

SİLİS KUMU İLE HAZIRLANMIŞ YÜKSEK MUKAVEMETLİ TAZE VE SERTLEŞMİŞ BETONUN PREFABRİK YAPILARDAKİ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Mustafa Tolga ÇÖĞÜRCÜ¹, Lütfi KAŞIKÇI¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat

Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye

mtcogurcu@ktun.edu.tr (ORCID 0000-0002-2487-797X)

kasikcilutfi@hotmail.com (ORCID 0000-0001-5962-1029)

Özet

Prefabrike yapılar fabrika ortamında üretilip şantiyede elemanların montaj edilmesi prensibine dayanmaktadır. Belirli kalıplar ile üretim yapılan prefabrike elemanlar sayesinde projeler bu kesitler ile elde edilmektedir. Bu nedenle prefabrike elemanların stoklanması da mümkün olmaktadır. Prefabrike elemanların stoklanması sayesinde ülkedeki ekonomik koşullardan (enflasyon, maliyet artışları v.b.) çok etkilenmeden üretim yapmak mümkün olmaktadır. Ayrıca üretim aşamalarının kolay montajın hızlı olması prefabrike sektörünün her geçen gün büyümesine olanak sağlamaktadır. Prefabrike yapılarda elemanların ayrı üretilerek montaj edilmesi deprem davranışını olumsuz etkilemektedir. Montaj aşamasında kullanılan birleşim yöntemleri monolitik davranıştan uzaklaştırmaktadır. Kolon-temel birleşiminde soketli birleşim yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem temel üzerinde bulunan yuvaya kolonun yerleştirilip etrafının betonlanması şeklinde olmaktadır. Ancak arada çok az boşluk kalması nedeniyle ince agregadan elde edilen bir karışım kullanılmaktadır. Bu karışımın yerleşmesini kolaylaştırmak için su oranı yüksek tutulmaktadır. Bu da betonun basınç dayanımını azaltmaktadır. Bu çalışmada, kolon-temel birleşiminde kullanılabilecek yüksek basınç dayanımına sahip, işlenebilirliği yüksek bir beton elde etmek için farklı karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımların taze ve sertleşmiş beton özellikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Silis Kumu, Prefabrike Temel-Kolon Birleşimi, Taze Beton Özellikleri, Sertleşmiş Beton Özellikleri

INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF HIGH TENSILE FRESH AND HARDENED CONCRETE PREPARED WITH SILICA SAND IN PREFABRICATED BUILDINGS

Abstract

Prefabricated structures are based on the principle of producing in the factory and assembling the elements on the construction site. Projects are designed with these sections that prefabricated elements produced with certain molds. Therefore, it is also possible to stock prefabricated elements. It is possible to produce without being affected by the economic conditions (inflation, cost increases, etc.) in the country due to stockpiling of prefabricated elements. In addition, easy production, fast assembly allow the prefabricated sector to grow day by day. In prefabricated buildings, the elements produced and assembled separately affect the earthquake behavior negatively. The connection methods used in the assembly phase take away from monolithic behavior. Socket connection method is used in column-foundation connection. This method is in the form of placing the column in the socket on the foundation and concreting its surroundings. However, a mixture obtained from fine aggregate is used since there is very little space between column and socket. The water/cement ratio is increased in order to place this mixture. Therefore, the compressive strength of concrete decreases. In this study, different mixtures were prepared to obtain a concrete with high compressive strength and high workability that can be used in the column-foundation connection. Fresh and hardened concrete properties of the prepared mixtures were examined.

Keywords: Silica Sand, Prefabricated Foundation-Column Connection, Fresh Concrete Properties, Hardened Concrete Properties

1. Giriş

Prefabrike yapılar, yapı elemanlarının fabrikada üretilerek şantiyede montajının yapılması esasına dayanmaktadır [1]. Prefabrik yapılar ülkemizde ve dünyada çok fazla tercih edilen yapı türlerindedir. İmalatının hızlı ve kolay olması, montajının kolay olması, işçilik ihtiyacını minimum seviyeye indirmesi gibi sebeplerden dolayı çok fazla tercih edilmektedir [2–5]. Sağladığı avantajlar sayesinde başta endüstri yapıları olmak üzere otoparklar, ticaret merkezleri, kültür merkezleri, konut, yurt, otel gibi birçok alanda

