

KİSMİ BAĞLANTILI PREFABRİK YAPILARIN SİSMİK DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

Fezayil SUNCA¹, Mehmet AKKÖSE²

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, fsunca@cumhuriyet.edu.tr

²İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon akkose@ktu.edu.tr

ÖZET

Prefabrik yapılar ayrı elemanların birleşiminden meydana gelmektedir. Bu yapıların analizleri çoğu zaman ayrı elemanların birleştiği düğüm noktalarına mafsallık tanımlanarak gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, prefabrik yapı elemanların civatalı birleşimlerle inşa edildiği düşünüldüğünde mafsallık birleşim kabulü yerine kısmi bağlı birleşim kabulü daha gerçekçi bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, düğüm noktaları kısmi bağlı elemanlardan oluşan prefabrik bir yapı incelenmiştir. Civatalı birleşimler için çeşitli bağlılık oranları dikkate alınarak prefabrik yapının sismik analizi SAP2000 programında gerçekleştirilmiştir. Analizler neticesinde bazı elemanlarda elde edilen moment, kesme kuvveti, normal kuvvet değerleri ve yerdeğiştirmeler detaylı olarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler; Prefabrik yapılar, Mafsallık birleşimler, SAP2000.

INVESTIGATION OF SEISMIC RESPONSE OF SEMI-RIGID CONNECTED PREFABRICATED STRUCTURES

ABSTRACT

Prefabricated structures are constituted by connecting separated members. Analyses of these structures are usually performed defining hinges for the connection of separated members at the nodal points. However, the assumption of semi-rigid connection instead of hinge connection is a more realistic approach for bolted connection used in the combination of prefabricated elements. In this study, a prefabricated structure is investigated. The elements of the prefabricated structure are connected at the nodal points as partially fixed. Seismic analysis of the prefabricated structure is performed with SAP2000 software by considering various partial fixity rate for bolted connections. As result of analyses, values of moments, shear forces, axial forces for some elements and displacements are presented in detail.

Keywords; Prefabricated structures, Hinged joints, SAP2000.

1.GİRİŞ

Bir yapıyı oluşturan belli başlı parçaların, tümünün veya bir bölümünün önce fabrikada üretilip daha sonra inşa sahasına getirilerek birleştirilmesini öngören yapım tekniğine prefabrikasyon denilmektedir. Prefabrik yapılar ülkemizde 1960'lı yılların sonunda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve daha çok sanayi yapıları için tercih edilmiştir. Prefabrik yapı elemanlarının düğüm noktalarında mafsallık olarak bağlı olduğu kabul edilmektedir. Ancak, bu elemanların birleşimi civatalı olduğundan tam mafsallık olamadıkları gibi rijit olarak da teşkil edilemezler. Bu sebeple prefabrik yapıların, hem tasarımı yapılırken hem de deprem sırasındaki davranışı incelenirken birleşim noktalarında uygun bağlılık oranları seçilmelidir.

Prefabrik yapılar gibi ayrı elemanlardan oluşan yapıların birleşim noktaları üzerinde geçmiş yıllarda bazı çalışmalar yapılmıştır (Abdalla ve Chen 1995, Kim ve Chen 1998, Sekulovic vd. 2002, Kartal 2010, Apostolska vd. 2012). Bu çalışmalara ek olarak çelik kiriş-kolon, kolon-temel birleşimlerinin kısmi bağlılıkları üzerinde de

International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015)

Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu

7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

<http://ees2015.mehmetakif.edu.tr> – <http://ees2015.maku.edu.tr>

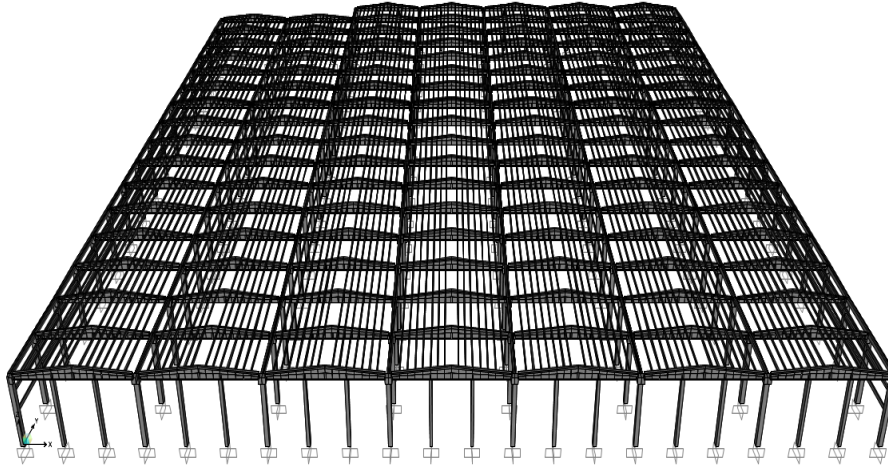
bazı çalışmalar yapılmıştır. (Değertekin ve Hayalioğlu 2004, Öztürk ve Çatal 2005, Türker vd. 2009, Nquyen ve Kim 2014). Ayrıca çelik yapıların birleşim noktalarına dikkat çekmek için AISC (1989) ve Eurocode 3 (1992) gibi yönetmeliklerde elemanların birleşiminde rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak üç tip birleşim türü tanımlanmıştır.

Bu çalışmada, düğüm noktaları kısmi bağlı elemanlardan oluşan prefabrik bir yapı incelenmiştir. Civatalı birleşimler için çeşitli bağlılık oranları dikkate alınarak prefabrik yapının sismik analizi, SAP2000 programında gerçekleştirilmiştir. Analizler neticesinde bazı elemanlarda elde edilen moment, kesme kuvveti, normal kuvvet değerleri ve yer değiştirmeler detaylı olarak verilmiştir.

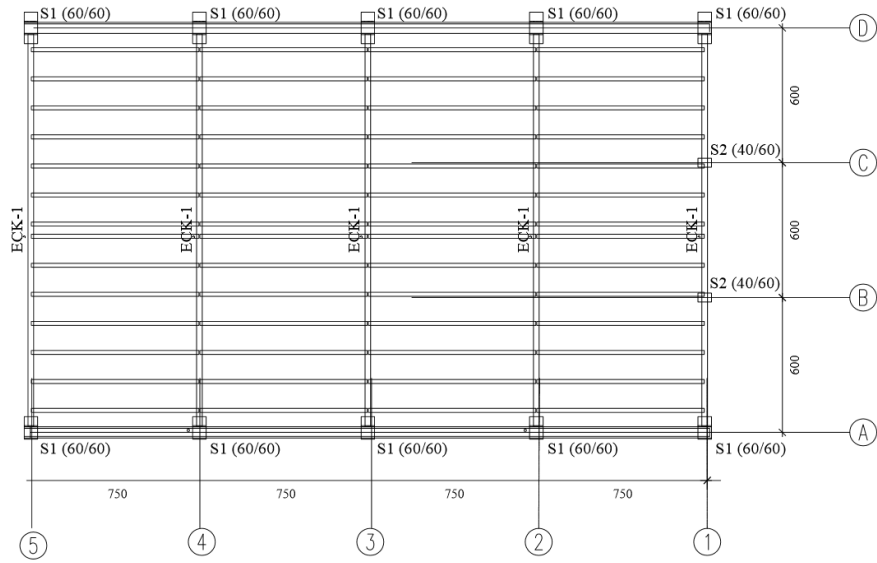
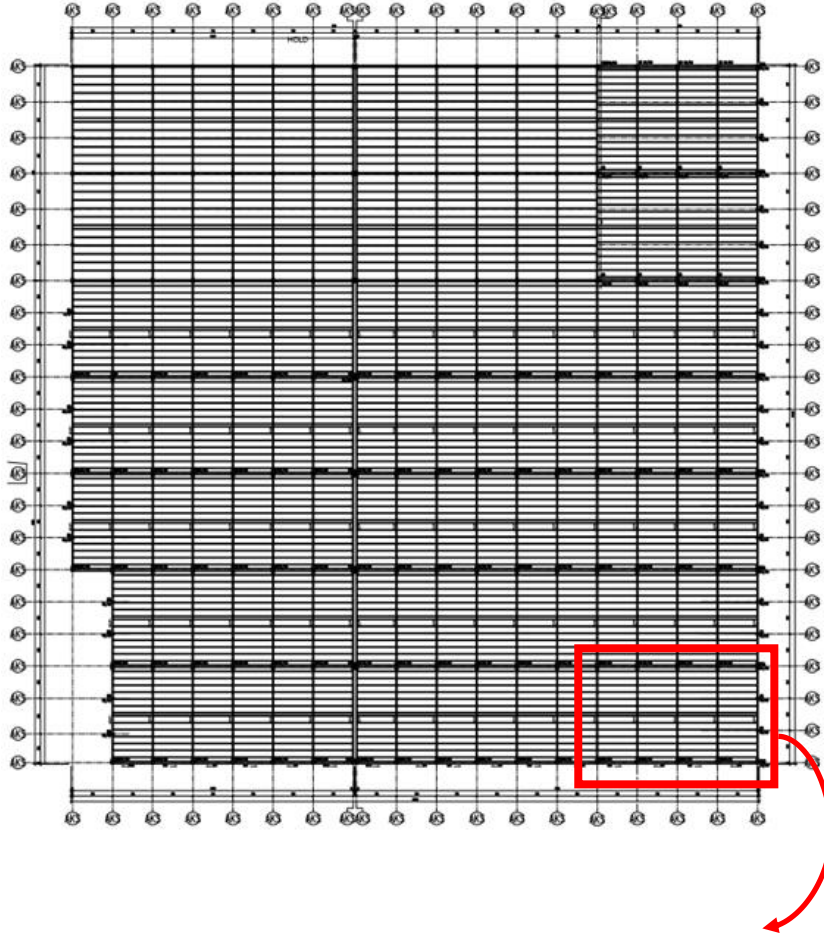
2. SAYISAL UYGULAMA

