örnekte amaç çerçeveli sistemlere göre perdeli-çerçeveli sistemlerdeki taşıyıcı elemanlara gelen yüklerin dağılımlarını inceleyerek karşılaştırmaktır. Kolon ve kiriş boyutları bir önceki örnekteki (örnek 1) ile aynı alınmıştır. Taşıyıcı sistemde perde duvarlar binanın Y ekseni doğrultusunda A ve F aksları doğrultusunda boydan boya yerleştirilmiştir. Bu doğrultuda bina tekrar analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. 7 katlı perde ve çerçevelerden oluşan betonarme yapının yatay deprem yükleri etkisinde çözümlemesi yapılarak sonuçlar çizelge olarak özetlenmiştir. Bina üç boyutlu olarak sonlu elemanlar metodu ile modellenerek binanın tamamı ETABS paket programı ile modellenmiştir.

4.3.3.2.1. Veriler

Kolon Boyutları: 500 × 500 mm

Kiriş Boyutları: tablalı kiriş alınmıştır tabla genişliği hesapları TS500- 2000'e göre yapılmıştır.

E_c= 32000MPa, E_s= 200000MPa, Poisson Oranı: 0.2, Kat Sayısı: 7, Kat Yükseklikleri: 3.5m

4.3.3.2.2. Deprem bilgileri

Bina Önem Katsayısı: I=1

Taşıyıcı Sistem Türü: Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar

Deprem Bölgesi: 1

Etkin Yer İvmesi Katsayısı: A_0=0.4

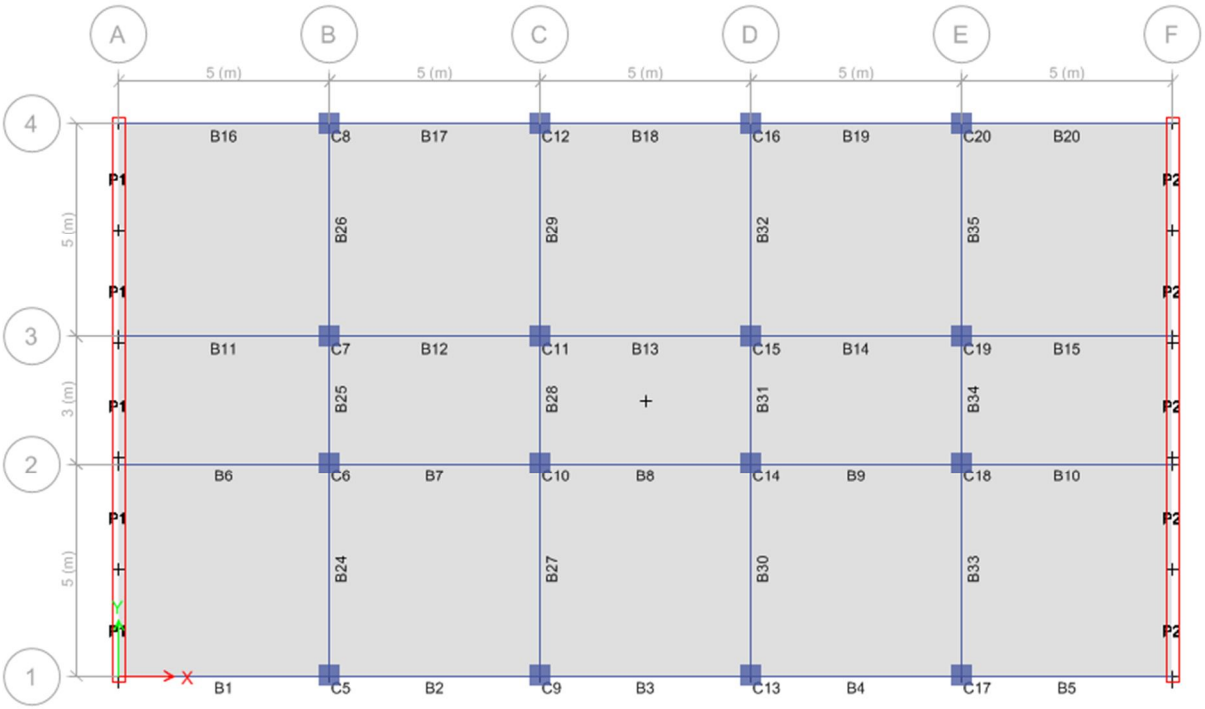
Yerel Zemin Sınıfı: Z4

Spektrum Karakteristik Periyotları: T_A=0.20 s, T_B=0.90 s

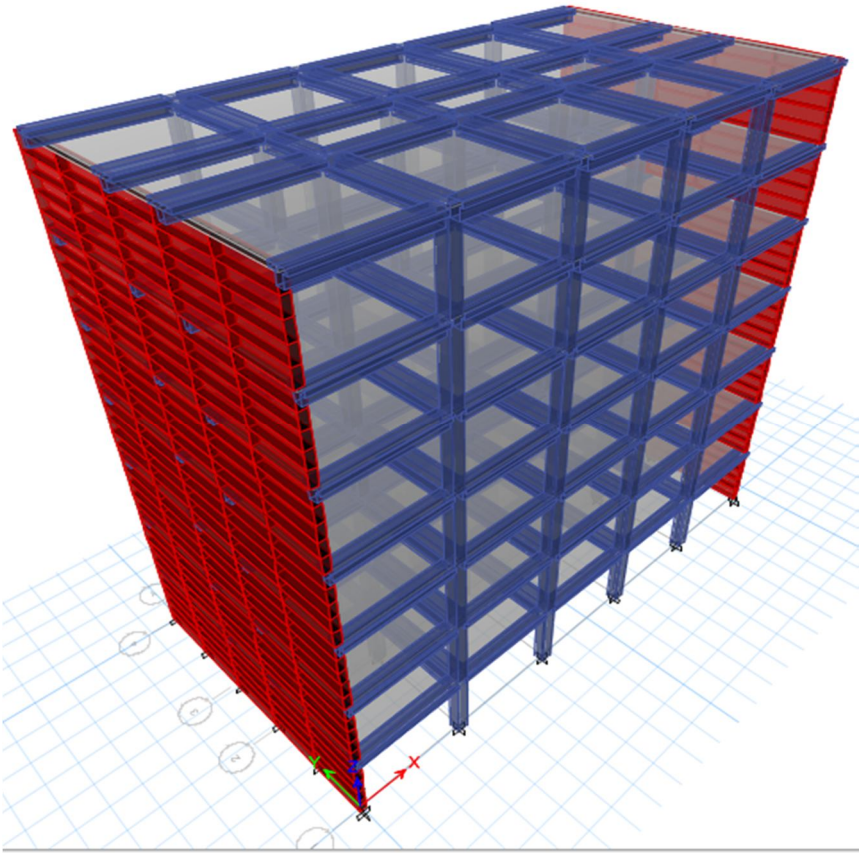
Tanıyıcı Sistem Davranış Katsayısı: R= 7

Hareketli Yük Katılım Katsayısı: n= 0.3

4.3.3.2.3. Perdeli- çerçeveli betonarme bina 3 boyutlu analiz sonuçları



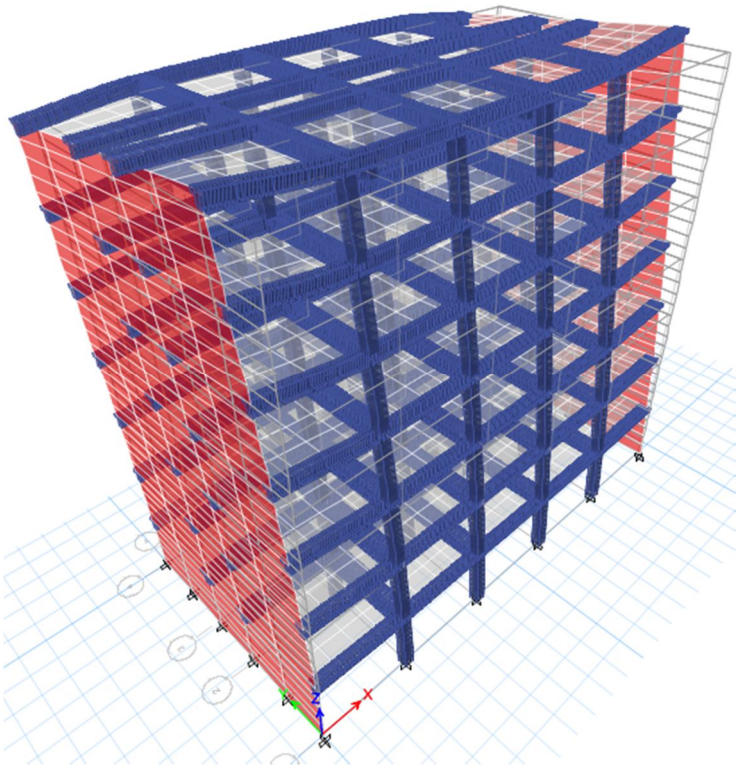
Şekil 4.44. Perde- çerçeveli binada kat kalıp planı görünüşü



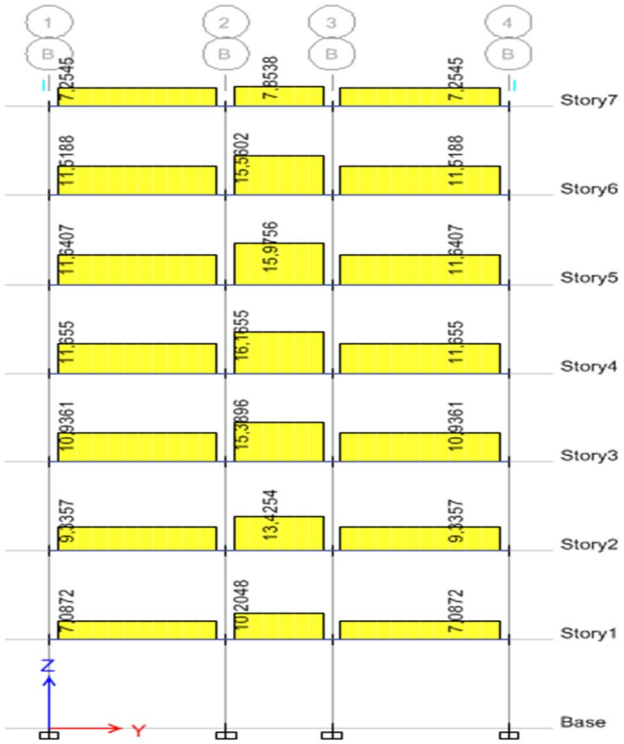
Şekil 4.45. Perde- çerçeveli binada ETABS üç boyutlu görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016c)



