

ÇEKME DÜZENSİZLİĞİ BULUNAN BETONARME BİNALARIN GEÇİŞ KAT DÖŞEMELERİNİN MODELLENMESİ

MODELING OF TRANSITION FLOOR SLAB OF REINFORCED CONCRETE
BUILDINGS WITH SETBACK IRREGULARITY

Page | 85

Nurbanu DEMİRBAŞ

Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Merkez, Elazığ.

ORCID NO: 0000-0003-4439-9706

Hümeysra ŞAHİN

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Merkez, Elazığ.

ORCID NO: 0000-0001-9563-8450

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|---|--|
| <p>Keywords: Setback irregularity Flexible diaphragm Transition floor slab Rigid diaphragm Mode superposition method</p> | <p>Slabs are horizontal carrier system elements that transfer the earthquake loads acting on the floors to the vertical carrier and enable these elements to work together. Slabs with high in-plane rigidity compared to vertical carriers are modeled as rigid diaphragms. The rigid diaphragm provides a suitable solution for reinforced concrete buildings with regular carrier system. However, rigid diaphragm acceptance should be carefully examined for the transition floor slabs in buildings with setback irregularity and with basement floors surrounded by shear wall from normal floors. Turkey Earthquake Building Code the rigidity changes suddenly transition floor slabs the necessity of modeling with finite elements and sufficient rigidity ownership means that calculates shown is indicated. Therefore, in the study, the applicability of the rigid diaphragm model was investigated by examining the differences between the rigid diaphragm model and the finite element model on the reinforced concrete building models with setback irregularity. For this purpose, slabs on models were modeled in two different ways, namely the rigid diaphragm model and the finite element model, and analyzed using the mode superposition method. The models have been examined by taking into account modal contribution, the horizontal displacement change and changes in stress distributions in the transitional floor. As a result of analyzes, it has been observed that the finite element model gives higher values for the systems examined compared to the rigid diaphragm model, but the difference is between the acceptable limits. Therefore, considering the advantage of the analysis period, it was concluded that the rigid diaphragm acceptance would be suitable for the systems under consideration by taking sufficient slab thickness.</p> |

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZET |
|--|--|
| Anahtar Kelimeler: Çekme düzensizliği Esnek diyafram Geçiş kat döşemesi Rijit diyafram Mod birleştirme yöntemi | Döşemeler, katlara etkiyen deprem yüklerini düşey taşıyıcılara aktaran, bu elemanlarının birlikte çalışmasını sağlayan yatay taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Düşey taşıyıcılara oranla yüksek düzlem içi rijitliğe sahip olan döşemeler, rijit diyafram olarak modellenirler. Rijit diyafram modeli, taşıyıcı sistemi düzenli betonarme binalar için uygun çözüm sunmaktadır. Ancak normal katlardan perdelerle çevrili bodrum kata geçiş döşemeleri ile düşey doğrultuda plan alanlarının aniden değiştiği çekme düzensizliği bulunan binalardaki geçiş kat döşemeleri için rijit diyafram kabulünün dikkatle irdelenmesi gerekmektedir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2019)'nde geçiş kat döşemelerinin sonlu elemanlarla modellenmesi ve yeterli rijitliğe sahip olduğunun hesapla gösterilmesinin gerekliliği belirtilmektedir. Bu nedenle çalışmada çekme düzensizliğine sahip betonarme bina modelleri üzerinde, rijit diyafram modeli ile döşemelerin esnek davranışını (düzlem içi şekil değiştirmelerini) göz önüne alan sonlu eleman modeli arasındaki farklar incelenerek rijit diyafram modelinin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla modellerde, döşemeler rijit diyafram modeli ve iki boyutlu sonlu eleman modeli olmak üzere iki farklı şekilde modellenmiş, mod birleştirme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Modeller, modal katkılar, geçiş kattaki yatay ötelenme değişimi, ve gerilme dağılımlarındaki değişimler dikkate alınarak incelenmiştir. Analizler neticesinde sonlu eleman modelinin, incelenen sistemler için rijit diyafram modeline oranla büyük değerler verdiği, ancak aradaki farkın kabul edilebilir limitler arasında olduğu görülmüştür. Analiz süresinde sağladığı avantaj dikkate alındığında yeterli döşeme kalınlığı alınarak rijit diyafram kabulünün incelenen sistemler için uygun olacağı kanaatine varılmıştır. |

GİRİŞ

Betonarme binalarda çekme, düşey doğrultuda belirli bir kattan itibaren plan boyutlarının ani değişimi şeklinde tanımlanmaktadır (Çelebi, 2012). Çekmeli binalar basitçe, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin üst ve alt kısmı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Üst kısım (*küçük kat plan alanına sahip*) kule; alt kısım (*büyük kat plan alanına sahip*) ise taban olarak adlandırılmaktadır. Son yıllarda, zemin katların ticari, üst katlarında konut olarak kullanıldığı binalarda, alt katlarda üst katlara oranla daha büyük plan alanına ihtiyaç duyulması, çekmeli binaların inşasını yaygınlaştırmıştır. Bu tip binalar mimari bakımdan büyük avantaj sağlasa da çekme nedeniyle deprem karşısındaki davranışları oldukça karmaşık bir hal almakta ve sistem üzerinde kütle, rijitlik ve dayanım düzensizlikleri oluşmaktadır (Al-Ali, 1998). Bu nedenle çekme, deprem yönetmeliklerinde düzensizlik olarak dikkate alınmakta ve çekme oranı

