

## Farklı Taşıyıcı Sistemlerdeki Yapılarda Malzeme Dayanımın Yapı Performansına Etkisi

Ercan IŞIK<sup>\*1</sup>, Ömer Yamaç<sup>2</sup>, Mehmet Sait ERÇEK<sup>3</sup>, İsmail YAMAÇ<sup>4</sup>

Bitlis Eren Üniversitesi

(Alınış / Received: 23.07.2016, Kabul / Accepted: 21.03.2017, Online Yayınlanma / Published Online: 21.04.2017)

### Anahtar Kelimeler

Beton  
Çelik  
Betonarme  
Taşıyıcı sistem  
Periyot  
Malzeme Dayanım

**Öz:** Bu çalışmada, betonarme bir yapı için aynı kat planlı üç farklı taşıyıcı sistem seçilmiştir. Salt çerçeve, bodrum kat duvarlarının betonarme perde olması ve betonarme çerçeve+kısmen betonarme perde olması durumları değişken olarak seçilmiştir. Her bir betonarme taşıyıcı sistem için çelik ve beton sınıflarının değişiminin yapı performansına etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla C16, C20, C25, C30, C35, C40 ve C50 beton sınıfları değişken olmakla beraber çelik sınıfı S220 ve S420 olarak seçilmiştir. Tüm değişkenler kullanılarak her bir malzeme sınıfı için yapı taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirme ve yapı periyotları elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Taşıyıcı sistem rijitliği ve malzemenin dayanımı arttıkça yapı periyodu azalırken, taban kesme kuvveti artmıştır.

## The Effects of Material Strength on Structural Performance of Different Structural Systems

### Keywords

Concrete  
Steel  
RC  
Structural System  
Period  
Material  
Strength

**Abstract:** In this study, three different structural systems with the same floor plan was chosen for a reinforced concrete structure. Pure frame is selected as variables in case of the reinforced concrete wall of the basement walls and reinforced concrete frame + partially reinforced concrete wall. The impact of the structure performance class of steel and concrete variation has tried to reveal for each concrete structural system. For this purpose, along with the S220 and S420 steel grade, variable concrete classes such as C16, C20, C25, C30, C35, C40 and C50 has been selected. By using all variables, base shear force of structure, peak displacement and construction periods were obtained for each class of materials and the results were compared. When load-bearing system rigidity and material strength increases; while the construction period is reducing, the base shear force increases.

### 1. Giriş

Yeterli rijitlik, dayanım ve süneklik deprem etkisindeki betonarme binalarda tasarımda dikkate alınan ilkelerin başında gelmektedir. Depremlerden sonra betonarme türü yapılarda hasar öncelikle malzeme dayanımı ile ilişkilendirilmektedir. Malzeme dayanımı arttıkça yapının rijitliği artmaktadır [1]. Betonarme binalarda yapısal hasar meydana getiren başlıca neden depremdir. Geçmiş yıllarda meydana gelen depremler bu tür yapıların, orta veya şiddetli bir deprem sonrasında birçok nedene bağlı olarak hasara uğradığını göstermiştir. Tasarım ve yapım sırasında gereken özen gösterilmemiş binaların hasar görme olasılığı depremin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir [2].

İnşaat mühendisi, herhangi bir yapıda yeterli rijitlik, dayanım ve sünelik sağlamak üzere yapıyı tasarlarken genel anlamda üç ana faktörü dikkate almaktadır. Yapıya etki eden yükler, yapıyı meydana getiren malzeme özellikleri ve bu malzemeden elde edilmiş kesit özellikleri kullanılacak üç ana faktördür. Aynı zamanda, bu ana faktörlerin alt başlıkları ve bu başlıklara denk gelecek parametre değerleri de yapı tasarımında kullanılmaktadır.

Herhangi bir yapı ile ilgili hesaplamaları yaparken dikkate alınan faktörlerden biri kullanılacak malzemenin dayanımıdır. Malzemenin dayanımı özellikle malzeme sınır değerlerinin aşılmaması ile doğru orantılıdır. Her bir yapı malzemesinin yük altındaki gerilme-şekil değiştirme ilişkisi farklı farklıdır. Çelik çekmeye çalışırken beton basınca çalışır.

