



Investigation of Mechanical Properties of Graphene Additive Mortars

Tuğba KESKİN^{*1}

¹Chamber of Civil Engineers, Rize, Turkey.
Corresponding Author: tugbakeskin@windowslive.com.

Keywords:

Graphene
Graphene Concrete
Graphene Mortar

Abstract

Many chemical additives or nanoscale milled materials are used to improve the properties of fresh and hardened concrete. The aim of this study is to investigate the effect of graphene on compressive and flexural strength of concrete mortars. In this context, the effect of graphene additive up to 2% on cement mortars was investigated. Up to 2% by weight of graphene is substituted for fine sand mortars with a standard water / cement ratio. After gaining strength, parameters such as compressive and flexural strengths were obtained by conventional test methods and compared with reference samples. Obtained results show that 2% graphene doped cement mortars provide significant improvements in their mechanical properties compared to reference samples.

Grafen Katkılı Harçların Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

Anahtar Kelimeler;

Grafen
Grafen Beton
Grafen Harç

Özet

Taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini iyileştirmek için pek çok kimyasal katkı veya nano boyutta öğütülmüş malzeme kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı grafenin beton harçların basınç ve eğilme dayanımlarına etkisini araştırmaktır. Bu kapsamda %2'ye kadar grafen katkısının çimento harçlarına olan etkisi incelenmiştir. Standart su/çimento oranına sahip ince kumlu harçlara ağırlıkça %2 'ye kadar grafen ikame edilmiştir. Dayanım kazandıktan sonra klasik deney yöntemleriyle basınç ve eğilme dayanımları gibi parametreler elde edilerek referans numunelerle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar %2 grafen katkılı çimento harçların referans numunelere göre mekanik özelliklerinde önemli iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

1 GİRİŞ

Beton özelliklerini iyileştirmek için yeni nesil katkı malzemelerinin kullanımı inşaat mühendisliğinin güncel konuları arasındadır (Doğan ve Ark., 2016). Grafen ise; keşfedildiğinden beri fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle oldukça dikkat çekmiştir. Grafitin tek bir katmanından oluşur ve çelikten yaklaşık 30 kat daha güçlüdür. Kalınlığının yalnızca 0,42 nm olduğu düşünüldüğünde bu oldukça şaşırtıcı gelmektedir (Erikli ve Hasanoglu, 2018). Altıgen yapı içerisinde düzenli karbon atomlarının hibritleşmesiyle oluşan grafen, yapı içerisindeki bütün karbon allotroplarının, temel yapıtaşı olan tek katmanlı ve bir atom kalınlığındaki nano boyutta parçacıktır. Grafen, iki boyutlu yapısının tek atom kalınlığında olması ve moleküller arasındaki kuvvetli bağ yapısı ile eşsiz moleküler bir yapıdadır ve çok iyi elektrik, elektrokimyasal, termal, optik ve mekanik özelliklere sahiptir (Topçu, 2019).

Moleküler yapısına ve mekanik özelliklerine bakıldığında grafen, nano yapraklar şeklinde bulunmasından dolayı çimento esaslı kompozitlerde katı maddesi olarak kullanılabilir. Grafen tabanlı malzemelerin nano boyutta katkı malzemesi olarak betonda kullanılması üzerinde çalışmalar devam etmektedir (Uygunoğlu ve Şimşek, 2019).

Grafen ve grafen oksit tabakaları, geleneksel çimento esaslı yapı malzemelerinin özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir. Yapılan araştırmalarda, grafen ve grafen oksit tabakalarının çimento hamurunun eğilme ve basınç dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir (Jintao ve Quinghua, 2015).

Kai Gong ve Zhu Pan yaptığı deneysel çalışmada, grafen oksitin portland çimentosu macunu üzerindeki güçlendirici etkileri incelenmişlerdir. Çimento hamuruna ağırlıkça% 0.03 oranında grafen oksit tabakalarının eklenmesinin, çimento hamurunun gözenek yapısının azaltılmasından dolayı, çimento kompozitinin basınç dayanımını ve gerilme kuvvetini% 40'dan daha fazla arttırabileceğini keşfetmişlerdir (Gonk ve Ark., 2015).