Received 31 July 2020; Received in revised form 5 August 2020; Accepted 20 August 2020;

Available online 15 September 2020

doi: 10.46291/ICONTECHvol4iss2pp85-96

sınırlandırılmaktadır. Literatür çalışmaları incelendiğinde çekmeli binaların deprem davranışı üzerinde, çekme oranının ve çekmenin uygulandığı kat seviyesinin, etkili parametreler olduğu görülmektedir. Özellikle çekme oranının artması ve çekmenin orta kat veya daha alt katlara doğru oluşturulması durumunda geçiş kat seviyesinde, iç kuvvet değerlerinde ve görelî kat ötelenmelerinde ani artışlar meydana gelmektedir. (Jhaveri, 1967; Chintanapakdee ve Chopra, 2004; Ghosh ve Debbarma, 2017; Demirbaş, 2019). Birçok dünya deprem yönetmeliğinde, çekme düzensizliği ile ilgili düzensizlik koşullarına yer verilmekteyken, Türkiye’de günümüze kadar yayınlanan deprem yönetmeliklerinde çekme düzensizliğine ait açık tasarım koşulları bulunmamaktadır. Ancak çekme düzensizliği bulunan binalarda, bina rijitliğinin ani olarak değiştiği geçiş kat döşemelerinin modellenmesine ilişkin tasarım koşullarına TBDY-2019’da yer verilmektedir. TBDY-2019, çekme bulunan binalarda, geçiş kat döşemesinde yeterli düzlem içi rijitlik ve dayanımın sağlanmasının, geçiş kat döşemelerinin iki boyutlu sonlu elemanlarla modellenmesinin gerekliliğini belirtmektedir.

Döşemelerin, kendi düzlemleri içindeki yük aktarımının doğru olarak belirlenebilmesi için tasarım aşamasında uygun biçimde modellenmeleri gerekmektedir. Döşemeler, düzlemleri içerisinde rijit diyafram (RD) veya iki boyutlu sonlu elemanlar (SE) kullanılarak modellenebilirler. Kat kütlelerinin, kütle merkezinde 3 serbestlik derecesine karşı gelecek şekilde atandığı RD modeli, modelleme kolaylığı bakımından uygulamada kullanılan yaygın bir çözüm yöntemidir. SE modeli ise kat döşemelerinin düzlem içi yer değiştirmelerine ilişkin serbestlik derecelerini esas alan ve RD modeline göre daha ayrıntılı bir modelleme yöntemidir. Sistemin serbestlik derecesini azaltarak çözümü kolaylaştıran RD modeli, birçok bina için hızlı çözüm sunmaktadır (Acun, 2002). TBDY-2019 düzlem içi şekil değiştirmelerin büyük olmadığı planda düzenli binalarda, hesap kolaylığı için döşemelerde RD modelini önermektedir. Ancak katlar arasında ani rijitlik değişimlerinin yapıldığı geçiş kat döşemeleri (*çekmenin oluşturulduğu kat seviyesi*) için plandaki düzensizlik durumuna bakılmaksızın, yeterli döşeme kalınlıkları alınarak SE modelinin kullanılmasının gerekliliği özellikle belirtilmektedir.

Literatürde, döşeme hesap modellerinin karşılaştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır (Nakashima ve ark., 1981; Yalçın, 2001; Acun, 2002; Sadashiva ve ark., 2012; Hadianfard ve Sedaghat, 2013; Terzi ve Hasan, 2016). İki model arasındaki fark literatürde çekme düzensizliği, taşıyıcı sistem tipi, döşeme kalınlığı, kat planı en/boy oranı, düşey taşıyıcıların yerleşimi, döşemedeki süreksizlik durumu gibi birçok parametreye bağlı olarak incelenmiştir. Çekme düzensizliği bulunan binalarda döşeme hesap modelleri arasındaki fark incelendiğinde, en belirgin farkın geçiş kat döşemesinde meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca bu tip yapılarda, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin alt katlara doğru olması durumunda düzlem içi şekil değiştirmeler üzerinde, yüksek modların etkili olduğu görülmüştür. Döşeme hesap modelleri arasındaki farkların taşıyıcı sistem tipine bağlı incelenmesi sonucunda ise döşeme rijitliğinin, düşey taşıyıcı sistem rijitliğine göre düşük olduğu perde-çerçeve sistemlerde düzlem içi şekil

