

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POTASYUM HUMAT VE VİNİL AKRİLAT MONOMER İLAVELİ
KATKILAR İLE ÜRETİLEN HARÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mesut TÜZ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ

KASIM 2019

**T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POTASYUM HUMAT VE VİNİL AKRİLAT MONOMER İLAVELİ
KATKILAR İLE ÜRETİLEN HARÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mesut TÜZ
(1178202112)**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ

KASIM 2019

ÖNSÖZ

Yaptığım bu keşif yolculuğunda bana rehber olan ve her an benden desteğini esirgemeyen ciddi bir titizlikle bana emek veren değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ'a teşekkürü bir borç biliyor ve her iki dünyadada ebedi mutluluğa erdirilmesini Rabbimden niyaz ediyorum. Ve yine bu yolculukta konu, kaynak ve yöntem açısından bana sürekli yardımda bulunarak yol gösteren değerli doktora öğrencisi Yakup BURAK'a teşekkür eder ve saadet-i ebediye ile müjdelendirilmesini Rabbimden niyaz ediyorum. Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımdan da bana 4 yıllık üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni gelecekte söz sahibi yapacak bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum ve bana güzel ahlak yaşantısını rehber edinmemde bana manevi rehberlik eden başta peder ve validem ve bütün manevi rehberlerin şahs-ı manevisine teşekkür eder ve cennette cemaliyle müşerreflendirilmelerini Rabbimden niyaz ediyorum.

Kasım 2019

Mesut TÜZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xv
1.GİRİŞ	1
2.SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICILAR.....	5
2.1 Süperakışkanlaştırıcıların Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi	5
2.2 Süperakışkanlaştırıcılar ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	6
3.HÜMİK MADDELER.....	11
3.1 Hümik Maddelerin Tanımı, Sınıfları ve Özellikleri	11
3.2 Maddelerin Yapıları	13
3.3 Hümik Maddelerin Bileşimleri.....	13
3.4 Hümik Maddelerin Özellikleri ve Uygulama Alanları.....	14
3.5 Hümik Maddelerin İnorganik, Organik ve Ampifilik Malzemelerle Etkileşimi.....	14
3.6 Hümik Madde ve Hümik Asit Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar	15
3.7 Hümik Asidin Beton Üzerindeki Etkisi Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar	17
4.DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	19
4.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	19
5.DENEY SONUÇLARI.....	21
5.1 Sertleşmiş Birim Ağırlık Deney Sonuçları.....	21
5.2 Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları	37
5.3 Basınç Dayanımı Deney Sonuçları.....	51
6.SPSS PROGRAMI İLE DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARININ ÇOKLU İSTATİSTİKSEL ANALİZİ.....	67
7.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	75

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Hümik maddelerde elementer bileşim oranları	14
Çizelge 4.1 : Kimyasal katkı dizaynları.....	19
Çizelge 6.1 : Sertleşmiş birim ağırlık ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.	67
Çizelge 6.2 : 7 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	68
Çizelge 6.3 : 14 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	68
Çizelge 6.4 : 28 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	69
Çizelge 6.5 : Basınç dayanımı ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.	70
Çizelge 6.6 : 7 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	70
Çizelge 6.7 : 14 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	71
Çizelge 6.8 : 28 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	71
Çizelge 6.9 : Eğilme dayanımı ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.	72
Çizelge 6.10 : 7 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	73
Çizelge 6.11 : 14 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	73
Çizelge 6.12 : 28 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.	74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 5.1: Katkı 1 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	21
Şekil 5.2: Katkı 2 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	22
Şekil 5.3 : Katkı 3 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	22
Şekil 5.4 : Katkı 4 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	23
Şekil 5.5 : Katkı 5 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	23
Şekil 5.6 : Katkı 6 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	24
Şekil 5.7 : Katkı 7 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	24
Şekil 5.8 : Katkı 8 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	25
Şekil 5.9 : Katkı 9 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	25
Şekil 5.10 : Katkı 10 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	26
Şekil 5.11 : Katkı 11 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	27
Şekil 5.12 : Katkı 12 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	27
Şekil 5.13 : Katkı 13 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	28
Şekil 5.14 : Katkı 14 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	29
Şekil 5.15 : Katkı 15 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	29
Şekil 5.16 : Katkı 16 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	30
Şekil 5.17 : Katkı 17 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	31
Şekil 5.18 : Katkı 18 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	31
Şekil 5.19 : Katkı 19 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	32
Şekil 5.20 : Katkı 20 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	33
Şekil 5.21 : Katkı 21 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	33
Şekil 5.22 : Katkı 22 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	34
Şekil 5.23 : Katkı 23 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	35
Şekil 5.24 : Katkı 24 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	35
Şekil 5.25 : 7 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	36
Şekil 5.26 : 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	36
Şekil 5.27 : 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.....	37
Şekil 5.28 : Katkı 1 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	37
Şekil 5.29 : Katkı 2 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	38
Şekil 5.30 : Katkı 3 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	38
Şekil 5.31 : Katkı 4 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	39
Şekil 5.32 : Katkı 5 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	39
Şekil 5.33 : Katkı 6 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	40
Şekil 5.34 : Katkı 7 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	40
Şekil 5.35 : Katkı 8 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	41
Şekil 5.36 : Katkı 9 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	41
Şekil 5.37 : Katkı 10 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	42
Şekil 5.38 : Katkı 11 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	42
Şekil 5.39 : Katkı 12 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	43
Şekil 5.40 : Katkı 13 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	44
Şekil 5.41 : Katkı 14 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	44
Şekil 5.42 : Katkı 15 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	45
Şekil 5.43 : Katkı 16 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	45
Şekil 5.44 : Katkı 17 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	46
Şekil 5.45 : Katkı 18 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	46
Şekil 5.46 : Katkı 19 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.....	47

Şekil 5.47 : Katkı 20 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.	47
Şekil 5.48 : Katkı 21 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.	48
Şekil 5.49 : Katkı 22 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.	48
Şekil 5.50 : Katkı 23 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.	49
Şekil 5.51 : Katkı 24 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.	49
Şekil 5.52 : 7 günlük eğilme dayanımı sonuçları.....	50
Şekil 5.53 : 14 günlük eğilme dayanımı sonuçları.....	50
Şekil 5.54 : 28 günlük eğilme dayanımı sonuçları.....	51
Şekil 5.55 : Katkı 1 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	51
Şekil 5.56 : Katkı 2 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	52
Şekil 5.57 : Katkı 3 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	53
Şekil 5.58 : Katkı 4 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	53
Şekil 5.59 : Katkı 5 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	54
Şekil 5.60 : Katkı 6 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	54
Şekil 5.61 : Katkı 7 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	55
Şekil 5.62 : Katkı 8 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	55
Şekil 5.63 : Katkı 9 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	56
Şekil 5.64 : Katkı 10 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	56
Şekil 5.65 : Katkı 11 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	57
Şekil 5.66 : Katkı 12 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	57
Şekil 5.67 : Katkı 13 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	58
Şekil 5.68 : Katkı 14 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	58
Şekil 5.69 : Katkı 15 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	59
Şekil 5.70 : Katkı 16 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	59
Şekil 5.71 : Katkı 17 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	60
Şekil 5.72 : Katkı 18 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	60
Şekil 5.73 : Katkı 19 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	61
Şekil 5.74 : Katkı 20 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	61
Şekil 5.75 : Katkı 21 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	62
Şekil 5.76 : Katkı 22 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	62
Şekil 5.77 : Katkı 23 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	63
Şekil 5.78 : Katkı 24 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.	64
Şekil 5.79 : 7 günlük basınç dayanımı sonuçları.	65
Şekil 5.80 : 14 günlük basınç dayanımı sonuçları.	65
Şekil 5.81 : 28 günlük basınç dayanımı sonuçları.	66

POTASYUM HUMAT VE VİNİL AKRİLAT MONOMER İLAVELİ KATKILAR İLE ÜRETİLEN HARÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ VE İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

ÖZET

Uygarlık nüfusunun artması sonucunda, beton endüstrisinde son 100 yılda kayda değer gelişmeler kaydedilmiştir. 90'lı yıllardan bu yana çimento-agrega geçiş alanlarının özelliklerine ilişkin yoğun araştırmaların ardından, dayanıklı ve ekonomik betonlar beton teknolojisi alanında önemli bir yer edinmiştir. Dayanıklı ve ekonomik beton agregası üretimi sırasında, beton tasarım hacmine göre betonda kullanılan agregası oranı% 70-80 olduğundan önemli bir rol oynar. Beton üretiminde kullanılan agregası bileşiminde, kırma kumu, maliyet avantajı nedeniyle en yüksek orana sahiptir. Ekonomik açıdan verimli olması için beton üretiminin yerel kaynaklara ihtiyacı vardır. Yerel yasalara göre beton sağlam olmalıdır. Bu nedenle, kırma kumun kirliliği betonun kalitesini etkileyen ana parametrelerden biridir ve kimyasal katkı maddesi üreten şirketler için katkı tasarımı oluşturma açısından son derece önemli bir değerdir. Türkiye'de agregası yıkaması yaygın olarak kullanılmadığından bu nedenle kırma kumun kirliliği beton üretimi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Ülkemizin birçok bölgesinde temiz agregası tedarikinin zor olması nedeniyle, bazı farklılıkları bir araya getiren yüksek metilen değerli agregalarla beton üretimi yapılmaktadır. İnce agregada çok ince malzeme TS 706 EN 12620'ye göre % 3 ile sınırlıdır. İnce agregası% 3 çok ince malzemedense daha fazla içeriyorsa, TS EN 933-9 Türk Standardına göre ince agregada metilen mavis testi yapılmalıdır. Bu nedenle, agregası üreten, silt ve kil gibi ince malzemelerin agregası içine basılması için bazı önlemler alınmalıdır. Bu anlamda, kil, silt ve çok ince taş tozu gibi 0,063 mm elekten geçen ince malzemelerin kalitesi ve içeriği doğrudan betonun kalitesini etkiler. Kil, suyu tutan ve 0.02 mm'den daha küçük partiküllere sahip büyük bir iyon değişim özelliğine sahip laminer veya elyaf formulu hidratlanmış alüminyum veya magnezyum silikat bazlı bir malzemedir. Kil minerallerinin aktivitesi, karakteristik desenlerine bağlıdır. Bazı kil türlerinin nispeten etkisiz olduğu ve toplam performansı değiştiremediği, ancak diğer tiplerin neme duyarlı, geniş olduğu ve toplam performans üzerinde küçük miktarlarda bile önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Agregalarda kil ve silt varlığı, kaba agregalar ve çimento macunu arasındaki bağı azaltır ve agregaların spesifik yüzey alanını büyütür. Sonuç olarak, karışım suyu ve su / çimento oranı (w / c) miktarı negatif yönde değişir. Bu, düşük dayanım, dayanıklılık ve betonun hacim stabilitesi gibi ciddi sorunlara neden olur. Kil ve silt'in ek bir önemli özelliği su tutma veya su tutma kabiliyetidir. Suyla kil ve silt tarafından adsorbe edilmesi hacim genişlemesini ortaya çıkarır ve büzülme, bu olguyu izleyerek yüzeydeki gerilme stresini artırır. Kil ve silt, bağlayıcı madde ile reaksiyona girerek yapışmayı azaltır ve hidratlaşmayı ve beton ayarını geciktirir. Öte yandan, çok az miktarda ince malzeme betonun işlenebilirliğini ve geçirimsizliğini arttırmaktadır. Olumsuz etkilerinden dolayı asgari düzeyde olması tercih edilir. Beton katkıları sıvı veya toz katkılarıdır. Taze beton davranışını düzeltme, kontrol etme, ayarlama veya sertleştirme, dayanıklılık özelliklerini artırma gibi özel gereksinimleri karşılamak için beton karışımına küçük miktarlarda eklenirler. Katkıların etkisi her zaman somut özelliklerini iyileştirmektir. Süper akışkanlaştırıcılar (orta seviye ve yüksek su azaltıcılar) ve plastikleştiriciler (su azaltıcılar), genel olarak kullanılan bütün katkı maddelerinin yarısından fazlasını temsil etmektedir.