Bu çalışmada uygulama amacıyla Sivas'ta inşa edilen mevcut bir prefabrik betonarme sanayi yapısı seçilmiştir. Yapı X doğrultusunda 128.1m, Y doğrultusunda ise 126 m uzunluğunda olup kolon yükseklikleri 9.20m'dir. Yapının uygulama modeli Şekil 1'de, montaj planı Şekil 2'de sunulmuştur. Yapıda kullanılan kolon boyutları 60x60 cm ve 40x60 cm olup kolon en kesitleri Şekil 3'de detaylı olarak verilmiştir. Yapı X doğrultusunda 18m uzunluğunda 5, 20m uzunluğunda 2 adet açıklığa sahiptir ve Y doğrultusunda her biri 7.5m uzunluğunda 17 adet açıklık kirişinden oluşmaktadır. Yapının prefabrike çatı kirişleri, kolonlar üzerindeki guselere oturtulmuştur. Çatı makasları ve diğer elemanların birleşim bölgelerinde çeşitlikismi bağlılık oranları dikkate alınmıştır. 2. derece deprem bölgesinde bulunan yapı Z3 yerel zemin sınıfı üzerinde inşa edilmiştir. Yapı önem katsayısı I=1 alınmıştır. DBYBHY (2007)'e göre uygulama amacıyla seçilen yapıda deprem yüklerinin tamamının üstteki bağlantıları mafsallı olan kolonlar tarafından taşınması ve tek katlı bir yapı olması nedeniyle süneklik düzeyi yüksek olup taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) 3 alınmıştır. Yapıda kullanılan beton sınıfı C35, donatı çeliği sınıfı ise S420'dir.

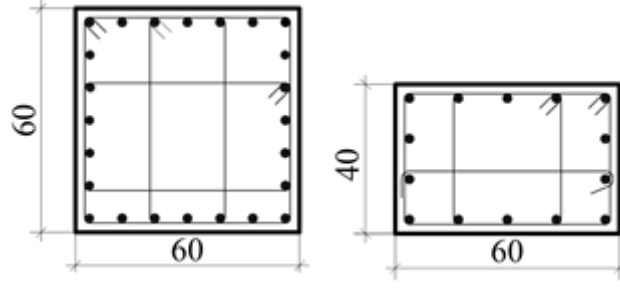
Analizlerde betonun birim hacim ağırlığı 25kN/m^3 , Poisson oranı $\nu=0.20$ alınmıştır. Yapının çatı örtüsünde kullanılan malzeme dikkate alınarak hesaplanan 1.87 kN/m^2 lik kaplama yükü ilgili aşık kirişlerine aktarılmıştır.