Ülkemizde bina türü yapılarda yaygın olarak betonarme kullanılmaktadır. Betonarme, beton ile çeliğin birlikte kullanılması sonucu elde edilmektedir. Betonarmenin istenilen düzeyde dayanım sağlaması için birçok parametre etkilidir. Ayrıca farklı iki yapı malzemesinin birleşmesi ile edilen betonarmede malzeme dayanımlarının doğru tespit edilmesi, yapının yük altındaki davranışına doğrudan etki etmektedir.

Bu çalışmada, üç farklı betonarme yapı taşıyıcı sistem türü seçilmiştir. Yapının sadece betonarme çerçeve, sadece bodrum katının betonarme perdelerden oluşması ve yapının betonarme perde +betonarme çerçeveden oluşması durumları için hesaplamalar yapılmıştır.

Yapılan çalışma ile farklı beton ve çelik sınıfları kullanılarak betonarme yapıyı meydana getiren malzemelerin yapı performansını nasıl ve ne kadar etkilediği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken örnek bir yapı seçilmiş ve bu yapının taşıyıcı sistemi üç farklı şekilde seçilerek sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplamalarda C16, C20, C25, C30, C35, C40 ve C50 beton sınıfları ile S220 ve S420 çelik sınıfları değişken olarak seçilerek hesaplamalar yapılmıştır. Her bir taşıyıcı sistem için malzeme değerlerinin değişimi ile yapı taban kesme kuvveti, tepe yer değiştirme ve periyotları elde edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

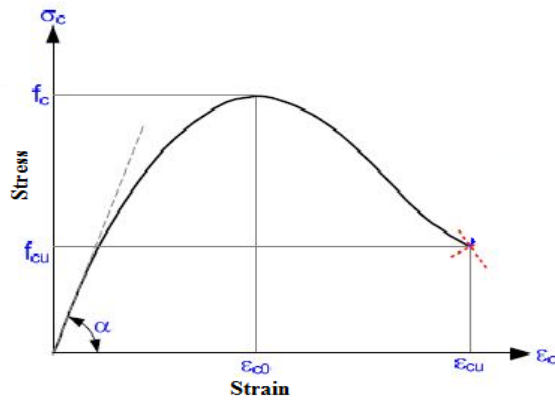
### 2.1. Beton

İnşaat mühendisinden beklenen yapının yeterli güvenlik seviyesini sağlayarak ekonomik olmasıdır. Beton ve betonarme türü yapılarda beton dayanımı hem güvenliği hem de maliyeti doğrudan etkilemektedir. Beton dayanımının yapısal analizlerde etken faktörlerden olduğu bilinmektedir. Beton ve betonarme türü yapılarda beton dayanımı yapısal analizleri doğrudan etkilemektedir. Beton sınıfları küp ve silindir numuneler kullanılarak basınç dayanımlarına göre sınıflandırılmaktadır. Karakteristik silindir basınç dayanımlarına göre sınıflandırma Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Betonların sınıflandırılması [3]

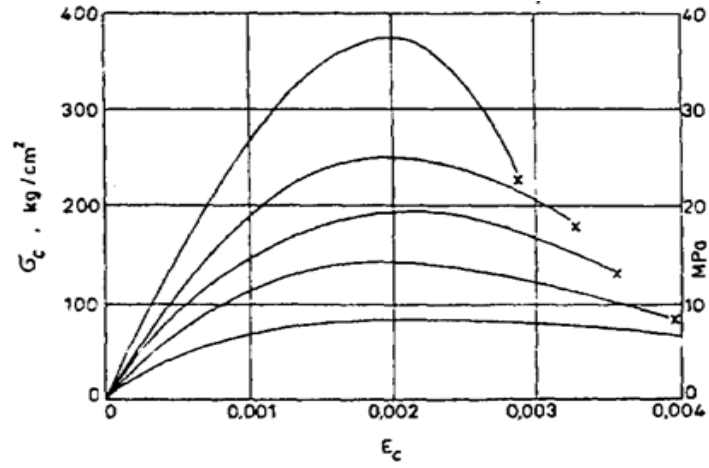
Beton Sınıfı	C20	C25	C30	C35	C40	C45
$f_{ck}$ (MPa)	20	25	30	35	40	45