Her ne kadar geleneksel polikarboksilat esaslı kimyasal katkıları su gereksinimini azaltır ve tutarlılık sağlarsa da, agreganın kirliliğine karşı hassas olmaları nedeniyle sınırlı kullanımları vardır. Kil içeren agregaların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için bazı özel kimyasal katkıları geliştirilebilir. Bu, beton üretiminde temiz agrega bulamayan üreticiler için faydalı olacaktır. Hümik maddeler, ölü hayvanların ve bitkilerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik dönüşümlerinden kaynaklanan organik maddelerdir. Hümik maddeler toprakta, çökeltelerde ve sulu ortamda bulunabilir ve bunlar arasında karbon, hidrojen, oksijen, kükürt ve azot bulunur. Bu elementler tüm humik maddelerde köken ve ülkeden bağımsız olarak bulunur. Bu çalışmada metilen mavisi değeri yüksek olan agregalar kullanılmıştır. Yüksek ince madde içeriğine sahip agregaların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için, kil azaltıcı özelliklere sahip kimyasal katkıları hazırlanmıştır. Bu amaçla, hümik asidin potasyum tuzu olan potasyum humat, kimyasal katkıların hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu yüksek lisans tezinde Kırklareli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda yirmi dört farklı potasyum humat ve vinil akrilat monomer bazlı kimyasal katkıları hazırlanmıştır. İnşaat sektöründe kimyasal katkı üreten ve pazarlayan bir firmadan elde edilen laboratuvar koşullarında hazırlanan potasyum humat ve vinil akrilat monomer bazlı plastikleştirici katkıların üretimi için gerekli hammaddeler. Potasyum humat ve vinil akrilat monomer bazlı kimyasal katkıların laboratuvar koşullarında üretilmesinden sonra, harçlar üretildi ve 40 x 40 x 160 mm kalıba yerleştirildi. Deneysel çalışmada dolomit kırma kum kullanılmıştır. Dolomit kırılmış kumun metilen mavisi değeri 5 idi. Potasyum humat ve vinil akrilat monomer bazlı kimyasal karışımın yüzdesi, çimento ağırlığının% 1'i kadardı. Tüm numuneler 24 saat sonra çözülmüş ve 20 ± 1 ° C'de su içinde depolanmıştır. Sertleştirilmiş birim ağırlık, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı testi sonuçları 7, 14, ve 28 günlük numunelere uygulandı. Bunun bir sonucu olarak, potasyum humat ve vinil akrilat bazlı kimyasal katkıların, betonun amaçlanan çökme ve basınç dayanımını sağlayarak agregalardaki çok ince malzemelerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırdığı bulunmuştur. Bununla ilgili olarak, potasyum humat ve vinil akrilat monomer bazlı kil azaltıcı kimyasal katkıların tasarım maliyetini ve üretim maliyetini optimize etmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF MORTARS PRODUCED WITH ADMIXTURES ADDED POTASSIUM HUMATE AND VINYL ACYRLATE MONOMER AND STATISTICAL ANALYSIS

SUMMARY

As a result of civilization and increase of world population, remarkable improvements in concrete industry have been recorded in the past 100 years. Following concentrated studies regarding the features of cement-aggregate transition areas since 90's, durable and economical concretes have achieved an important place in field of concrete technology. During to production of durable and economical concrete aggregates play an important role because by volume of concrete design, proportion of aggregates used in concrete is % 70-80. In the aggregate composition used in concrete production, the crushing sand has the highest proportion because of the advantage of its cost. For economically efficient concrete production needs local sources. Regarding to local codes concrete must be durable. Thus, the dirtiness of crushed sand is one of the main parameters affecting the quality of the concrete, and it is an extremely important value in terms of forming admixture design for the companies producing chemical additives. In Turkey, washing of aggregates is not widely used due to this reason dirtiness of crushed sand creates significant problem for concrete production. Since it is difficult to supply clean aggregates in many regions of our country, concrete production is carried out with high methylene value aggregates, which brings some difficulties together. Very fine material in fine aggregate is limited with % 3 respect to TS 706 EN 12620. If fine aggregate contents more that % 3 very fine material, methylene blue test should perform on fine aggregate according to Turkish Standard TS EN 933-9. For this reason, aggregate producers should take some precautions to stepping fine materials such as silt and clay in aggregate. In this sense, quality and content of fine materials passing from 0.063 mm sieve such as clay, silt and very fine stone powder, directly affects the quality of concrete. Clay is a laminar or fiber formed hydrated aluminum or magnesium silicate based material that holds water and has a great ion exchange capability, having particles smaller than 0.02 mm. Activity of clay minerals depends on its characteristic patterns. It is known that some types of clay are relatively affectless and do not change aggregate performance, but other types are moist sensitive, expansive and have significant effects on aggregate performance even in small amounts. The existence of clay and silt in aggregates reduce the bond between coarse aggregates and cement paste, and enlarge the specific surface area of aggregates. As a consequence, the amount of mixing water and water/cement ratio (w/c) change in negative direction. This causes serious problems such as low strength, durability and volume stability of concrete. An additional important property of clay and silt is water holding or water adsorption capability. Adsorbing water by clay and silt bring out volume expansion and shrinkage follows this phenomenon, which increases tensile stress on surface. Clay and silt reduce the adherence by reacting with binder material, and delay hydration and setting of concrete. On the other hand, very small amounts of fine material improve workability and impermeability of concrete. It is preferred to be in minimum level due to their negative effects. Concrete admixtures are liquid or powder additives.

They are added to the concrete mix in small quantities to meet specific requirements such as fixing fresh concrete behavior, controlling, setting or hardening, increasing the durability properties. The effect of admixtures is always to improve the concrete properties. Superplasticizers (mid-range and highrange water reducers) and plasticizers (water reducers) represent more than half of all the admixtures generally used. Although conventional polycarboxylate based chemical admixtures reduce water requirement and provide consistency, they have limited usage because of being sensitive to dirtiness of aggregate. Some special chemical admixtures can be developed to eliminate negative effects of clay-bearing aggregates. This will be useful for producers which can't find clean aggregates in concrete production. Humic substances are organic materials which are originated from physical, chemical and microbiological transformation of dead animals and plants. Humic substances can be found in soil, sediments and aqueous medium, and include carbon, hydrogen, oxygen, sulphur and nitrogen. These elements exist in all humic substances independently from origin and country. In this study, aggregates with high methylene blue value were used. To eliminate negative effects of aggregates having high fine material content, chemical admixtures with clay-mitigating properties were prepared. For this purpose, potassium humate, which is the potassium salt of humic acid, was used in preparation of chemical admixtures. In this Ms thesis, twenty four different potassium humate and vinyl acrylate monomer based chemical admixtures were prepared in Kırklareli University, Faculty of Civil Engineering, Construction Materials Laboratory. Raw materials required for the production of potassium humate and vinyl acrylate monomer based plasticizer admixtures prepared in the laboratory conditions obtained from one company which is manufacturing and marketing chemical admixture in the construction sector. After production of potassium humate and vinyl acrylate monomer based chemical admixtures in laboratory conditions, the mortars were produced and placed in 40*40*160 mm mold. In experimental study, dolomite crushed sand was used. The methylene blue value of dolomite crushed sand was 5. The percentage of potassium humate and vinyl acrylate monomer based chemical admixture was % 1 percent by the weight of cement. All samples were unmolded after 24 hours and stored in water at 20±1 °C. Hardened unit weight, flexural strength and compressive strength test results were applied for 7, 14, and 28 day specimens. As a consequence of, it was found that potassium humate and vinyl acrylate based chemical admixtures eliminated the negative effects of very fine materials in aggregates by providing the intended slump and compressive strength of concrete. Regarding, further research is needed to optimize the cost for design of potassium humate and vinyl acrylate monomer based clay mitigating chemical admixtures and the cost of production.

1. GİRİŞ

Kimyasal katkı kullanımını son yıllarda beton teknolojisinde yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Yapı sektöründe farklı içeriğe sahip kimyasal katkıları ihtiyaçları gözönüne alınarak hazırlanır ve tüketicinin kullanımına sunulur. Betonun işlenebilirliğini artıran akışkanlaştırıcı katkıları genel olarak en çok kullanılan kimyasal katkılarıdır. Süperakışkanlaştırıcıları beton teknolojisinde kullanılmaya başlanan katkı türleridir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan süperakışkanlaştırıcıları, lignosülfonik asit, melamin formaldehid sülfonik asit, naftalin formaldehid sülfonik asit ve polikarboksilik asit gibi farklı kökenli malzeme ile üretilmektedir. Süperakışkanlaştırıcıları kökenleri dolayısıyla birbirlerinden farklı olabilecekleri gibi, aynı kökenli süperakışkanlaştırıcıları da, moleküler ağırlık ve kimyasal kompozisyonlarındaki değişkenlikler nedeniyle kendi içlerinde farklılıklar gösterebilmektedir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçların yorumlanmasında karşılaşılan en büyük problem, süperakışkanlaştırıcıları kimyasal yapıları ve özellikle de moleküler ağırlıkları hakkında literatürde yeterli bilginin mevcut olmamasıdır. Çimento hamurunun akışkanlığı betonun kalitesini ve özelliklerini doğrudan etkiler. Süperakışkanlaştırıcı kullanılırsa akışkanlık daha da artmaktadır. Dolayısıyla süperakışkanlaştırıcıları beton teknolojisindeki kullanım önemi gittikçe artmaktadır. Ancak, süperakışkanlaştırıcı ile üretilen, su-çimento oranları düşük olan betonların işlenebilirlikleri üretimden sonra ilk anlarda yüksektir. İşlenebilirlik kısa süre sonra azalmaktadır ve hızlı bir şekilde çökme kaybı meydana gelmektedir. Çimento ve süperakışkanlaştırıcının özellikleri çimento ve süperakışkanlaştırıcı katkı arasındaki uyumu doğrudan etkilemektedir. Çimento ve süperakışkanlaştırıcı katkı uyumu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ramyar ve diğ., 2008). Beton üretiminde kullanılan agregalar, beton dizaynının hacimce % 70-80 kadarını oluşturmaktadır. Beton üretiminde kullanılan agrega bileşiminde, en yüksek pay ise maliyet avantajı nedeniyle kırma kuma aittir.

Bu nedenle kırma kumun sahip olduğu kirlilik düzeyi, betonun kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri olmakla beraber, kimyasal katkı üreticileri için de katkı tasarımı oluşturmak açısından son derece önemli bir değerdir. Türkiye’de, betonda kullanılan agregalarda kirlilik önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Ülkemizin birçok bölgesinde temiz agrega bulmakta güçlük çekildiğinden, metilen değeri yüksek agregalarla beton üretimi yapılmakta, bu da beraberinde bazı sıkıntılar getirmektedir. Bu sebeple, agrega üreticilerinin kil ve silt gibi ince malzemelerin agregaya karışmasını önlemeye yönelik tedbirler almaları gerekmektedir. Bu anlamda kum içinde bulunan 0,063 mm elek altı yıkanabilir maddelerin (kil, silt ve çok ince taş unu) içeriği ve kalitesi beton kalitesi anlamında büyük önem taşımaktadır. Kil, su tutma ve iyon değiştirme güçleri yüksek olan, parçacık boyutu 0,02 mm’nin altında tabakalı ya da lifli yapıdaki hidratlaşmış alüminyum ya da magnezyum silikatlar olarak adlandırılmaktadır. Kil minerallerinin aktiviteleri karakteristik yapılarına bağlıdır. Bazı kil türlerinin nispeten etkisiz olduğu ve agrega performansını etkilemediği ancak farklı türlerinin küçük miktarlarda olsa bile agregaların performansını önemli ölçüde etkilediği, neme karşı duyarlı oldukları ve genleşebildikleri bilinmektedir. Kil ve siltin beton agregasında bulunması iri agrega ve çimento hamuru arasındaki aderansı zayıflatır. Agreganın özgül yüzey miktarını artırır. Bunun sonucunda beton için gerekli karma suyu miktarı yani su/çimento (W/C) oranı büyür. Dolayısıyla dayanıklılık ve dayanım yönünden zayıf bir beton elde edilir. Kil ve siltin önemli özelliklerinden birisi de su tutma (emme) kabiliyetinin yüksek olmasıdır. Kil ve silt su emme sonucunda hacim genişlemesine neden olur ve büzölmelerin meydana getireceği çekme gerilmelerine sebep olur. Çimento ile reaksiyona girerek aderansı önler, hidrasyonu ve prizi geciktirir. Bunun yanında kil, mil ve silt oranının az miktarları betonun işlenebilirliğini ve su geçirmezliğini arttırmaları. Olumsuz etkileri nedeniyle mümkün olduğu kadar az bulunmaları tercih edilir. Kil mineralleri, doğal agregaların ince fraksiyonlarında (75 µm altı malzeme) bulunabilmektedir. Genelde aşırı miktarda kil içeriği beton ve harçlarda zarar verici etkiler oluşturmaktadır. Kil minerallerinin ince partikül yapısı ve yüzeylerinin aktivitesi, betonlarda istenen işlenebilirliği sağlamak için karışım suyu miktarını artırmaktadır. Bu da sertleşmiş betonun dayanımına, durabilitesine veya hacim stabilitesine zarar vermektedir. Özetle kil mineralleri, kristaline hidrate alumino-silikatlardır.

Beton ince malzemelerindeki kil içeriği, betonda önemli kıvam kaybı, aşırı su isteği ve potansiyel kuruma büzülmesi gibi hacim değişimlerine neden olabilmektedir. Birçok mühendis bu duruma işaret etmiştir. Beton deneylerinde, yüksek metilen mavisi boyası adsorpsiyonu gösteren kumların içerdiği kil minerallerinin, basınç dayanımı kaybına neden olabildikleri görülmüştür.