Şekil 1. Prefabrik Yapının 3 Boyutlu Görünüşü



Şekil 2. Prefabrik Yapının Montaj Planı



S1 Kolonu 60x60
Donatı: 24Φ20

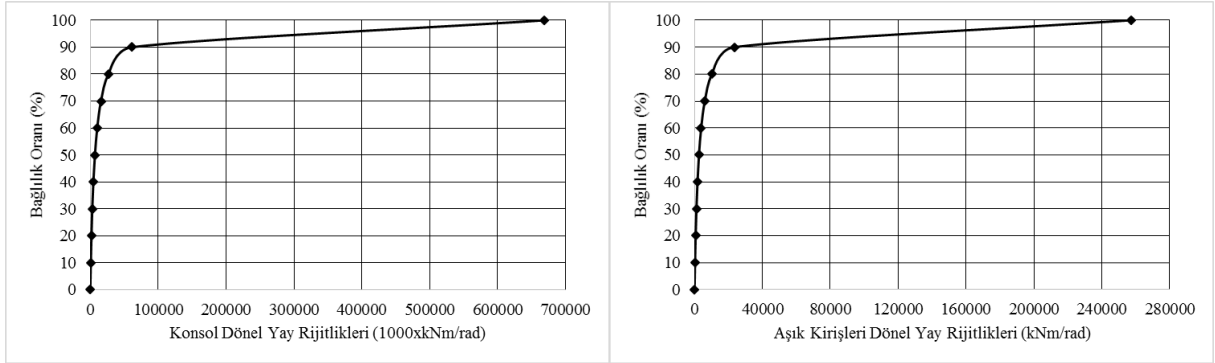
S2 Kolonu 40x60
Donatı: 14Φ16

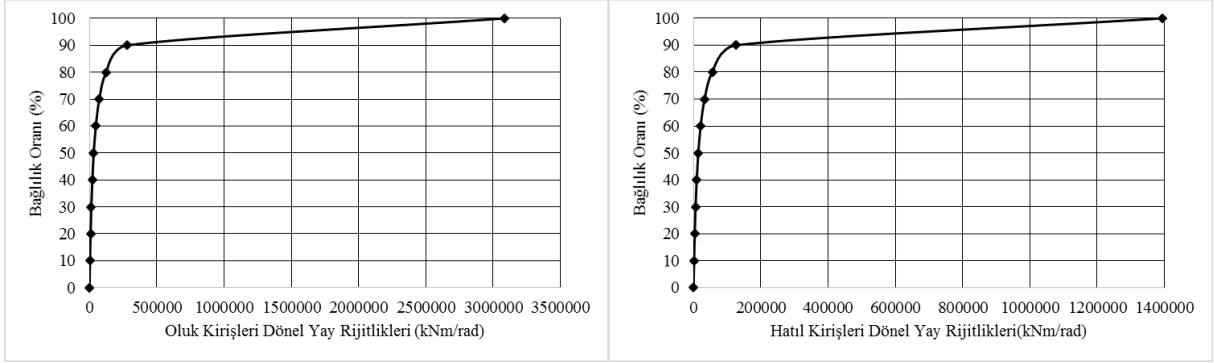
Şekil 3. Yapıda Kullanılan Kolon Kesitleri

Prefabrik yapı elemanlarının bağıllık oranlarının hesabında, Monforton ve Wu (1963), Sekulovic ve Salatic (2001) tarafından tarif edilen dönel yay rijitlikleri ile kesitin bağıllık oranının yüzde cinsinden karşılığını veren aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır.

$$k_{i,j} = \frac{3EI_{i,j}}{(1 - v_{i,j})L} \quad (1)$$

Burada, $v_{i,j}$ dikkate alınan elemanın her iki ucundaki bağıllık oranı, $k_{i,j}$ elemanın her iki ucundaki dönel yay rijitliği, L eleman uzunluğu, E elastisite modülü, I kesitin atalet momentini ifade etmektedir. Her bir bağıllık oranı için konsollarda, aşıklarda, oluk kirişlerinde ve hatlı kirişlerinde elde edilen dönel yay rijitlikleri Şekil 4. de verilmiştir.