Beton dayanımının artması betonarme yapılarında dayanımını arttırmaktadır. Betona meydana gelen dayanım artışı ile şekil değiştirme ters orantılıdır. Herhangi bir beton sınıfı için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi Şekil 1’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Herhangi bir beton sınıfı için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi [4]

Betonun dayanımı arttıkça betonda meydana gelen şekil değiştirme azalmaktadır. Beton sınıfları için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Farklı beton sınıfları için gerilme-şekil değiştirme ilişkisi [5]

## 2.1. Çelik

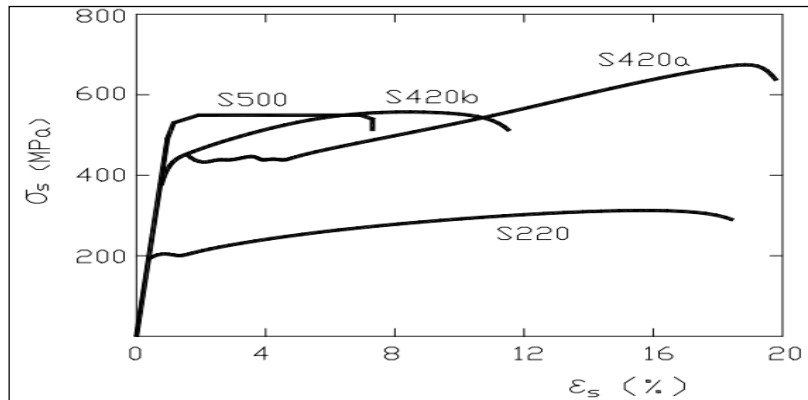
Yapılarda demir kullanılması çok eski tarihlere dayanmaktadır. Mekanik olarak işlenebilen (dövülerek, preslenerek, haddeden geçirilerek şekil alabilen demir alaşımlara çelik denir [6,7]. Çelik, kullanım alanının çokluğu, kolayca şekil verilebilme ve teknik özellikleri açısından yaşadığımız yüzyılda lokomotif malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çelik; basınç ve çekme gerilmeleri çok yüksek olan bir yapı malzemesidir. Yapı malzemesi olarak çeliğin kullanıldığı yapılarda meydana gelecek olan basınç ve çekme gerilmeleri çelik tarafından kolaylıkla karşılanmaktadır [8]. Çeliklerin sınıflandırılması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çeliklerin sınıflandırılması [9]

Tip	Düz yüzeyli	Nervürlü					Profilli
Sınıf	S 220	S 420	B 420B	B 420C	B 500B	B 500C	B500A
Akma dayanımı (en az) $R_e$ (N/mm <sup>2</sup> )	220	420	420	420	500	500	500

Herhangi bir çelik sınıfına ait gerilme-şekil değiştirme diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.

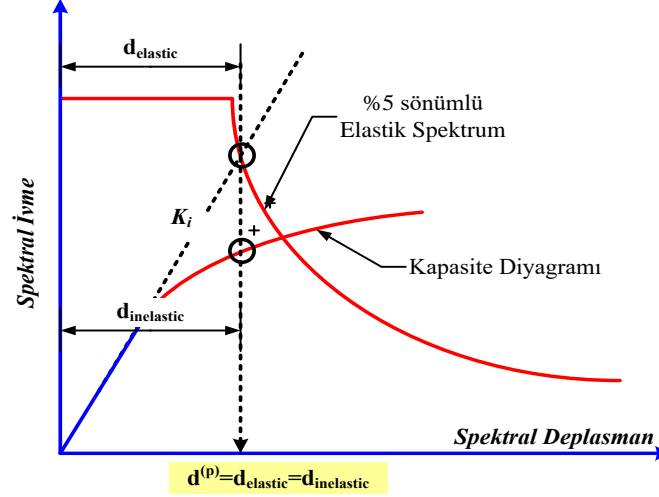


Şekli 3. Herhangi bir çelik sınıfı için gerilme - şekil değiştirme ilişkisi [10]