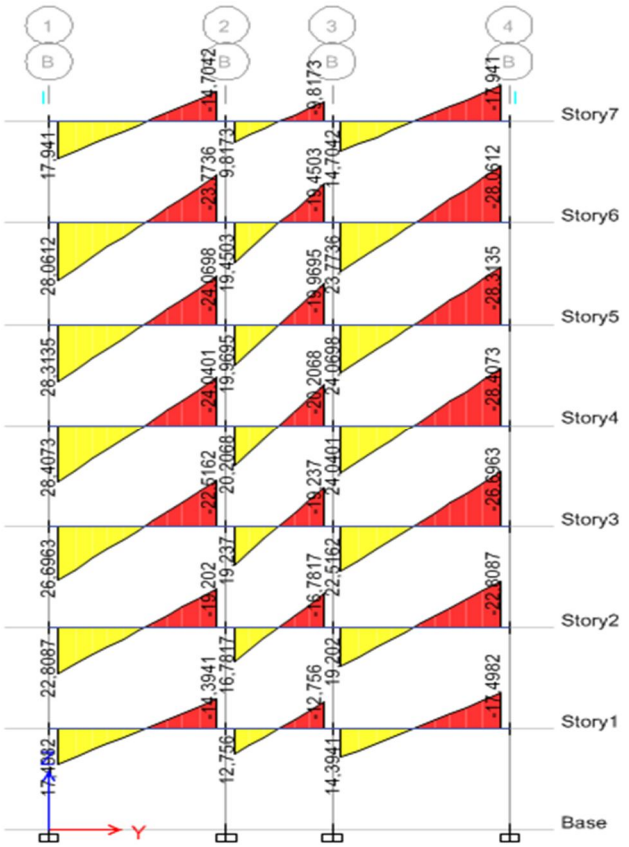
Şekil 4.46. Perde- çerçeveli binada A aksındaki perde duvarın EY yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirme görünüşü



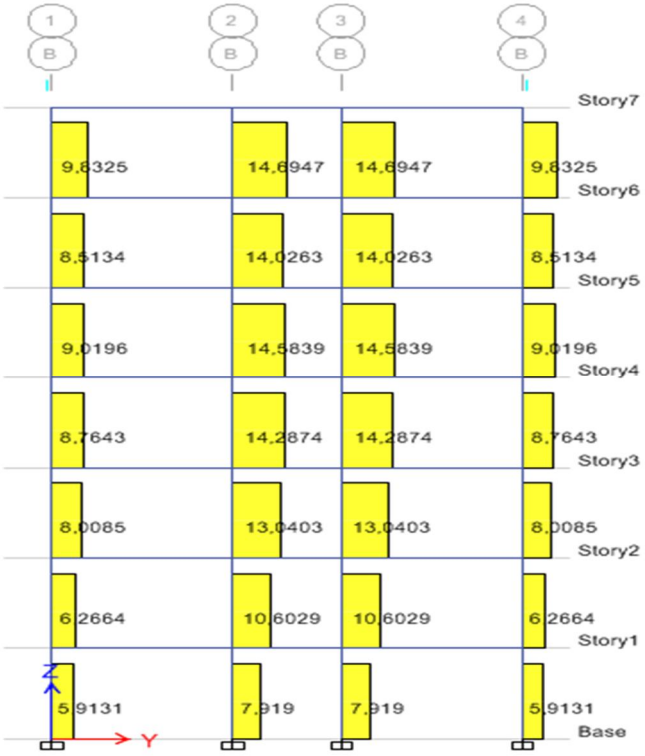
Şekil 4.47. Perde- çerçeveli binada EY yüklemesi sonucu oluşan yer değiştirme görünüşü



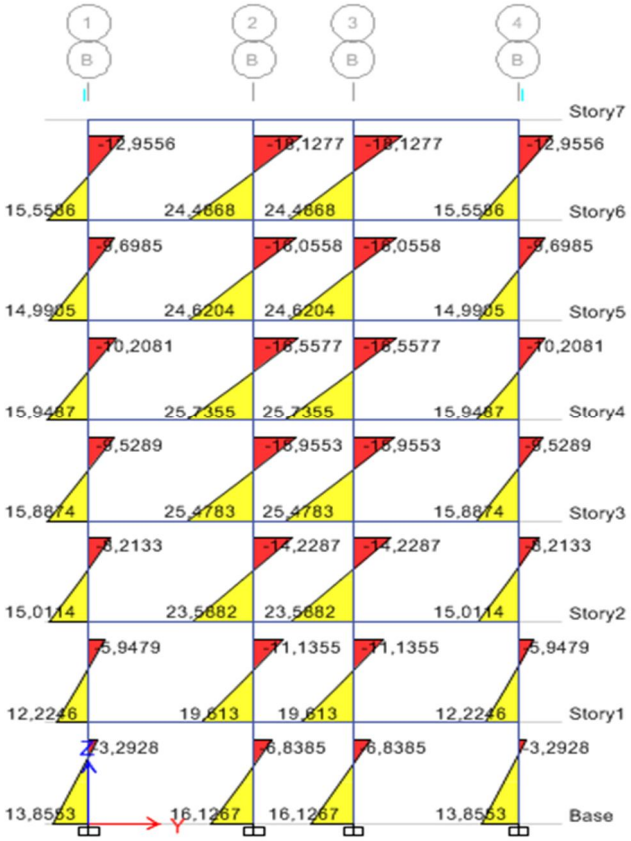
Şekil 4.48. Perde- çerçeveli binada, EY yüklemesinden elde edilen B aksı kiriş kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.49. Perde- çerçeveli binada, EY yüklemesinden elde edilen B aksı kirişleri eğilme momenti diyagramı görünüşü



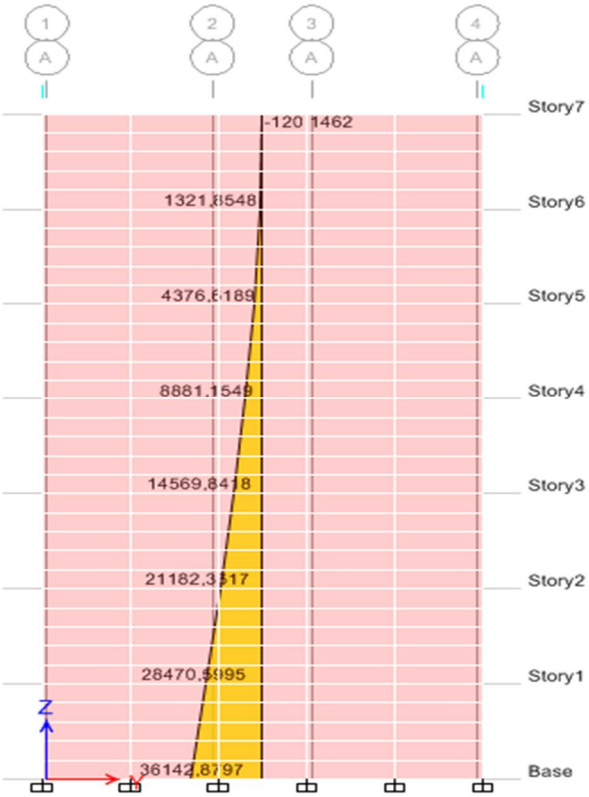
Şekil 4.50. Perde- çerçeveli binada, EY yüklemesinden elde edilen B aksı kolonları kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.51. Perde- çerçeveli binada, EY yüklemesinden elde edilen B aksı kolonları eğilme momenti diyagramı görünüşü



Şekil 4.52. Perde- çerçeveli binada EY yüklemesinde boşluksuz perde duvarda oluşan kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.53. Perde- çerçeveli bina EY yüklemesinde boşluksuz perde duvarda oluşan eğilme momenti diyagramı görünüşü

Perdeli- çerçeveli binada taşıyıcı elemanlarında EY yüklemesinden ETABS programı analizinden elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge (4.33), (4.34) ve (4.35)'da verilmiştir.

Çizelge 4.33. Perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden oluşan B aksı kirişleri maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kiriş No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	B24	EY	7.08	17.50
1	B25	EY	10.20	12.75
1	B26	EY	7.08	17.50

Çizelge 4.34. Perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden oluşan B aksı kolonları maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kolon No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	C5	EY	5.91	13.85
1	C6	EY	7.91	16.12
1	C7	EY	7.91	16.12
1	C8	EY	5.91	13.85

Çizelge 4.35. Perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden oluşan B aksı perdeleri maksimum kesme kuvvetleri ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Perde No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	P1, P2	EY	2210.17	36142.87
2	P1, P2	EY	2113.31	28470.60
3	P1, P2	EY	1928.76	21182.36
7	P1, P2	EY	1669.88	14569.84
5	P1, P2	EY	1333.75	8881.15
6	P1, P2	EY	921.20	4376.61
7	P1, P2	EY	412	1321.85

Perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden ETABS programı analizinden elde edilen katlara etkiyen yatay yüklerin değerleri Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Perde- çerçeveli binada EY yüklemesinde Katlara etkiyen yatay yük değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY yüklemesinde Yatay Yük (kN)
Temel	0	0
1	3.5	166.55
2	7	333.11
3	10.5	499.67
4	14	666.23
5	17.5	832.79
6	21	999.34
7	24.5	1034.75

Perdeli- çerçeveli binada ETABS programı analizinden EY yüklemesinden elde edilen kesme kuvveti değerleri Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden oluşan kat kesme kuvveti değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY yüklemesinde Kat Kesme Kuvvet (kN)
1	3.5	4532.47
2	7	4365.92
3	10.5	4032.80
4	14	3533.12
5	17.5	2866.89
6	21	2034.10
7	24.5	1034.75

Perdeli- çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinden elde edilen katlara göre yanal ötelenme değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Perde- çerçeveli binada EY yüklemesinde katlarda oluşan maksimum yer değiştirme değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Kat Yanal ötelenme (mm)
Temel	0	0
1	3.5	0.30
2	7	0.70
3	10.5	1.30
4	14	1.90
5	17.5	2.60
6	21	3.30
7	24.5	3.90

Çizelge 4.39. Perde- çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı
Temel	0	0
1	3.5	0.000076
2	7	0.000128
3	10.5	0.000162
4	14	0.000184
5	17.5	0.000193
6	21	0.000192
7	24.5	0.000184