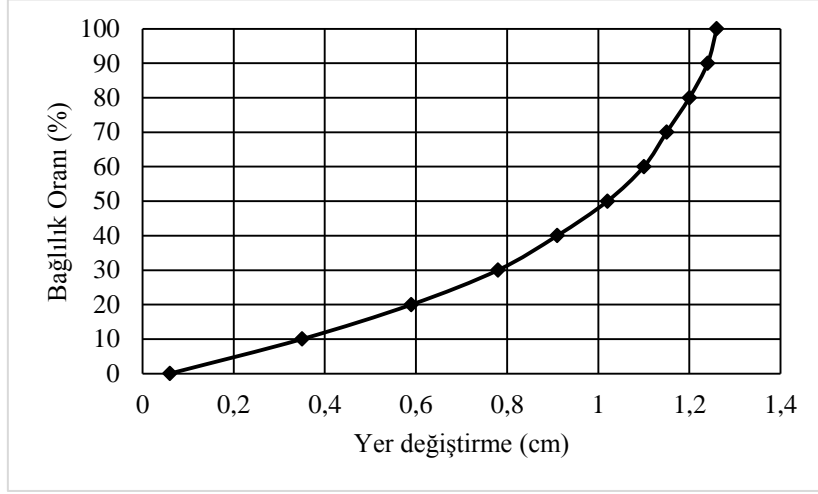
Şekil 4. Yapı Elemanları İçin Elde Edilen Dönel Yay Rijitlikleri

(1) bağıntısından yararlanılarak her bir kısmi bağıllık oranı için prefabrik yapının modal analiz sonucunda elde edilen periyot değerleri Tablo 1 de verilmiştir.

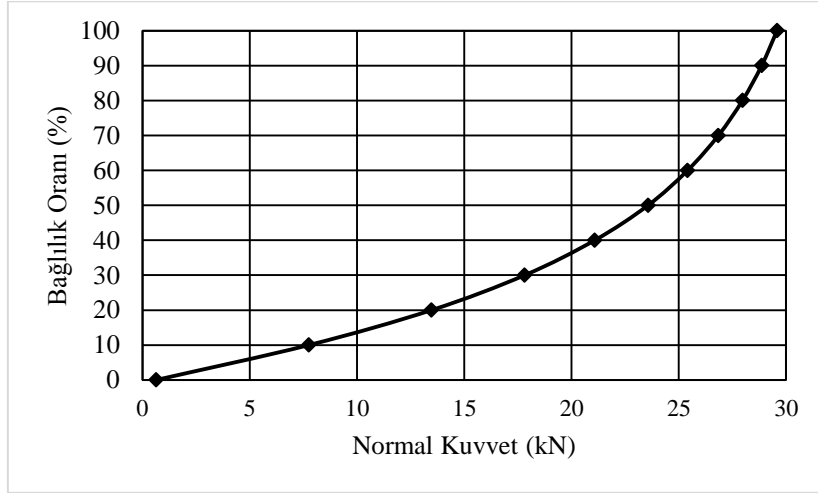
Tablo 1. Prefabrik Yapı Elemanlarındaki Kısmi Bağıllık Oranları İçin Elde Edilen Periyot Değerleri

Bağıllık Oranı (%)	T ₁ (sn)	T ₂ (sn)	T ₃ (sn)	T ₄ (sn)	T ₅ (sn)	T ₆ (sn)
0 (Tam Mafsallı)	1.158	1.138	1.111	1.078	1.041	1.008
10	0.859	0.842	0.817	0.784	0.742	0.700
20	0.808	0.791	0.766	0.733	0.694	0.654
30	0.772	0.754	0.730	0.697	0.659	0.620
40	0.743	0.726	0.701	0.669	0.632	0.595
50	0.719	0.701	0.676	0.644	0.607	0.571
60	0.698	0.681	0.657	0.626	0.590	0.565
70	0.680	0.663	0.639	0.608	0.573	0.565
80	0.663	0.646	0.622	0.592	0.564	0.558
90	0.647	0.630	0.607	0.577	0.564	0.555
100 (Rijit)	0.631	0.615	0.591	0.563	0.562	0.554