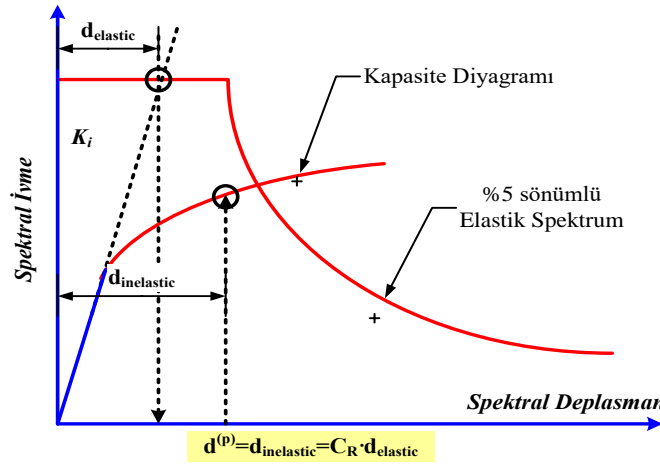
## 2.3. Performansa Dayalı Tasarım

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirme yönteminde, tasarım yer hareketi altında taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek hasar seviyelerinin sayısal olarak belirlenmesi mümkündür. Bu hasarın ilgili elemanlar için kabul edilebilir hasar limitlerinin altında kalıp kalmadığı kontrol edilir. Kabul edilebilir hasar limitleri, çeşitli deprem düzeylerinde yapı için öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olacak şekilde tanımlanır [11,12,13].

Yapı sistemlerinin performansının belirlenmesinde kullanılan talep spektrumu bir yapının, deprem hareketine, deprem süresince verdiği maksimum karşılığı göstermektedir [14]. Nonlineer statik yöntemlerin temel dayanağı veya dayandığı temel varsayım, eğer, bina tamamen elastik davransaydı, yapacağı spektral deplasman, binanın nonlineer davranması durumunda yapacağı inelastik spektral deplasmana eşit olmasını öngören “Eşit Yerdeğiştirme Kuralı”dır [15]. Diğer bir ifade ile, belirli bir değerden daha yüksek periyoda sahip elastoplastik sistemlerin maksimum deplasmanının, aynı periyot ve sönüme sahip elastik sistemlere yaklaşık olarak eşit olması “eşit deplasman kuralı” prensibi olarak bilinmektedir (Şekil 4,5).