kullanılmaktadır [6]. Prefabrike yapı elemanlarının ayrı ayrı üretilmesi nedeniyle birleşim bölgelerinin tasarımı son derece önem kazanmaktadır [7]. Genel olarak prefabrike bağlantı türleri ıslak ve kuru olarak ikiye ayrılmaktadır. Islak bağlantı türleri bağlantı bölgesine beton doldurulması ile sağlanmaktadır. Bu bağlantı tipinde ayrı ayrı üretilmiş elemanların montajı sonrasında yük aktarımında sorunlar yaşanabilmektedir. Özellikle montaj boşluğunun dar olması nedeniyle ince agrega ile üretilen beton kullanılması ve beton akışkanlığı sağlamak için su oranının yüksek tutulması bu bölgedeki betonun mukavemetini düşürmektedir. Şekil 1’de görüldüğü gibi, kolon-temel birleşiminde soket içerisine kullanılan düşük mukavemetli beton yatay yük etkisi altında ezilerek kolonda mafsallaşmaya neden olmaktadır. Bu durum kolonların temele yük aktarmasını önleyerek üst yapı elemanlarının taşıma gücünden yararlanamadan yapılarda göçme mekanizmasının oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Kolon-temel birleşiminde dolgu beton ezilmesi [8–10]

Yüksek mukavemetli betonlar ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Azreen ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada, silika kumu ve kurşun camı ile elde ettikleri yüksek

dayanımlı betonun radyasyon korumasını incelemişlerdir [11]. Binici ve Aksoğan 2018 yılında yaptıkları çalışmada, silika kumu, bazalt, mermer tozu ile hazırladıkları betonun durabilitesini incelemişlerdir [12]. Rashid ve ark. 2020 yılında yaptıkları çalışmada, silika kumu ve manyetit ile hazırladıkları yüksek dayanımlı betonun yüksek sıcaklıkta radyasyon korumasına etkisini incelemişlerdir [13].

Bu çalışmada, soket için kullanılan düşük mukavemetli beton yerine kullanılabilecek bir beton karışımı hazırlanmıştır. Beton karışımları farklı hava sürükleyici ve hiper akışkanlaştırıcı oranları ile hazırlanarak en uygun karışıma karar verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada sahada kullanılan düşük mukavemetli beton referans alınarak, silis kumu ile hazırlanmış yüksek mukavemetli bir betonun taze ve sertleşmiş beton özellikleri incelenmiştir. Kullanılan kimyasal katkı oranlarına göre 12 farklı karışım elde edilmiştir. Çalışmada CEM II 42.5 portland çimento kullanılmıştır. Kullanılan çimentonun özgül kütlesi 3.2 g/cm^3 tür. Çimentonun kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim	(%)
CaO	52-64
Al ₂ O ₃	3.7-5.5
SO ₃	2.1-3.6
Cl	0-0.15
MgO	0.9-2.4
Na ₂ O	0.15-0.66
SiO ₂	20-26
Fe ₂ O ₃	2.1-3.7
K ₂ O	0.2-0.8

Agrega olarak referans numunesinde 0-5 mm çapında ince kırma taş agregası kullanılmıştır. Diğer numunelerde ise silis kumu kullanılmıştır. Kullanılan silis kumunun kimyasal bileşimi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Silis kumunun kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşim	(%)
SiO ₂	92.5
TiO ₂	0.092
CaO	2.42
Al ₂ O ₃	1.86
SO ₃	0.0238
Cr ₂ O ₃	0.259
MgO	0.237
ZnO ₂	0.0169
BaO	0.0033
Fe ₂ O ₃	1.91
K ₂ O	0.651
Na ₂ O	0.027

Karışım içerisinde kullanılan hiper akışkanlaştırıcının teknik özellikleri Tablo 3’de verilmiştir. Hiper akışkanlaştırıcı karışımlar içerisinde çimento ağırlığının %0.5, %0.75, %1 ve %1.25’i olacak şekilde farklı oranlarda kullanılmıştır.

Tablo 3. Hiper akışkanlaştırıcı teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Değer
Renk	Sütlü Kahve
Kaynama noktası	95-105 °C
Termal ayrışma	> 720 °C
Yoğunluk	1.25 g/cm ³
Ph değeri	9.2-12.0
Suda çözünürlük	Suda çözünür

Karışımında kullanılan bir diğer kimyasal ise hava sürükleyicidir. Kullanılan hava sürükleyicinin teknik özellikleri Tablo 4’de verilmiştir. Hava sürükleyici kullanılan çimentonun ağırlığının %0.3, %0.4 ve %0.5’i olacak şekilde farklı oranlarda kullanılmıştır.