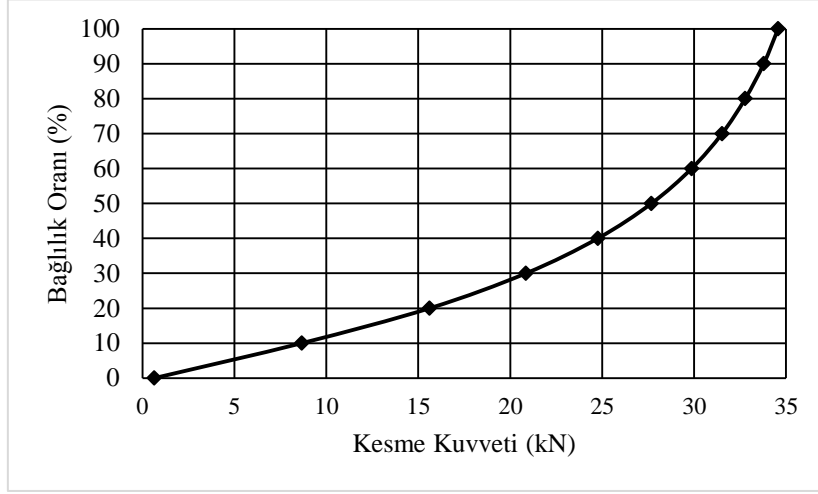
Farklı bağıllık oranlarına sahip prefabrik yapıda, X doğrultusu için mod birleştirme yöntemiyle S1A kolonunun (Şekil 2) üst kotunda meydana gelen maksimum yer değiştirme değerleri Şekil 5'de, aynı kolonda oluşan maksimum normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment değerleri ise Şekil 6-8' verilmiştir. S1A kolonu için Şekil 5-8'de verilen yer değiştirme ve iç kuvvet değerleri incelendiğinde, prefabrik yapı elemanlarının bağıllık oranı arttıkça yer değiştirme ve iç kuvvet değerlerinin de arttığı görülmüştür. Yapı elemanların rijit olarak bağlı olduğu durumda elde edilen yer değiştirme değeri, elemanların tam mafsallı olarak bağlı olduğu durumdaki elde edilen yer değiştirme değerlerinin 21 katı olduğu görülmektedir. Benzer şekilde normal kuvvet, kesme kuvveti ve moment değerleri de sırasıyla 46, 54, 29 kat artmıştır.



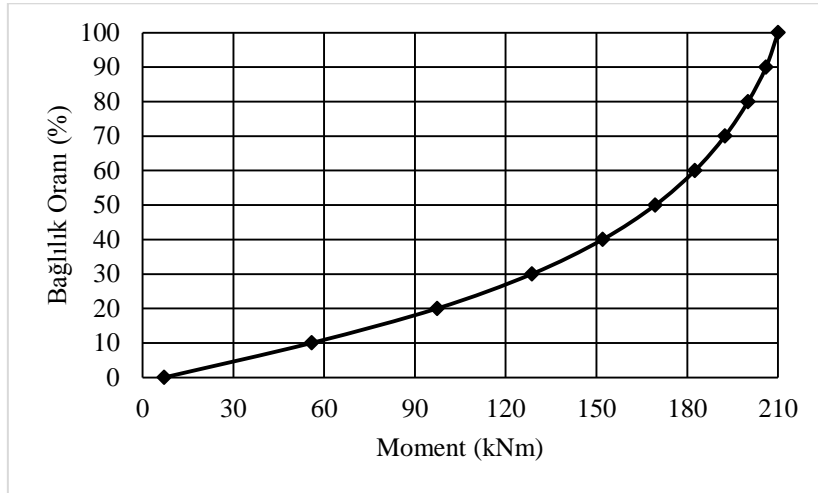
şekil 5. S1A Kolonunun Üst Ucunda Meydana Gelen Yer değiştirmeler