Şekil 4. Eşit Yerdeğiştirme Kuralı: Esnek Yapılar

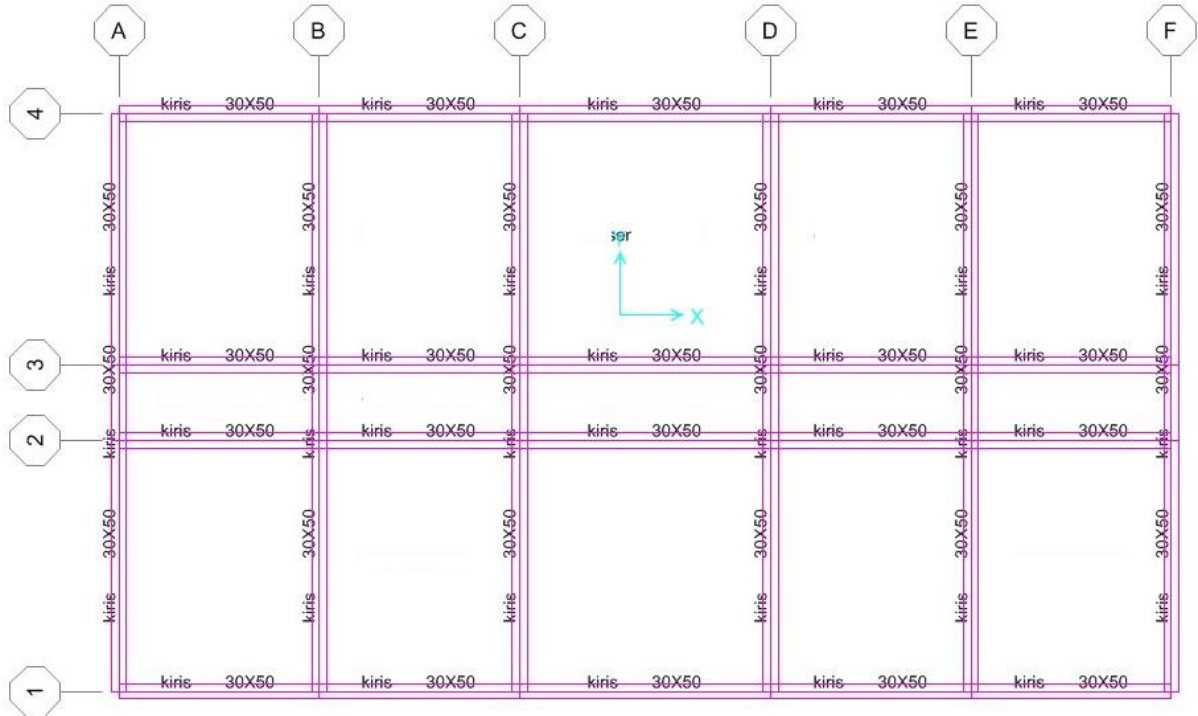


Şekil 5. Eşit Yerdeğiştirme Kuralı: Rijit Yapılar

Performansa dayalı tasarım ve değerlendirilmenin iki temel parametresi deprem istemi ve kapasitedir [16,17]. Deprem istemi yapıya etkiyen deprem yer hareketini, kapasite ise yapının bu deprem etkisi altındaki davranışını temsil etmektedir. Yapısal kapasite, statik itme veya kapasite eğrisi ile temsil edilir. Bu eğri, genellikle taban kesme kuvveti ile yapının tepe noktasının yatay yer değiştirmesi arasındaki bağıntı çizilerek elde edilmektedir. Kapasite eğrisinin elde edilmesi için, yapı sistemi sabit düşey yükler ve orantılı olarak artan yatay kuvvetler altında, taşıma kapasitesinin sona erdiği limit duruma kadar hesaplanır. Nonlineer Statik Yöntem'in esas amacı, verilen bir deprem etkisi altında sistemde oluşan maksimum yer değiştirmelere ve özellikle maksimum plastik şekil değiştirmelere ilişkin deprem isteminin belirlenmesi, daha sonra bu istem değerlerinin, seçilen performans düzeyleri için tanımlanan şekil değiştirme kapasiteleri ile karşılaştırılması ve böylece yapısal performansın değerlendirilmesidir [18, 19, 20, 21].

### 3. Bulgular

Bu çalışmada örnek olarak beş katlı betonarme bir yapı seçilmiştir. Seçilen yapıda malzeme dayanımları değişken olarak seçilmiştir. Taşıyıcı sisteminin değişken olarak seçilen yapıya ait kalıp planı Şekil 6'da gösterilmiştir.

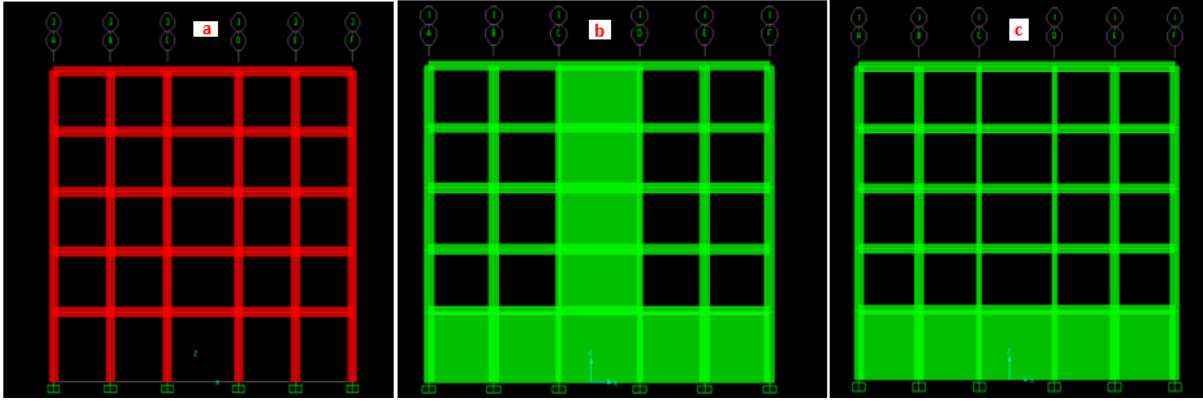


Şekil 6. Seçilen örnek yapı için kat kalıp planı

İnşaat mühendisin yapıdan beklentilerinden biri de rijitliktir. Yapı için yeterli rijitlik; ikinci mertbe momentlerini mümkün olduğunca küçültmek, sıkça oluşan depremlerde yani kullanılabilirlik sınır durumuna karşı gelen depremlerde yapısal olmayan hasarları azaltmak için gerekli olmaktadır. Yatay yükler etkisinde yapı rijitliğinin en önemli ölçütü elemanın kendi rijitliği ve yapıda bir katın alt kata göre yapmış olduğu görelî ötelenme miktarıdır [22,23].