Bununla birlikte, sonuçların değerlendirilmesinde, kil minerallerinin emdikleri boya miktarıyla, betonda oluşturdıkları zarar verici etkiler arasında bir orantı bulunmasında problemler vardır. Fakat “Metilen Mavisi Adsorpsiyonu” metodu, kullanılan kumdaki kil içeriği nedeniyle beton için uygun olup olmadığını belirlemede hızlı ve ucuz bir metottur. TS 706 EN 12620 standardında ince agreganın içinde bulunan çok ince malzeme muhtevasının % 3’den az olması halinde ince malzeme zararsız kabul edilmekte, çok ince malzemenin % 3’ün üzerinde olması halinde ise TS EN 933-9 Metilen Mavisi deneyi veya TS EN 933-8 Kum Eşdeğerliği deney sonuçlarının belirlenen sınır değerlerini sağlaması istenmektedir. Bunun yanında beton üreticileri agrega seçimine, üreteceği betonun kalitesi açısından son derece dikkat etmelidir. Bu seçim sırasında kırma kumların kimyasal yapıları üzerine bilgi edinilmesi, büyük kolaylık ve fayda sağlayacaktır. Beton üretiminde temel hammaddelerden biri olan agregaların, metilen mavisi değerinin yüksek olması halinde betonda kıvam koruma ve dayanım ile ilgili problemler yaşanır. Geleneksel polikarboksilat bazlı kimyasal katkıları, yüksek su kesme ve kıvam koruma özelliği sağlamakla birlikte, malzeme kirliliğine duyarlı olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Kirli agrega ile yapılan betonda kıvam kaybı ve düşük dayanım dezavantajlarını bertaraf etmek için kimyasal katkıları geliştirilebilir. Metilen mavisi değeri yüksek agregalar için geliştirilmiş kimyasal katkıları ile beton üretimi agrega sıkıntısı çeken beton üreticileri için faydalı bir çözüm olacaktır. Bu tez çalışmasında, metilen mavisi değeri yüksek agregalar için geliştirilmiş potasyum humat ve vinil akrilat monomer (VAM) ilaveli kimyasal katkıları laboratuarda hazırlanmıştır ve bu katkıları ile harçları üretilmiştir. Üretilen harçların mekanik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir.

2. SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICILAR

2.1. Süperakışkanlaştırıcıların Beton Özellikleri Üzerindeki Etkisi

Katkılar, serbest halde, katı veya çözelti olarak kalabilmekte, çimento yüzeyi ile etkileşime girebilmekte, çimento hamuru veya çimento bileşenleri ile birleşebilmektedir. Katkı ile çimento arasındaki etkileşim, su ihtiyacı, hidrasyon ısı, oluşan hidrasyon ürünlerinin içeriği, priz süresi betonun mikroyapısal özelliklerini ve durabilite özelliklerini etkilemektedir. Yüksek performansa sahip betonların reolojisi birçok parametreden etkilenmektedir. Bu parametreler çimentonun kimyasal ve fiziksel bileşimi, çimentonun C3A ve alkali içeriği, çimentonun inceliği, çimentodaki kalsiyum sülfatın tipi ve miktarı, süperakışkanlaştırıcının kimyasal yapısı ve ortalama molekül ağırlığı, süperakışkanlaştırıcının sülfonasyon derecesi ve counter-ion'un yapısı, süperakışkanlaştırıcının dozajı ve karışıma eklenme metodudur. Süperakışkanlaştırıcılar plastikleştirici bir etki oluşturmaktadır. Süperakışkanlaştırıcıların plastikleştirici etkisi şu şekilde açıklanabilir. Portland çimentosu, su ile temas meydana geldiğinde, zıt yüklü taneler arasında elektrostatik etkileşim ve hidrate olan parçalar arasındaki yüzey etkileşimi nedeniyle bir topaklaşma eğilimi oluşur. Süperakışkanlaştırıcının varlığında katkı çimento taneleri üzerine tutunur ve elektrostatik itki neticesinde, çimento taneleri ayrılma eğilimi gösterir. Bunun yanında oluşan stearik etki nedeniyle de parçacıkların birbiriyle etkileşimi engellenmektedir. Bu etkinin özellikle moleküler ağırlığı yüksek olan katkılarda daha çarpıcı olduğu açıkça görülmektedir. C3A'nın hidrasyonu sonucunda, zamanla kararlı kübik forma dönüşebilen hegzagonal fazlar oluşmaktadır. Karışıma lignosülfonat ilave edilmesi, C3A'nın hidrasyonunu ve bunun yanında kübik form oluşumunu geciktirmektedir. Çimentonun su ile temasından birkaç dakika sonra karışıma lignosülfonat ilave edilmesiyle, C3S'in hidrasyonu önemli bir ölçüde geciktirmektedir.

Bu durum hidrate C3A'nın, reaksiyona girmemiş C3A'ya göre göreceli olarak daha az katkı tutması sayesinde, çözelti içerisinde C3S'in hidratasyonunu geciktirecek daha fazla katkının bulunması ile açıklanmıştır (Ramyar ve diğ., 2008). Süperakışkanlaştırıcı ilave edilmiş yüksek işlenebilirliğe sahip karışımlar, 30 ila 60 dakikadan sonra bu özelliklerini kaybetmektedir.

Çökme kaybını etkileyen faktörler başlangıç çökme değeri, süperakışkanlaştırıcı ve çimentonun tipi ve miktarıdır. Çökme kaybının gerçekleştiği zaman diliminde C3A alçıtaşıyla reaksiyona girmektedir. Oluşan hidratasyon ürünleri kristal yapıda gelişmektedir. C3A ve alçıtaşı arasındaki reaksiyonun miktarı ve hidratasyon ürünlerinin kristal yapıda olması, işlenebilirlik üzerinde çok önemli etkiye sahip olabilmektedir. Süperakışkanlaştırıcıların etkinliği, bunların çözelti içerisindeki konsantrasyonu ile ilişkilidir. Süperakışkanlaştırıcı katkının çimento taneleri üzerinde şiddetli bir şekilde tutunmasından dolayı hidratasyonun erken zamanlarında süperakışkanlaştırıcının konsantrasyonu önemli ölçüde azalmaktadır (Ramyar ve diğ., 2008).

2.2. Süperakışkanlaştırıcılar ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Iizuka ve diğ. (1985) çeşitli polikarboksilik asit kökenli katkıların çökme ve çökme kaybı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada katkı çimento ağırlığının % 0,12'si oranında kullanılmıştır ve bu durumda başlangıç çökme değeri oldukça artmış, çökme kaybı ise göreceli olarak azalmıştır. Bu özellikleri sağlayabilecek olan optimum moleküler ağırlık 10.000 olarak belirlenmiştir. Bu katkı, naftalin bazlı süperakışkanlaştırıcıya oranla yüksek çökme, çökme değerini uzun süre koruma ve düşük kuma gibi özellikler göstermesine rağmen, hazırlanan betonlarda priz süresi ve hava içeriğinin artmasına sebep olmuştur. Genel olarak akışkanlaştırıcı katkılar, kontrol karışımına oranla priz süresini uzatmaktadır. Bu durum katkının varlığında ilk saatlerdeki hidratasyon oranının azalmasından kaynaklanmıştır. Alkalilerin işlenebilirlik üzerindeki etkileri üzerinde yapılan birçok çalışma mevcuttur.

Jawed ve Skalny (1978) süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmadığı takdirde, yüksek oranda alkali içeriğine sahip çimentoların genelde daha kötü bir reolojik davranış sergilediğini göstermiştir. Ancak, Nawa ve diğ. (1989) polinaftalin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcılar kullanmıştır.

Karışıma bir miktar alkali sülfat (Na_2SO_4) ilave edildiğinde düşük oranda alkali içeren çimento hamurlarının reolojik özellikleri iyileşmiştir. Öte yandan, literatürde azalan alkali içeriğinin süperakışkanlaştırıcı katkıli karışımların işlenebilirliğini artırdığını belirten yayınlar da bulunmaktadır.

Jiang ve diğ. (1999) süperakışkanlaştırıcı katkı ile üretilmiş çimento hamurlarının akışkanlığını ve akışkanlık kaybını kontrol eden ana parametrenin, çözelti içerisine ilk zamanlarda geçen çözünebilen alkali miktarı olduğunu belirtmişlerdir. Başlangıç akışkanlığını artırma ve zamanla akışkanlık kaybını azaltma bakımından optimum çözünebilen alkali içeriği, süperakışkanlaştırıcı dozajından ve çimento tipinden bağımsız olarak, % 0,4-% 0,5 Na_2O eşdeğeri olarak belirtilmiştir. Ayrıca, optimum çözünebilen alkali miktarına sahip olan çimentolarda, C_3A içeriğinin akışkanlık kaybı üzerinde pratik olarak hiçbir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır. Lignosülfonatların geciktirici özelliği çimentonun alkali miktarına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek C_3A ve yüksek alkali içeren çimentolarda, lignosülfonatların su azaltma kapasitesi daha düşüktür. Çimentodaki alkaliler lignosülfonatların akışkanlaştırıcı özellik göstermedeki faydasını ortadan kaldırmaktadır. Tagnit-Hamou ve diğ. (1992) düşük su/çimento oranına sahip süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılan çimento hamurlarında, çimento-süperakışkanlaştırıcı uyumsuzluğunun çimentodaki kalsiyum sülfat yetersizliğinden kaynaklandığını vurgulamışlardır. Nawa ve diğ. (1989) sülfat miktarının hamurun viskozitesi üzerindeki etkisini çalışmıştır. Sülfatın varlığı viskoziteyi azaltmıştır. Bu durum sülfat varlığı sebebiyle, C_3A ve C_4AF bileşenlerinin yüzeyinde düşük miktarda katkı tutunmasına bağlanabilir. Sülfat varlığında silikat fazları daha iyi dağılmakta ve akışkanlık artmaktadır. Karışımın viskozitesi, üretim esnasında çimentoya eklenen sülfatın tipine bağlı olarak değişmektedir. Bu olay, genellikle iyonlarının çözünme hızındaki değişikliklere bağlanabilmektedir. Sülfatlar dehidrat, hemihidrat ya da anhidrit formunda olabilmektedir (Ramyar ve ark., 2008). Boragafio ve Macias (1992) düşük C_3A içeriğine sahip (% 2,5), yüksek alkali içeriğine sahip (% 0,95 Na_2O) ve yüksek özgül yüzeye sahip ($500 \text{ m}^2/\text{kg}$) çimentolarla hazırladıkları karışımların reolojik özelliklerini karşılaştırmıştır. Çalışmada farklı miktarlarda lignosülfonat (LS), sülfonat naftalin formaldehid (SNF) ve sülfonat melamin formaldehid (SMF) esaslı katkıları kullanmışlardır. Bütün katkıların, özellikle de SNF ve SMF'in eşik kayma değerini azalttığı, ancak bu katkılara lignosülfonat eklenmesiyle bu değer bir miktar arttığı gözlenmiştir.

Süperakışkanlaştırıcının performansının yüksek olmasının, çimentodaki $C_3A/CaSO_4$ oranına bağlı olduğunu, bu oranın yüksek olmasının da akışkanlığı azalttığını belirtmişlerdir. Uchikawa ve diğ. (1984) çimento bileşenleri hidrasyonunun, karışım suyundaki Ca^{+2} , OH^- ve SO_4^{-2} iyonlarının konsantrasyonundan etkilendiğini vurgulamıştır. Bu iyonların konsantrasyonu, alkali sülfat, alçıtaşı, serbest kireç miktarları ve C_3S bileşeninin hidrasyon oranına bağlı olarak değişmektedir. Hidrasyon özellikle kirece doygunluk oranından önemli bir biçimde etkilenmektedir. Ca^{+2} , OH^- ve SO_4^{-2} iyonlarının yüksek konsantrasyonda olması durumunda oluşan küçük etrenjit kristalleri, reaksiyona girmemiş bileşenlerin üzerini kapatmakta ve hidrasyon hızı yavaşlamaktadır. Diğer taraftan düşük konsantrasyonda, yüksek miktarlarda iğne formunda etrenjit oluşumu gözlenmektedir. Bileşenlerin hidrasyonu nedeniyle etrenjit oluşumu devam etmekte ve “yalancı priz” adı verilen durum ortaya çıkabilmektedir. Su/çimento oranı, boşluk çözeltisindeki iyon konsantrasyonunu kontrol eden önemli bir parametredir. Düşük su/çimento oranlarında C_3A ve C_4AF bileşenleri süperakışkanlaştırıcı moleküllerini tutmakta ve çözeltideki süperakışkanlaştırıcı miktarı bundan dolayı azalmaktadır. Fakat su/çimento oranının artmasıyla daha fazla C_3S hidrate olmaktadır ve ortama daha çok Ca^{+2} iyonu salınmaktadır. Böylece boşluk çözeltisindeki kirece doygunluk ve dolayısıyla akışkanlık artmaktadır. C_3A+C_4AF miktarı yüksek olan çimentolarda, akışkanlaştırıcı katkı bu bileşenlere tutunur ve C_3S ve C_2S bileşenleri üzerinde tutunan katkı miktarı göreceli olarak azalır ve böylece hamurun akışkanlık davranışı olumsuz olarak etkilenmektedir. Chandra ve Björnström (2002) beyaz çimento, düşük alkali içeriğine sahip çimento ve normal çimentoya kıyasla, hem LS hem de SMF esaslı katkı ile kullanıldığında en yüksek işlenebilirliği vermiştir.

