İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ'NDE 100. YIL
"TEKNİK KONGRESİ"

22-24 KASIM 2012
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

BİLDİRİ ÖZETLERİ



EDİTÖRLER
Kongre Düzenleme Kurulu

KONGRE DANIŞMA KURULU

İsmail YÜKSEK (Yıldız Teknik Üniversitesi Rektörü)

Mesut GÜNER (İstanbul Gelişim Üniversitesi Rektörü)

Yusuf AYVAZ (Yıldız Teknik Üniversitesi Rektör Yrd.)

Hayrullah AĞAÇCIOĞLU (YTÜ, İnşaat Fakültesi Dekanı)

İrfan COŞKUN (YTÜ, İnşaat Fak., İnş. Müh. Bölüm Bşk.)

İ.Kutay ÖZAYDIN (YTÜ, Teknopark AŞ. Yönetim Kurulu Bşk. Yrd.)

KONGRE DÜZENLEME KURULU

Ali KOÇAK (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Ali COŞAR (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Mehmet Şükrü ÖZÇOBAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Tuba BOSTAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Başak Zengin (İstanbul Gelişim Üniversitesi)

Bilge DORAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Nuri ÖZHENDEKÇİ (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Mustafa GÜRSOY (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Cem AKGÜNER (Yıldız Teknik Üniversitesi)

BİLİM KURULU

BÜLENT AKBAŞ,GYTE
GÜLAY ALTAY,BÜ
MURAT ALTEKİN,YTÜ
FATİH ALTUN,Erciyes Ünv.
ATİLLA ANSAL,BÜ
YALÇIN ARISOY,DEÜ
GÜRAY ARSLAN,YTÜ
ZEKİ AY,SDÜ
METİN AYDOĞAN,İTÜ
HÜSEYİN GAZİ BAŞ,SAÜ
GÖKHAN BAYKAL,BÜ
ALEMDAR
BAYRAKTAR,KTÜ
MEHMET BERİLGEN, YTÜ
KEMAL BEYEN,Kocaeli Ünv.
HURİYE BİLSEL,DAÜ
TALAT BİRGÖNÜL,ODTÜ
HASAN BİRİCİK,İKÜ
M.EMİN BİRPINAR,YTÜ
HÜSNÜ CAN,Gazi Ünv.
ZEKAİ CELEP,İTÜ
ÖMER CİVALEK,Akdeniz Ünv.
MEHMET ÇAKIROĞLU,OMÜ
HALUK ÇEÇEN,YTÜ
FAZIL ÇELİK,KTÜ
YEŞİM ÇELİKOĞLU,YTÜ
ESİN ÇEVİK,YTÜ
S.FEYZA ÇİNİCİOĞLU,İÜ
AHMET DOĞAN,YTÜ
ADEM DOĞANGÜN,Uludağ.
İSMAİL DURANYILDIZ,İTÜ
AHMET DURMUŞ,KTÜ

CENGİZ DÜNDAR,Çukurova Ünv.
HASAN ENGİN,İTÜ
İBRAHİM EKİZ,YTÜ
MUZAFFER ELMAS,SAÜ
BİLAL EROL, İBB
CEMAL EYYUBOV,Erciyes Ünv.
HÜSEYİN GÖKÇEKUŞ,YDÜ
RÜSTEM GÜL,Atatürk Ünv.
F.GÜLTEN GÜLAY,İTÜ
EROL GÜLER,BÜ
MUSTAFA GÜNAL,Gaziantep Ünv.
ABDURRAHMAN GÜNER,İÜ
ZEKİ HASGÜR,İTÜ
METE İNCECİK,İTÜ
EMEL İRTEM,Balıkesir Ünv.
AYNUR KAZAZ,Akdeniz Ünv.
FETHİ KADIOĞLU,İTÜ
M. YAŞAR KALTAKÇI,Selçuk Ünv.
HASAN KAPLAN,Pamukkale
FARUK KARADOĞAN,İTÜ
M.EMİN KARAHAN,Beykent
NİLAY KESKİN,SDÜ
M. LEVENT KOÇ,Cumhuriyet Ünv.
TURGUT KOCATÜRK,YTÜ
ORHUN KÖKSAL,ÇOMÜ
MURAT İHSAN KÖMÜRCÜ,KTÜ
NECATİ KULOĞLU,Fırat Ünv.
MEHMET METİN KUNT,DAÜ
ZAFER KÜTÜĞ,YTÜ
MEHMET HAKKI OMURTAG,İTÜ
M. MUSTAFA ÖNAL,Ahi Evran Ünv.

HIZIR ÖNSOY,KTÜ
BİHRAT ÖNÖZ,İTÜ
MUSTAFA ÖZAKÇA,Gaziantep Ünv.
GÜNEY ÖZCEBE,ODTÜ
OSMAN ÖZDEMİR,Gazi Ünv.
TURGUT ÖZDEMİR,Balıkesir Ünv.
ŞEVKET ÖZDEN,Kocaeli Ünv.
TÜLAY AKSU ÖZKUL,İTÜ
HULUSİ ÖZKUL,İTÜ
A.ZAFER ÖZTÜRK,YTÜ
LÜTFİ SALTABAŞ,SAÜ
HALUK SUCUOĞLU,ODTÜ
ABDURRAHMAN ŞAHİN,YTÜ
İSMAİL ŞAHİN,YTÜ
ZEKAİ ŞEN,İTÜ
MESUT ŞİMŞEK,YTÜ
NESRİN YARDIMCI
TİRYAKİOĞLU,Yeditepe Ü
MUSTAFA TOKYAY,ODTÜ
SELÇUK TOPRAK,Pamukkale Ünv.
YAŞAR UĞUR,Erciys Ünv.
MEHMET ÜLKER,Fırat Ünv.
EŞREF ÜNLÜOĞLU,Osmangazi Ünv.
MELİH YANMAZ,ODTÜ
HASAN YILDIRIM,İTÜ
İSA YÜKSEL,Karaelmas Ünv.
ORHAN YÜKSEL,Ege Ünv.
YALÇIN YÜKSEL,YTÜ
FARUK YÜKSELER,YTÜ
NABİ YÜZER,YTÜ
MUSTAFA ZORBOZAN,YTÜ

Murat Günaydın,Süleyman Adanur, Ahmet C.Altunışık, Şevket Ateş,Barış Sevim: Yapım Aşamalarının Betonarme Binaların Yapısal Davranışına Etkisi 72

Merve Açıkgenç, Kürşat Esat Alyamaç, Zülfü Çınar Ulucan: Çelik Lifli Betonların Karışım Dizaynı İçin Çoklu Grafik Önerisi 74

Hamide Tekeli, Hakan Dilmaç, K.Tuğçe Erkan, Fuat Demir,Kadir Güler: Sargi Donatısının Bınaların Deprem Performansına Etkisi 76