değiştirmelerin önem kazandığı, SE modelinden elde edilen kesit tesirlerinin RD modeline oranla daha elverişsiz çözümler verdiği görölmüştür (Yalçın, 2001). Kısaca döşeme rijitliklerinin düşey taşıyıcıların rijitliğine oranla çok daha büyük olması halinde, RD modelinin kullanılabilir bir çözümler yöntemi olduğu çalışmalar ile ortaya konmuştur. Döşemelerin düzlem içi rijitliklerine döşeme kalınlığının ve kirişlerin rijitleştirici etkisi dikkate alındığında ise döşeme kalınlığındaki ve kiriş yüksekliklerindeki artışla SE modeli ve RD modeli sonuçlarının birbirine yaklaştığı görölmüştür (Yalçın, 2001; Acun, 2002). Ayrıca döşeme hesap modelleri arasındaki fark kat planının en/boy oranının artması halinde de büyümetedir (Hadianfard ve Sedaghat, 2013). Literatür çalışmalarından özetle rijit diyafram modeli (RD) yerine döşeme esnekliğini dikkate alan sonlu elemanlar (SE) modelinin kullanılmasının yapının dinamik davranışını değiştirdiği; doğal titreşim periyodu, yatay deplasman, görel kat ötelenmeleri, kesme kapasitesi vb. üzerinde önemli etkiye sahip olduğu söylenebilir. Diyafram esnekliği nedeniyle doğal titreşim periyodu artarken, uygulamada rijit diyafram davranışı göstermeyen bir bina, rijit diyafram olarak modellendiğinde doğal titreşim periyodu ve yatay deplasman değerlerinin gerçekte değerlerden uzaklaştığı görölmektedir (Sadashiva ve ark., 2012). Ayrıca SE modelinde, RD modeline göre kesme kapasitesi daha küçük olmaktadır (Hadianfard ve Sedaghat, 2013). Bu nedenle döşemelerin tasarım aşamasında, binanın davranışı dikkate alınarak uygun biçimde modellenmeleri büyük önem arz etmektedir.

Bu amaçla bu çalışmada, çekmeli betonarme binalarda döşeme hesap modellerinin (rijit diyafram modeli, sonlu elemanlar modeli) binanın dinamik davranışı üzerindeki etkisi sayısal yöntem kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada, öncelikle TBDY-2019 ve TS500 (Enstitü, 2000) tasarım yönetmeliklerine uygun 10 katlı, çekme bulunmayan dikdörtgen planlı betonarme bina modeli tasarlanmıştır. Çekme düzensizliğine ait herhangi bir düzensizlik tanımının TBDY-2019'da bulunmaması nedeniyle Eurocode 8 (Institution ve ark., 2005) göz önüne alınarak çekme düzensizliği bulunmayan ve bulunan bina modelleri tasarlanmıştır. Çekmeli bina modelleri, çekme oranının %50 ve çekmenin bina yüksekliğinin %10, %50, %80 seviyelerinde oluşturulma durumu için üretilmiştir. Kirişsiz döşeme sistemine sahip bu modellerde, döşemeler RD ve SE hesap modelleri dikkate alınarak mod birleştirme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca döşeme kalınlığının, düzlem içi rijitliğe olan etkisini incelemek amacıyla döşeme için iki farklı kalınlık ($h_f=10$ cm, 20 cm) değerleri göz önüne alınmıştır. Döşeme hesap modellerinin dinamik davranışa etkisi, geçiş kat döşemelerindeki yatay ötelenme değişimi, modal katkı ve gerilme dağılımı dikkate alınarak irdelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, çekmeli betonarme binaların dinamik davranışları üzerinde, döşeme hesap modellerinin etkisi incelenmiştir. İki hesap modelinin etkisi, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesi ve döşeme kalınlığı değişkenleri dikkate alınarak araştırılmıştır. Bu değişkenlerin döşeme hesap modelleri üzerindeki etkisini incelemek için öncelikle kat planı geometrik boyutları 2/1 (boy/en) oranına sahip kirişsiz döşemeli 10 katlı çekme bulunmayan düzenli bina

Received 31 July 2020; Received in revised form 5 August 2020; Accepted 20 August 2020;

Available online 15 September 2020

doi: 10.46291/ICONTechvol4iss2pp85-96

modeli üretilmiştir. Daha sonra çekme bulunmayan model üzerinden Eurocode 8 ile verilen çekme düzensizliği sınır koşulları dikkate alınarak, %50 oranında çekmenin bina yüksekliğinin %10, %50 ve %80 seviyelerinde oluşturulması durumunda çekme düzensizliği bulunmayan ve bulunan çekmeli bina modelleri üretilmiştir. %50 oranındaki çekmenin bina yüksekliğinin %10 seviyesinde oluşturulması Eurocode 8'e göre çekme düzensizliği bulunmayan (düzenli) modeli temsil ederken; %50 ve %80 seviyelerinde oluşturulması çekme düzensizliğine sahip modelleri temsil etmektedir. Çekmeli bina modellerine ait taban ve kule kat plan alanları Şekil 1 ile verilmektedir.

Ayrıca, oluşturulan çekmeli bina modelleri üzerinde döşeme kalınlığının döşeme rijitliğine etkisini incelemek amacıyla iki farklı döşeme kalınlığı ($h_f = 10$ cm ve $h_f = 20$ cm) göz önüne alınmıştır. Çekmeli betonarme binalar üzerinde döşeme hesap modelinin etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, çekmenin 3 farklı kat seviyesinde oluşturulması, 2 farklı döşeme kalınlığı ve 2 farklı döşeme hesap modeli (rijit diyafram, RD; sonlu elemanlar yöntemi, SE) dikkate alınarak toplam 12 bina modeli incelenmiştir. Tüm bina modellerinde bina düşey eksen boyunca simetrik çekme uygulanmıştır. Bu modellerin analizinde mod birleştirme yöntemi kullanılmıştır.