Bu durum, inceliği daha yüksek olmasına rağmen, beyaz çimentonun daha düşük C_3A+C_4AF miktarına, daha düşük alkali miktarına ve daha yüksek sülfat içeriğine bağlanmıştır. Bunun sebebi, beyaz çimentonun C_3A+C_4AF ve alkali miktarının düşük olmasından ve daha yüksek oranda sülfat içermesinden dolayı, katkının daha yüksek oranda çözeltide kalmasına bağlanmıştır. Araştırmada ayrıca, LS esaslı süperakışkanlaştırıcının, SMF esaslı süperakışkanlaştırıcıya kıyasla daha yüksek işlenebilirlik verdiği görülmüştür (Ramyar ve diğ, 2008).

Perenchio ve diğ. (1979) C_3A içeriği yüksek olan çimentolar ile çalışmışlar ve çökme kaybının yüksek olduğunu gözlemlenmişlerdir. Düşük oranda C_3A içeren çimentolarda ise çökme kaybının düşük olduğu görülmüştür.

Ancak, düşük C_3A içeren çimento kullanımının genel olarak daha az çökme kaybı verdiği düşüncesinin her zaman doğru olmadığı da özellikle vurgulanmıştır. Mailvaganam (1979) yaptığı çalışmada C_3A içeriği % 2,6 olan sülfata dayanıklı çimento ile yaptığı karışımdaki çökme kaybının, normal Portland çimentoları (C_3A içeriği % 6,9-12,6) ile yaptığı karışımlardaki çökme kayıplarına nazaran biraz daha düşük olduğunu görmüştür. Bu sonuçlar, çökme kaybının alüminat fazları tarafından göreceli olarak daha fazla süperakışkanlaştırıcı tutulması ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte literatürde çökme kaybının, C_3A içeriğinden daha çok, boşluk çözültisinin kimyasal yapısıyla çok daha yakın ilişkisi olduğunu belirten yayınlar da yer almaktadır. Bonen ve Sarkar (1995) çökme kaybının C_3S bileşeninin hidrasyonu ile ilişkisi olduğunu; ve bu durumun akışkanlığı olumsuz yönde etkileyen iğne formundaki yapıyı oluşturan etrenjit oluşumu ve ikincil etrenjit kristalizasyonu ile ilişkisi olmadığını söylemişlerdir. Ayrıca, C_3S/C_2S oranının yüksek olmasıyla akışkanlığın arttığı bildirilmiştir. C_3A/C_3S oranı azaldıkça, lignosülfonatların hidrasyonu geciktirme etkisi artmıştır. Çimentodaki kromat fazının da (Cr_2O_3) işlenebilirlik üzerinde beklenmedik ölçüde etkili olduğu söylenmiştir. Araştırmacılar, kromatın sülfatın çözünebilirliği üzerinde etkili olabileceğini vurgulamıştır. İşlenebilirliği etkileyen bir diğer önemli faktör, karışımın çimento içeriğidir. Sülfonat melamin formaldehid esaslı katkı kullanımıyla, 237, 326 ve 415 kg/m³ çimento içeriği ile hazırlanan karışımlarda sırasıyla 203, 222 ve 254 mm çökme değerleri elde edilmiştir. Bu, beklenen bir durumdur. Çünkü, katkısız bir karışımda dahi, çimento miktarının artmasıyla daha fazla akışkanlık gözlenmektedir.

Kimyasal katkılar, çimento tanelerinin zeta potansiyel değerinin negatifliğini artırarak çimento tanelerinin daha iyi dağılmasını sağlamaktadır. Bu artışın çimentonun kimyasal kompozisyonuna da bağlı olduğu, literatürde yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır. Asakura (1992) yaptığı çalışmada naftalin kökenli kimyasal katkı kullanarak yaptıkları deneylerde, çimentodaki C_3S/C_2S ve C_3A/C_4AF oranı arttıkça, zeta potansiyelin azaldığını ve viskozitenin arttığını gözlemlemiştir. Katkının çimento taneleri üzerinde tutunma özelliği, çimentonun alkali içeriğinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Yapılan bir çalışmada C_3A ve alçıtaşından oluşan sistemde 0,25 M KOH ve 0,025 M NaOH bulunması halinde, 5 dakika içerisinde, kontrol karışımına göre tutunma oranında % 50 azalma görülmüştür. Bunun sebebi ise, alkalilerin hidrasyon ürünlerinin içine girerek tutunma karakteristiğini etkilemesi olarak açıklanmıştır (Ramyar ve ark, 2008).

Süperakışkanlaştırıcının molekül ağırlığı çimento hamurunun viskozitesini etkilemektedir. Lignosülfonat molekülünün molekül ağırlığı yaklaşık olarak 20.000 ile 30.000 olup, molekül ağırlığı dağılımı 100 ile 100.000 arasında değişmektedir. Sülfonat melamin formaldehid esaslı süperakışkanlaştırıcı katkıların molekül ağırlığı ise yaklaşık olarak 30.000 olmaktadır. Basile ve arkadaşlarının 1989 yılında gerçekleştirdiği çalışmada ise sülfonat naftalin formaldehid esaslı süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Katkının molekül ağırlığının artması ile akışkanlık da artmıştır. Ancak bir noktadan sonra, moleküler ağırlığın artması ile viskozitede de bir artış meydana gelmiştir Rixom ve Waddicor (1981) farklı tipteki lignosülfonat esaslı sentetik süperakışkanlaştırıcıların betonun çökme değeri ve su ihtiyacı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Lignosülfonatın moleküler ağırlığındaki artış betonun işlenebilirliğini artırmıştır, başlangıç prizini geciktirmiştir ve 1 günlük basınç dayanımını çok düşük mertebelerde azaltmıştır. Sülfonasyondaki artışın, işlenebilirliği veya sürüklenmiş hava miktarını etkilemediği, ancak priz süresini kısalttığı görülmüştür. Aynı zamanda, sodyum lignosülfonatların kalsiyum lignosülfonatlara kıyasla daha iyi bir akışkanlaştırıcı olduğu tesbit edilmiştir. Genellikle, lignosülfonatın artan şeker içeriği, çimento hamurunun daha uzun sürede priz almasına sebep olmuştur. Katkının çimento tanelerini dağıtma yeteneği, karışım suyu betona eklendikten birkaç dakika sonra katkı ilave edilirse daha fazla artmaktadır. Katkı su ile birlikte ilave edilirse, süperakışkanlaştırıcının önemli bir miktarı C_3A -alçıtaşı karışımı tarafından kuvvetlice tutulmaktadır. Bu durumda, silikat fazlarını dağıtmak için yeterli katkı kalmamaktadır. Katkının karışıma birkaç dakika geç ilave edilmesi halinde ise, daha az miktarda katkı tutunmaktadır ve silikat fazlarını dağıtmak için yeterli miktarda katkı çözeltide kalacağı için sistemin viskozitesi azalmaktadır (Ramyar ve diğ, 2008).

3. HÜMİK MADDELER

3.1. Hümik Maddelerin Tanımı, Sınıfları ve Özellikleri

Hümik maddeler, ölmüş hayvan ve bitkilerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik dönüşüm sürecinde oluşan, toprakta, sedimentlerde ve sulu ortamlarda bulunan, karbon, hidrojen, oksijen ve bir miktar sülfür ile beraber nitrojen içeren amorf organik maddelerdir. Hümik maddelerin makromoleküler yapıları çözeltinin farklı kimyasal durumlarına yüksek oranda duyarlıdır. Bir ortamda hümik maddenin reaktivitesi fonksiyonel gruplara, makromoleküler yapıya ve konsantrasyona bağlıdır. Hümik maddeler, organik karbon içeren doğal ürünlerdir. Hümik maddeler görünüş olarak sarı renkten siyah renge farklılık gösterirler, asidiktirler, farklı bileşime ve moleküler ağırlığa sahiptirler, aromatikler, polielektrolittirler. Koyu renge sahip olmaları çekirdeğinin elektronik yapısından kaynaklanmaktadır (Vidyasagar ve diğ, 2012). Hümik maddeler, suda, toprakta ve çürümüş hayvan ve bitkilerin sedimentlerinde bulunan doğal organik maddelerdir. Hümik maddeler, karbonhidratlar ve karboksilik, fenolik ve metoksil gruplarını içeren aromatik halkalardan oluşan multifonksiyonel amorf biyopolimerlerdir (Chassapis ve diğ, 2010). Hümik maddeler çevrede bulunan doğal organik materyal sınıfından toprakta veya yüzey sularında bitkilerin bozunması sırasında oluşan makromoleküler bileşiklerdir (Vidyasagar ve diğ, 2012). Hümik maddeler, poliaromatik ve alifatik alt birimler içeren yüksek moleküler kütleli sahip polihidroksikarboksilatlardır. Bu makromoleküllerin iyonlaşma derecesi, iyonlaşmış fenol ve karboksilik grupların miktarı ile belirlenir. Bu da çözeltinin pH'nın bir fonksiyonudur. Sulu hümik maddeler, toprak humusu ve sulu bitkilerden elde edilen küçük organik moleküllerin polimerleşmesi ve biyopolimerlerin mikro-biyotik bozulmasıyla oluşan büyük organik moleküllerdir. Dissolved hümik madde, yüzey suyunda (doğal su ve okyanus suyu) dissolved organik karbon havuzunun temel bileşenleridir. Doğal sulardaki hümik maddeler genellikle düzensiz yapıya ve farklı oranlarda moleküler ağırlıklara sahip polielektrolittirler.

Çoğu araştırmacı sulu hümik maddelerin özelliklerini tanımlamıştır. Karboksilik, fenolik ve karbonil grupları, sulu hümik maddeyi verir. Bu kimyasal davranış metallerin sulu ortamlarda hareketini, dağılımını ve kümelenmesini etkiler.

Stumm ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada hümik maddelerin hem asidik fonksiyonel grupları (karboksil ve fenol) hem de hidrofobik moieties'leri vardır. Karboksil gruplarından dolayı, hümik maddeler oksit yüzeyleri ile elektrostatik etkileşim yaparlar. Hidrofobik özellikler, hümik maddenin yüzeyde kümelenmesine olanak sağlar. Toprakta da hümik madde varlığı mevcuttur. Kompost, hümik madde olarak sınıflandırılan ölü mikroorganizma hücre duvarları ve değişime uğrayan bileşenlerin son ürünüdür. Hümik maddenin makromoleküler yapıları çözeltinin farklı kimyasal durumlarına yüksek oranda duyarlıdır. SEM analizleri göstermiştir ki; hümik asitin morfolojisi pH değişimiyle değişir. Tarımda hümik madde kullanımı, toprağın kalitesini iyileştirmede önemli bir rol oynar. Hümik asit kili kırar. Toprakta suyun buharlaşmasını yavaşlatır. Hümik maddelerin supra-moleküler yapısının bol spongy mikro boşlukları vardır. Bu boşluklar istatistiksel olarak 0,24-0,48 nm ortalama boyuta sahiptir. Bu boşluklar, düşük moleküler bileşenleri (organik xenobiyotikler, herbisidler, pestisidler, metal iyonları, vb.) etkili emen moleküler açıklıklara benzer. 0,127 nm çapı olan oksijen molekülü polimer networküne kolayca penetre olur. Işığın hümik madde ile etkileşimi reaktif oksijen varlıklarını üretir. Bu da yüzey sularında fotodinamik procesten sorumludur.

Bazı teoriler, hümik maddelerin orijinini açıklamada şeker-amin kondenzasyon teorisi, lignin teorisi veya polifenol teorisini kullanmışlardır. Günümüzde, çoğu araştırmacı hümik maddenin orijininin lignine dayandığını destekler. Polifenoller, çoğunlukla ligninden gelir ve dönüşüm sürecinde önemli bir rol oynar. Polifenoller, hümik madde öncülleri olarak bilinirler. Polifenoller, kendi başlarına yeterli reaktif alanlara sahiptir. Hümik maddeleri karakterize etmek için farklı teknikler kullanılır. Hümik maddeler; fülvik asit, hümik asit ve hümin olmak üzere 3 tiptir. Hümik asitler, fülvik asitlere nazaran daha büyük molekülü olup asidik ortamda çözünmemelerine (pH 3'de sulu fazda % 85'i süspande katı fazda) karşılık bazik ortamda kolloidal çözelti oluştururlar. Hümik asitler, ortamda bulunabilen inert elektrolitler varlığında çözünürlüğü azalan, kation değişim kapasitesi ve spesifik yüzey alanı oldukça yüksek makromoleküllerdir. Yüksek pH'da egemen olan anyonik grupları, kapladıkları adsorban yüzeyinin yük yoğunluğunu belirgin şekilde değiştirir ki bu durum kolloidal stabilitenin artmasına sebep olur (Apak ve Hızal, 2012).