Mehmet Mert Bülbül, Ender Demirel: Taşkın Sırasında Köprü Ayaklarındaki Kabarmaların Analizi: Ova Çayı Örneği 78

Ahmet Doğan,Hakan Tongal: Havzalar Arası Su Transferinin Beyşehir Gölü Örneğinde İncelenmesi..... 80

Ahmet Doğan,Ahmet Sancak Şanlı: Beyşehir Gölü Havzasında, Penman-Monteith, Blaney-Criddle, Penman ve Tava Buharlaşması Yöntemleriyle Hesaplanan Buharlaşma Değerlerinin Karşılaştırılması 82

Serhan Ulukaya, Nabi Yüzer,Murat E.Selçuk, Mustafa Yıldırım: Tarihi Kireç Harçlarının Tanımlanmasında Uygulanan Deney Yöntemlerinin İrdelenmesi 84

Ali Koçak,Aras Kalyoncuoğlu,Başak Zengin,Cemal Eyyubov, Yaşar Uğur: Deprem Yönetmeliğinin Yığma Yapılara Uygunluğunun Araştırılması ve Geliştirilmesi 86

Hüsnü Demirpençe: Alara Çayı Aylık Akımlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini..... 88

Oktar Soykan,Cengiz Özel: Polimer Betonların Sıcaklığa Bağlı Basınç Mukavemeti Değerlerinin İncelenmesi 90

Fevziye Ayça Varol, Hayrullah Ağaççıoğlu,M. Mehmet Berilgen: Kohezyonlu Taban Malzemeli Bir Kanalda Yan Savak Etrafında Oluşan Yerel Oyulma Derinliğinin İncelenmesi..... 92

Halit Cenan Mertol: Aktif Öğrenme Yöntemlerinin Mukavemet Dersinde Uygulanması 94

Serkan Bekiroğlu, Abdurrahman Şahin, Barış Sevim, Yusuf Ayvaz: Van Gar Binası Modelinde Rijit Birleşim Bölgesi Tanımlamanın Van Depremleri Altında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle İrdelenmesi..... 96

Mustafa Sinan Yardım, Betül Değer, Mehmet Kopuz,Sacit Bacaran, Hazal Yılmaz: YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Mesleki Stajları Üzerine Bir Araştırma 98

Meltem Bingöl, Gökçe Çiçek İnce: Excel Hesap Tablosu ile Jet Grout Tasarımı 100

Seda Coşkan,İsa Yüksel: Donatı Korozyonunun Çerçeve Sistemlerin Performansına Etkisi 102

Hasan Polat,Cengiz Özel,Nefiye Çolak: Donma Çözünme Etkisine Maruz Kolemanit İçeren Betonların Aşınma Direnci Özelliklerinin Araştırılması 104

Nihat Kabay, Ahmet B. Kızılkanat, Serhan Ulukaya: Kendiliğinden Yerleşen Betonda Su/Bağlayıcı Oranının ve Agrega Maksimum Dane Boyutunun Mekanik ve Reolojik Özelliklere Etkisi 106

Merve Açıkgenç,Mehmet Esen Eren,Kürşat Esat Alyamaç: Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Betonların Dayanım Özelliklerinin Yapay Sinir Ağı İle Tespiti 108

Yetiş Şazi Murat,Ziya Çakıcı,M. Burak Demir: Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Yuvarlakada Kavşaklarının Kısmi Denetimi 110

İnşaat Mühendisliği' nde 100. Yıl Teknik Kongresi, 22-24 Kasım 2012
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Van Gar Binası Modelinde Rijit Birleşim Bölgesi Tanımlamanın Van Depremleri Altında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle İrdelenmesi

Serkan Bekiroğlu, Abdurrahman Şahin, Barış Sevim, Yusuf Ayvaz
Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Öz

Bu çalışma bilgisayar ortamında yapı modellemelerinde rijit birleşim bölgesi tanımlamanın etkisini incelemektedir. Örnek durum olarak son zamanlarda ülkemizde meydana gelen en büyük deprem hareketleri olan 23 Ekim 2011 tarihinde 6.7 ve 9 Kasım 2011 tarihinde 5.6 büyüklüğündeki depremlerine maruz kalmış tarihi Van Gar Binasının A Bloğu dikkate alınmaktadır. Gar binası bilgisayar modelinde kolon ve kiriş elemanların bir biri içine girdiği birleşim bölgeleri ve ayrıca pencere altında kalan duvarlar arasındaki kolon kısımları (kısa kolon) rijit bölgeler olarak düşünülmektedir. Ayrıca her iki Van depremi üç eksende ölçülen ivme kayıtları kullanılmak üzere ardışık olarak etki ettirilmekte ve kolon ile kiriş uçlarında plastik mafsallar tanımlanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizi yanı sıra serbest titreşim analizi, mod birleştirme ile dinamik analiz ve statik analiz gerçekleştirilmektedir. Analizler sonucunda rijit kesişim bölgesi tanımlamanın önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Rijit birleşim bölgesi, Van depremleri, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz.

Van Gar Binası Modelinde Rijit Birleşim Bölgesi Tanımlamanın Van Depremleri Altında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle İrdelenmesi

S. Bekiroğlu, A. Şahin
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

B. Sevim, Y. Ayvaz
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Öz

Bu çalışma bilgisayar ortamında yapı modellemelerinde rijit birleşim bölgesi tanımlamanın etkisini incelemektedir. Örnek durum olarak son zamanlarda ülkemizde meydana gelen en büyük deprem hareketleri olan 23 Ekim 2011 tarihinde 6.7 ve 9 Kasım 2011 tarihinde 5.6 büyüklüğündeki depremlerine maruz kalmış tarihi Van Gar Binasının A Bloğu dikkate alınmaktadır. Gar binası bilgisayar modelinde kolon ve kiriş elemanların bir biri içine girdiği birleşim bölgeleri ve ayrıca pencere altında kalan duvarlar arasındaki kolon kısımları (kısa kolon) rijit bölgeler olarak düşünülmektedir. Ayrıca her iki Van depremi üç eksende ölçülen ivme kayıtları kullanılmak üzere ardışık olarak etki ettirilmekte ve kolon ile kiriş uçlarında plastik mafsallar tanımlanarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizi yanı sıra serbest titreşim analizi, mod birleştirme ile dinamik analiz ve statik analiz gerçekleştirilmektedir. Analizler sonucunda rijit kesişim bölgesi tanımlamanın önemi vurgulanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Rijit birleşim bölgesi, Van depremleri, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz.

Abstract

This manuscript discusses effect of rigid connection zone on computer modeling of a structure. A case in point, A Block of historical Van Train Station Building, exposed the largest earthquake motions earthquakes measuring 6.7 on October 23, 2011 and 6.5 on November 9, 2011 that are occurred in our country in recent times, is taken into account. In computer model of the station building, connections in which column and beam elements are intersected and portions of columns between the walls under windows, which is resulted in short column, are considered to be rigid connection regions. In addition, the both Van earthquake acceleration records measured in three axes are brought to be used in sequential domains, plastic hinges at the ends of columns and beams are defined and so nonlinear time history dynamic analysis is carried out, as well as free vibration analysis, response spectrum and static analysis. In consequence of the analysis, the importance of defining the rigid connection zone is emphasized.