Modellerde tüm katlarda, kat yüksekliği eşit olup 3.2 m'dir. Tasarımda modellerin deprem riskinin yüksek olduğu koordinatlarda bulunduğu, zemin sınıfının ZC, bina önem katsayısının 1, malzeme sınıfının C25/S420 ve süneklik düzeyinin yüksek olduğu kabul edilmiştir. TBDY-2019 ve TS 500 dikkate alınarak tasarlanan kirişsiz döşeme sistemine sahip modellerde kaplama ve sıva toplam ağırlığı 1.5 kN/m^2 , hareketli yük ise 5 kN/m^2 olarak dikkate alınmıştır. Hareketli yük katılım katsayısı 0.3 olarak alınmıştır. RD modelinde, kat kütleleri iki ötelenme serbestlik derecesiyle kat kütle merkezine atanmış, düşey eksen etrafındaki kütle atalet momentleri ise ihmal edilmiştir. SE modelinde ise shell eleman olarak tanımlanan döşeme elemanı 2×2 m. boyutunda parçalara ayrılarak (mesh) düğüm noktalarına, yükün düzgün yayılı olarak dağıldığı varsayılarak üç ötelenme serbestlik derecesine karşılık gelecek şekilde atanmıştır.

Analizlerde üretilen bina modellerine farklı kod adları tanımlanmış olup isimlendirilmede döşeme hesap modeli, çekmenin oluşturulduğu kat seviyesi ve döşeme kalınlığı parametreleri dikkate alınmıştır. SE, RD simgeleri sırasıyla sonlu elemanlar modeli ve rijit diyafram modelini temsil etmektedir. 10, 50, 80 simgeleri sırasıyla çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinin bina yüksekliğinin %10, %50, %80 seviyesinde oluşturulma durumunu; a ve b simgeleri ise sırasıyla döşeme kalınlığının 10 cm ve 20 cm olduğunu göstermektedir. Çalışmada, çekmenin oluşturulduğu geçiş kat döşemesinde Şekil 2 ile verilen kat planı üzerindeki düğüm noktaları dikkate alınarak yatay deplasmanlar değerlendirilmiştir. Ayrıca Şekil 2'de gösterilen kat planı üzerindeki bölgeler dikkate alınarak, düzlem içi gerilme değerlerinin değişimi incelenmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çekmeli betonarme binaların dinamik davranışları üzerinde döşeme hesap modellerinin etkisi, görelî kat ötelenmelerindeki ve iç kuvvetlerdeki değişimin en fazla olduğu geçiş kat döşemeleri için dikkate alınarak gösterilmiştir. Çalışmada dikkate alınan RD ve SE döşeme hesap modelleri arasındaki fark çekmenin oluşturulduğu kat seviyesi ve döşeme kalınlığı değişkenleri dikkate alınarak incelenmiş, bulgular grafikler ve tablolar yardımıyla açıklanmıştır.

Döşeme yatay deplasmanları için RD ve SE hesap modellerinden elde edilen değerler Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3 ile verilen grafiğe göre RD modelinde incelenen yönde tüm düğüm noktaları eşit deplasman yapmaktayken, SE modelinde ise orta noktanın (2 numaralı düğüm noktası) kenar düğüm noktalarına (1 ve 3 nolu düğüm noktaları) göre daha fazla deplasman yaptığı görülmektedir. Ayrıca çekmenin alt katlara doğru oluşturulması ve döşeme kalınlığının azalması durumunda, RD modeli ve SE modeli arasındaki fark belirgin bir şekilde artmaktadır (Şekil 3.a). SE10-a modelinin 2 numaralı düğüm noktasında hesaplanan deplasman değerinin, RD10-a modeline göre %20 oranında daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 3.a). Benzer şekilde 20 cm döşeme kalınlığına sahip modelde ise SE modeli kullanılarak hesaplanan deplasman değerinin, RD modeline göre hesaplanan deplasman değerinden %15 daha fazla olduğu görülmektedir. Eurocode 8 döşemenin rijit diyafram olarak kabul edilebilmesi için incelenen yönde herhangi bir noktanın SE modeli kullanılarak hesaplanan deplasman değerinin, RD modeli kullanılarak hesaplanan deplasman değerine göre artışını %10 ile sınırlandırmaktadır. Çekmenin alt katlarda oluşturulduğu durumda, Eurocode 8 ile verilen sınır değerin aşıldığı ve döşemenin rijit diyafram davranışı sergileyemeyeceği söylenebilir.

Çekmenin orta kat seviyesinde (SE50-a ve RD50-a modelleri) veya daha üst katlarda (SE80-a ve RD80-a modelleri) oluşturulduğu modellerde deplasman değerlerindeki artışa rağmen RD ve SE döşeme hesap modellerinin birbirine oldukça yakın sonuçlar vermekte, aynı zamanda Eurocode 8'e göre rijit diyafram kabülü için verilen üst sınır aşılmamaktadır (Şekil 3.b, Şekil 3.c).