2 MALZEME VE YÖNTEM

2.1 Kullanılan Malzeme

2.1.1 Grafen: İki boyutlu ve nano boyuttaki karbon atomlarının bir araya gelerek oluşturduğu yapıdır. Bu deneyde kullanılan grafenin özellikleri şekil 1' deki gibidir.



Şekil 1. Deneyde Kullanılan Grafenin Özellikleri

2.1.2. Çimento: Harç üretiminde bağlayıcı olarak TS EN 197-1 standartlarına uygun olarak üretilen CEM I 42.5R çimentosu kullanılmıştır (TSE EN 197-1).

2.1.3. Standart Kum: Agrega olarak yaklaşık 1-3mm tane çapında standart kum kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Malzemelerin Karıştırılması: Deney numuneleri karıştırma standardına uygun olarak laboratuvar ortamında hazırlanmıştır. 3 adet referans harç numune, 3 adet %2 grafen katkılı harç numune hazırlanmıştır. Hazırlanan standart harçlar 40x40x160mm boyutlarındaki kalıplara dökülerek, sıkıştırma aletinde dakikada 40 düşüş yapacak şekilde sarsma ve düzeltme işlemine tabi tutulmuştur. Sarsma düzeltme işleminden sonra numunelerin üzeri levha ile kapatılmış ve 24 saat süre ile priz alması için bekletilmiştir. Süre sonunda kalıptan çıkarılan numuneler test gününe kadar kür havuzunda bekletilmiştir. Yapılan işlemlere ait fotoğraflar şekillerde görülmektedir.



Şekil 2. Kuru Malzemelerin Karıştırılması



Şekil 3. Malzemelerin Karılması



Şekil 4. Malzemelerin Kıvam Alması



Şekil 5. Harçların Kalıba Yerleştirilmesi



Şekil 6. Numunelerin Kalıptan Çıkarılması

2.2.2 Basınç ve Eğilme Dayanımı: Basınç ve eğilme deneyi için, her bir karışımdan standartlara uygun olarak 7 günlük harç numuneleri için, 3'er adet 40x40x160 mm harç numuneleri üretilmiştir.

Eğilme deneyi için, numune deney cihazına yan yüzeylerden biri üzerine ve uzunluğuna eksenine mesnet silindirlere dik olacak şekilde mesnet silindirlere üzerine yerleştirilmiştir. Yük, yükleyici silindir

Investigation of Mechanical Properties of Graphene Additive Mortars

vasıtası ile prizmanın karşı yan yüzünden dik olarak uygulanmış ve düzgün hızda olacak şekilde prizma numune kırılncaya kadar artırılmıştır.

Basınç dayanımı deneyinde, TS EN 196-1 standardına uygun olarak, eğilme deneyinden elde edilen iki parçaya bölünmüş olan yarım prizmalar kullanılmıştır. Bu prizmalar, cihazın plâkaları arasına merkezlenerek ve prizmanın arka yüzü plâkadan veya yardımcı plâkalardan 10 mm taşacak şekilde uzunlamasına yerleştirilmiştir. Numuneler basınç dayanım testi düzeneğine yan yüzeylerinden yüklenmek suretiyle deneye tâbi tutulmuşlardır. Yük düzgün şekilde, prizma kırılana kadar artırılmış numunelerin basınç mukavemeti bulunmuştur. Eğilme ve basınç dayanımına ait fotoğraflar Şekil 7 ve Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 7. Eğilme Dayanımı Deneyi