Rijitlik için yapının geometrisi değil, düşey taşıyıcıların konumu ve bunların her iki doğrultudaki boyutları önemli olmaktadır. Betonarme bir yapıda düşey taşıyıcı elemanlar olarak kolon ve perdeler dolgu duvarlara göre daha rijit davrandığı için, rijitlik hesabında bu elemanların dikkate alınması yeterli olmaktadır [23]. Yapının yeterli rijitliğe sahip olması yapı rijitlik merkezi ve ağırlık merkezi ile alakalıdır. Bu da yapının sağlıklı bir taşıyıcı sisteme sahip olması ile alakalıdır [1].

Bir yapı için taşıyıcı sistem, yapıya etki edecek tüm yükleri güvenli bir şekilde taşıyarak zemine aktaran yapı elemanlarının tümüne denir. Taşıyıcı sistem elemanlarının uyumun yüksek olması yük taşıma ve aktarma mekanizmasını olumlu yönde etkileyecektir. Bu çalışmada üç farklı taşıyıcı sistem değişken olarak seçilmiştir. Sadece kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistem, sadece bodrum kat dış duvarlarının betonarme perde olması durumu ve betonarme kolon + kısmen betonarme perde duvarlardan oluşan taşıyıcı sistemler seçilmiştir. Seçilen taşıyıcı sistemlerin üç boyutlu modelleri Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Seçilen taşıyıcı sistemler; a) Salt BA çerçeve b) Sadece bodrum kat duvarları perde, c) BA çerçeve + kısmen BA perde

Yazılım programı olarak SAP 2000 [24] kullanılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Beton Sınıfı	Çelik Sınıfı	ÇERÇEVE		BODRUM KAT PERDE		PERDE + ÇERÇEVE	
		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yerdeğiştirme (m)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yerdeğiştirme (m)	Taban Kesme Kuvveti (kN)	Tepe Yerdeğiştirme (m)
C16	S220	2.508,36	0,087188	4.665,55	0,1176	11.652,17	0,0209
	S420	4.397,99	0,16	5.859,53	0,16	23.662,21	0,0458
C20	S220	2.849,50	0,0893	4.749,16	0,105	12.478,26	0,0219
	S420	4.849,50	0,16	7.090,30	0,16	27.993,31	0,0539
C25	S220	4.500,00	0,16	5.739,13	0,1309	12.521,74	0,0215
	S420	5.198,32	0,16	7.545,15	0,16	32.862,88	0,0606
C30	S220	4.939,13	0,16	5.418,06	0,1062	12.565,22	0,0201
	S420	5.598,66	0,16	8.026,76	0,16	28.093,65	0,0468
C35	S220	5.197,32	0,16	5.377,93	0,098	12.575,25	0,0195
	S420	5.899,67	0,16	8.294,31	0,16	31.438,13	0,0507
C40	S220	5.397,99	0,16	5.638,80	0,1019	12.652,17	0,019
	S420	6.043,48	0,16	8.494,98	0,16	27.625,42	0,0426
C50	S220	5.739,13	0,16	5.799,33	0,0977	12.695,65	0,0181
	S420	6.369,57	0,16	8.929,77	0,16	34.555,18	0,0516

Çalışmada ayrıca her bir taşıyıcı sistem için malzeme değişimi için hesaplanan periyotlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Elde edilen periyot sonuçları

TAŞIYICI SİSTEM TÜRÜ	Beton Sınıfı						
	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50
BA Çerçeve	0,16355	0,160802	0,158211	0,153319	0,15105	0,14887	0,14479
BA Çerçeve + Bodrum Kat Perde	0,12601	0,123895	0,121898	0,118129	0,11638	0,1147	0,11157
BA Çerçeve+BA Perde	0,05312	0,052226	0,051384	0,049795	0,04906	0,04835	0,04703