Tablo 4. Hava sürükleyicinin teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Değer
Renk	Sarımsı
Donma noktası	0 °C
Klor içeriği	<%0.1
Alkali içeriği	<%4
Yoğunluk	1.01 kg/l
Ph değeri	5.5

2.2. Karışımın Hazırlanması

Referans numune ile birlikte toplamda 13 farklı karışım hazırlanmıştır. 1 m³ karışım için karışım oranları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Numune karışım oranları

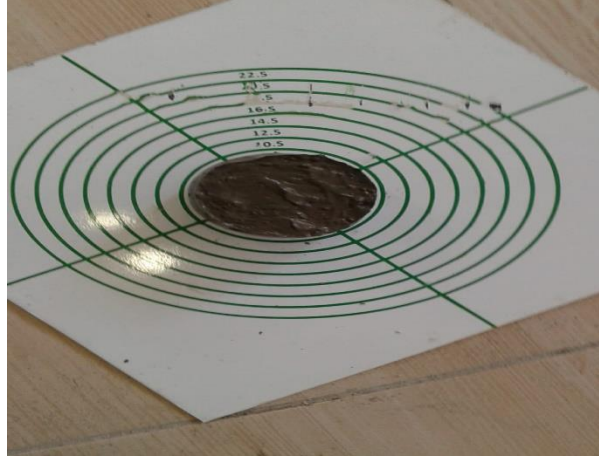
Numune No	Agrega (kg)	Çimento (kg)	Su (kg)	Hiper akışkanlaştırıcı (kg)	Hava sürükleyici (kg)
N1	1850*	300	240	2.4	-
N2	835**	835	265	4.175	2.505
N3	835**	835	265	4.175	3.340
N4	835**	835	265	4.175	4.175
N5	835**	835	265	6.263	2.505
N6	835**	835	265	6.263	3.340
N7	835**	835	265	6.263	4.175
N8	835**	835	265	8.350	2.505
N9	835**	835	265	8.350	3.340
N10	835**	835	265	8.350	4.175
N11	835**	835	265	10.438	2.505
N12	835**	835	265	10.438	3.340
N13	835**	835	265	10.438	4.175

*N1 numunesinde 0-5 mm çapında kırma taş agregası kullanılmıştır.

**Diğer numunelerde silis kumu kullanılmıştır.

2.3. Metot

Hazırlanan karışımların işlenebilirliğini denetlemek amacıyla yayılma çapları ölçülmüştür. Yayılma çaplarını ölçmek için hazırlanan çimento hamuru dairesel kesitli bir kalıp içerisine iki kademeli olarak yerleştirilmiştir. Daha sonra kalıp kaldırılarak yayılma çapı Şekil 2’de görüldüğü gibi ölçülmüştür [14]. Şekil 2’de N11 numunesinin yayılma çapı verilmiştir.