4.3.3.3. Örnek 3 bağ kirişli boşluklu perdeli- çerçeveli betonarme bina

Bu örnekte amaç perdeli- çerçeveli sistemlere göre bağ kirişli boşluklu perdeli-çerçeveli sistemlerdeki taşıyıcı elemanlara gelen yüklerin dağılımlarını inceleyerek karşılaştırmaktır. Kolon ve kiriş boyutları bir önceki örneklerdeki (Örnek 1 ve Örnek 2) ile aynı alınmıştır. Taşıyıcı sistemde bağ kirişli boşluklu perde duvarlar binanın Y ekseni doğrultusunda A ve F aksları doğrultusunda yerleştirilmiştir. Bu doğrultuda bina tekrar analiz edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

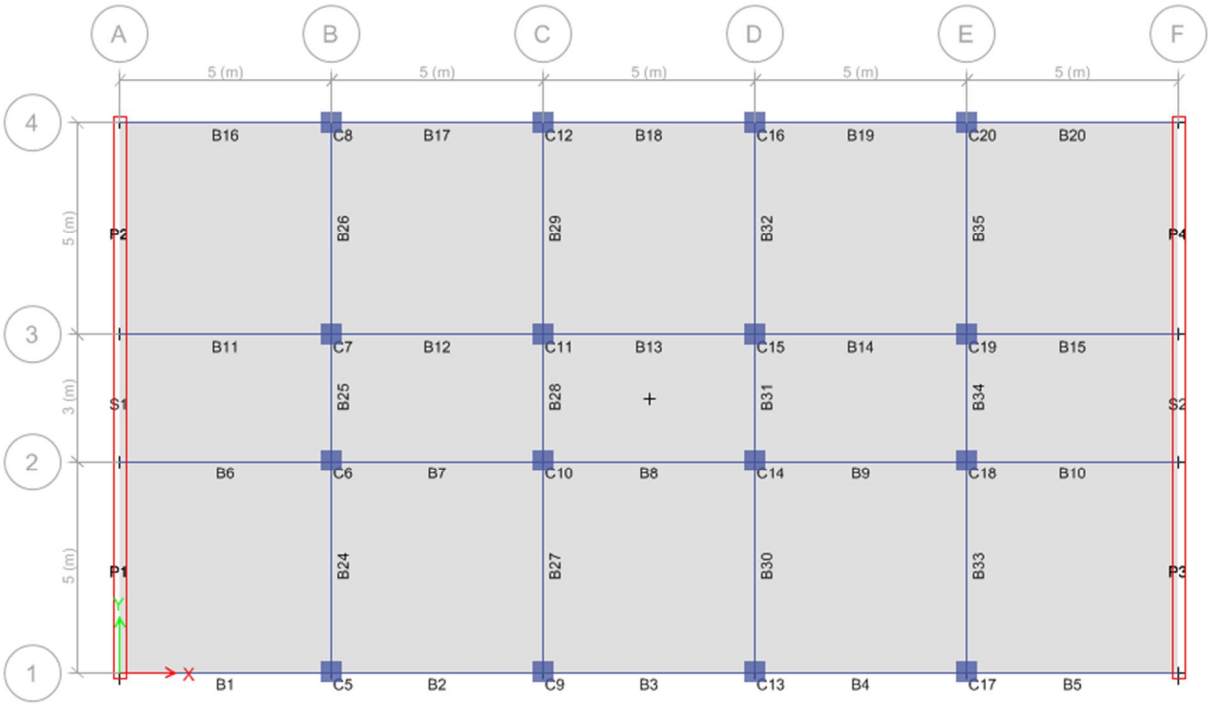
4.3.3.3.1. Veriler

Kolon Boyutları: 500 × 500 mm
Kiriş Boyutları: tablalı kiriş alınmıştır tabla genişliği hesapları (TS500, 2000)'e göre yapılmıştır.
Elastisite Modülü:
E_c= 32000MPa
E_s= 200000MPa
Poisson Oranı: 0.2
Kat Sayısı: 7
Kat Yükseklikleri: 3.5m

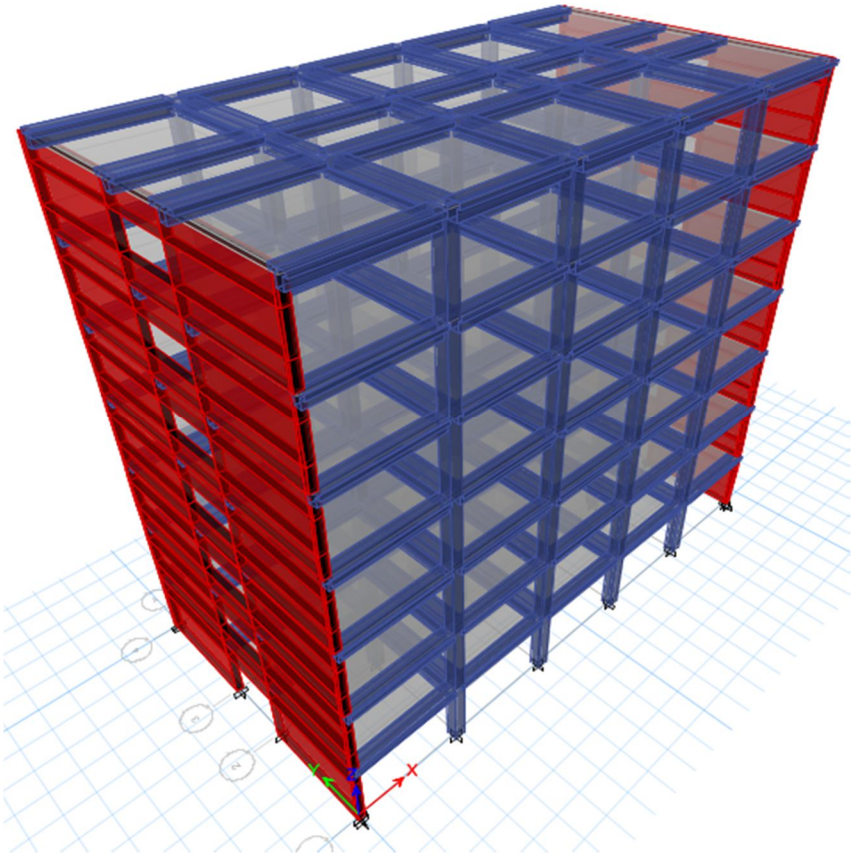
4.3.3.3.2. Deprem bilgileri

Bina Önem Katsayısı: I=1
Taşıyıcı Sistem Türü: Deprem yüklerinin çerçeveler ile boşluksuz perdeler tarafından birlikte taşındığı binalar
Deprem Bölgesi: 1
Etkin Yer İvmesi Katsayısı: A_0=0.4
Yerel Zemin Sınıfı: Z4
Spektrum Karakteristik Periyotları: T_A=0.20 s, T_B=0.90 s
Tanıyıcı Sistem Davranış Katsayısı: R= 7
Hareketli Yük Katılım Katsayısı: n= 0.3

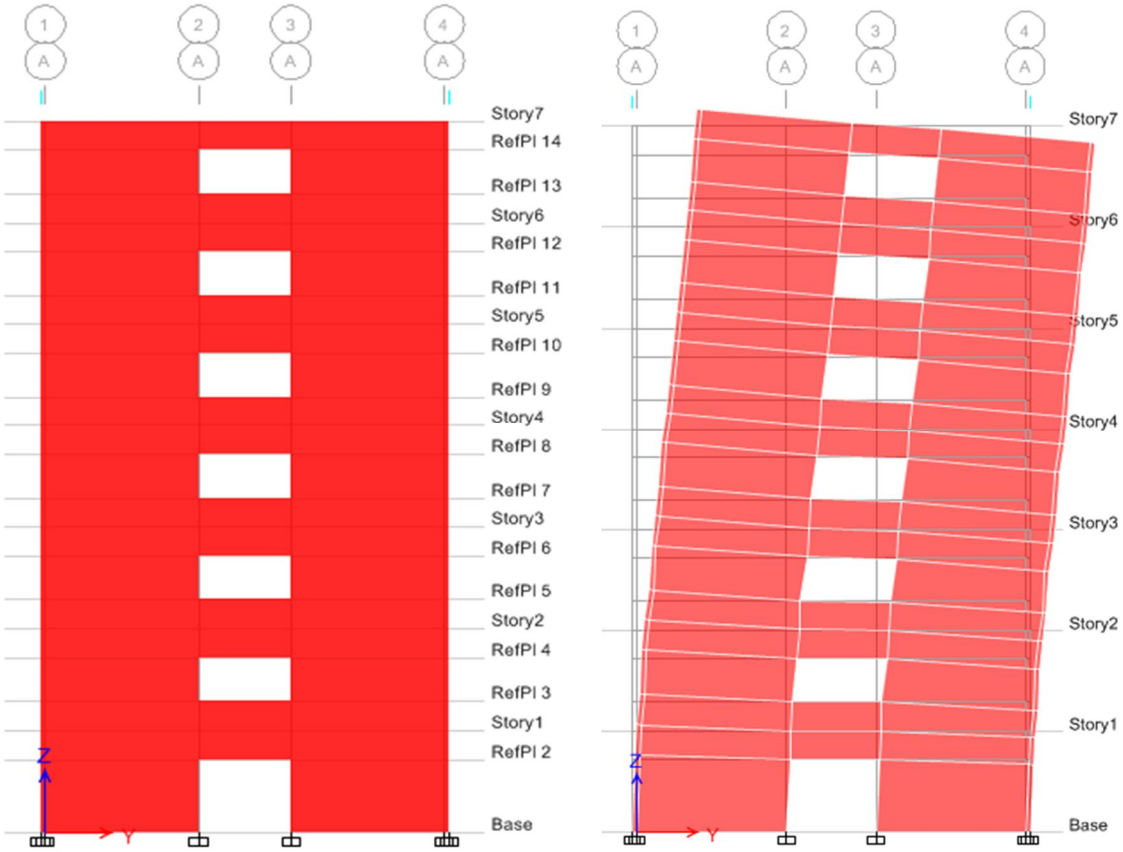
4.3.3.3.3. Bağ kirişli perdeli- çerçeveli betonarme bina 3 boyutlu analiz sonuçları