Çekmeli betonarme binalarda, döşeme hesap modellerinin (RD ve SE modelleri) bina periyotları ve modal katkıları üzerindeki etkisinde araştırılmış ve ilk on mod için sonuçlar Tablo 1-3'de sunulmaktadır. İncelenen bina modelleri için modal kütle katılım faktörü RD ile modellenen sistemlerde, SE ile modellenen sistemlere göre daha büyük olmaktadır. SE modeli ve RD modeli arasındaki fark incelendiğinde, çekmenin alt katlara doğru oluşturulması ve döşeme kalınlığının azalması durumunda belirgin şekilde artmaktadır. Örneğin, SE80-b modelinde ilk on modun toplam modal kütle katılım faktörü Y yönünde %93, RD80-b modelinde ise %96 olmaktadır (Çizelge 3). Çekmenin alt kat seviyelerinde oluşturulması halinde ise SE10-a modelinde ilk on modun toplam modal kütle katılım faktörü Y yönünde %68, RD10-a modelinde %93 olduğu ve iki çözümün birbirinden oldukça uzaklaştığı görülmektedir (Çizelge 1-2).

Analizlerden elde edilen veriler neticesinde, geçiş kat döşemelerinde meydana gelen düzlem içi normal gerilme (SII) dağılımı Şekil 2’de verilen bölgeler için incelenerek ve bulgular grafik yardımıyla Şekil 4 verilmektedir. Bu grafiğe göre öncelikle SE modelinden elde edilen gerilme değerlerinin RD modeline göre daha büyük değerler aldığı görülmektedir. Geçiş kat döşemelerinde kullenin köşesine denk gelen 2. bölge civarındaki gerilme dağılımı incelendiğinde, SE modeli ve RD modeli arasındaki farkın en belirgin olduğu sistemin çekmenin orta kat seviyesinde oluşturulduğu model olup, döşeme kalınlığının artmasıyla bu farkın azaldığı görülmektedir. Örneğin 2. bölge civarındaki gerilme dağılımı döşeme kalınlığının 10 cm olduğu modeller için incelendiğinde, çekmenin alt kat seviyelerinde oluşturulması halinde SE modelindeki gerilme değerinin RD modeline göre %37 oranında daha fazla olduğu görülmektedir. Çekmenin orta kat seviyesinde oluşturulması halinde ise SE modelindeki gerilme değeri, RD modeline göre yaklaşık %200 oranında daha fazla olmaktadır (Şekil 4.a). Döşeme kalınlığının 20 cm olarak alındığı modellerde ise SE ve RD modelleri arasındaki fark oldukça küçük olmakta, yaklaşık %5-6 mertebesindedir (Şekil 4.b). Geçiş kat döşemesinin orta noktasına denk gelen 1. bölgede ise döşeme kalınlığı ve çekmenin oluşturulduğu kat seviyesinden bağımsız olarak SE modeli ve RD modeli arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada çekmeli betonarme binaların dinamik davranışı üzerinde, rijit diyafram (RD) ve sonlu elemanlar (SE) döşeme hesap modellerinin etkisi sayısal yöntem kullanılarak araştırılmıştır. Döşeme hesap modelleri arasındaki farklar geçiş kat döşemelerindeki yatay ötelenme değişimi, modal katkı ve gerilme dağılımı dikkate alınarak incelenmiş; grafikler ve tablolar aracılığıyla karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Analizlerden elde edilen sonuçlara göre; çekmenin oluşturulduğu geçiş kat döşemelerinde RD ve SE hesap modelleri arasındaki farkın çekmenin oluşturulduğu kat seviyesine ve döşeme kalınlığına bağlı olarak değiştiği ve SE hesap modellerinde, RD hesap modellerine göre daha elverişsiz sonuçlarla karşılaştığı görülmüştür. Binalarda çekmenin alt katlarda oluşturulması durumunda iki model arasındaki farkın, yatay yerdeğiştirmeler ve modal katkı için büyük değerler aldığı görülmüştür. Eurocode 8’de döşeme hesap modeli için verilen sınır değer dikkate alındığında, RD kabulünün özellikle çekmenin alt katlara doğru oluşturulması halinde, uygun olmadığı görülmüştür.

Döşeme kalınlığının düzlem içi rijitliğe olan etkisi nedeniyle yine benzer şekilde döşeme kalınlığının azalması durumunda hesap modelleri arasındaki fark büyümektedir. Çalışma sonucunda, sistemin serbestlik derecesini azaltarak analiz süresini kısaltan rijit diyafram (RD) hesap modeliyle yapılan çözümlerde bina davranışı üzerinde etkin modların ilk modlar olduğu görülmüştür. Ancak sonlu elemanlar (SE) hesap modelinin kullanılmasının gerektiği, düzlem içi şekil değiştirmelerin önem kazandığı düzensiz binalarda, sistemin dinamik davranışını doğru bir şekilde yansıtabilmek amacıyla daha fazla mod şeklinin hesaplarda dikkate alınması gerektiği görülmüştür.

Received 31 July 2020; Received in revised form 5 August 2020; Accepted 20 August 2020;

Available online 15 September 2020

doi: 10.46291/ICONTECHvol4iss2pp85-96

Geçiş kat döşemelerindeki gerilme dağılımı incelendiğinde ise iki döşeme hesap model arasında çekmenin orta kat seviyesinde oluşturulduğu sistemlerde farkın belirgin olduğu ancak çekmenin üst katlara doğru oluşturulması ve döşeme kalınlığındaki artışla iki çözümün birbirine oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışmada, çekmenin düşey eksen etrafında simetrik oluşturulma durumu göz önüne alınmıştır. Ancak mevcut uygulamada sıklıkla simetrik olmayan çekmeli binalarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle, çekme düzensizliği bulunan binalarda düşey eksen etrafındaki simetrik olmayan çekme durumunun göz önüne alınarak geçiş kat döşemeleri için uygun döşeme hesap modellerinin araştırılması üzerine yapılacak ileri çalışmalarla, yapılan çalışma desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Acun, B. (2002). Yatay yük altında bina döşemeleri için rijit diyafram modelinin uygunluğunun incelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.