Şekil 8. Basınç Dayanımı Deneyi

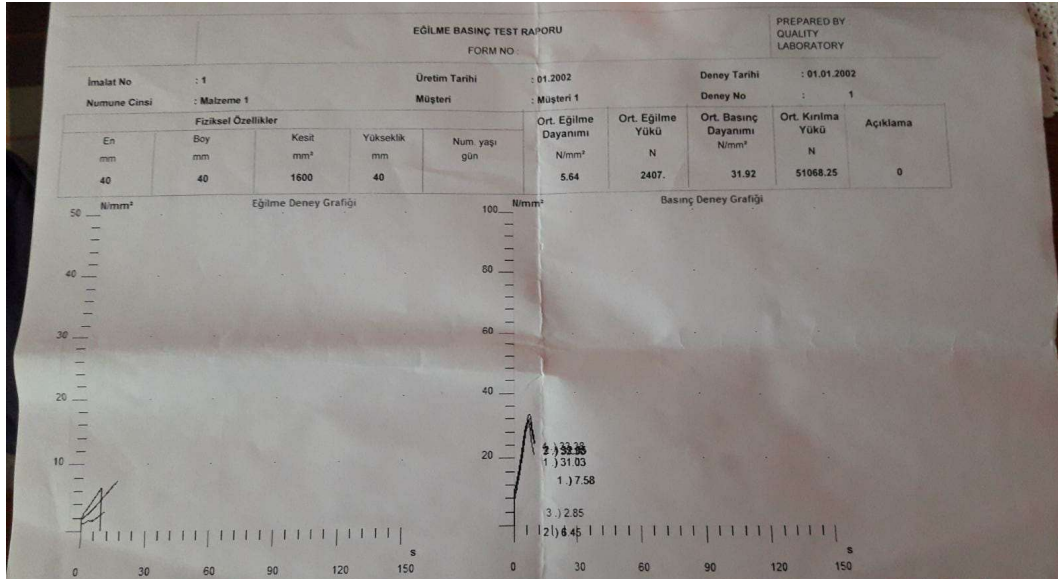
3 BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Bulgular

Çalışmada numunelerden elde edilen basınç ve eğilme dayanımlarına ilişkin deney sonuçlar tutanakları Şekil 9-Şekil 11’de verilmiştir.

EĞİLME - BASINÇ DENEY RAPORLARI ÇİZELGESİ											PREPARED BY: QUALITY LABORATORY					
NUMUNE BİLGİLERİ						DENEY SONUÇLARI										
Sıra No	Deney Tarihi	İmalat No	Numune Cinsi	Müşteri	Üretim Tarihi	Deneyin Adı	FİZİKSEL ÖZELLİKLER				EĞİLME Dayanımı	BASINÇ Dayanımı	KIRILMA Kuvveti	Numune Yaşı	AÇIKLAMA	
1	01.01.2002	1	Malzeme 1	Müşteri 1	01.2002	Eğilme	40	160	6400	40	100	7.62	0.00	3253.00		
						Eğilme	40	160	6400	40	100	6.45	0.00	2754.00		
						Eğilme	40	160	6400	40	100	2.85	0.00	1214.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	31.03	49652.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	32.05	51274.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	33.38	53415.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	31.21	49932.00		
						Basınç	40	40	1600	40						
						Basınç	40	40	1600	40						
2	01.01.2002	1	Malzeme 1	Müşteri 1	01.2002	Eğilme	40	160	6400	40	100	6.89	0.00	2940.00		
						Eğilme	40	160	6400	40	100	7.26	0.00	3099.00		
						Eğilme	40	160	6400	40	100					
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	34.48	55173.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	36.18	57890.00		
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	31.29	50067.00		
						Basınç	40	40	1500	40		0.00	24.44	39097.00		
						Basınç	40	40	1600	40						
						Basınç	40	40	1600	40						

Şekil 9. 7 Günlük Harç Numunelerin Eğilme Ve Basınç Dayanımları



Şekil 10. 7 Günlük Harç Numunelerin Eğilme Ve Basınç Dayanım Grafiğı

NUMUNE BİLGİLERİ							DENEY SONUÇLARI								
Deney No	Deney Tarihi	İmalat No	Numune Cinsi	Müşteri	Üretim Tarihi	Deneyin Adı	FİZİKSEL ÖZELLİKLER								
							En	Boy	Alan	Yüksek	Mesnet	EĞİLME Dayanımı N/mm²	BASINÇ Dayanımı N/mm²	KIRILMA Kuvveti N	Num. Yaşı
							W mm	L mm	So mm²	h mm	l mm			Fmax	G
1	01.01.2002	1	Malzeme 1	Müşteri 1	01.2002	Eğilme	40	160	6400	40	100	8.10	0.00	3457.00	
						Eğilme	40	160	6400	40	100	6.49	0.00	2771.00	
						Eğilme	40	160	6400	40	100				
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	37.91	60663.00	
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	40.36	64570.00	
						Basınç	40	40	1600	40		0.00	37.25	59600.00	
											0.00	36.39	58218.00		

Şekil 11: 28 Günlük Harç Numunelerin Eğilme Ve Basınç Dayanımları

3.2 Tartışma

Harçların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları şekillerde verilmiştir. Referans numunelerin 7 günlük basınç dayanımları, grafen oksidin çimento yerine %2 oranına kadar kullanıldığı numunelere kıyasla bazılarında artış bazılarında ise azalış göstermiştir. Benzer şekilde 28 günlük harç numunelerde de aynı durum görülmektedir. Ayrıca basınç dayanım değeri az da olsa kür süresinin artmasına bağlı olarak artmıştır.