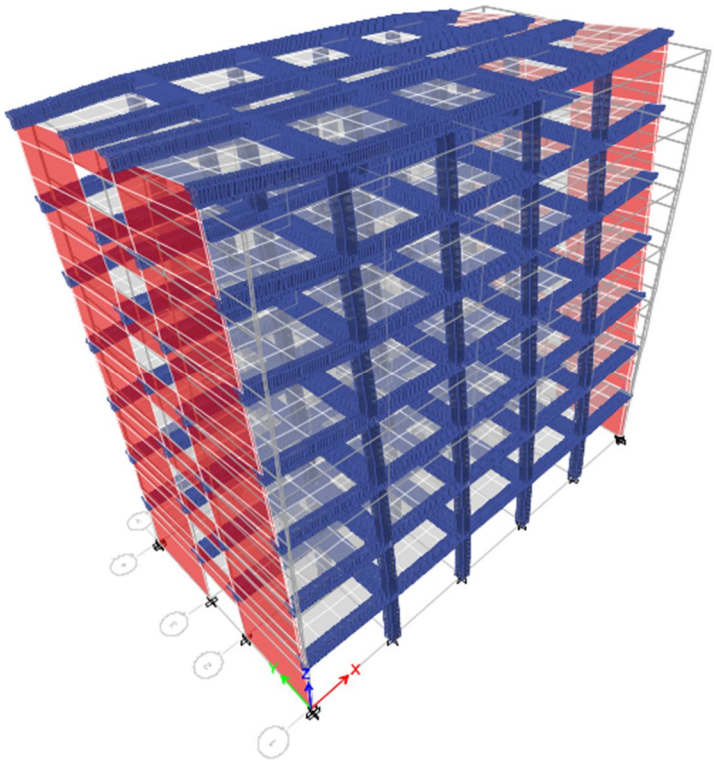
Şekil 4.54. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli bina kat kalıp plan görünüşü



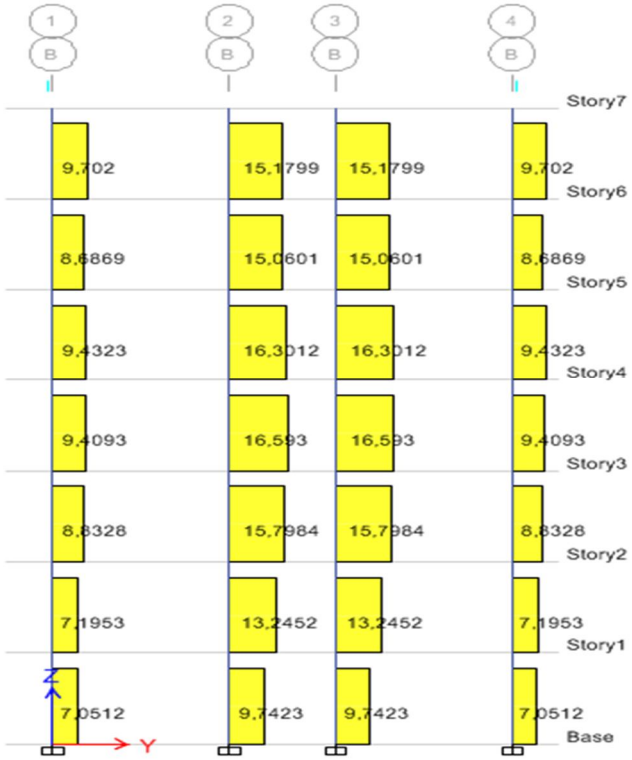
Şekil 4.55. Bağ kirişli boşluklu perdeli bina ETABS programı üç boyutlu görünüşü (Foroughi ve Yüksel, 2016c)



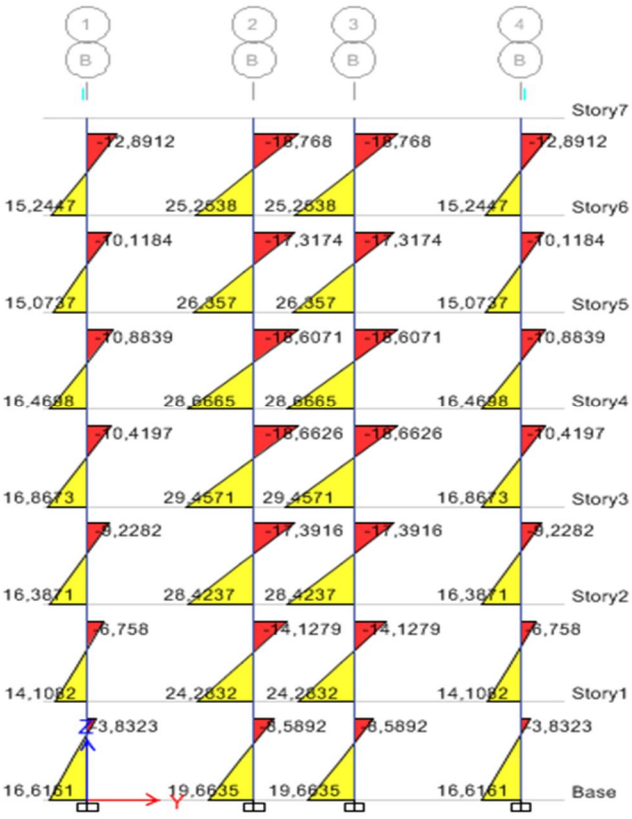
Şekil 4.56. Bağ kirişli perdeli bina ETABS programı 2 boyutlu yer değiştirme görünüşü



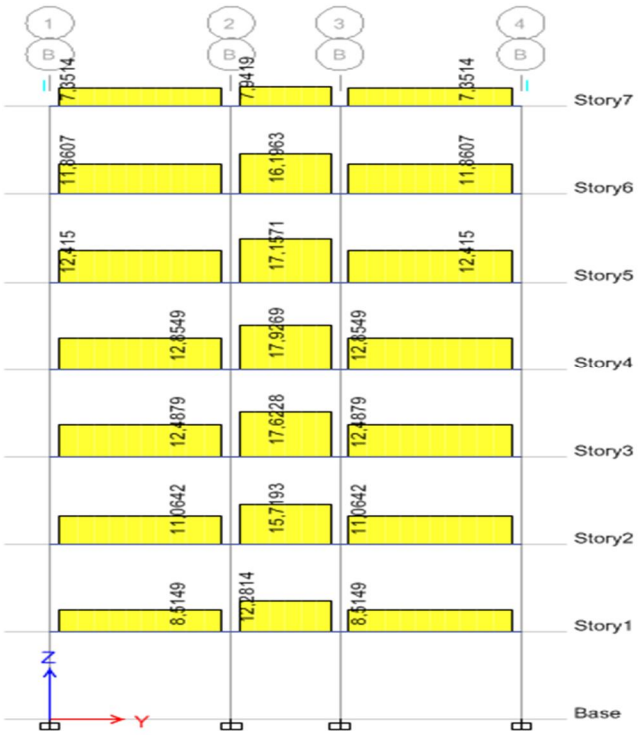
Şekil 4.57. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden oluşan yer değiştirme görünüşü



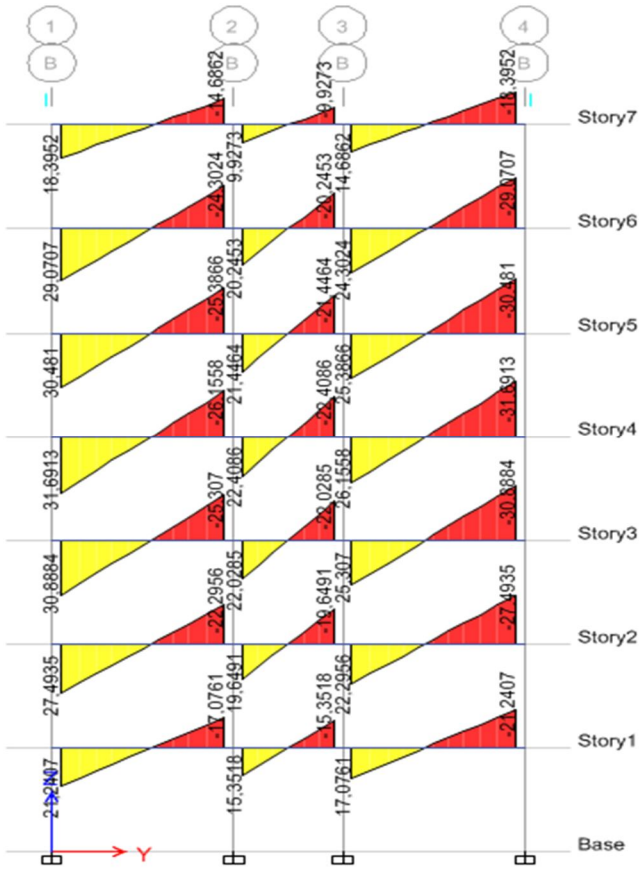
Şekil 4.58. Bağ kirişli boşluklu perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksi kolonları kesme kuvveti diyagramı



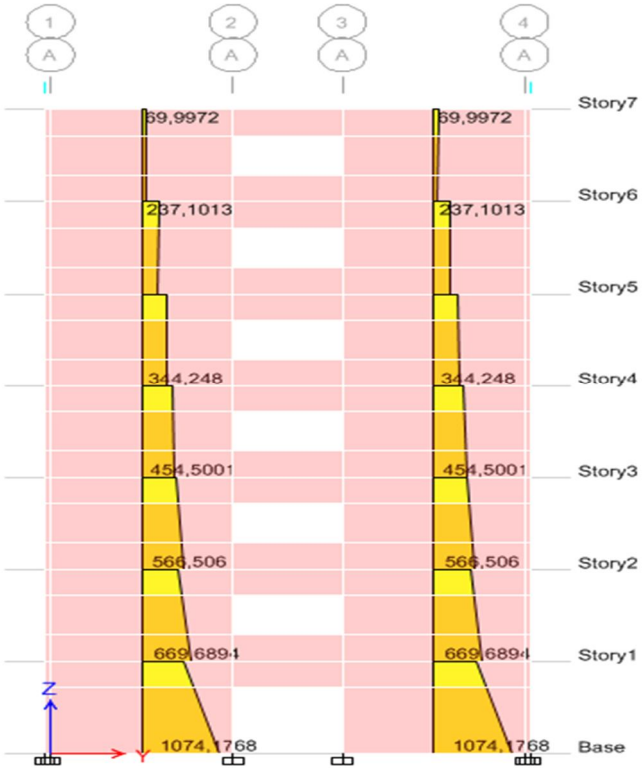
Şekil 4.59. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksi kolonlarında eğilme momenti diyagramı



Şekil 4.60. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksi kirişlerinde kesme kuvveti diyagramı