Al-Ali, A. A. K. (1998). Effects of Vertical Irregularities on Seismic Behavior of Building Structures. Stanford University. <https://books.google.com.tr/books?id=76HppwAACAJ>

Chintanapakdee, Chatpan, and Anil K Chopra. (2004). "Seismic Response of Vertically Irregular Frames: Response History and Modal Pushover Analyses." *Journal of Structural Engineering* 130(8): 1177–85.

Çelebi, E. (2012). Mevcut binalardaki geri çekme düzensizliği. ESOGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Demirbaş, N., (2019). Taşıyıcı Sisteminde Çekme Düzensizliği Olan Betonarme Binaların Burulma Davranışının İncelenmesi., Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye 93p.

Enstitüsü, Türk Standartları. (2000). "TS 500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları." Ankara, Türkiye.

Ghosh, Rahul, ve Rama Debbarma. (2017). Performance Evaluation of Setback Buildings with Open Ground Storey on Plain and Sloping Ground under Earthquake Loadings and Mitigation of Failure. *International Journal of Advanced Structural Engineering* 9(2): 97–110.

Hadianfard, M. A., ve Sedaghat, S. (2013). Investigation of joist floor diaphragm flexibility on inelastic behavior of steel braced structures. *Scientia Iranica*, 20(3), 445–453.

Institution, British Standards, European Committee for Standardization, British Standards

Institution. Standards Policy, and Strategy Committee. (2005). Eurocode 8. Design of Structures for Earthquake Resistance. Assessment and Retrofitting of Buildings. British Standards Institution.

Jhaveri, D. P. (1967). Earthquake forces in tall buildings with setbacks.

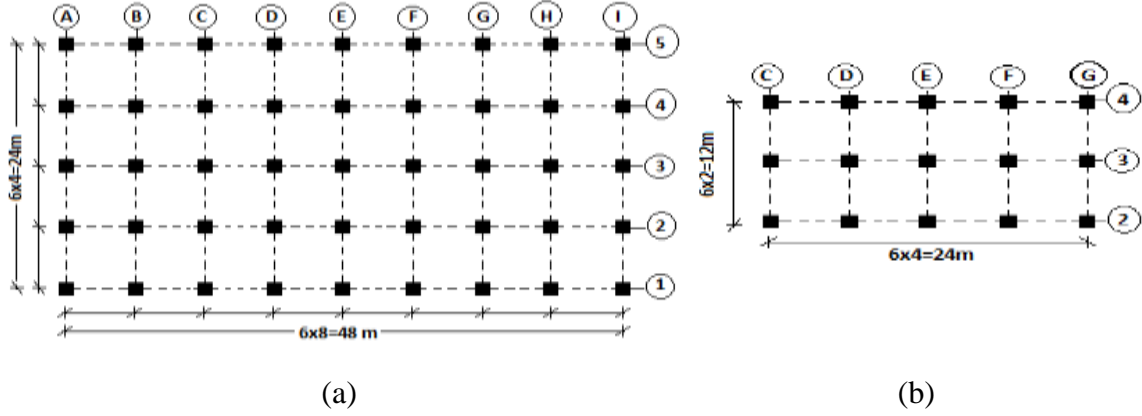
Nakashima, M., Huang, T., ve Lu, L.-W. (1981). Effect of diaphragm flexibility on seismic response of building structures, 1983 NATIONAL SCIENCE FOUNDATION WASHINGTON, DC 20550 October 30, 1981 Professor Ti Huang Fritz Engineering Laboratory Lehigh University Bethlehem, PA 18015.

Sadashiva, V. K., MacRae, G. A., Deam, B. L., ve Spooner, M. S. (2012). Quantifying the seismic response of structures with flexible diaphragms. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41(10), 1365–1389.

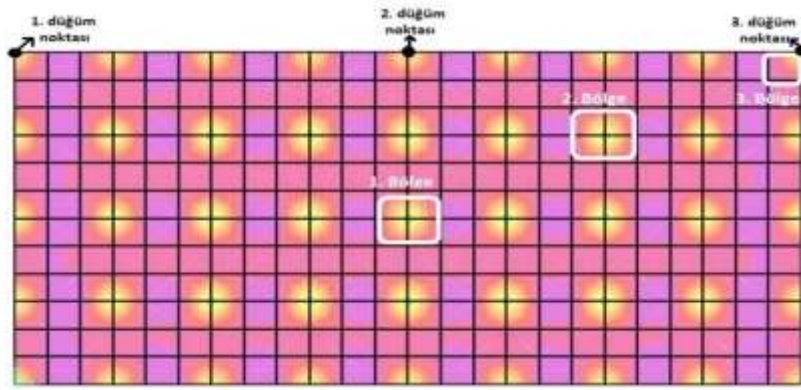
TBDY, (2019). Türkiye bina deprem yönetmeliği, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara.