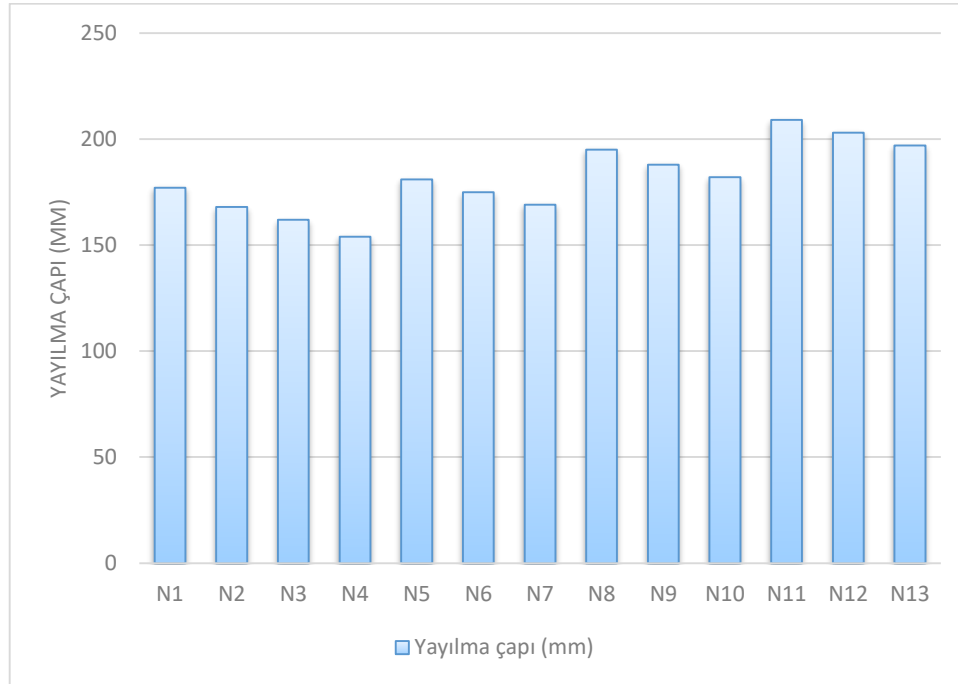


Şekil 2. Yayılma çapı testi

Her bir karışım için 6 adet basınç test numunesi hazırlanmıştır. Numuneler 150x150x150 mm boyutlarındaki kalıplara üç kademeli olarak yerleştirilmiş ve bir şiş yardımı ile sıkıştırılmıştır. Numuneler kalıpta bir gün bekledikten sonra kür havuzuna alınmıştır. Numunelerin 3 tanesi 7 günlük basınç dayanım testi için, 3 tanesi ise 28 günlük basınç dayanım testi için kullanılmıştır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

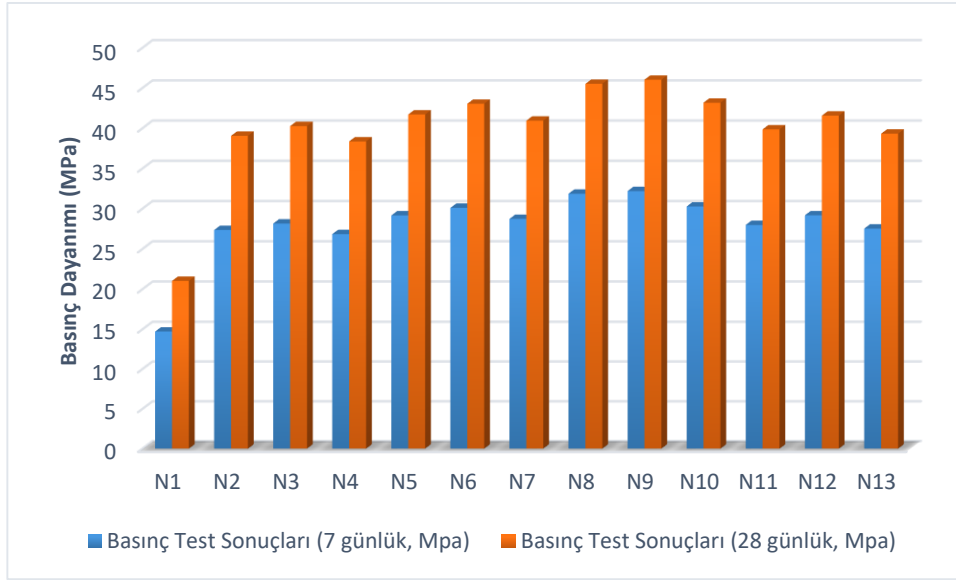
13 farklı karışım için elde edilen yayılma çapı sonuçları Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Yayılma çapı sonuçları

Şekil 3’de görüldüğü gibi hava sürükleyici miktarındaki artış betonun işlenebilirliğini azaltmaktadır. Hava sürükleyici nedeniyle hiper akışkanlaştırıcının etkisi azalmaktadır.

Numunelerin 7 ve 28 günlük basınç test sonuçları Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. 7 ve 28 günlük basınç test sonuçları

Şekil 4’de görüldüğü gibi basınç dayanımı en yüksek N9 numunesinde elde edilmiştir. Hiper akışkanlaştırıcı oranının %1.25’e çıkması basınç dayanımına olumsuz etki etmiştir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada kolon-temel birleşimi için kullanılan betonun düşük mukavemetli olması nedeniyle oluşan hasarları önlemek için yeni bir beton karışımı üzerinde çalışılmıştır. Temel üzerinde kolonun oturduğu soketin çevresinde çok az boşluk kalması nedeniyle işlenebilirliği yüksek basınç dayanımı yüksek bir betona ihtiyaç duyulmuştur. Bunu elde edebilmek için silis kumu ile hazırlanmış içerisinde farklı oranlarda hiper akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici olan beton karışımları elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Hava sürükleyicinin fazla kullanılması hiper akışkanlaştırıcının etkisini engellemektedir. Betonda işlenebilirlik azalmaktadır.