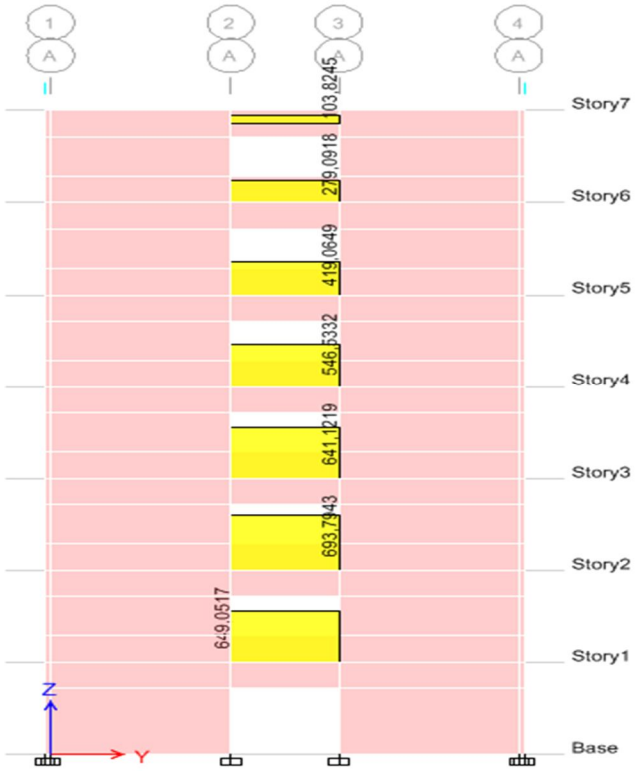
Şekil 4.61. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksi kirişlerinde eğilme momenti diyagramı



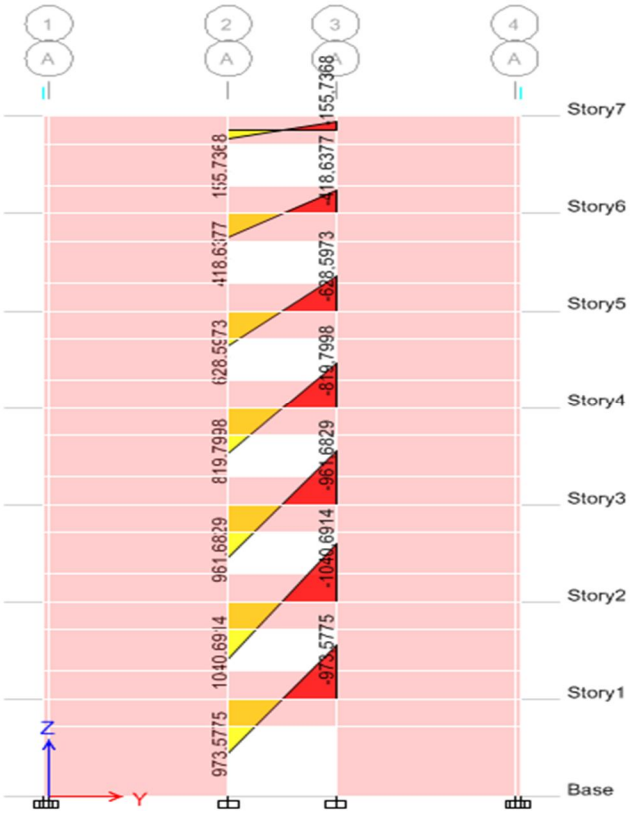
Şekil 4.62. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen perde duvarda kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.63. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen perde duvarda eğilme momenti diyagramı



Şekil 4.64. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinden elde edilen bağ kirişinde kesme kuvveti diyagramı



Şekil 4.65. Bağ kirişli (boşluklu) perdeli binada EY yüklemesinde bağ kirişinde oluşan eğilme momenti diyagramı

Çizelge 4.40. Boşluklu perdeli- çerçeveli bina EY yüklemesinden elde edilen B aksı kirişlerinde kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kiriş NO	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	B24	EY	8.51	21.24
1	B25	EY	12.28	15.35
1	B26	EY	8.51	21.24

Çizelge 4.41. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen B aksı kolonları kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Kolon No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	C5	EY	7.05	16.61
1	C6	EY	9.74	19.66
1	C7	EY	9.74	19.66
1	C8	EY	7.05	16.61

Çizelge 4.42. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen perde duvarda kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Perde No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	P1, P2, P3, P4	EY	1074.17	4147.12
2	P1, P2, P3, P4	EY	669.68	2411.26
3	P1, P2, P3, P4	EY	566.50	1738.70
7	P1, P2, P3, P4	EY	454.50	1150.66
5	P1, P2, P3, P4	EY	344.24	676.52
6	P1, P2, P3, P4	EY	237.10	344.19
7	P1, P2, P3, P4	EY	70	142.10

Çizelge 4.43. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinden elde edilen bağ kirişleri kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

Kat No	Bağ Kiriş No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	S1, S2	EY	649.05	973.57
2	S1, S2	EY	693.80	1040.70
3	S1, S2	EY	641.12	961.68
4	S1, S2	EY	546.53	819.80
5	S1, S2	EY	419.06	628.60
6	S1, S2	EY	279.10	418.63
7	S1, S2	EY	103.82	155.73

Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde ETABS programı ile yapılan analiz sonucundan elde edilen katlara etkiyen yatay yük değerleri Çizelge 6.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.44. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde Katlara etkiyen yatay yük değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Yatay Yük (kN)
Temel	0	0
1	3.5	163.88
2	7	328.22
3	10.5	492.33
4	14	656.44
5	17.5	820.56
6	21	984.67
7	24.5	1022.75

Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde ETABS programı ile yapılan analiz sonucundan alınan katlara etkiyen kesme kuvveti değerleri Çizelge 4.45'de verilmiştir.

Çizelge 4.45. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde kat kesme kuvveti değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Kesme Kuvvet (kN)
1	3.5	4468.88
2	7	4304.99
3	10.5	3976.77
4	14	3484.43
5	17.5	2827.98
6	21	2007.42
7	24.5	1022.75

Boşluklu perdeli- çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katlara göre yanal ötelenme değerleri Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.46. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde katlarda oluşan maksimum yer değiştirme değerleri

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Kat Yanal Ötelenme (mm)
Temel	0	0
1	3.5	0.30
2	7	0.90
3	10.5	1.50
4	14	2.20
5	17.5	3
6	21	3.70
7	24.5	4.40

Boşluklu perdeli- çerçeveli binada ETABS programı analiz sonucunda EY yüklemesinde katların göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı değerleri Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Boşluklu perdeli- çerçeveli binada EY yüklemesinde göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı

Kat No	Kat Yüksekliği (m)	EY Yüklemesinde Göreli Yer Değiştirmelerin Kat Yüksekliğine Oranı
Temel	0	0
1	3.5	0.000092
2	7	0.000152
3	10.5	0.000189
4	14	0.000206
5	17.5	0.00021
6	21	0.000204
7	24.5	0.000191

4.3.4. Karşılaştırma

ETABS paket programı ile üç boyutlu olarak analizleri yapılan çerçevelerden oluşan betonarme bina, perdeli- çerçeveli betonarme bina ve bağ kirişli boşluklu perde duvarlardan oluşan binaların analizlerinden elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır. Çizelge 4.48 ve Çizelge 4.49'te binaların birinci katında ve B aksındaki kirişlerin sismik yükler altında analiz sonucundan elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri verilmiştir. Çizelge 4.50 ve Çizelge 4.51'te binaların birinci katında ve B aksındaki kolonların sismik yükler altında analiz sonucundan elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri verilmiştir. Binalarda perde duvarların pier (perde duvar) özelliği tanımladıktan sonra sonlu elemanlar yöntemi ile üç boyutlu modellenmiştir. Perde duvarların analiz sonuçlarından elde edilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 4.52 ve Çizelge 4.53'te verilmiştir. Karşılaştırma sonucunda bağ kirişlerinin sismik davranışları araştırılmıştır. Bağ kirişli boşluklu perde duvarlardan oluşan binada bağ kirişinde oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri Çizelge 4.54'te verilmiştir. Bu modellerde, çerçeveli bina, perdeli-çerçeveli betonarme bina ve boşluklu bağ kirişli perde duvarlı betonarme binalarda kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri sismik yükler altında farklı davranışlar göstermektedir.

Çizelge 4.48. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların kirişlerinde oluşan kesme kuvveti değerleri

Kat No	Kiriş No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)		
			Çerçeveli Bina	Boşluklu Perdeli- Çerçeveli Bina	Perdeli- Çerçeveli Bina
1	B24	EY	138.29	8.51	7.08
1	B25	EY	202.91	12.28	10.20
1	B26	EY	138.29	8.51	7.08

Çizelge 4.49. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların kirişlerinde oluşan eğilme momenti değerleri

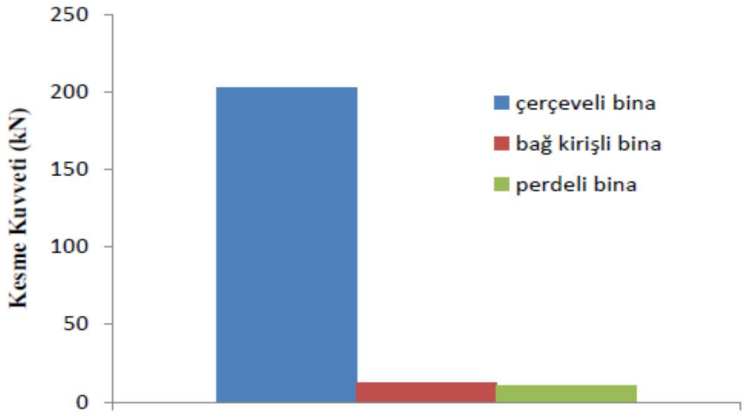
Kat No	Kiriş No	Yük Doğrultusu	Eğilme Momenti (kN- m)		
			Çerçeveli Bina	Boşluklu Perde- Çerçeveli Bina	Perde- Çerçeveli Bina
1	B24	EY	343.51	21.24	17.50
1	B25	EY	253.64	15.35	12.75
1	B26	EY	-343.51	21.24	17.50

Çizelge 4.50. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların kolonlarında oluşan kesme kuvveti değerleri