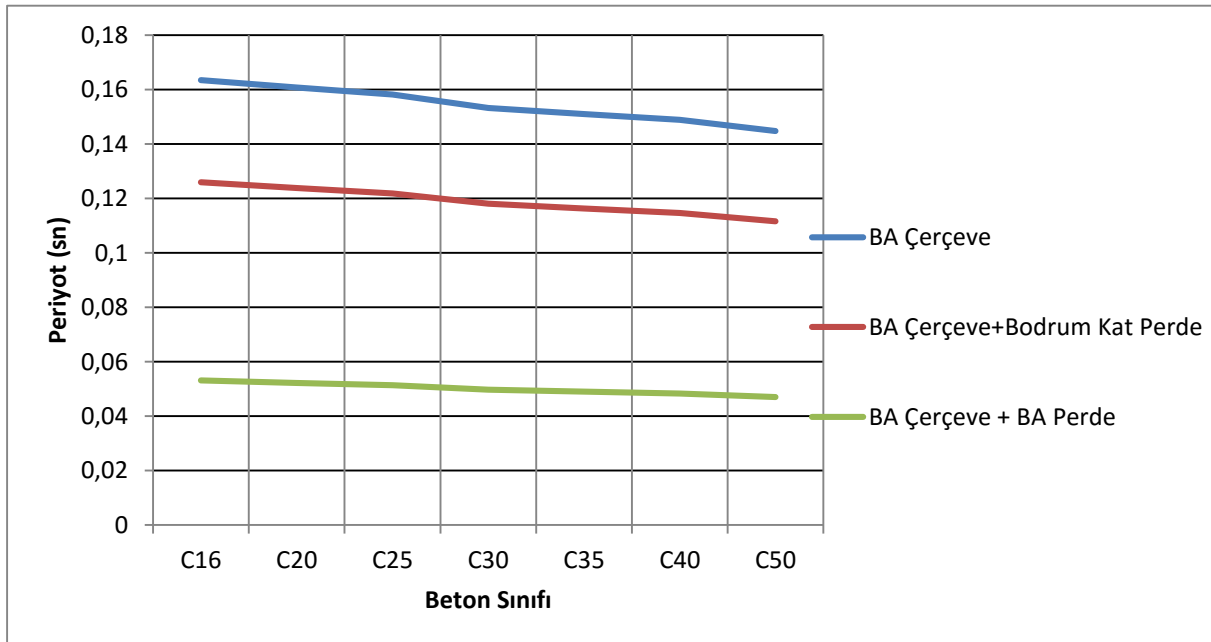
#### 4. Tartışma ve Sonuç

Çalışmada betonarme binalar için malzeme ve taşıyıcı sistem değişiminin yapısal performansı nasıl etkilediği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, salt çerçeve, BA çerçeve + kısmen betonarme perde ve bodrum kat duvarlarının perde olması durumlarında malzeme değişimi ile yapı performansları hesaplanmıştır. Bu amaçla çelik malzemesi için S220 ve S420 seçimleri yapılırken, beton için de C16, C20, C25, C30, C35, C40 ve C50 sınıfları değişken olarak seçilmiştir. Çalışmada ayrıca performansa dayalı değerlendirme ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenler yardımı ile yazılım programından analiz sonuçları elde edilmiş olup sonuçlar karşılaştırılmıştır. Her bir taşıyıcı sistemde beton ve çelik sınıfının artması ile taban kesme kuvvetleri artmıştır. Buradan hareketle herhangi bir yapının tasarım aşamasında belirsiz gibi duran malzeme dayanımını uygulama aşamasında sağlanması zorunludur. Malzeme dayanımı yapının performansını doğrudan etkilemektedir.

Yapı hasarlarının en önemli nedenlerinden biri malzeme dayanımıdır. Özellikle depremlerde dolayı yapı hasarları bunun en güzel belirtisidir. Dolayısıyla yapılarda malzeme dayanımının doğru tespit edilmesi bunların uygulamada kabul edilen değerlere yakın olması yükler altında gerçekçi bir davranışı ortaya koyacaktır.

Yapının rijitliği yapının periyotunda etkili parametrelerden biridir. Yapıda rijitlik arttıkça periyot azalmaktadır. Seçilen taşıyıcı sistemlerde perde duvarların kullanılması ile periyot azalmaktadır. Rijitliğe etki eden faktörlerden biri de kullanılacak malzemenin kalitesidir. Malzeme dayanımı arttıkça seçilen her yapıda periyotta azalmıştır. Periyot değişiminin grafiksel gösterimi Şekil 6'da gösterilmiştir.