Bir su kaynağında hümik asit varlığı istenmeyen bir durumdur. Çünkü suda hümik asit varlığı toplam organik kirlilik seviyesini, renk yoğunluğunu, kimyasal aktiviteleri artırır. Hümik asit spesifik özelliklere sahip olduğundan dolayı tarım, sanayi, çevresel uygulamalar ve ilaç sanayisinde yaygın olarak kullanılır. Hümik asit $pH < 2$ 'de çözünmez (asidik durum altında). Fülvik asit tüm pH değerlerinde çözünür (Vidyasagar ve diğ., 2006). Hümin ise tüm pH değerlerinde suda çözünmeyen doğal organik malzemedir. Yeraltı sularındaki konsantrasyonu 20 ppb, yüzey sularındaki konsantrasyonu ise 30 ppb olan hümik asit, çevresel ortamlarda bulunabilecek metal iyonlarının formunu belirler ve kolloidlerin stabilitesini artırır. Hümik asitler, kendileri gibi hümik maddeler sınıfından olan fülvik asitlere nazaran daha büyük moleküllü olup suda gerçek çözelti oluşturmazlar. Kuvvetli bazik ortamda stabil bir kolloidal çözelti verirler. İçerdikleri fenolik ve karboksilik gruplar üzerinden de adsorban yüzeyiyle, metal iyonuyla veya organik maddelerle etkileşebilirler. Bütün bu özellikleri hümik asitlerin bir kimyasal ayırma yöntemi olan adsorpsiyon prosesinde kullanımına imkan vermekte ve bu sayede gerek ağır metallerin gerekse organik kirleticilerin çevresel ortamlardan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (Apak ve Hızal, 2012).

3.2. Maddelerin Yapıları

Hümik maddelerin moleküler ağırlıkları yüksektir. Fülvik asitin moleküler ağırlığı hümik asite göre daha düşüktür. Fülvik asit hümik asite göre daha az aromatiktir. Fülvik asit karboksilik asit, fenol ve ketonik gruplar açısından hümik asite göre daha zengindir. Bundan dolayı da tüm pH değerlerinde suda yüksek çözünürlüğü vardır (Yee, 2006).

3.3. Hümik Maddelerin Bileşimleri

Hümik maddelerin bileşimindeki temel elementler C, H, O, N, ve S'dir. Genel olarak hümik asit fülvik asite göre daha çok karbon, daha az oksijen içerir (Yee, 2006). Hümik maddelerdeki elementer bileşim oranları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Hümik maddelerde elementer bileşim oranları (Yee, 2006)

Element	Hümik asit (%)	Fülvik asit (%)
Karbon	53.8–58.7	40.7–50.6
Oksijen	32.8–38.3	39.7–79.8
Hidrojen	3.2–6.2	3.8–7.0
Nitrojen	0.8–4.3	0.9–3.3
Sülfür	0.1–1.5	0.1–3.6

3.4. Hümik Maddelerin Özellikleri ve Uygulama Alanları

Hümik maddeler doğadaki en önemli karbon rezervlerinden birisidir. Doğadaki toplam karbonun % 80'i hümik maddelerdedir. Çözünmüş veya dağılmış bileşenler 1-1000 nm aralığında olduğunda hümik maddeler kolloidal özellikler içerir. Hümik maddelerin spesifik özellikleri vardır. Yüksek katyon değişim kapasitesi, yüksek su tutma kapasitesi vardır. Günümüzde hümik maddeler gübre olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum hümat ve amonyum hümat toprağın verimliliğini artırmak için kullanılır. Aynı zamanda hümik asit betonda prizi kontrol etmede de kullanılır. Pflug'un yaptığı çalışmada hümik asitin *Micrococcus luteus* ile etkileşim yaptığı ve hümik malzemelerin organizmayı enzim lizozomu sonucunda hücre duvarı yıkılmasından koruduğu belirlenmiştir (Yee, 2006).

3.5. Hümik Maddelerin İnorganik, Organik ve Ampifilik Malzemelerle Etkileşimi

Hümik maddeler doğada yaygın olarak görülen kompleks maddelerdir. Hümik maddeler diğer maddelerle de etkileşime girebilir. Bu sebepten dolayı hümik maddelerin ağır metal iyonları, hidrate metal oksitler, kil mineralleri gibi inorganik maddelerle etkileşimi yıllardır çalışılmaktadır. Hümik maddeler toprakta ve suda bulunur. Heterojen organik bileşenlerdir. Ampifilik özelliğinden dolayı toprağın asitliliğini kontrol eder. Hümik maddeler kimyasal ve yapısal olarak kompozit malzemelerdir. Hümik maddelerin inorganik bileşenler, organik bileşenler ve ampifilik bileşenler ile etkileşime girecek yeterli bir kapasitesi vardır.

Hümik maddelerin yüksek katyon değiştirme kapasitesi ve yüksek su tutma kapasitesi tarım ve çevresel uygulamalar için çok faydalıdır. Günümüzde hümik madde özellikleri ve davranışı üzerinde araştırmalar ilgi çekmektedir.

Hümik maddelerin kil mineralleri ile etkileşimi üzerine çalışmalar gerçekleştirilmekte ve mekanizma daha derin bir şekilde anlaşılmaya çalışılmaktadır (Yee, 2006). Hümik maddeler doğada en yaygın olarak kullanılan organik malzemelerdir. Hümik maddeler toprakta, suda, sedimentlerde ve kömürde vardır (Kalina ve diğ, 2013).

3.6. Hümik Madde ve Hümik Asit Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Toprak humusu birkaç milyon moleküler ağırlığa sahip kolloidal malzemelerden ve organik polimerlerden oluşur (Grant, 2009). Organik madde toprağın en önemli biyokimyasal aktif kısmıdır. Bitki kalıntılarının dönüşümünün doğası onun üzerinde odaklanmıştır. Organik madde ve mineraller arasındaki bağın tipleri, stabilitesi ve hareketliliği humusun bileşiminden çıkarılabilir. Humusun miktarı ve bileşimi toprak ve çevre arasındaki ilişkiyi yansıtan önemli özelliklerdir. Organik madde, mikrop ve toprağın bir ürünü olan humus Afrika'da en erken medeniyetlerden beri çalışılmıştır. Toplam karbon topraktaki organik bileşenlerin toplamını temsil eder. Ayrıştırılabilir organik karbon kil tarafından emilen hümik ve fülvik asit miktarıdır. Güneş enerjisinin büyük bir kısmı humusta karbon-karbon bağı ile kümelenir. Dünyadaki topraklarda organik karbon miktarı 30×10^{14} kg'dır. Toprak humusu topraktaki organik bileşenlerin toplam karışımıdır. Bu organik bileşenler çürümemiş bitki ve hayvan kalıntıları, bunların kısmi ayrılmış ürünleri, toprak organizmalarıdır. Bileşenlerin karışımı organik moleküllerin bir sınıfıdır. Moleküler ağırlığı yüksektir, renk olarak koyudur, amorfudur, mikroplar tarafından ayrılmaya karşı da dirençlidir. Toprak humusu ağırlığını 20 kata kadar suda tutabilir. Bu özellik de kurumayı ve büzülmeyi önler, ayrıca kumlu toprakların nem koruma özelliklerini önemli oranda iyileştirir. Toprak humusu toprak tanelerini yapısal üniteler halinde bağlar ve permeabiliteyi artırır. Humus toprak oluşturma proseslerinde geniş öneminden ve toprak verimliliğinden dolayı uzun zamandır çalışılmıştır (Galioto, 1985).

18. Yüzyılın İkinci Yarısında Yapılan Çalışmalar

Başlangıçta humusun hayvanlardan elde edildiğine inanılmıştır. Bir bitki veya hayvan gıdası olarak tanımlanmıştır. 1786'da humus alkali ile ayrıştırılmıştır. 1809'da toprağın verimliliğinin büyük ölçüde toprakta humus birikmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır (Galioto, 1985).

19. Yüzyılın İlk Yarısı

Sprengele 1820 ve 1830'da hümik asitin detaylı analizini gerçekleştirmiştir. Yüksek verimliliği çözünür formda hümik asit varlığına bağlamak için humus teorisini çözünürlük ile birleştirmiştir. Sprengele aynı zamanda hümik asitlerin asit doğasını kurmuştur. Berzelius 1806 yılında daha açık renkli hümik maddeleri bulmuş ve bunları apokrenik ve krenik asitler olarak adlandırmıştır. Yapay hümik maddeler 19. yüzyılın başlarında üretilmiştir. Sakrozun hümik asit olduğu düşünülmüştür. Berzelius'un bir öğrencisi Mulder hümik maddelerin kimyasal özelliklerini araştırmıştır. Mulder hümik maddelerden nitrojeni uzaklaştırmaya çalışmıştır. Kononova ise 1961 yılında yaptığı çalışmada humusun bitki besleyicilerinin doğrudan bir kaynağı olduğuna ve nitrojenin humusun bir bileşeni olduğuna inanmıştır. Bu doğru düşünce humusun mikrobiyal orijinine yol açmıştır (Galioto, 1985).

19. Yüzyılın İkinci Yarısı

Van Bemmelen hümik maddelerin gerçekte amorf ve kolloid olduğu sonucuna varmıştır. Baumann ve Gully 1910 yılında yaptığı çalışmada humusun asit özelliklerinin fonksiyonel gruplar içeren bileşenlerinin varlığından değil kolloidal özelliklerden kaynaklandığını belirtmiştir. Liebig 1840'da humusun bitki besleyicilerinin doğrudan bir kaynağı olduğunu belirtmiştir. Humusun bir karbondioksit kaynağı olduğunu belirtmiştir. Pasteur'un parlak fikirleri mikropların biyokimyasının temelini atmıştır. Von Post (1862). ve Darwin (1882). humus oluşumunun bir kimyasal veya fiziksel proses olmadığını, toprak ekolojisinden kaynaklanan biyolojik bir proses olduğunu belirtmiştir (Galioto, 1985).

20. yüzyılda yapılan çalışmalar

Oden (1912, 1914, 1919). Maillard (1912, 1917). Beijerinck (1900), Bertrand (1898). Trusov (1914, 1916). Shmuk (1914,1924, 1930). Williams (1897, 1902, 1914, 1939). tarafından yapılan çalışmalarda topraktaki hümik maddelerin varlığı araştırılmıştır. Farklı bitki malzemelerinin hümik maddelerin kaynağı olarak hareket edeceği belirtilmiştir. Hümik maddeleri karakterize etmede nükleer manyetik rezonans, elektron spin rezonansı, X-ışını analizi, ultraviyole kullanılır. Hümik maddelerin oluşumu orjinal organik kalıntıların kompleks dönüşümlerinden kaynaklanır.

Hem makro hem de mikro toprak organizmalarının enzimatik hareketi dönüşümlere sebep olur. Hümkik maddeler çok fonksiyonlu nitrojen içeren özel sınıfa giren organik asitlerdir. Moleküler ağırlıkları yüksektir. Kimyasal kompozisyonları heterojendir. Hümkik maddeler iki gruba ayrılır: hümkik asitler ve fülvik asitler. Polifenoller ligninden veya sentezlenmiş mikroplardan elde edilir. Enzimatik olarak kuinonlara dönüşür. Bu da amino bileşenlerle birleşerek nitrojen içeren polimerler oluşur. Hümkik madde reaktivitesi büyük oranda yüksek oranda oksijen içeriğinden kaynaklanır. Hümkik asit molekülü aromatik bileşenlerin protein ayrışma ürünleri ile kondenzasyonunun bir ürünüdür. Oluşum farklı maddelerin kondenzasyonundan kaynaklandığından dolayı heteropolikondensatlar olarak adlandırılmıştır. Zolotarevskaya (1951), Flaig ve Beutelspacher (1952, 1954), Beutelspacher (1952) ve Kukharenko (1953, 1955) yaptıkları çalışmalarda hümkik asitlerin tiny küresel taneler içerdiğini gözlemişlerdir. Hümkik bileşenlerin 60-100 Angstrom çapları vardır. Hümkik asit molekülleri sıkı değildir. Gevşek spongy bir yapıya sahiptir. İçsel boşluklar çoktur. Yapının bu özellikleri su tutma kapasitesini tanımlar. Renk üretimi kromoforlardan kaynaklanır. Çoğu toprağın koyu rengi toprağın sıcaklığını düzenler. Yüksek derecede humus içeren siyah topraklar açık renkli topraklara göre ısıyı daha çok absorbe etmesine rağmen siyah topraklar daha çok su tutar. Hümkik maddeler fülvik asit ve hümkik asit olmak üzere ikiye ayrılır. Hümkik asit % 3.5-5 oranında nitrojen içerir. Hümkik ve fülvik asitler zayıf polielektrolitlerdir (Galioto, 1985).

3.7. Hümkik Asidin Beton Üzerindeki Etkisi Üzerine Literatürde Yapılmış Çalışmalar

Hümkik asidin beton üzerindeki etkisi üzerine yapılmış çalışma sayısı literatürde oldukça sınırlıdır. Robertson ve Rashid (1976) Portland çimentolu beton üzerinde hümkik asidin korozif etkisini 10 ppm organik madde konsantrasyonu olan taze su ve tuzlu su ortamlarında araştırmışlardır. Betondaki en bol bulunan kalsiyum katyonu 28 ve 96 ppm konsantrasyonlarında hümkik asit bulunan taze ve tuzlu su sistemlerinde serbest bırakılmıştır. Sonuç olarak sulu veya sedimentler ortamlarda bulunan hümkik bileşenlerin beton yapıların üzerinde herhangi bir yan etkisi/olumsuz etkisinin olmadığını gözlemlemişlerdir. Aksine hümkik maddenin beton blok yüzeyinde koruyucu bir örtü oluşturduğunu belirlemişlerdir (Robertson ve Rashid, 1976). Prabha ve Thajudeen yaptığı çalışmada hümkik asit içeren taze ve sertleşmiş beton özelliklerini incelemiştir.