Keywords: *Rigid connection zone, End offsets, Van earthquakes, nonlinear time history analysis*

Giriş

Yapı sistemlerinin bilgisayar ortamında modellenmeleri mühendislik alanın vazgeçilmezdir. Her defasında modellemenin fiziki duruma daha yakın olması istenmektedir. Fiziki durumun daha doğru olarak modellenmesi yapı üzerinde ilgilenilen problem ile ilgili daha gerçekçi cevap alınmasını sağlamaktadır.

Yapıların sismik analizlerinde en gerçekçi çözümün elde edilebilmesi için doğrusal olmayan dinamik analizin yapılması gerekmektedir. Bu analiz yapılırken, kirişlerin kolonlara rijit olarak bağlandıkları birleşim bölgelerinin fiziksel boyutlarından dolayı, elemanın her iki ucunda plastik mafsalların modellenmesi, plastik mafsalların birleşim bölgesinin içerisinde oluştuğu anlamına gelir ki bu da genellikle hatalı sonuçlara sebep olmaktadır. Uygun olarak tasarlanmış olan yapı sisteminde, akmanın yapı elemanlarında kolon kiriş birleşim noktası elastik kalacak şekilde elemanın uçlarından belirli bir mesafede olması beklenmektedir. Bundan dolayı, kirişlerde oluşturulan plastik mafsallar, eleman uçlarından belirli bir mesafede modellenmelidir. Bu mesafeler kenar uzantıları (end offsets) olarak bilinmektedir. (Wong ve Wang, 2007).

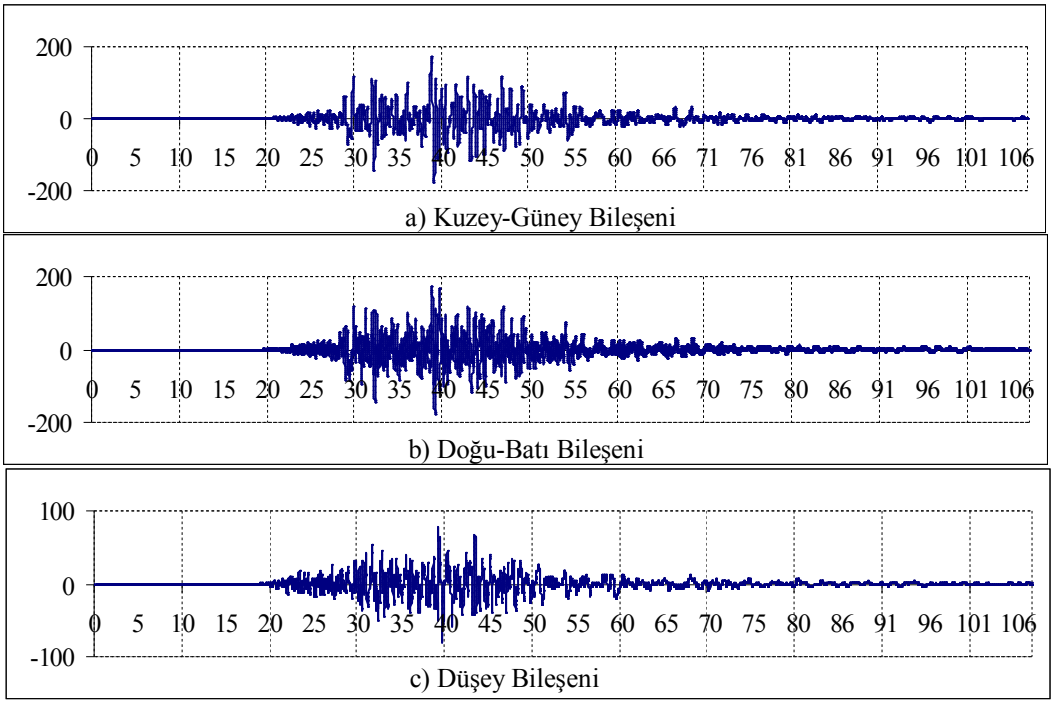
Kenar uzantıları kolon kiriş birleşim bölgesinde rijitlik doğurmakta ve bu rijitlik çoğunlukla göz önüne alınmamaktadır. Eğer birleşim bölgelerinin rijitlikleri göz önüne alınır ise, elemanların rijitlik matrisleri bu rijit bölgeleri içerecek şekilde yeniden oluşturulmalıdır. Böylelikle daha rijit bir yapı modeli elde edilmiş olur. SAP2000 (2009) programında bu problem göz önüne alınmıştır. Buna göre elemanın rijitlik matrisi, kenarlardan kenarlara olan açıklık dikkate alınarak belirlenir yani, rijit birleşim bölgesinin bittiği yerden itibaren elemanların boyları dikkate alınır. Literatüre bakıldığında birleşim bölgelerinin rijitliği üzerine çalışmalara rastlanmaktadır (Tsai ve diğ., 1995; Khudada ve Geschwindner, 1997; Foley ve Vinnakota, 1999). Rijit bölgelerin dışında plastik mafsalların oluşumu üzerine de çalışmalar yapılmıştır (Wong ve Wang, 2007; Wong 2012).

Bu çalışmada ise, yapıların çubuk elemanlar ile modellenmesinde çubukların birleştikleri yerlerde oluşan kesişim bölgesi tanımlamanın modellemede önemli olup olmadığı örnek yapı üzerinde statik, serbest titreşim analizi ile doğrusal olmayan dinamik cevap üzerinden irdelenmektedir. Örnek yapı olarak son zamanlarda depremlerden dolayı yapı stoğu açısından zarar gören Van ilindeki tarihi Gar binasının bir bloğu dikkate alınmaktadır. 23 Ekim 2011 tarihinde 6.7 ve 9 Kasım 2011 tarihinde 5.6 olmak üzere bölgesine ve etkisine göre büyük sayılabilecek iki depremden sonra gar binasındaki hasar durumları incelenerek bilgisayar ortamında modelleme yapılmıştır. Bu modelleme üzerinde bu çalışmanın da amacı olan kesişim bölgesi tanımlamanın etkisi araştırılmaktadır.