Terzi, M., ve Hasan, E. (2016). Perde-çerçeveveli betonarme yapılarda A2 türü düzensizliğin kesit tesirlerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 83–94.

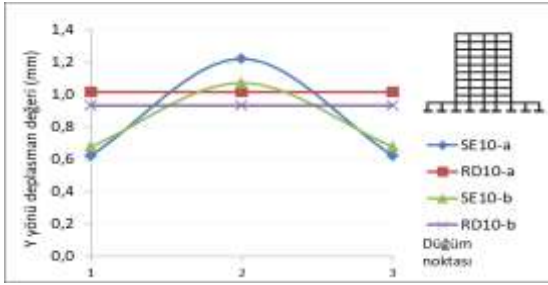
Yalçın, Ö. (2001). Betonarme yapıların deprem altındaki davranışına döşeme modellemelerinin etkisi. *Fen Bilimleri Enstitüsü*.



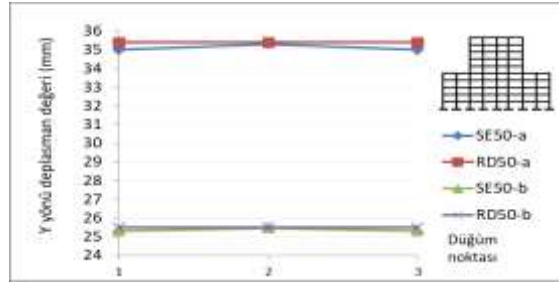
Şekil 1. Çekmeli bina modellerine ait kat planı (a) Taban (b) Kule



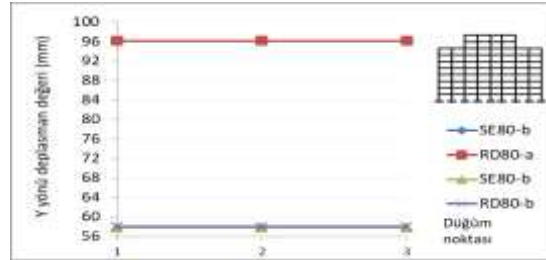
Şekil 2. Çalışmada geçiş kat döşemesinde incelenen düğüm noktaları ve bölgelerin kat planı üzerinde gösterimi



(a)

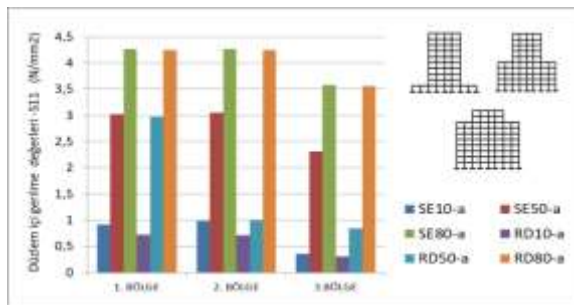


(b)

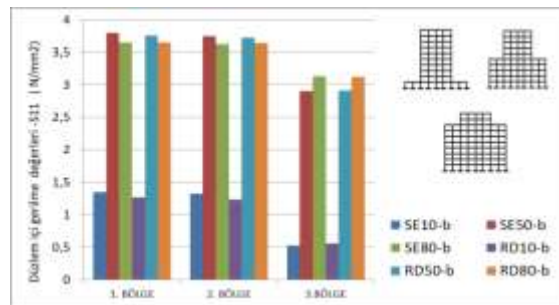


(c)

Şekil 3. Çekmeli binalarda geçiş kat döşemelerinin yatay deplasman değerleri (a) çekmenin %10 (b) çekmenin %50 (c) çekmenin %80 seviyesinde oluşturulması için



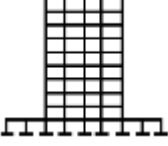
(a)



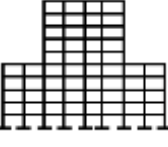
(b)

Şekil 4. Geçiş kat döşemelerinin incelendiği çekmeli bina modelleri üzerinde düzlem içi normal gerilme dağılımı –S11 (a) döşeme kalınlığı 10cm (b) döşeme kalınlığı 20cm için

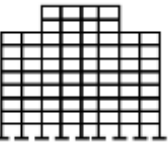
Çizelge 1. Çekmenin bina yüksekliğinin %10 seviyesinde oluşturulması halinde RD ve SE modelleri arasındaki farkın modal kütle katılımına bağlı incelenmesi