Hümik asit çimento ağırlığının % 0.5, % 1.0 ve % 1.5'u oranında ilave edilmiştir. Silindir numunede maksimum yarmada çekme dayanımı, kiriş numunede maksimum eğilmede çekme dayanımı % 0.5 oranında ilave edilen numunelerde gözlenmiştir. 7 günlük basınç dayanımı, şahit basınç dayanımına göre düşük çıkmıştır. Ancak 28 günlük basınç dayanımı, şahit basınç dayanımına göre % 31 daha yüksek çıkmıştır (Prabha ve Thajudeen, 2015).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda hümik asit az çalışılmıştır. Çünkü hümik asit çözünür olmaktan ziyade kolloid gibi dağıtmıştır (Grant, 2009).

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu deneysel çalışmada farklı hammaddeler farklı miktarlarda kullanılarak kimyasal katkılar laboratuarda hazırlanmıştır. Kimyasal katkı dizaynları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Kimyasal katkı dizaynları

Katkı No	Potasyum Humat	Vinil Akriolat Monomer	Naftalin	Kalsiyum Nitrat	Melas	Tribütül Fosfat (TBF)	Kalsiyum Linyosülfonat	Glukonat	Formaldehit	Su
1	160 gr	45	80	360	119,5	3,5	202	20	10	0
2	160 gr	45	80	380	119,5	3,5	182	20	10	0
3	160 gr	45	60	400	119,5	3,5	182	20	10	0
4	160 gr	5	80	450	179,5	3,5	92	20	10	0
5	140 gr	15	60	500	179,5	3,5	72	20	10	0
6	150 gr	30	50	535	109,5	3,5	92	20	10	0
7	300 gr	5	80	360	179,5	3,5	42	20	10	0
8	290 gr	15	60	300	179,5	3,5	122	20	10	0
9	275 gr	30	60	360	179,5	3,5	62	20	10	0
10	0	30	50	535	109,5	3,5	92	20	10	150
11	0	15	60	500	179,5	3,5	72	20	10	140
12	200 gr	30	50	500	104,5	3,5	82	20	10	0
13	100 gr	45	80	450	169,5	3,5	122	20	10	0
14	200 gr	5	60	300	199,5	3,5	202	20	10	0
15	160 gr	50	90	400	124,5	3,5	142	20	10	0
16	90 gr	55	80	450	159,5	3,5	132	20	10	0
17	130 gr	40	80	360	179,5	3,5	177	20	10	0
18	250 gr	30	80	400	114,5	3,5	92	20	10	0
19	205 gr	0	80	310	119,5	3,5	252	20	10	0
20	255 gr	0	80	350	149,5	3,5	132	20	10	0
21	90 gr	30	50	560	134	4	102	20	10	0
22	256 gr	0	80	400	140	4	90	20	10	0
23	256 gr	16	76	400	128	4	90	20	10	0
24	236 gr	16	76	420	128	4	90	20	10	0

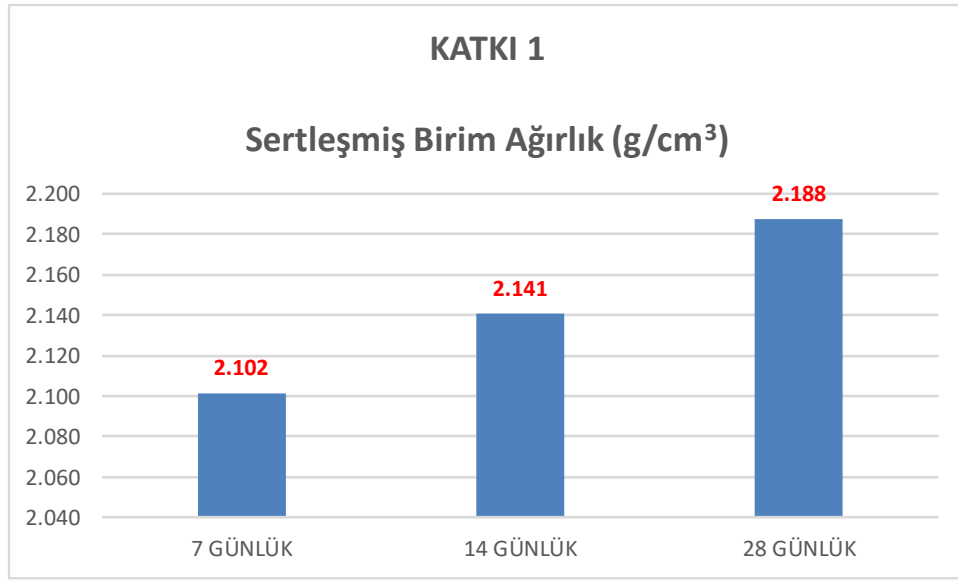
Hazırlanan kimyasal katkıları ile çimento harcı üretimi gerçekleştirilmiştir. Harç üretiminde standart harç üretimindeki miktarlar esas alınmıştır. Her bir harç serisi için 450 gram çimento, 225 gram su ve 1350 gram dolomit kırmakumu kullanılmıştır. Ayrıca çimento ağırlığının % 1'i oranında kimyasal katkı da kullanılmıştır. Her bir yaş için 3 adet numune üretilmiştir. Üretilen harç numuneleri 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak 20 ± 1 °C suda bekletilmiştir.

Üretimi gerçekleştirilen numunelerin 7, 14, 28 günlük sertleşmiş birim ağırlıkları, eğilme dayanımları, basınç dayanımları belirlenmiştir.

5. DENEY SONUÇLARI

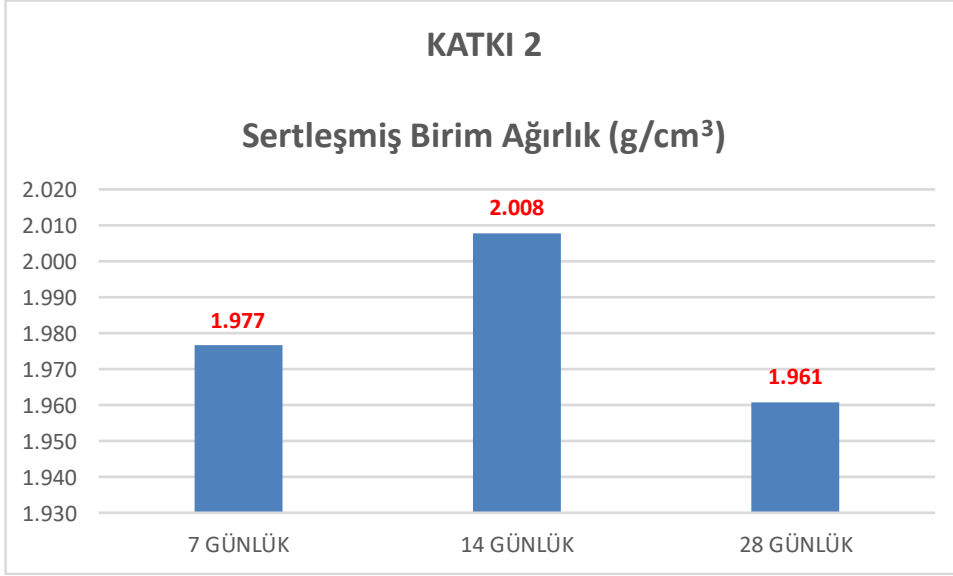
5.1. Sertleşmiş Birim Ağırlık Deney Sonuçları

Üretilen harçların 7, 14, 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık grafikleri Şekil 5.1-24'de sunulmuştur.



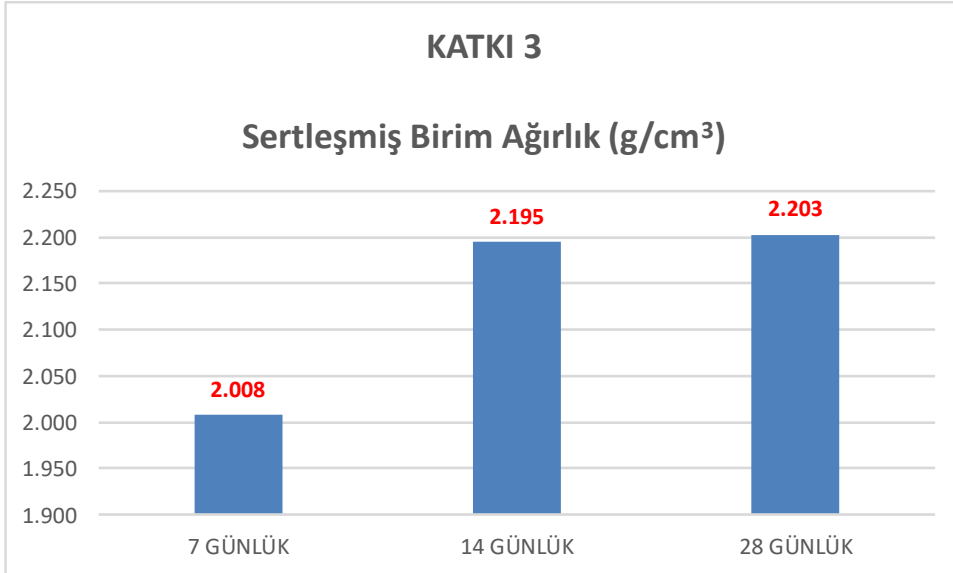
Şekil 5.1: Katkı 1 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.1 özetlenecek olursa Katkı 1 ile üretilen harcın sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,188 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir.



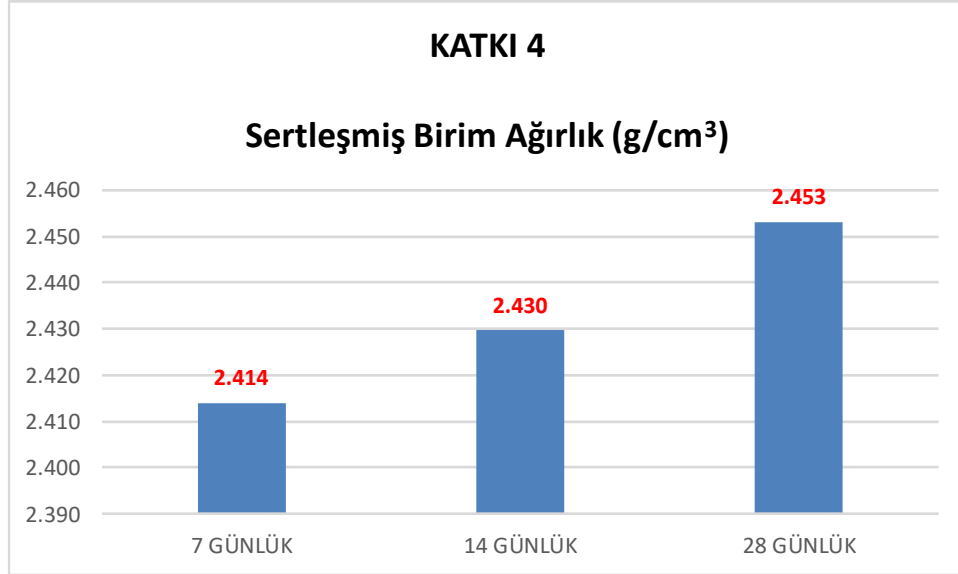
Şekil 5.2: Katkı 2 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.2 ele alınacak olursa Katkı 2 ile üretilen harcın sertleşmiş birim ağırlık değerleri birbirine yakın çıkmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,008 g/cm³ olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir.



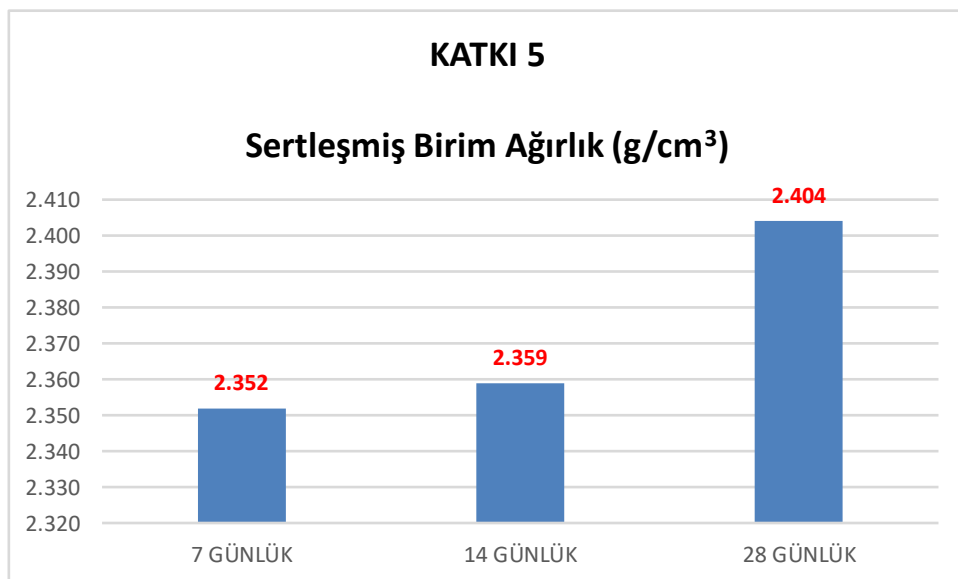
Şekil 5.3 : Katkı 3 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.3 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,203 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir.