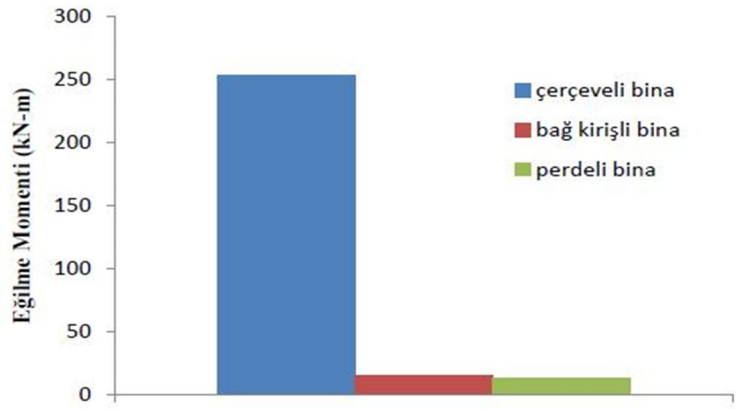
Kat No	Kolon No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)		
			Çerçeveli Bina	Boşluklu Perde- Çerçeveli Bina	Perde- Çerçeveli Bina
1	C5	EY	136.67	7.05	5.91
1	C6	EY	178.46	9.74	7.91
1	C7	EY	178.46	9.74	7.91
1	C8	EY	136.67	7.05	5.91

Çizelge 4.51. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların kolonlarında oluşan eğilme momenti değerleri

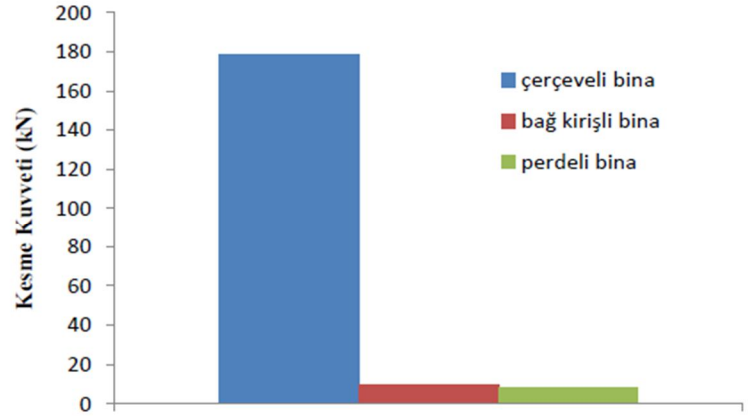
Kat No	Kolon No	Yük Doğrultusu	Eğilme Momenti (kN- m)		
			Çerçeveli Bina	Boşluklu Perde- Çerçeveli Bina	Perde- Çerçeveli Bina
1	C5	EY	302.26	16.61	13.85
1	C6	EY	349.60	19.66	16.12
1	C7	EY	349.60	19.66	16.12
1	C8	EY	302.26	16.61	13.85



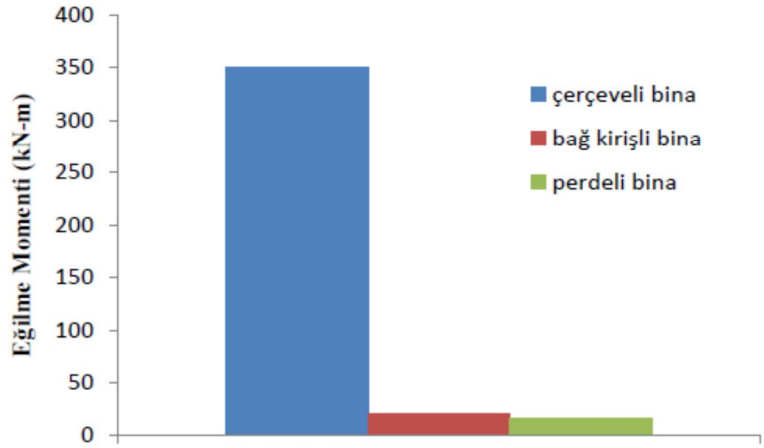
Şekil 4.66. Analizleri yapılan binaların EY Yüklemesinde Birinci Kat B25 Kirişine gelen Kesme Kuvveti diyagramı



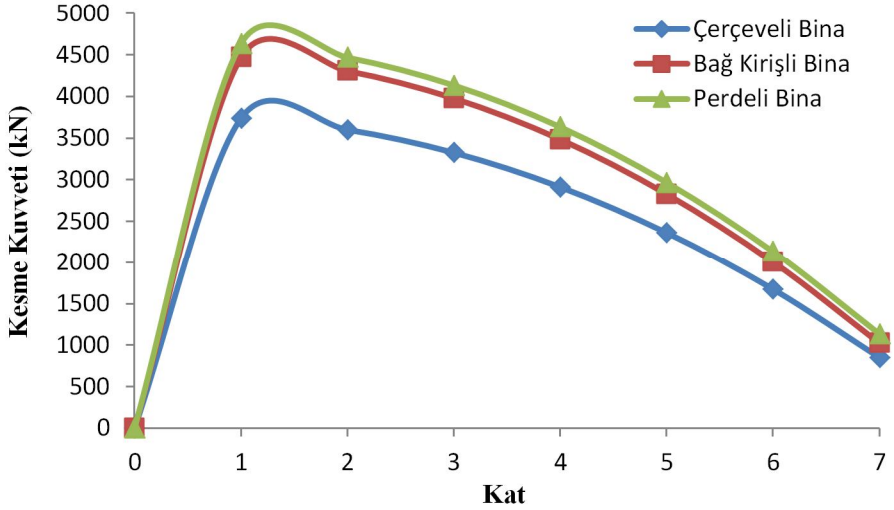
Şekil 4.67. Analizleri yapılan binaların EY Yüklemesinde Birinci Kat B25 Kirişine gelen Eğilme Momenti



Şekil 4.68. Analizleri yapılan binaların EY Yüklemesinde Birinci Kat C6 ve C7 Kolonuna gelen Kesme Kuvveti



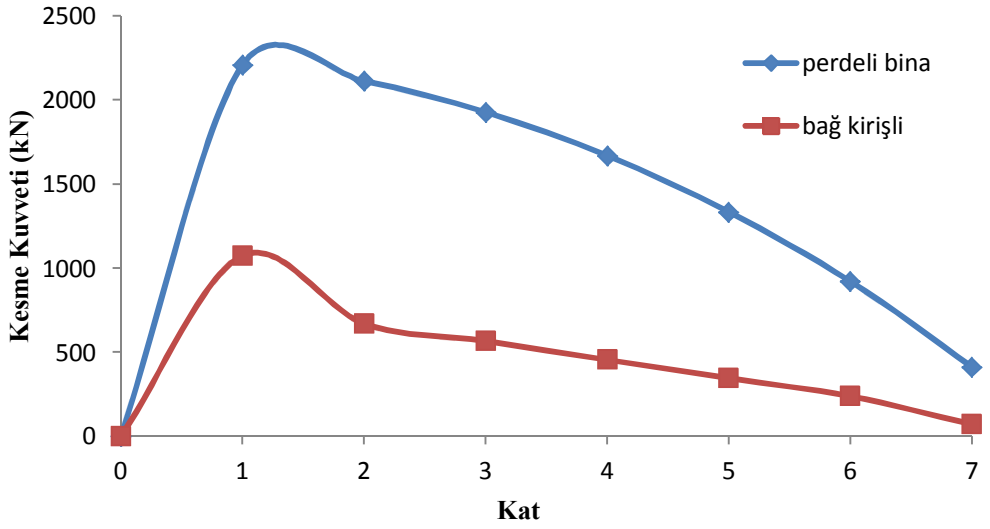
Şekil 4.69. Analizleri yapılan binaların EY Yüklemesinde Birinci Kat C6 ve C7 Kolonuna gelen Eğilme Momenti



Şekil 4.70. Analizleri yapılan binaların EY yüklemesinde katlara etkiyen kesme kuvveti değerleri diyagramı

Çizelge 4.52. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların perde duvarlarında oluşan kesme kuvveti değerleri

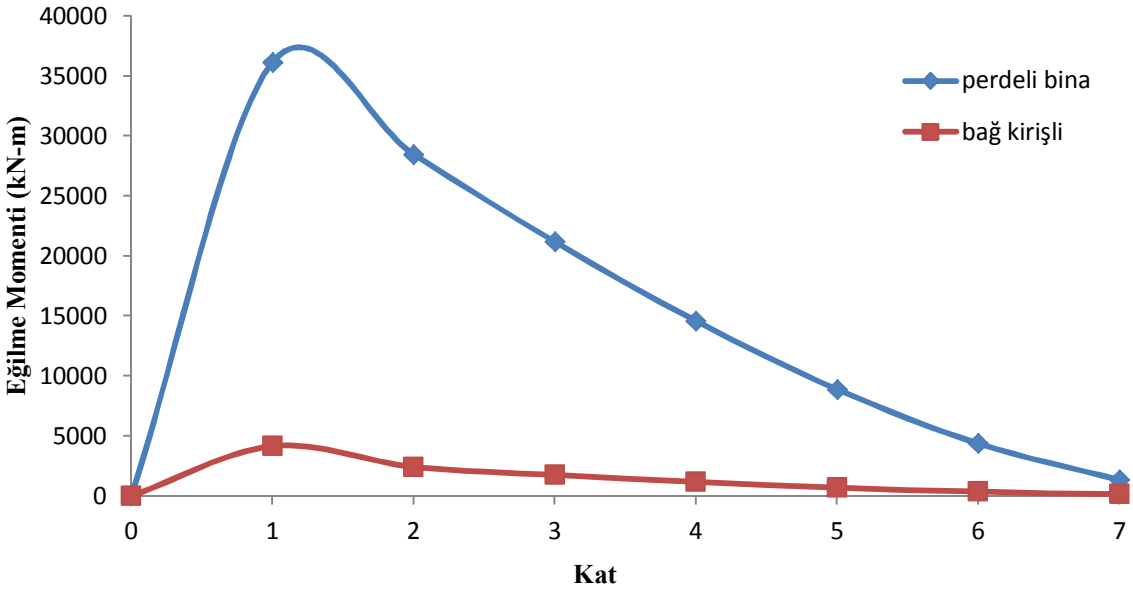
Kat No	Perde No	Yük doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	
			Perde- Çerçeveli Bina	Boşluklu Perde- Çerçeveli Bina
1	P1, P2	EY	2210.17	1074.17
2	P1, P2	EY	2113.31	669.68
3	P1, P2	EY	1928.76	566.50
4	P1, P2	EY	1669.88	454.50
5	P1, P2	EY	1333.75	344.24
6	P1, P2	EY	921.20	237.10
7	P1, P2	EY	412	70



Şekil 4.71. Perdeli çerçeveli bina ve bağ kirişli boşluklu binaların EY yüklemesinde perdelere gelen kesme kuvveti diyagramı