| Bina modeli | SE10-a | | | | RD10-a | | | SE10-b | | | RD10-b | | |
|---|--------|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|
| | Mod | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | |
| | | | X | Y | | X | Y | | X | Y | | X | Y |
|  | 1 | 3,218 | 0% | 52% | 3,18 | 51% | 0% | 2,14 | 0% | 55% | 2,12 | 0% | 55% |
| | 2 | 3,202 | 51% | 0% | 3,18 | 0% | 51% | 2,13 | 55% | 0% | 2,12 | 55% | 0% |
| | 3 | 1,796 | 0% | 0% | 0,61 | 16% | 0% | 1,60 | 0% | 0% | 0,55 | 0% | 12% |
| | 4 | 0,614 | 0% | 16% | 0,61 | 0% | 16% | 0,55 | 0% | 12% | 0,55 | 12% | 0% |
| | 5 | 0,610 | 16% | 0% | 0,23 | 8% | 0% | 0,55 | 12% | 0% | 0,24 | 8% | 0% |
| | 6 | 0,450 | 0% | 0% | 0,23 | 0% | 8% | 0,43 | 0% | 0% | 0,24 | 0% | 8% |
| | 7 | 0,266 | 0% | 0% | 0,12 | 8% | 0% | 0,24 | 0% | 8% | 0,13 | 8% | 0% |
| | 8 | 0,266 | 0% | 0% | 0,12 | 0% | 8% | 0,24 | 8% | 0% | 0,13 | 0% | 8% |
| | 9 | 0,266 | 0% | 0% | 0,08 | 10% | 0% | 0,19 | 0% | 0% | 0,09 | 10% | 0% |
| | 10 | 0,265 | 0% | 0% | 0,08 | 0% | 10% | 0,13 | 0% | 8% | 0,09 | 0% | 10% |
| Toplam= | | 67% | 68% | | 93% | 93% | | 75% | 83% | | 94% | 94% | |

Çizelge 2. Çekmenin, bina yüksekliğinin %50 seviyesinde oluşturulması halinde RD ve SE modelleri arasındaki farkın modal kütle katılımına bağlı incelenmesi

| Bina Modeli | SE50-a | | | | RD50-a | | | SE50-b | | | RD50-b | | |
|---|--------|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|
| | Mod | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | |
| | | | X | Y | | X | Y | | X | Y | | X | Y |
|  | 1 | 2,400 | 0% | 49% | 2,389 | 49% | 0% | 1,627 | 0% | 54% | 1,623 | 0% | 54% |
| | 2 | 2,395 | 49% | 0% | 2,389 | 0% | 49% | 1,624 | 54% | 0% | 1,623 | 54% | 0% |
| | 3 | 1,324 | 0% | 0% | 0,746 | 27% | 0% | 1,108 | 0% | 0% | 0,673 | 0% | 24% |
| | 4 | 0,755 | 0% | 27% | 0,746 | 0% | 27% | 0,677 | 0% | 24% | 0,672 | 24% | 0% |
| | 5 | 0,751 | 27% | 0% | 0,249 | 10% | 0% | 0,675 | 24% | 0% | 0,255 | 9% | 0% |
| | 6 | 0,678 | 0% | 0% | 0,249 | 0% | 10% | 0,645 | 0% | 0% | 0,255 | 0% | 9% |
| | 7 | 0,266 | 0% | 0% | 0,149 | 6% | 0% | 0,256 | 0% | 8% | 0,162 | 5% | 0% |
| | 8 | 0,265 | 0% | 0% | 0,149 | 0% | 6% | 0,256 | 9% | 0% | 0,162 | 0% | 5% |
| | 9 | 0,265 | 0% | 0% | 0,080 | 3% | 0% | 0,211 | 0% | 0% | 0,089 | 3% | 0% |
| | 10 | 0,264 | 0% | 0% | 0,080 | 0% | 3% | 0,164 | 0% | 5% | 0,089 | 0% | 3% |
| Toplam= | | 76% | 76% | | 95% | 95% | | 86% | 92% | | 95% | 95% | |

Çizelge 3. Çekmenin bina yüksekliğinin %80 seviyesinde oluşturulması halinde RD ve SE modelleri arasındaki farkın modal kütle katılımına bağlı incelenmesi

| Bina Modeli | SE80-a | | | | RD80-a | | | SE80-b | | | RD80-b | | |
|---|--------|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|------------|--------------------------------|-----|
| | Mod | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | | Periyot | Modal kütle katılım faktörü(%) | |
| | | | X | Y | | X | Y | | X | Y | | X | Y |
|  | 1 | 2,900 | 65% | 0% | 2,899 | 65% | 0% | 1,900 | 0% | 71% | 1,905 | 0% | 71% |
| | 2 | 2,899 | 0% | 65% | 2,898 | 0% | 65% | 1,900 | 71% | 0% | 1,905 | 71% | 0% |
| | 3 | 2,128 | 0% | 0% | 0,607 | 18% | 0% | 1,640 | 0% | 0% | 0,541 | 13% | 0% |
| | 4 | 0,611 | 0% | 18% | 0,607 | 0% | 18% | 0,542 | 0% | 13% | 0,541 | 0% | 13% |
| | 5 | 0,609 | 18% | 0% | 0,265 | 6% | 0% | 0,541 | 13% | 0% | 0,275 | 0% | 5% |
| | 6 | 0,463 | 0% | 0% | 0,265 | 0% | 6% | 0,438 | 0% | 0% | 0,275 | 5% | 0% |
| | 7 | 0,273 | 0% | 6% | 0,150 | 4% | 0% | 0,279 | 0% | 5% | 0,164 | 0% | 4% |
| | 8 | 0,269 | 6% | 0% | 0,150 | 0% | 4% | 0,277 | 5% | 0% | 0,164 | 4% | 0% |
| | 9 | 0,265 | 0% | 0% | 0,088 | 3% | 0% | 0,241 | 0% | 0% | 0,099 | 3% | 0% |
| | 10 | 0,264 | 0% | 0% | 0,088 | 0% | 3% | 0,165 | 0% | 4% | 0,099 | 0% | 3% |
| Toplam= | | 89% | 89% | | 96% | 96% | | 89% | 93% | | 96% | 96% | |