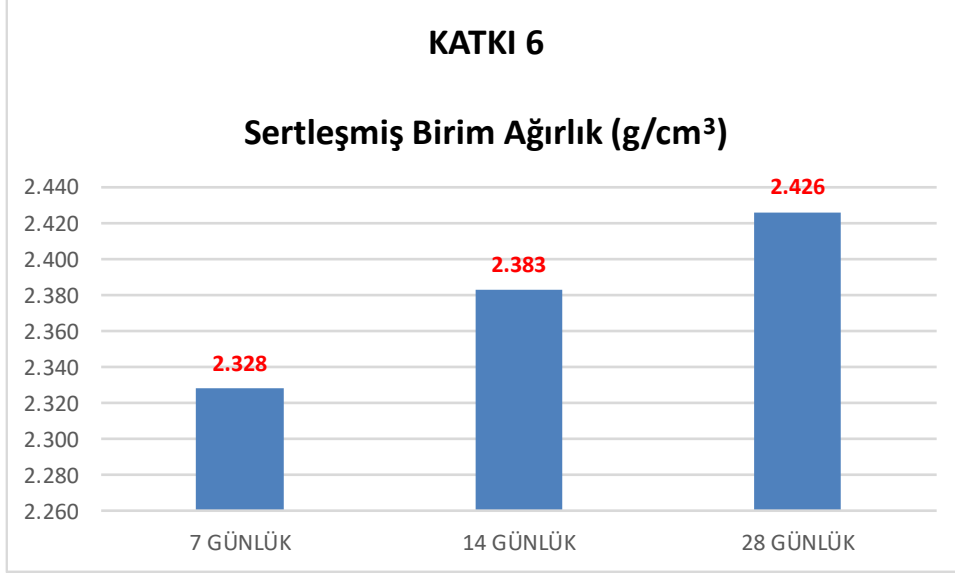
Şekil 5.4 : Katkı 4 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.4'e göre Katkı 4 ile üretilen harçta numunelerin sertleşmiş birim ağırlık değerleri gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,453 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir.



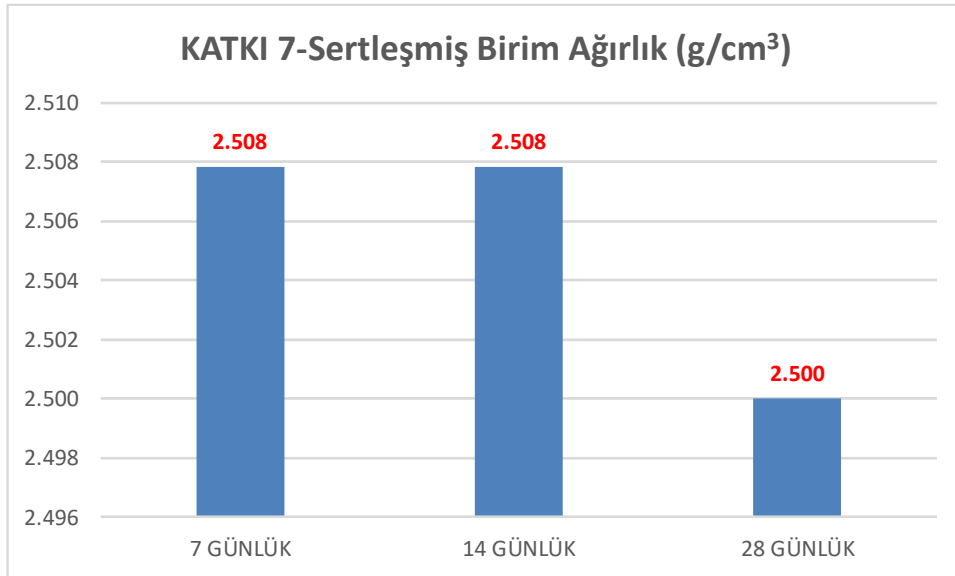
Şekil 5.5 : Katkı 5 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.5 ele alınacak olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,404 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir.



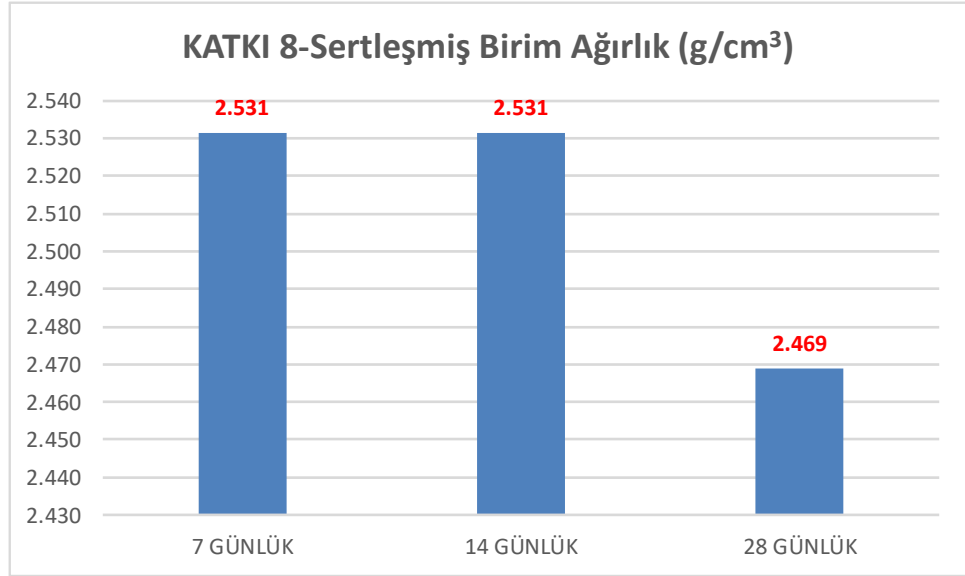
Şekil 5.6 : Katkı 6 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.6 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,426 g/cm³ olarak belirlenmiştir.



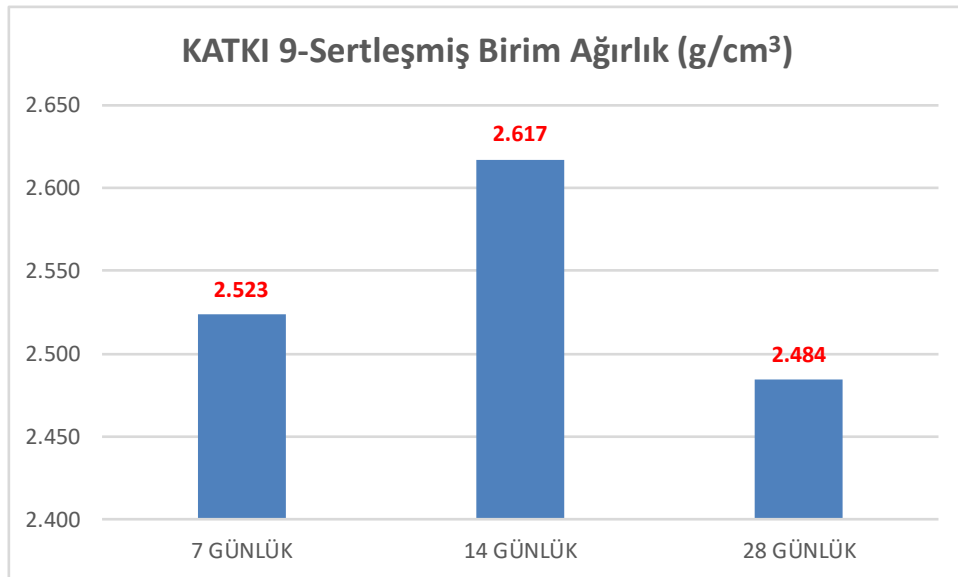
Şekil 5.7 : Katkı 7 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.7 özetlenecek olursa 7 günlük ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerlerinin aynı çıktığı görülmüştür. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri ise 7 ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerlerinden daha düşük olup $2,500 \text{ g/cm}^3$ olarak gözlenmiştir.



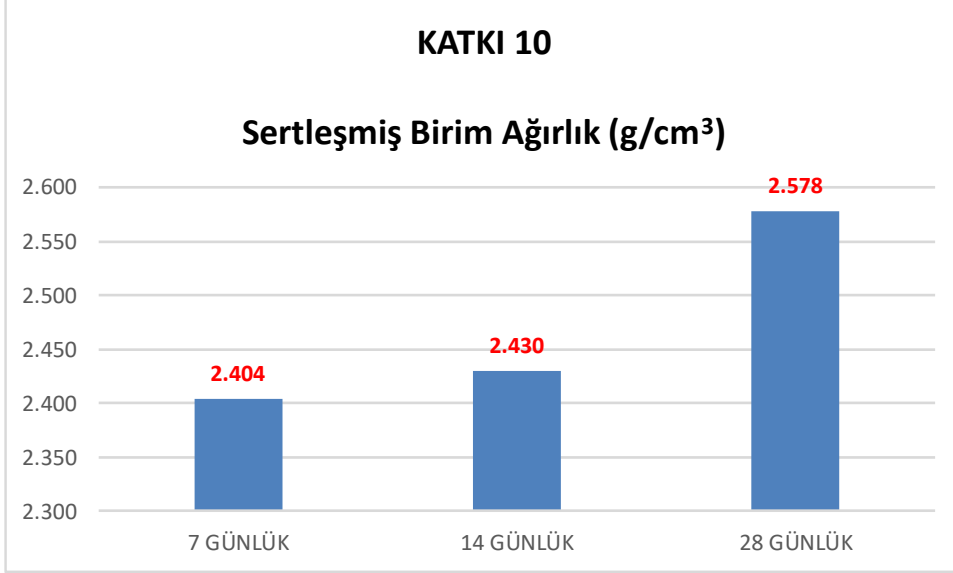
Şekil 5.8: Katkı 8 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.8'e göre 7 ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,531 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere aynı çıkmıştır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri ise 7 ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerlerinden daha düşük olup $2,469 \text{ g/cm}^3$ çıkmıştır.



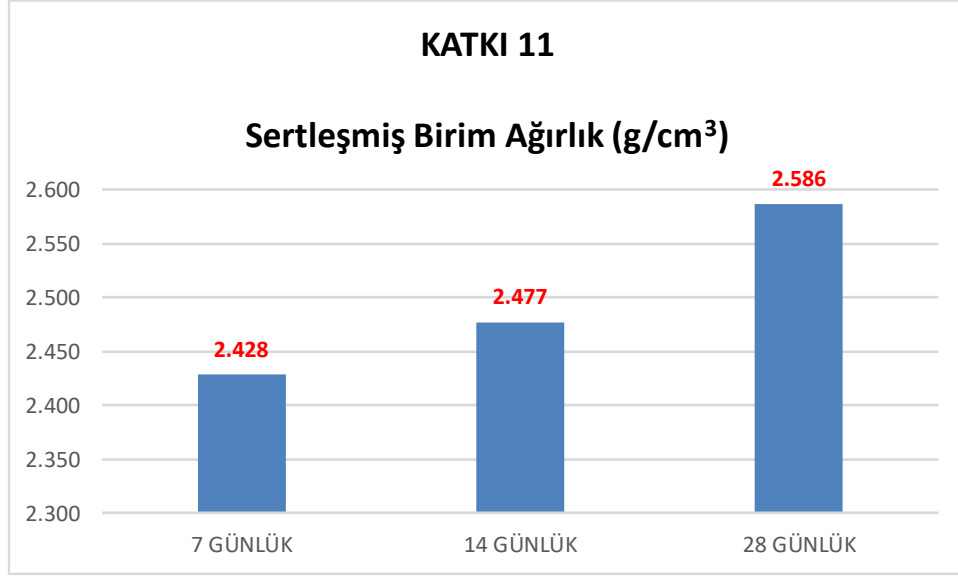
Şekil 5.9 : Katkı 9 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.9 ele alındığında en yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,617 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. En düşük sertleşmiş birim ağırlık değeri ise $2,484 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda elde edilmiştir.



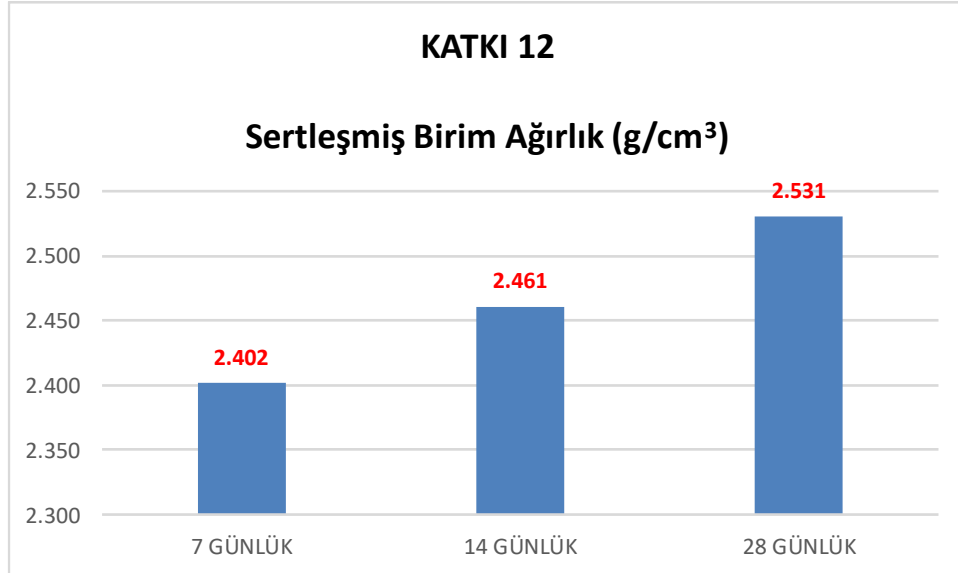
Şekil 5.10 : Katkı 10 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.10 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,578 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,400 \text{ g/cm}^3$ - $2,600 \text{ g/cm}^3$ arasında bir değişim göstermiştir.