23 Ekim 2011 ve 9 Kasım 2011 Van Depremleri

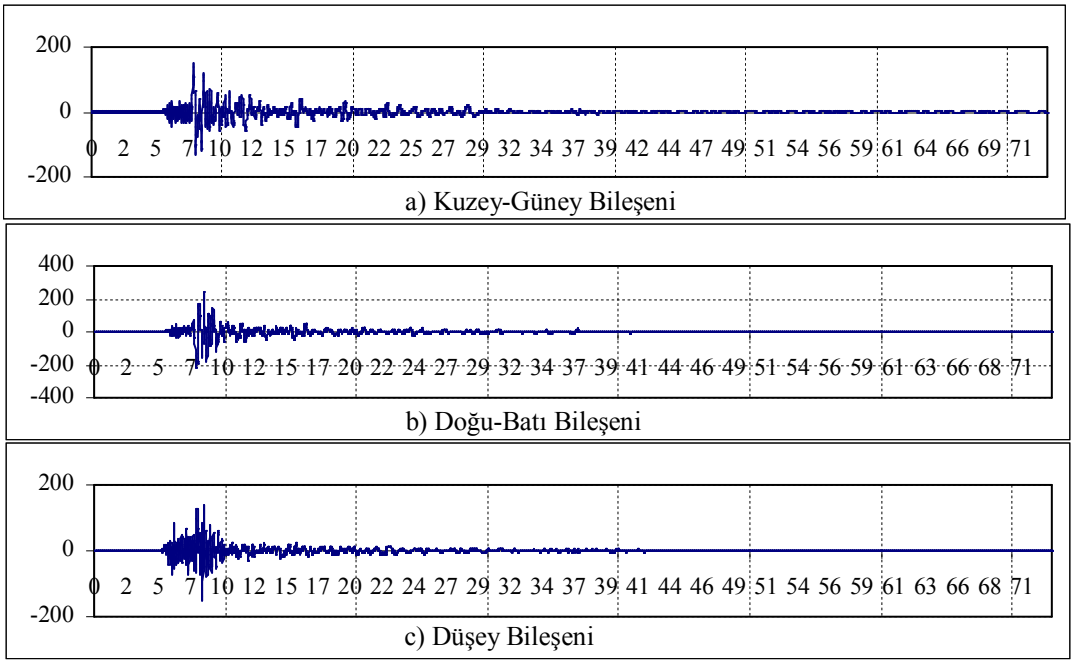
23 Ekim 2011 Van-Merkez depremi (Ml=6.7, Mw=7.0), yerel saati ile 13:41'de meydana gelmiştir. Bu depremi takiben, 09 Kasım 2011 tarihinde yerel saatle 21:23'de farklı bir bölgede, orta büyüklükteki (Ml=5.6) Van-Edremit depremi meydana gelmiştir. Ml=6.7 Van-Merkez depreminin dış merkezine yaklaşık 42 km uzaklıkta bulunan Muradiye istasyonu tarafından ölçülen en büyük ivme değerleri; KG doğrultusunda 178.5 cm/sn2, DB doğrultusunda 168.5 cm/sn2 ve düşey doğrultuda ise 75.5

cm/sn2'dir. Şekil 1'de Van-Merkez depremi üç bileşeni ile verilmektedir. (Çeken ve diğ., 2011)



Şekil 1. 23 Ekim 2011, Ml=6.7 Van-Merkez depremi Muradiye istasyonu ivme kaydı.

Diğer Van-Edremit depremi (Ml=5.6) sırasında ölçülen en büyük yatay ivme değeri de yine depremin dış merkezine uzaklığı 12.7 km olan Van-Merkez istasyonu tarafından kaydedilmiş olup, bu istasyon tarafından ölçülen en büyük ivme değerleri; KG doğrultusunda 148.1 cm/sn2, DB doğrultusunda 245.9 cm/sn2 ve düşey doğrultuda 150.5 cm/sn2'dir. Şekil 2'de Van-Edremit depremi üç bileşeni ile verilmektedir. (Çeken ve diğ., 2011)



Şekil 2. 9 Kasım 2011, Ml=5.6 Van-Edremit depremi Van-Merkez istasyonu ivme kayıdı.

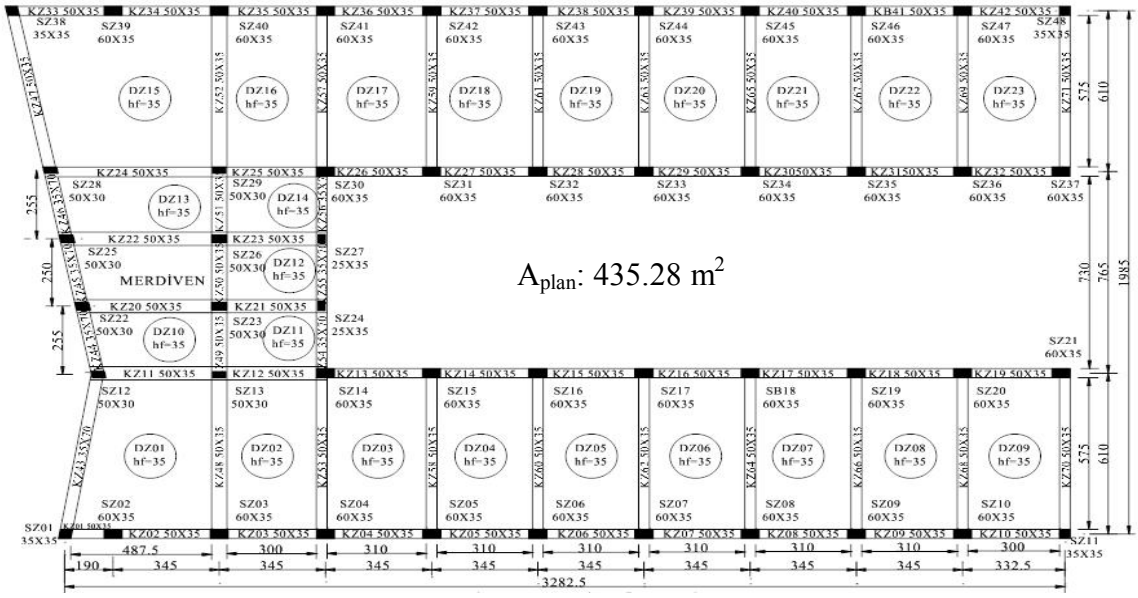
Van-Merkez (Ml=6.7) depremi için Muradiye ve Van-Edremit (Ml=5.6) depremi için Van-Merkez istasyonunu seçilmesi hem bu istasyonların söz konusu depremlerin dış odak merkezlerine yakınlığı hem de elde edilen ivme değerlerinin diğer istasyonlardan ölçülen ivme değerlerine göre daha büyük olmasından kaynaklanmaktadır. Çeken ve diğ. (2011) tarafından her iki deprem kaydının tepki spektrumları Z3 yerelzemin sınıfı ve %5 sönüm oranı için , DBYHBY'in (2007) tasarım spektrumlarıyla karşılaştırılmış ve her iki yer hareketinin 1. Derece deprem bölgesi için tanımlanan tasarım spektrumlarının altında kaldığı görülmüştür.