şekil 6. S1A Kolonunda Meydana Gelen Normal Kuvvetler

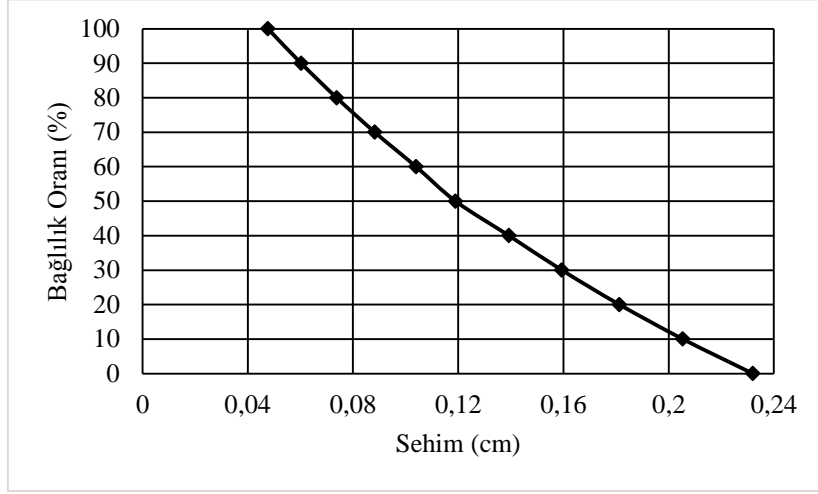


Şekil 7. S1A Kolonunda Meydana Gelen Kesme Kuvvetleri

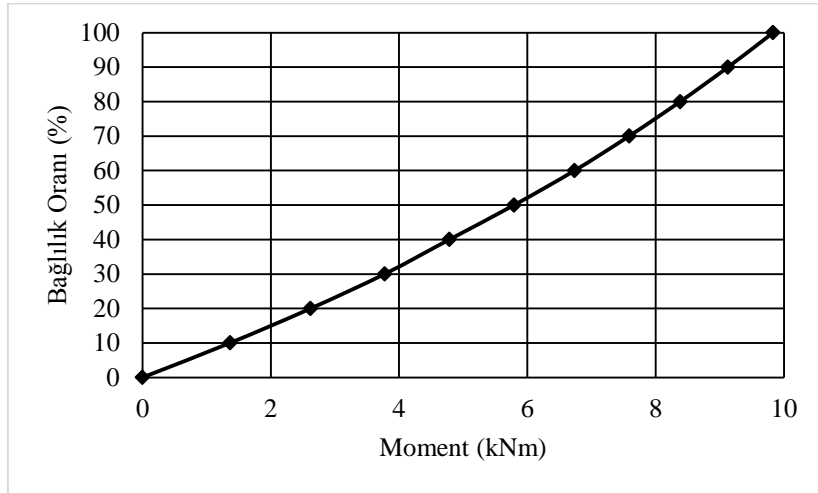


Şekil 8. S1A Kolonunda Meydana Gelen Momentler

1A ve 2A kolonları arasında bulunan hatıl kirişinde her bir bağlılık oranı için, ölü yükler sebebiyle oluşan yer değiştirme ve mesnet momenti değerleri Şekil 9-10'da verilmiştir. Hatıl kirişi için verilen sehim ve mesnet momenti değerleri incelendiğinde, prefabrik yapı elemanlarının bağlılık oranı arttıkça meydana gelen sehim azalırken mesnet momentlerinin arttığı görülmüştür. Yapıdaki elemanların mafsallı olarak bağlı olduğu durumda elde edilen sehim değeri, elemanların rijit olarak bağlı olduğu durumda elde edilen sehim değerlerinin 5 katı olduğu görülmektedir.