**Şekil 8.** Farklı taşıyıcı sistemler için farklı malzemeler için periyot değişimi

Yapıda kullanılan betonarme perde miktarının artması ile taban kesme kuvveti de ciddi bir oranda artmıştır. Yapı tasarım ilkelerinin sağlanması açısından yapılarda betonarme perde kullanımı önem arz etmektedir. Yapı projelerinde görünüp de uygulamada yapılmayan betonarme perde duvarların kullanımı ile yapıların özellikle yatay yükler altında savunma mekanizması daha güçlü bir duruma getirilebilir. Bu da depremden dolayı oluşabilecek hasarların en aza indirgenmesi anlamı taşımaktadır.

**Kaynakça**

- [1] Ülker, M., Işık, E., Bakır, D., Karaşin, İ.B., 2016. The Effects of Concrete Strength to Rigidity in RC Buildings, International Conference on Natural Science and Engineering (ICNASE-2016), Kilis, Turkey.
- [2] Celep, Z., Kumbasar, N., 2007. Deprem Mühendisliğine Giriş Ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- [3] TS500, 2000. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [4] Türk, K. 2011. Betonarme I Ders Notları, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye.
- [5] Ersoy, U., Özcebe, G. 2007. Betonarme: Temel İlkeler, TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) göre Hesap. Evrim Yayınevi, İstanbul.
- [6] Öztürk, Z. (2002). Çelik Yapılar, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [7] Karaduman, M. (2012). Çelik Yapılar, Nobel Yayınevi, İstanbul.
- [8] Altundal, A., (2010), Betonarme I, Sakarya Üniversitesi Yayınları, Sakarya
- [9] TS 708, 2010. "Steel Rebars for Concrete," Turkish Standards Institution, Ankara, Turkey,
- [10] Güler, K., (2016). Betonarme elemanlarda donatı düzenleme ilkeleri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Diyarbakır Şubesi, <http://www.klcedemir.com/images/004.pdf> (Erişim Tarihi: 05.06.2016).
- [11] Aydınoğlu, M. N., 2007, A Response Spectrum-based Nonlinear Assessment Tool for Practice: Incremental Response Spectrum Analysis (IRSA), ISET Journal of Earthquake Technology, 44(1), 169-192.
- [12] Doran, B., Akbaş, B., Sayım, İ., Fahjan, Y., Alacalı, S.,N., 2011. Uzun Periyotlu Bir Yapıda Yapısal Sağlık İzlemesi ve Deprem Performansının Belirlenmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, ODTÜ, Ankara.
- [13] Kutanis, M., Boru, O.,E., 2014. The Need for Upgrading the Seismic Performance Objectives, Earthquakes and Structures, 7(4), 401-414.
- [14] İlki, A., Celep, Z., 2011. Betonarme Yapıların Deprem Güvenliği, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Türkiye.
- [15] İnel, M., 2008. 2007 Deprem Yönetmeliğinde Mevcut Binaların Performanslarının Değerlendirilmesi, İmo Denizli Şubesi, Kurs Notları.
- [16] Özer, E., 2007. Performansa Dayalı Tasarım ve Değerlendirme, ITU, Lectures Notes
- [17] Fajfar, P., 1999. Capacity Spectrum Method Based on Inelastic Demand Spectra, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 28(9), 979-993.
- [18] Chopra, A.K. and Goel, R.K., 2002. A Modal Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Demands for Buildings", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31(3), 561-582.
- [19] Freeman, S. A., 1998. The Capacity Spectrum Method as a Tool for Seismic Design. In Proceedings of the 11th European Conference on Earthquake Engineering 6-11.
- [20] Arısoy, B., 2010. Yapısal Özellikleri Farklı BA Binaların Performansa Dayalı Analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 25(3), 431-439.
- [21] Işık, E., Kutanis M., 2015. Performance Based Assessment for Existing Residential Buildings in Lake Van Basin and Seismicity of the Region. Earthquakes and Structures, 9(4), 893-910
- [22] Aktan, S., Kırac, N., 2010. Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri. Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University 23(1), 15-32
- [23] Doğangün, A., 2013. Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 ve Deprem Yönetmeliği-2007'ye uygun. Birsen yayınevi.
- [24] Computers and Structures Inc.,(2016). SAP2000 Software, Berkeley,