Van Gar Binası Üzerine Yapılan Gözlem ve İncelemeler



Şekil 3. Van Gar binası.

1966 yılında inşaa edilen Van Gar binası Van ili merkezinde olup Şekil 3'de olduğu gibi kuzey-güney doğrultusu yerleşimli ve A, B ve C olmak üzere üç bloktan oluşmaktadır. Söz konusu gar binasının A bloğu bodrum kat + zemin kat + 1 normal kat olmak üzere toplam üç kat olarak inşa edilmiştir. Bloğun statik rölevesi Şekil 4'de verilmektedir. Yapılan incelemelerde binanın dişli döşeme ile kolon ve kirişlerden oluşan çeçeve taşıyıcı sisteme sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. Van Gar binası A blok zemin kat statik rölevesi.

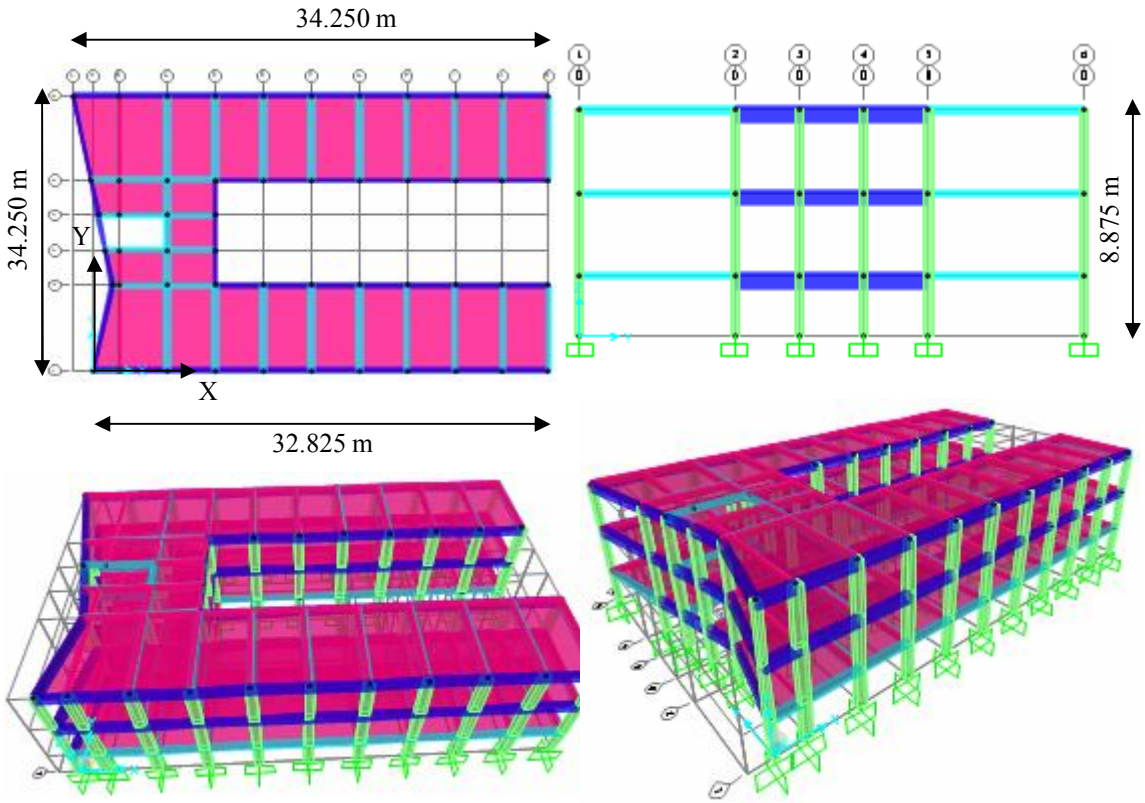
Söz konusu Gar binasının her üç bloğunun beton dayanımını belirlemek için alınan karot numunelerinden Gar binasının A bloğunun beton dayanım değeri C20 sınıfına tekabül etmektedir.

Zemin incelemelerinden; inceleme alanının eğimi; % 0-%5 olarak değiştiği, sahanın zemin grubunun C, yerel zemin sınıfının Z3 olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla birinci derece deprem bölgesinde bulunan Van il merkezi için etkin yer ivmesi katsayısı 0,40, spektrum karakteristik periyotları TA= 0,15 ve TB=0,60 olmaktadır.

Sözkonusu binanın çevresinde yapılan incelemelerde temel zemini oturmasına advedilecek bir duruma rastlanılmamıştır. Buda mevcut Tren Garı binası 1966 yılında inşa edilmiş olduğundan günümüze kadar geçen sürede oturmasını tamamlamış olacağını düşündürmektedir.

Van Gar Binası A Bloğu'nun Modellenmesi

Söz konusu binanın üç boyutlu sonlu eleman modeli ve depreme göre yapısal çözümlemeleri yerinde tespit edilen taşıyıcı sistem röleveleri, yükleme durumları ve malzeme dayanımları yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Yapısal çözümlemelerde Sonlu Elemanlar Yöntemini kullanan yapısal analiz programı SAP2000 kullanılmıştır. A bloğu için oluşturulan sonlu eleman modeli blok ebatları ile birlikte Şekil 5'de verilmektedir.



Şekil 5. Gar binasının A bloğunun sonlu elemanlar modelinden bazı görünümler.

Modellemede kolon ve kirişlerin birleştikleri yerlerde kesişim bölgesi tanımlamanın dikkate alınıp alınmamasının önemini araştırmak amacıyla çeşitli analizler yapılıp kıyaslanacaktır. Kesişim bölgesi tanımlı modelde, birleşen elemanların birbiri içine giren kısımlarının rijit

olarak tanımlanmasının yanında duvarların kolonları yatay ötelenme serbestliklerini sınırlandırmalarını da dikkate almak amacıyla kısa kolon tanımlaması da göz önüne alınmaktadır. Öncelikle statik ve dinamik analiz yapılacaktır. Bu analizler Türk standartlarına göre Tablo 1'de verilen yük kombinasyonları altında yapılacaktır. Bu yük kombinasyonları hem statik hem de -mod birleştrime yöntemi ile- dinamik bileşenler içermekte olup sunulacak sonuçlar Tablo 1'de 18 yükleme kombinasyonu için olacaktır. Bu kombinasyon altında tüm kesit etkileri için her bir katta ortalama değer ve standart sapma bulunarak onların çıkartılmış durumları o kattaki tüm kolon elemanları temsilen sunulacaktır. Yapının ve yüklemelerin simetrik olmamasından dolayı tek bir elemanın sonuçlarının sunulması yerine böyle bir yol izlenmektedir. Ayrıca yapı tabanında oluşan taban kuvvetleri verilecektir. Yerdeğiştirme ölçütü olarak da her bir kat için en büyük göreli kat ötelenmesinin kat yüksekliğine oranı (δ_{max}/h) birbirine dik iki doğrultu için verilmektedir.