Eğilme dayanımında ise grafen katkılı numunelerin referans numunelere göre daha büyük yükler altında kırıldığı görülmüştür. Ayrıca kür süresinin artması eğilme dayanımını olumlu yönde etkilemiştir.

Aynı amaçla yapılan başka bir çalışmada da sabit su/çimento oranında ve çimento içeriğinde hazırlanan kırma-kumlu harçlara %0.0, ve %2.0 oranlarında grafen oksit ilave edilmiş, harçlar dayanımlarını kazandıktan sonra, mekanik özellikleri belirlenmiştir. Harçların 7 günlük basınç dayanımları, grafen oksidin çimento yerine %0.5, %1.0, %1.5 oranlarına kadar kullanılması durumunda artmıştır. Ancak %2 oranında kullanıldığında dayanım değeri düşmüştür. Benzer durum 28 günlük harçlarda da görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre de, özellikle %0.5 oranında grafen oksidin harç içerisine ilave edilmesi durumunda mekanik özellikleri önemli derecede (basınçta %44) arttırdığı gözlenmiştir (Uygunoğlu ve Şimşek, 2019).

4 SONUÇ

Bu çalışmada, %2 oranında grafen ikamesinin çimento harçlarına etkisi mekanik özellikleri bakımından incelenmiştir. Şu sonuçlar elde edilmiştir;

- Basınç ve eğilme dayanımı değerleri tüm numunelerde kür süresinin artmasıyla artmıştır.
- Aynı numunelerin farklı dayanım değeri göstermesinin birçok nedeni vardır. Bunlardan bir kaç topaklanma, deneyi yapan kişilerin hatası ve malzeme kusurları olabilir.
- Grafen katkısının bazı numuneleri olumsuz etkileme sebeplerinden biri; katkıda belirli bir oran üzerine çıktığı zaman olumlu özelliklerin ortadan kalkarak harç matrisi içerisinde dayanım düşürücü özellikte etki etmesi olabilir.
- Bu sonuçlar grafen katkısının değişik oranlarda azaltılıp arttırılmasıyla değiştirilebilir.
- Deney sonucunda çıkan değerlerin farklılığı malzemenin iç yapısıyla alakalı olabilir.
- Harçların dayanımlarındaki azalmanın diğer bir nedeni de, toz halinde kullanılan grafenin karışım suyuyla birleşimi sonucunda topaklaşarak numune içerisinde nano boyutta homojen dağılmamış olabilesidir.

Referanslar

Doğan, M., Bideci, A., Çomak, B., Sallı, Ö., Besli, E., (2016). Stiren-Bütadien Kopolimer Katkısının Çimento Harçlarına Etkisi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (4), 1.67-76.

Erikli, E., Hasanoğlu, A., (2018).Grafen Oksit/Aramid Ve Grafen/Aramid Kompozitlerinin Geliştirilmesi, *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Cilt: 35-6*, 2018.

Gong, K., Pan, Z., Korayem, A. H., Qiu, L., (2015). Reinforcing Effects of Graphene Oxide on Portland Cement Paste, *Journal of Materials in Civil Engineering*, (27), 2. doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001125.

Jintao, L., Quinghua, L., (2015). Progress in Research on Carbon Nanotubes Reinforced Cementitious Composites, *Advances in Materials Science and Engineering, Volume 2015*, Article ID 307435, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/307435>.

Topçu, H. M., (2019). Grafen oksit içeren arojellerin hazırlanması ve karakterizasyonu, *Master of Thesis, Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dal.*

TS EN 197-1, (2012). *Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler Ve Uygunluk Kriterler.*

Uygunoğlu, T., Şimşek, B., (2019). Grafen Oksit Katkılı Harçların Mekanik, Fiziksel ve Elektriksel Özelliklerinin Araştırılması, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 7(1), 196 – 204. e-ISSN: 1308-6693 ; DOI: 10.21923/jesd.451473.