Çizelge 4.53. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların perde duvarlarında oluşan eğilme momenti değerleri

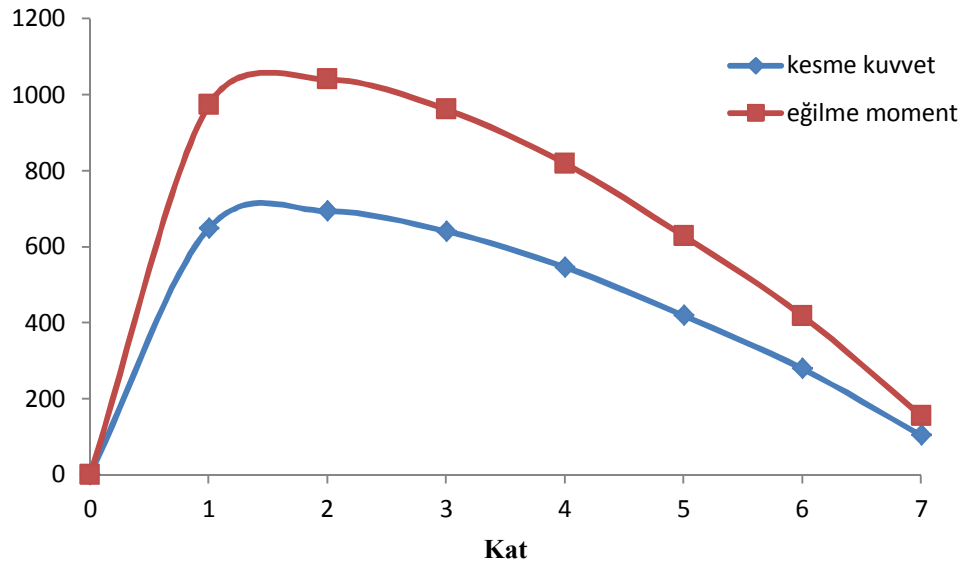
Kat No	Perde No	Yük doğrultusu	Eğilme Momenti (kN- m)	
			Perde- Çerçeveli Bina	Boşluklu Perde- Çerçeveli Bina
1	P1, P2	EY	36142.87	4147.12
2	P1, P2	EY	28470.60	2411.26
3	P1, P2	EY	21182.36	1738.70
4	P1, P2	EY	14569.84	1150.66
5	P1, P2	EY	8881.15	676.52
6	P1, P2	EY	4376.61	344.19
7	P1, P2	EY	1321.85	142.10



Şekil 4.72. Perdeli çerçeveli bina ve bağ kirişli boşluklu binaların EY yüklemesinde perdelere gelen eğilme momenti diyagramı

Çizelge 4.54. Boşluklu perdeli- çerçeveli bina EY yüklemesinde bağ kirişi kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

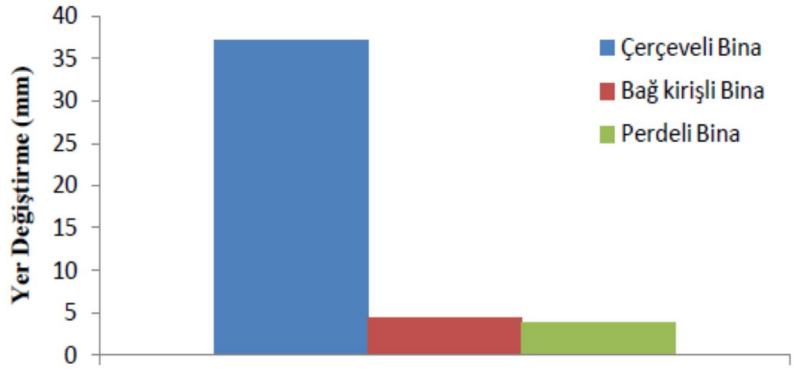
Kat No	Bağ Kiriş No	Yük Doğrultusu	Kesme Kuvveti (kN)	Eğilme Momenti (kN- m)
1	S1, S2	EY	649.05	973.57
2	S1, S2	EY	693.80	1040.70
3	S1, S2	EY	641.12	961.68
4	S1, S2	EY	546.53	819.80
5	S1, S2	EY	419.06	628.60
6	S1, S2	EY	279.10	418.63
7	S1, S2	EY	103.82	155.73



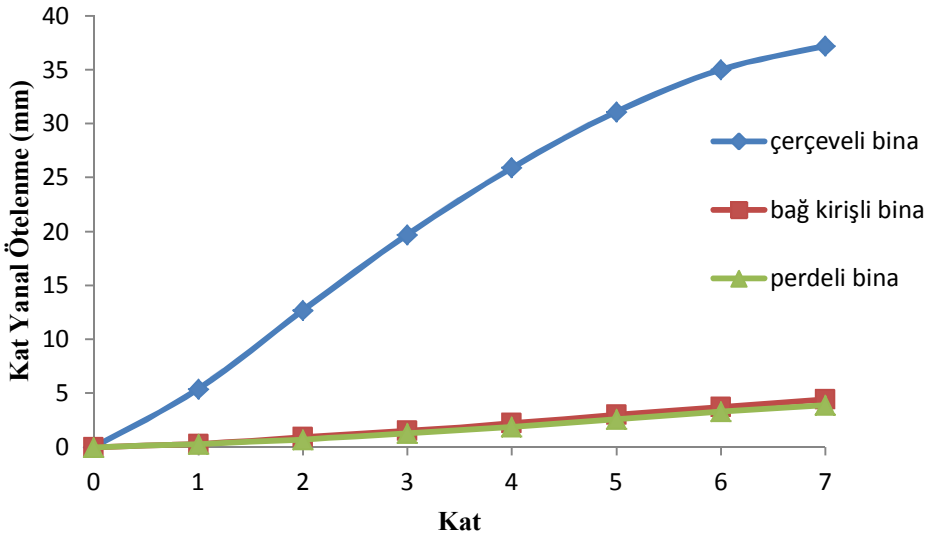
Şekil 4 73. Bağ kirişli boşluklu binada EY yüklemesinde bağ kirişlerine gelen kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramı

Çizelge 4.55. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların kat yanal ötelenme değerleri

	Çerçeveli Bina	Bağ Kirişli Perdeli-Çerçeveli Bina	Perdeli- Çerçeveli Bina
Kat No	EY Yüklemesinde Kat yanal ötelenme (mm)	EY Yüklemesinde Kat yanal ötelenme (mm)	EY Yüklemesinde Kat yanal ötelenme (mm)
Temel	0	0	0
1	5.40	0.3	0.3
2	12.70	0.9	0.7
3	19.70	1.5	1.3
4	25.90	2.2	1.9
5	31.10	3.0	2.6
6	35	3.7	3.3
7	37.20	4.4	3.9



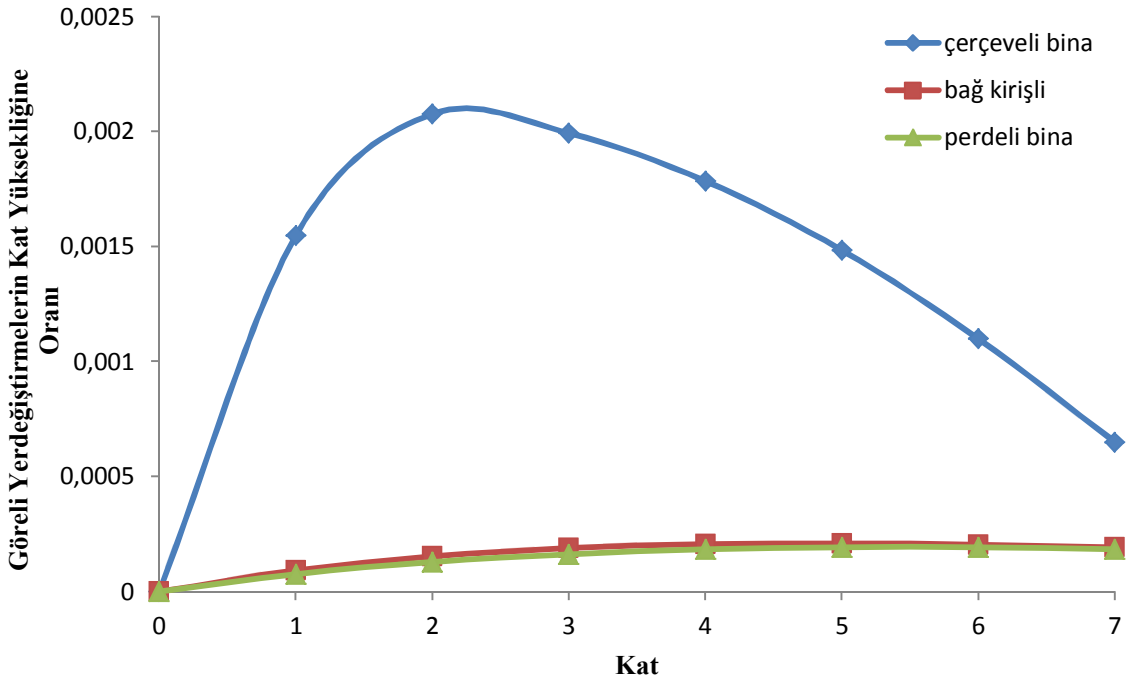
Şekil 4. 74. Analizleri yapılan binaların kat yer değiştirme diyagramı



Şekil 4.75. Analizleri yapılan binaların kat yanal ötelenme diyagramı

Çizelge 4.56. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı

	Çerçeveli Bina	Bağ Kirişli Perdeli-Çerçeveli Bina	Perdeli- Çerçeveli Bina
Kat No	EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı	EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı	EY Yüklemesinde Göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı
Temel	0	0	0
1	0.001549	0.000092	0.000076
2	0.002077	0.000152	0.000128
3	0.001994	0.000189	0.000162
4	0.001785	0.000206	0.000184
5	0.001484	0.00021	0.000193
6	0.001099	0.000204	0.000192
7	0.00065	0.000191	0.000184



Şekil 4.76. ETABS programı ile analizleri yapılan binaların göreli yer değiştirmelerin kat yüksekliğine oranı diyagramı

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Perde duvarlarda açılan büyük boşluklar veya iki perde duvarın bir birine bağlanması ile bağ kirişli boşluklu perde duvar sistemi ortaya çıkmaktadır. Bu modellerde, çerçeveli bina, perdeli- çerçeveli betonarme bina ve boşluklu bağ kirişli perde duvarlı betonarme binalarda kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri sismik yükler altında farklı davranışlar göstermektedir. Bağ kiriş yüksekliklerinin değiştirilmesi ile yatay deplasmanların kontrol edilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Bağ kirişli boşluklu perde duvarların bağ kirişlerinde yüksekliklerin değişimi ile farklı kesme kuvvetlerinin oluştuğu görülmektedir. Bu kesme kuvvetlerini de karşılamak için özel çapraz donatıların kullanılması öngörülmektedir. Yatay kuvvetlere karşı emniyet sadece çerçeveler ile karşılamak uygun bir çözüm değildir. Çerçevelerde yatay kuvvetlere karşı kolon boyutları büyüyeceğinden hacim kaybı nedeni ve maliyet açısından uygun çözüm olmamaktadır.