Tablo 1. Yük kombinasyonları

1	1.4G+1.6Q	7	0.9G+Ex-0.3Ey	13	G+Q-Ey-0.3Ex
2	G+Q+Ex+0.3Ey	8	0.9G-Ex+0.3Ey	14	0.9G+Ey+0.3Ex
3	G+Q+Ex-0.3Ey	9	0.9G-Ex-0.3Ey	15	0.9G+Ey-0.3Ex
4	G+Q-Ex+0.3Ey	10	G+Q+Ey+0.3Ex	16	0.9G-Ey+0.3Ex
5	G+Q-Ex-0.3Ey	11	G+Q+Ey-0.3Ex	17	0.9G-Ey-0.3Ex
6	0.9G+Ex+0.3Ey	12	G+Q-Ey+0.3Ex	18	Maksimum(1-17)

G, sabit yükler;Q, hareketli yükler; Ex, X yönünde deprem spektrumu altında dinamik yük; Ey, Y yönünde deprem spektrumu altında dinamik yük

İkinci olarak serbest titreşim analizi yapılarak oluşan serbest titreşim modları, periyotları ve kütle katılım oranları karşılaştırılacaktır. Son olarak ise muhtemel olarak güçlendirilmeleri düşünülen A Bloğun 6,7 ve 5,6 büyüklüğündeki depremler altında kolonlarında oluşan plastik mafsal durumları irdelenecektir. Tüm bu kıyaslamalar ışığında modellemede kesişim bölgesi tanımlamanın önemine karar verilecektir.

Statik ve Mod Birleştirme ile Dinamik Analiz

Tablo 2'de statik ve dinamik analiz için ekstrem sonuçlar verilmektedir.

Tablo 2. A blok için her kattaki ekstrem kesit etkileri ve en büyük göreli kat ötelenmesinin kat yüksekliğine oranı (δ_{max}/h) ile ekstrem taban reaksiyon kuvvetleri.

Konum	**Kesişim Bölgesi**	**P (kN)**	**V_x (kN)**	**V_y (kN)**	**T (kN-m)**	**M_y (kN-m)**	**M_x (kN-m)**	**(δ_{max}/h)-x yönünde**	**(δ_{max}/h)-y yönünde**
Bodrum	Tanımlı	-1405.20	-294.21	274.30	-1.62	138.31	148.54	0.00164	0.00371
Bodrum	Tanımsız	-685.83	-155.05	151.28	-0.78	200.50	206.87	0.00428	0.01112
Zemin	Tanımlı	-834.20	-277.28	-261.05	2.75	-243.76	-247.45	0.00431	0.00799
Zemin	Tanımsız	-316.88	-98.94	-99.10	0.83	-157.84	-154.51	0.00635	0.03331
1. Kat	Tanımlı	-267.19	-130.50	129.52	1.51	124.05	-115.54	0.00132	0.00456
1. Kat	Tanımsız	-104.32	-48.35	51.37	0.43	74.96	-70.67	0.00296	0.05833
Taban Reaksiyonu	Tanımlı	8978.51	8377.34	39141.89	391278.88	-598225.04	134310.94		
Taban Reaksiyonu	Tanımsız	9545.28	9388.11	39141.89	391278.88	-598225.00	164746.32		

Tablo 2'ye bakıldığında kesişim bölgesi tanımlama dikkate alındığında A blok için her kattaki kolonların normal kuvvetleri iki kattan fazla ve her iki doğrultudaki kesme kuvvetleri yaklaşık iki kat civarında artmış olduğu buna karşın moment değerlerinin

bodrum katta yaklaşık % 40 azalırken zemin ve birinci katta yaklaşık %60 arttığı görülmektedir. Taban kuvvetlerine bakıldığında ise binanın uzun kenar doğrultusundaki devrilme momentinde yaklaşık % 20'lik bir azalmanın olduğu diğer kuvvetlerde ise kayda değer bir değişmenin olmadığı görülmektedir. Yerdeğiştirmeler açısından bakıldığında uzun kenar doğrultusunda bodrum ve birinci katta 2 kattan fazla azalma olurken zemin katta yaklaşık % 50 azalma görülmektedir. Kısa kenar doğrultusunda ise yerdeğiştirmeler çok azalmaktadır.

Serbest Titreşim Analizi

Tablo 3'de serbest titreşim analizi sonuçları, Tablo 4'de de mod şekilleri verilmektedir. Tablo 3'e bakıldığında A bloğunun birinci periyodunda % 60 civarında bir azalma meydana gelmektedir. Ayrıca Tablo 3'de kütle katkı oranlarına bakılarak belirlenen mod türlerine ve Tablo 4'de mod şekillerine bakıldığında A blokta 3. mod ötelenme modundan burulma moduna dönüşmektedir. Genel olarak bakıldığında kesişim bölgesi tanımlamak yapıların periyotlarını azalttığından daha rijit bir davranış ortaya koymakta ve burulma gibi elverişsiz olan modların daha yüksek periyotlara taşınmasına neden olmaktadır. Ayrıca zemin türünün Z3 olması yani zemin etkin periyot aralığının T_A=0.15 ve T_B=0.60 olmasından dolayı A blok kesişim bölgesi tanımlanmasından bağımsız olarak en yüksek deprem spektrum etkisine maruz kalmaktadır.

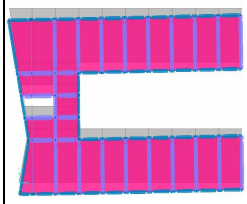
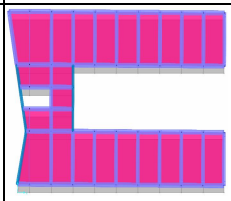
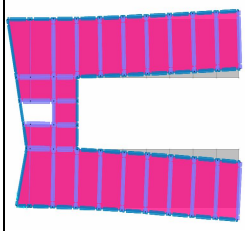
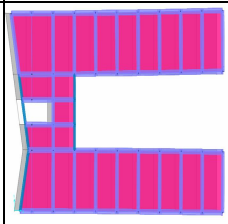
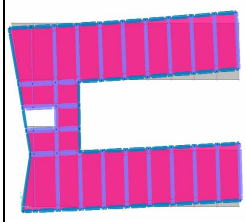
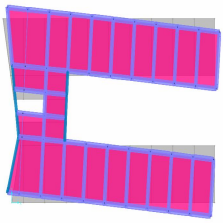
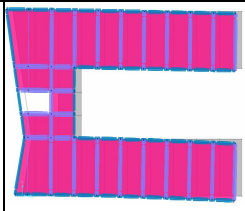
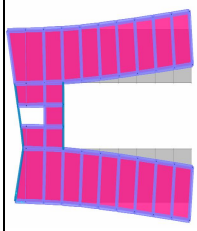
Tablo 3. Serbest titreşim analizi sonuçları.