- Hava sürükleyicinin az kullanılması ise beton içerisinde kılcal boşluklar oluşmasına neden olarak basınç dayanımını azaltmaktadır.
- Bu çalışmada çimento oranının ağırlıkça %0.4'ü kadar hava sürükleyici kullanılmasının yeterli olduğu görülmüştür.
- Hiper akışkanlaştırıcılar belli bir orana kadar işlenebilirliği artırırken, belli bir orandan sonra priz hızlandırıcı etkiye sahip olmasından dolayı işlenebilirliği azaltmaktadır.
- Hiper akışkanlaştırıcılar belirli bir orandan sonra işlenebilirliğin azalması nedeniyle basınç dayanımını da düşürmektedir.
- Bu çalışma da çimento ağırlığının %1'i kadar hiper akışkanlaştırıcı kullanılmasının yeterli olduğu görülmüştür.
- Basınç dayanımı açısından en iyi sonuçlar N9 numunesinde elde edilmiştir.
- İşlenebilirlik dikkate alındığında en iyi sonuçlar N11 numunesinde elde edilmiştir.
- Bütün sonuçlar incelendiğinde N9 numunesinde işlenebilirlikten çok fazla kaybetmeden en iyi basınç dayanımı elde edilmiştir.
- Çalışma kapsamında elde edilen karışım oranları kullanılarak elde edilecek kolon temel birleşimleri tersinir-tekrarlanır yükler altında test edilerek ilerleyen zamanlarda çalışma genişletilecektir.

Kaynaklar

- [1] E. Martin, Leslie D., and Christopher J. Perry, Precast and prestressed concrete (Vol 1), in: PCI Des. Handb., Prestressed Concrete Inst., 2004.
- [2] J. Yang, T. Guo, S. Chai, Experimental and numerical investigation on seismic behaviours of beam- column joints of precast prestressed concrete frame under given corrosion levels, Structures. 27 (2020) 1209–1221. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.07.007>.
- [3] Y.C. Kim, Y. Tamura, H. Tanaka, K. Ohtake, E.K. Bandi, A. Yoshida, Wind-induced responses of super-tall buildings with various atypical building shapes, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 133 (2014) 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2014.06.004>.
- [4] T. Kim, Y. woo Kim, H. Cho, Dynamic production scheduling model under due date uncertainty in precast concrete construction, J. Clean. Prod. 257 (2020)

120527. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120527>.
- [5] M.G. Gedik, Prefabrike yapılarda kolon-temel birleşimlerinin deneysel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.
- [6] L.D. Martin, W.J. Korkosz, Connections for precast prestressed concrete buildings, Technical report no:2, Chicago, USA, 1982.
- [7] C. Zhang, H. Li, W. Gao, Development of a novel friction damped joint for damage-plasticity control of precast concrete walls, *Eng. Struct.* 219 (2020) 110850. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110850>.
- [8] Ş. Özden, H.M. Atalay, E. Akpınar, B. Doyranlı, Ö. İmren, Betonarme prefabrik yapıların 23 ekim 2011 Van depreminde gözlenen performansı, *Bet. Prefabrikasyon Derg.* 103 (2012) 11–19.
- [9] E. Yüksel, Depreme dayanıklı betonarme önüretimli yapılarda tasarım, (2016). <http://imoistanbul.org/imoarsiv/seminer-notlari-ekim-2016/ercan-yuksel/sunum.pdf> (giriş Eylül 22, 2020).
- [10] A.E. Karahan, Türkiye’deki prefabrike betonarme sanayi yapılarının performans değerlendirmesinde dolgu duvar etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2008.
- [11] N.M. Azreen, R.S.M. Rashid, M. Haniza, Y.L. Voo, Y.H. Mugahed Amran, Radiation shielding of ultra-high-performance concrete with silica sand, amang and lead glass, *Constr. Build. Mater.* 172 (2018) 370–377. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.243>.
- [12] H. Binici, O. Aksogan, Durability of concrete made with natural granular granite, silica sand and powders of waste marble and basalt as fine aggregate, *J. Build. Eng.* 19 (2018) 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.04.022>.
- [13] R.S.M. Rashid, S.M. Salem, N.M. Azreen, Y.L. Voo, M. Haniza, A.A. Shukri, M.S. Yahya, Effect of elevated temperature to radiation shielding of ultra-high performance concrete with silica sand or magnetite, *Constr. Build. Mater.* 262 (2020) 120567. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120567>.
- [14] TS-EN12350-5, Beton-Taze beton deneyleri-Bölüm 5: Yayılma tablası deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, 2010.