Sismik yükler altında boşluksuz perde duvarların yapısal davranışı eğilme kirişi ve bağ kirişli boşluklu perdelerin ise sismik yükler etkisinde yapısal davranışı eğilme ve kesme arasında bir şekil değiştirmeye sahiptir. Binada perde duvarları Y doğrultusunda yerleştirildiği için EY yüklemesinde yapılan analiz sonucundan elde edilen toplam kesme kuvvetine göre yaklaşık tamamı perde duvarlar tarafından karşılanmaktadır. Boşluklu perdelerde yatay deplasmanlar boşluk oranına (bağ kiriş yüksekliği) ve bina toplam yüksekliğine göre artmaktadır. Genel olarak bağ kirişli perde duvarlarda oluşan gerilmeler şiddeti boşlukların köşelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu gerilmeleri karşılamak için bağ kirişli betonarme perde duvarların bağ kirişlerinde özel çapraz donatı uygulamaları gerekmektedir. Sadece çerçevelerden oluşan betonarme binada boşluklu perde duvarlı bina ve perdeli- çerçeveli betonarme binaya göre kolonlarında ve kirişlerinde fazla kesme kuvveti oluşmaktadır. Bağ kirişli boşluklu perde duvarlarda bağ kirişi yükseklikleri arttıkça bağ kirişlerinin taşıdığı kesme kuvveti oranı da artmaktadır. Eğilme momenti değerlerinin karşılaştırmasında görüldüğü gibi sadece çerçevelerden oluşan betonarme bina kirişlerinde, bağ kirişli boşluklu perdeli bina ve perdeli- çerçeveli betonarme binalara göre fazla eğilme momenti oluşmaktadır (Foroughi ve Yüksel, 2016c).

Bu sonuçlarda da görüldüğü gibi, çerçeveli binada kesme kuvveti ve eğilme moment değerlerinin tamamı kolonlar ve kirişler tarafından taşınılmaktadır. Bağ kirişli boşluklu perdeli binada bağ kirişli perdelerin alacağı kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri perdeler ve bağ kirişleri tarafından rijitlikleri oranında taşınmaktadır. Perdeli- çerçeveli betonarme binada ise yükün büyük bir kısmını (yaklaşık tamamı) perdeler tarafından

karşılanmaktadır. Buda perdeli sistemde istenilen bir sonuçtur. Bağ kirişli boşluklu perdeli binada, perdelerin rijitliği tüm perde duvarlı binadaki perde rijitliğine göre azaldığından kolonlar ve kirişlerin kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde bir miktar artma görülmektedir. Yapılan analizlerde bağ kiriş yüksekliği değişimine (bağ kirişi rijitliğinin değişimine) bağlı olarak, bağ kirişli boşluklu perde duvarların yanal ötelenme davranışı, bağ kirişlerine gelen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerlerinde değişme görülmektedir. Bağ kirişli boşluklu perdelerdeki bağ kiriş yüksekliklerinin değişiminin yatay yükler altındaki davranışını etkilemekte olduğu görülmektedir.

Bağ kirişli boşluklu perdelerde hesaplanan çapraz donatı alanları ve kesitlerinde de görüldüğü gibi donatı yoğunluğundan dolayı uygulamasının çok zor olacağı kanaatine varılmıştır. Yönetmeliklerde öngörülen özel çapraz donatı alanı formülüne göre çapraz donatının yatay ile yaptığı açıya bağlıdır. Yapılan hesaplar sonucu elde edilen karşılaştırılmalardan açıkça görüldüğü gibi boşluklu perdelerde bağ kirişlerinin yüksekliği (rijitliği) arttıkça bağ kirişlerine daha fazla kesme kuvveti gelmektedir. Bağ kirişlerinde yükseklik/ derinlik oranları arttıkça (Denklem 3.3) ve (Denklem 3.6)'deki α ve γ açıları büyüdüğü için çapraz donatısının eğiminin artması ile daha az donatıya gereksinim duyulmaktadır. DBYBHY 2007 ve Eurocode8 2004'e göre çapraz donatı kullanılması gereken bağ kirişlerinde çapraz donatı alanını veren formüller aynıdır ve aynı donatı alanları bulunmaktadır.

DBYBHY 2007'de ve Eurocode8 2004'te öngörülen sık etriyelerle sarılı çapraz donatıların, bağ kirişinin ortasında birbirinin içinden geçerek inşa edilmesi ve yoğun donatıların bulunduğu perde duvar uç bölgelerinin içine kenetleme boyu kadar girecek şekilde monte edilmesi gerekmektedir. Bağ kirişlerindeki çapraz donatılarda ve perde uç bölgelerdeki donatı yoğunluğu; donatıların hazırlanması, birbirinin içinden geçirilmesi, yerleştirilmesi ve montaj aşamalarında çok büyük problemlere neden olmakta ve çoğu durumda da çapraz donatıların inşasını uygulanamaz hale getirmektedir. Sık etriyelerle sarılı birbirinin içinden geçen çapraz donatıların inşası ve yerine montajı neredeyse imkânsız olduğu için şantiye şartlarında pratik ve uygulanabilir montaj imkânı ve yerleştirme olanağı olmadığından dolayı bu tip çapraz donatılar yaygın bir uygulama alanı bulamamıştır. Yönetmeliklerde öngörülen bağ kirişi donatıları bir bütün olarak inşa edilmektedir. Bir bütün olarak inşa edilen çapraz donatıların yoğun donatılı perde duvarların içine ankrajı ve montajı çok zor ve zahmetli olduğu için pratikte uygulanamamaktadır. Bundan dolayı parçalı sistemlerden oluşan yapısal çelik elemanlar (L profiller, U profiller, I profiller, T profiller, H profiller, kutu profiller ve boru profiller) kullanılarak bağ kirişleri için yeni bir donatı türü (çapraz donatılar) literatüre

sunulmuştur. Çapraz bağ kirişi donatıları parçalı olduğu zaman montajı çok kolay hale gelmektedir. Bağ kirişi içinde kalan yapısal çelik elemanlar ve perde duvar içinde kalacak yapısal çelik elemanlar parçalı olarak imal edilecek ve yerinde montaj yapılacaktır. Bu sayede çapraz donatılı bağ kirişleri pratikte uygulanabilir ve inşa edilebilir bir duruma getirilmiş olacaktır. Çapraz bağ kirişi donatıları parçalı olduğu için malzemeden, zamandan ve işçilikten tasarruf edilerek, ülke ekonomisine katkıda bulunulacaktır (Yuksel, 2015).

KAYNAKLAR

Ak, Ö., 2004, Çok katlı boşluklu ve boşluksuz düzlem perdelerin kat sayısı artışına göre dinamik ve statik analizi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi*.

Akyurt, Ş., 2010, Bağ Kirişli Perde Duvarların Yatay Yükler Altındaki Davranışının Tepe İtme Analizi İle Belirlenmesi, *T.C. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 57.

Bikçe, M., 1996, Çok Sıra Boşluklu Perdelerin Sürekli Bağlantı Yöntemi Kullanılarak Statik Analizi, *M.K.Ü Fen Bilimleri Enistitüsü*, 116.

DBYBHY, 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Ankara*, 159.

Eurocode8, 2004, Design of structures for earthquake resistance, *The European Standard EN 1998-1:2004 has the status of a British Standard*, 232.

Foroughi, S. ve Yüksel, S. B., 2016a, Investigation of the Seismic Behavior of the Coupled Shear Walls, *2nd International Conference on Modern Research in Civil Engineering, Architectural and Urban Development*.

Foroughi, S. ve Yüksel, S. B., 2016b, Investigation of the coupling beams behavior under the effect of earthquake loads and study about development length of diagonal reinforcement, *2nd International Conference on Modern Research in Civil Engineering, Architectural and Urban Development*.

Foroughi, S. ve Yüksel, S. B., 2016c, Effect of Shear Walls on the Seismic Behavior of the Cast-In-Site Reinforced Concrete Buildings, *2nd International Conference on Modern Research in Civil Engineering, Architectural and Urban Development*.

Kaplan, H. ve Tama, Y. S., 1995, Bağ Kirişli-Perde Sistemlerde Üst Kat Bağ Kirişi Yüksekliğinin Sistem Davranışına Etkileri, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 1 (1), 9.

Mavruk, M., 2006, Boşluklu Perdeli Yapıların Yeni Deprem Yönetmeliği'ne (TDY98) Göre İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 139.

Özsoy, A. E. ve Kaya, Ö., 2005, Perdelerdeki Boşlukların Yatay Ötelenmeye Etkisi, *Deprem Sempozyumu Kocaeli*, 7.

TS500, 2000, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Ankara**:** 67.

Yuksel, S. B., 2008, Slit-connected coupling beams for tunnel-form building structures, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 17 (3), 579-600.

Yuksel, S. B., 2015, Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdelerin Bağ Kirişlerinin Kesme Donatında Yenilik, *T.C Patent Enstitüsü TR 2013 03544B numaralı İncelemeli patent*, 12.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Saeid FOROUGHİ
Uyruğu : İRAN
Doğum Yeri ve Tarihi : BİLESAVAR/ 1987
Telefon : 05380931464
Faks : -
e-mail : saeid.foroughi@yahoo.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	17 Şahriver, BİLESAVAR	2005
Üniversite	:	İslam Azad Üniversitesi, AHAR Birimi	2010
Yüksek Lisans:		Selçuk Üniversitesi, KONYA	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	Kara Yolları	Danışman mühendisi
2011	Kendi Şirketimde	Müteahhitlik

UZMANLIK ALANI

- Betonarme Binaların Pushover Analizi Üzerine Analitik Çalışma
- Perdeli Yapıların Davranışı
- Betonarme Perdeli Yapıların Davranışı
- Bağ Kirişli (Boşluklu) Perdeli Yapıların Davranışı

YABANCI DİLLER

Türkçe, Farsça, Azerice