			Modal kütle katlım oranları					
Mod türleri	**Mod no**	**Period (sn)**	**UX**	**UY**	**UZ**	**RX**	**RY**	**RZ**
			A blok (kesişim böl. Tanımlı)					
Y doğ. ötelenme ve burulma	1	0.2829	0.0004	0.6829	0.0000	0.1718	0.0000	0.2218
Burulma	2	0.2230	0.0155	0.0227	0.0000	0.0063	0.0015	0.3827
Burulma	3	0.2062	0.0042	0.0006	0.0000	0.0002	0.0005	0.0170
X doğ. ötelenme ve burulma	4	0.1610	0.7457	0.0001	0.0000	0.0000	0.0923	0.1136
			A blok (kesişim böl. Tanımsız)					
Y doğ. ötelenme ve burulma	1	0.4629	0.0000	0.7809	0.0000	0.1778	0.0000	0.3340
Burulma	2	0.3684	0.0004	0.0033	0.0000	0.0008	0.0000	0.2991
X doğ. ötelenme ve burulma	3	0.2828	0.7869	0.0000	0.0000	0.0000	0.0887	0.1529
X doğ. Ötelenme ve burulma	4	0.2740	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0011	0.0021

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Tablo 5'de kesişim bölgesi tanımlanıp tanımlanmamasına göre 6.7 büyüklüğünde tek ve 6.7 ile 5.6 büyüklüğündeki sıralı depremler altında A bloktaki plastikleşen kolon ve kirişlerin oranları verilmektedir. Şekil 6'da A bloğa ait mafsallaşma durumu gösterilmektedir.

Tablo 4. İlk dört periyot için mod şekilleri.

A Blok (kesişim böl. tanımlı)	A Blok (kesişim böl. tanımsız)	A Blok (kesişim böl. tanımlı)	A Blok (kesişim böl. tanımsız)
			
T= 0.2829 sn	T= 0.4629 sn	T= 0.2062 sn	T= 0.2828 sn
			
T= 0.2230 sn	T= 0.3684 sn	T= 0.1610 sn	T= 0.2740 sn

Tablo 5. Kesişim bölgesi tanımlanıp tanımlanmamasına göre A bloktaki plastikleşen kolon ve kirişlerin oranı.

	Mg=6.7							
	Plastikleşen Kolon (%)						Plastikleşen Kiriş (%)	
	Kesişim bölg. Tanımlı			Kesişim bölg. tanımsız			Kesişim bölg. tanımlı	Kesişim bölg. tanımsız
	Göç. Önc.	Göçme Sonrası	Toplam	Göç. Önc.	Göçme Sonrası	Toplam	Toplam	Toplam
1. Kat	33	0	33	0	50	50	4.5	82
Zemin kat	1	49	50	1	49	50	16	75
Bodrum kat	9	41	50	0	50	50	12	53
	Mg=6.7 ve 5.6							
	Plastikleşen Kolon (%)						Plastikleşen Kiriş (%)	
	Kesişim bölg. tanımlı			Kesişim bölg. tanımsız			Kesişim bölg. tanımlı	Kesişim bölg. tanımsız
	Göç. Önc.	Göçme Sonrası	Toplam	Göç. Önc.	Göçme Sonrası	Toplam	Toplam	Toplam
1. Kat	75	0	75	25	75	100	6.7	98
Zemin kat	1	99	100	1	99	100	43	81
Bodrum kat	60	39	99	0	100	100	34	66

Tablo 5'e bakıldığında A blok da tek ve sıralı depremler altında kesişim bölgesi tanımlı durumda plastikleşen kolon oranı göçme öncesi ve göçme sonrasının toplamı olarak sadece birinci katta yaklaşık % 30 civarında azalmaktadır. Plastikleşen kiriş oranında ise

her katta oldukça fazla azalma vardır. Kolonlarda plastikleşme durumu göçme öncesi ve göçme sonrası olarak ayrı ayrı incelendiğinde kesişim bölgesi tanımlaması bodrum katta toplam plastikleşme oranı aynı olmasına rağmen göçme öncesi plastikleşme oranının artmasına neden olmaktadır. Öyle ki, tek deprem altında göçme öncesi plastikleşme toplamın yaklaşık % 20'si iken sıralı deprem altında % 60 civarındadır. Zemin katta plastikleşme oranının toplamının nerdeyse tamamının göçme sonrası olduğu görülmekte ve oransal olarak bir değişiklik olmamaktadır. Birinci katta ise plastikleşmede azalmanın tamamının göçme öncesinde oranın artmasından ve göçme sonrasındaki oranın sıfırlanmasından oluşmaktadır. Dolayısı ile kesişim bölgesi tanımlamanın kolonların plastikleşme derecesini zemin katta değiştirmez iken diğer katlarda azalttığı; kirişlerde ise tüm katlarda azalttığı görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada kesişim bölgesi tanımlamanın etkisi araştırılmaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda mümkün olduğunca genellenerek sunulmaktadır.

Statik analiz ve mod birleştirme ile dinamik analizden elde edilen kuvvetlerin içerildiği yük kombinasyonları altında en elverişsiz kesit etkilerinin her katta değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlara göre A blok kolon kapasiteleri açısından daha elverişsiz kesit etkileri nedeniyle gevrek bir davranış yönünde zorlandığı anlaşılmaktadır.

Statik analiz ve mod birleştirme ile dinamik analizden elde edilen sonuçlara göre kesişim bölgesi tanımlamanın yerdeğiştirmeleri azalttığı görülmektedir.

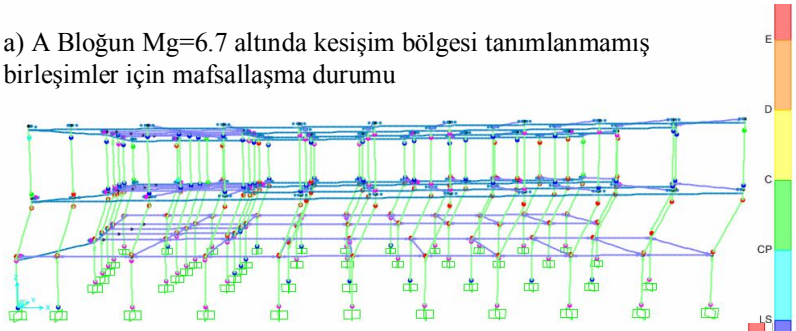
Serbest titreşim analizinde kesişim bölgesi tanımlamanın yapıların periyotlarını azalttığından daha rijit bir davranış ortaya çıkartmakta ve burulma gibi elverişsiz olan modların daha yüksek periyotlara taşınmasına neden olmaktadır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analizde kesişim bölgesi tanımlaması ile plastikleşme dereceleri genel olarak kolonlarda azalmaktadır.