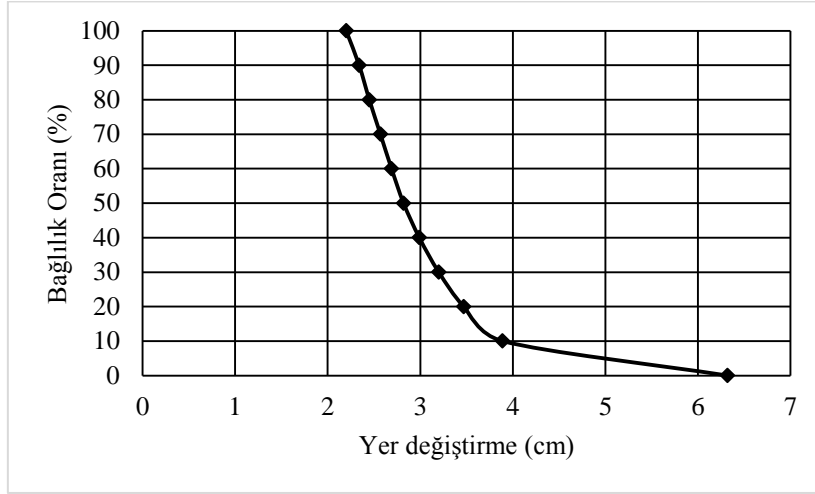


Şekil 9. Hatıl Kirişinde Meydana Maksimum Sehimler



Şekil 10. Hatıl Kirişinde Meydana Mesnet Momentleri

Farklı bağlılık oranlarına sahip prefabrik yapıda, Y doğrultusu için mod birleştirme yöntemiyle, 1A ve 5A aksları arasında bulunan çatı makasında meydana gelen yer değiştirmeler Şekil 11’de verilmiştir. Şekil 11 incelendiğinde yapı elemanlarındaki bağlılık oranı arttıkça çatı makasında meydana gelen yer değiştirmeler azalmıştır. Tam mafsalı birleşim teşkil edilmesi durumunda elde edilen yer değiştirme değeri, rijit birleşim olması durumunda elde edilen yer değiştirme değerinin yaklaşık 2,9 katı olduğu görülmektedir.



şekil 11. atı Kirişinde Meydana Maksimum Yer değiştirmeler

3. SONUÇ

Gerçekleştirilen analizler neticesinde söylenebilir ki; prefabrik yapı elemanlarının tam mafsallı birleşim olarak teşkil edilmesi durumunda elde edilen yer değiştirme ve iç kuvvet değerleri ile birleşim noktalarında kısmi bağlılıkların göz önüne alınması durumunda elde edilen yer değiştirme ve iç kuvvet değerleri arasında oldukça büyük farklılıkların olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abdalla, K., Chen, W.F. 1995. Expanded Database of Semi-Rigid Steel Connections. *Computer and Structures*, Vol. 56, No. 4, 553-564.
- AISC, 1989. American Institute of Steel Construction, Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design, Chicago.
- Apostolska, R., Necevskaja-Cvetanosvka, G., Bojadzeiev, J., Fischinger, M., Isakovic, T., Kramar, M. 2012. Analytical Investigations of Beam-Column Connections in Precast Building under Seismic Loads. 15 th World Conference on Earthquake Engineering.
- DBYBHY, 2007. Deprem Blgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Ynetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 06.03.2007, Resmi Gazete Sayısı: 26454, Ankara, Türkiye.
- Değertekin, S.O., Hayalioğlu, M.S. 2004. Design of Non-linear Semi-Rigid Steel Frames with Semi-Rigid Column Bases. *Electronic Journal of Structural Engineering*, Vol. 4. 1-16.
- Eurocode 3, 1992. Design of Steel Structures. Part I: General Rules and Rules of Buildings, Comite Europeen de Normalisation (CEN) Brussels, Belgium.
- Kartal, M.E., 2004. Dğm Noktalarındaki Kısmi Bağlılığın Kafes ve Prefabrik Yapı Davranışına Etkisi. Yksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Türkiye.
- Kartal, M.E., Başağa, H.B., Bayraktar, A., Muvafık M., 2010. Effects of Semi-Rigid Connection on Structural Responses. *Electronic Journal of Structural Engineering*, Vol. 10, No. 10, 22-35.
- Kim, Y., Chen, W.F. 1998. Practical Analysis for Partially Restrained Frame Design. *Journal of Structural Engineering*, - ASCE, Vol. 124, No. 7, 736-749.
- Monforton, G.R., Wu, T.S. 1963. Matrix Analysis of Semi-Rigidly Connected Frames. *Journal of Structural Division ASCE*, Vol. 89, ST6, 13-42.
- Nquyen, P., Kim, S., 2014. Nonlinear Inelastic Time-History Analysis of Three-Dimensional Semi-Rigid Steel Frames. *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 101, 192-206.

- Öztürk. A.U., Çatal H.H., 2005. Dynamic Analysis of Semi-Rigid Frames. *Mathematical and Computational Applications*, Vol. 10, No.1, 1-8.
- SAP2000, 2011. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.
- Sekulovic, M., Salatic, R. 2001. Nonlinear Analyses of Frames with Flexible Connections. *Computers and Structures*, Vol. 79, 1097-1107.
- Sekulovic, M., Salatic, R., Nefovska, M. 2002. Dynamic Analysis of Steel Frames with Flexible Connections. *Computers and Structures*, Vol. 80, No. 11, 935-955.
- Türker. T., Kartal, M.E., Bayraktar, A., Muvafik, M. 2009. Assesment of Semi-Rigid Connections in Steel Structures by Modal Testing. *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 65, 1538-1547.