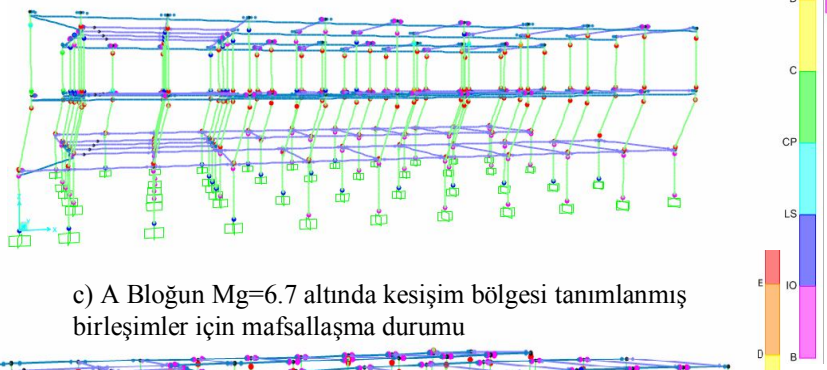
Van Gar Binası A Bloğunun kesişim bölgesi tanımlamasıyla doğrusal olarak gerçekleştirilen statik analiz ve mod birleştirme ile dinamik analizden elde edilen kuvvetlerin içerildiği yük kombinasyonları altında kesit etkilerinin daha elverişsiz oluşması nedeniyle kapasiteleri açısından daha fazla zorlanacağı yani daha fazla plastik mafsal oluşacağı izlenimi doğrusal olmayan analiz sonucunda plastikleşmenin genel olarak kolonlarda azalmış olmasına rağmen oransal olarak oldukça fazla plastikleşen eleman oluşmasıyla birlikte doğrulanmaktadır.

Sonuç olarak kesişim bölgesi tanımlaması modellemede her analiz türünde önemli sayılabilecek farklılıklara neden olmaktadır.

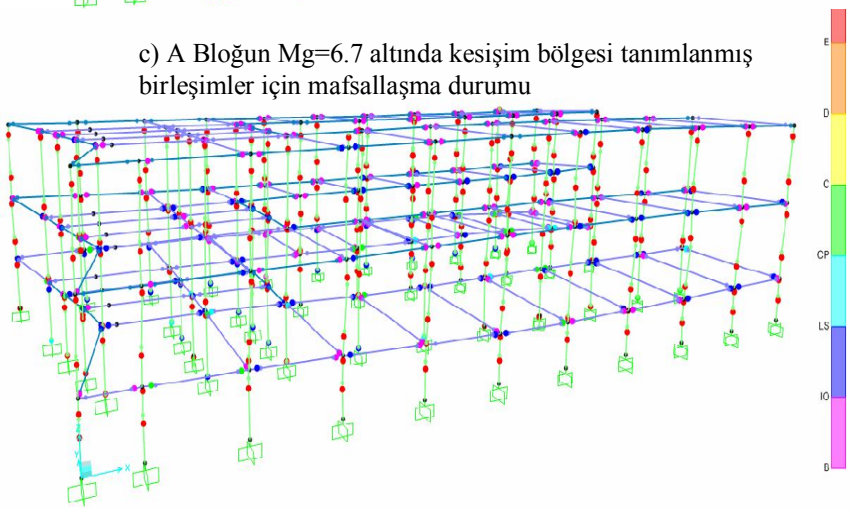
a) A Bloğun Mg=6.7 altında kesişim bölgesi tanımlanmamış birleşimler için mafsallaşma durumu



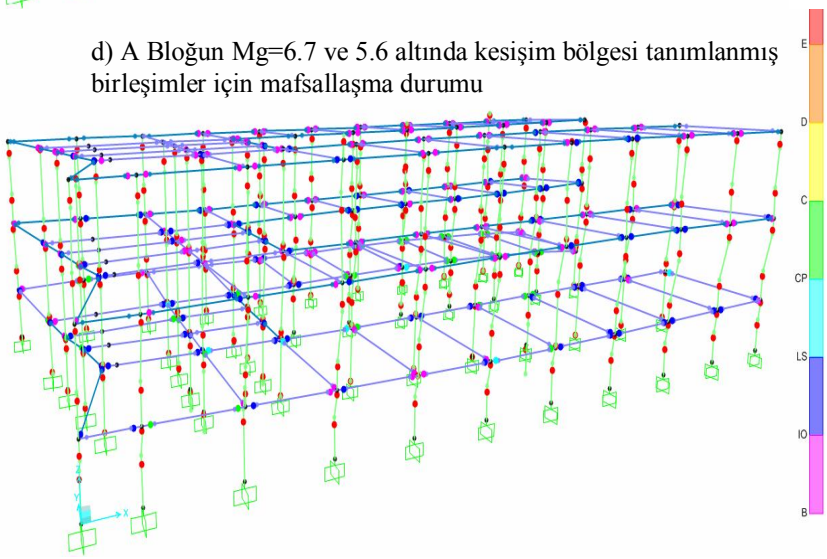
b) A Bloğun Mg=6.7 ve 5.6 altında kesişim bölgesi tanımlanmamış birleşimler için mafsallaşma durumu



c) A Bloğun Mg=6.7 altında kesişim bölgesi tanımlanmış birleşimler için mafsallaşma durumu



d) A Bloğun Mg=6.7 ve 5.6 altında kesişim bölgesi tanımlanmış birleşimler için mafsallaşma durumu



Şekil 6. A bloğunun mafsallaşma durumu.

Kaynaklar

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı, (2011), "23 Ekim 2011 Van Depremlerinin Kuvvetli Yer Hareketi Kayıtlarının Değerlendirilmesi", ÇEKEN, U., KURU, T., APAK, A., KÖKBUDAK, D., TEPEUĞUR, E., ALBAYRAK, H., ÖZSARAÇ, V., SEZER, S., ŞAHİN, C., Ankara, www.deprem.gov.tr.

DBYBHY., (2007), Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Yayın No:İMO/10/01.

Foley CM, Vinnakota S., (1999), Inelastic behavior of multistory partially restrained steel frames, Part II. Journal of Structural Engineering, Vol. 125, No: 8, pp. 862–869.

Khudada AE, Geschwindner LF. (1997), Nonlinear dynamic analysis of steel frames by modal superposition. Journal of Structural Engineering, Vol. 123, No: 11, pp. 1519–1527.

SAP2000, (2009), Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.

Wong, K. K. F. and Wang, Z., (2007), "Seismic analysis of inelastic moment-resisting frames Part I: Modified force analogy method for end offsets." The Structural Design of Tall and Special Buildings, Vol.16, No:3, pp. 267-282.

Wong, K. K. F., (2012), "Nonlinear Modal Analysis of Structures with Rigid-End Offsets", 20th Analysis & Computation Specialty Conference, ASCE.

Tsai KC, Wu S, Popov EP. (1995), Experimental performance of seismic steel beam–column moment joints. Journal of Structural Engineering, Vol. 121, No: 6, pp. 925–931.