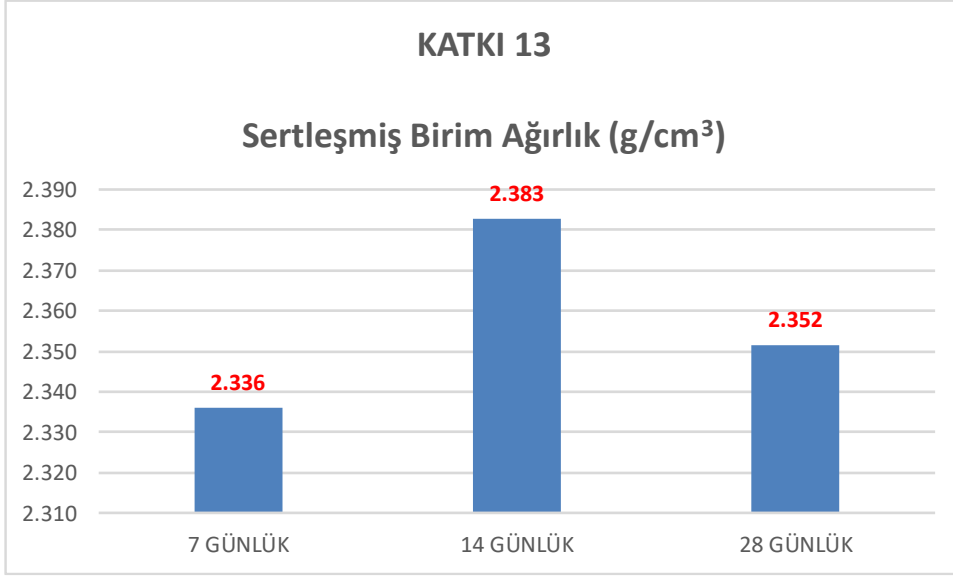
Şekil 5.11 : Katkı 11 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.11’den görüldüğü üzere Katkı 11 ile üretilen harçta numunelerin sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,586 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,400 g/cm³-2,600 g/cm³ arasında bir değişim göstermiştir.



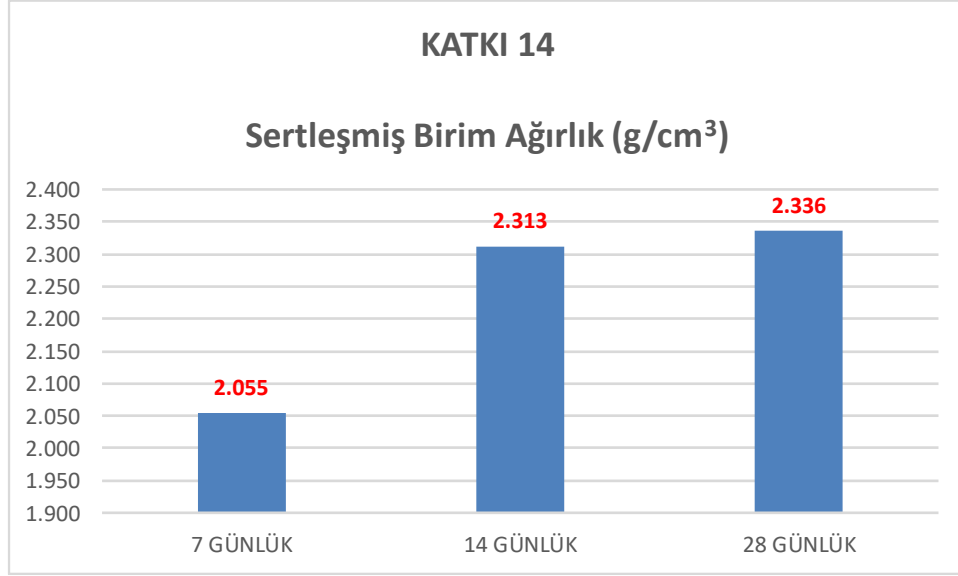
Şekil 5.12 : Katkı 12 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.12 özetlenecek olursa Katkı 12 ile üretilen harçta numunelerin sertleşmiş birim ağırlık değerleri gittikçe artmıştır. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,400-2,550 g/cm³ arasında değişmiştir. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,531 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir.



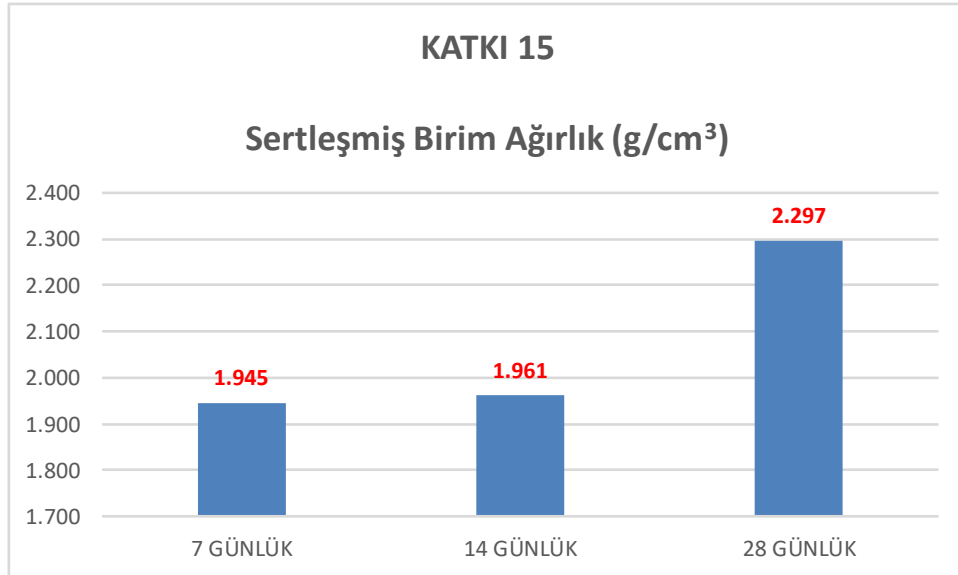
Şekil 5.13 : Katkı 13 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.13 özetlenecek olursa Katkı 13 ile üretilen harcın sertleşmiş birim ağırlık değerleri birbirine yakın çıkmıştır. En yüksek değer 2,383 g/cm³ olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,300-2,400 g/cm³ arasında bir değişim göstermiştir.



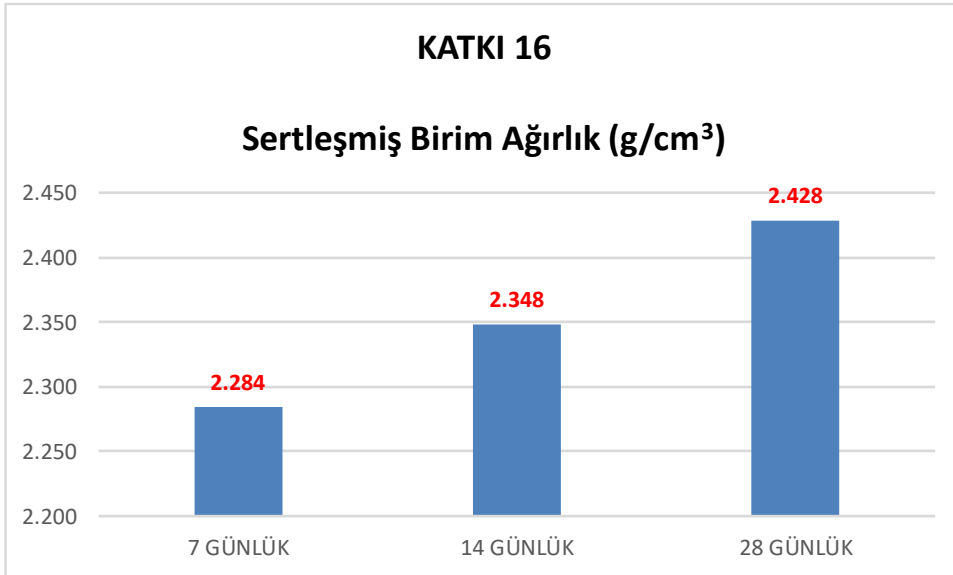
Şekil 5.14 : Katkı 14 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.14 ele alınacak olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,336 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerlerinin 2,000-2,400 g/cm³ arasında bir değişim gösterdiği açıkça görülmektedir.



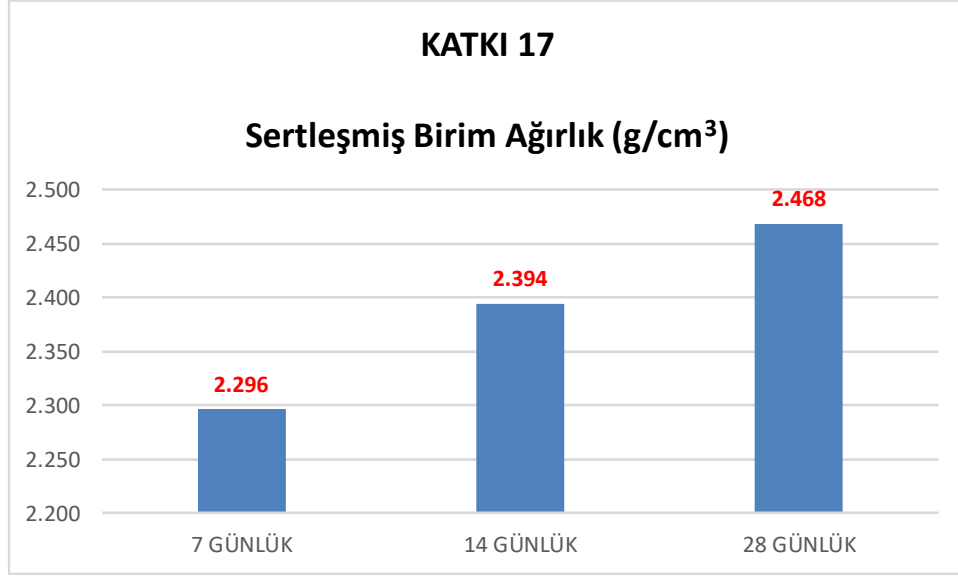
Şekil 5.15 : Katkı 15 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.15 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,297 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. 7 ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Sertleşmiş birim ağırlık değerlerinin $1,900 \text{ g/cm}^3$ - $2,300 \text{ g/cm}^3$ arasında bir değişim gösterdiği sonucuna varılmıştır.



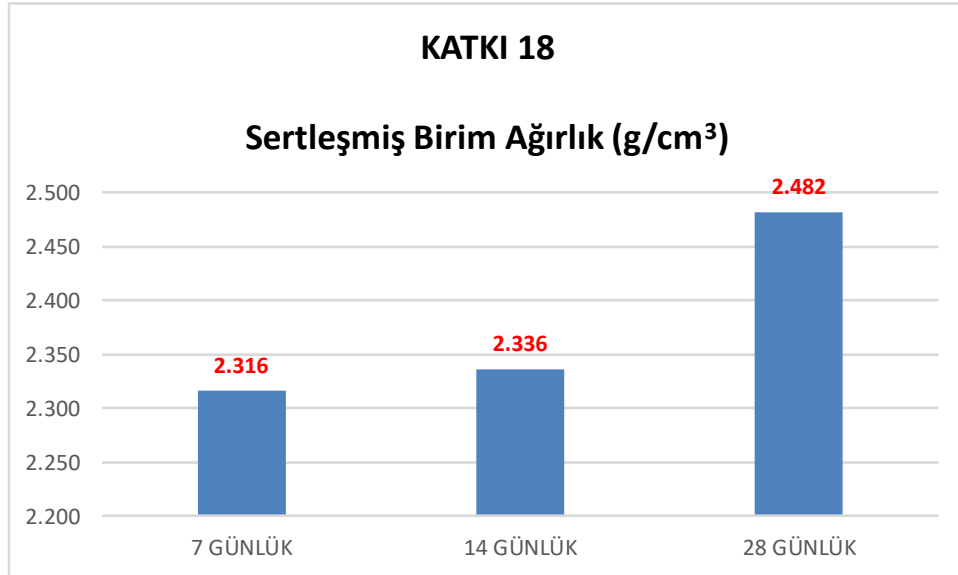
Şekil 5.16 : Katkı 16 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.16 özetlenecek olursa Katkı 16 ile üretilen harcın sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek değer $2,428 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,200 \text{ g/cm}^3$ - $2,450 \text{ g/cm}^3$ arasında bir değişim göstermiştir.



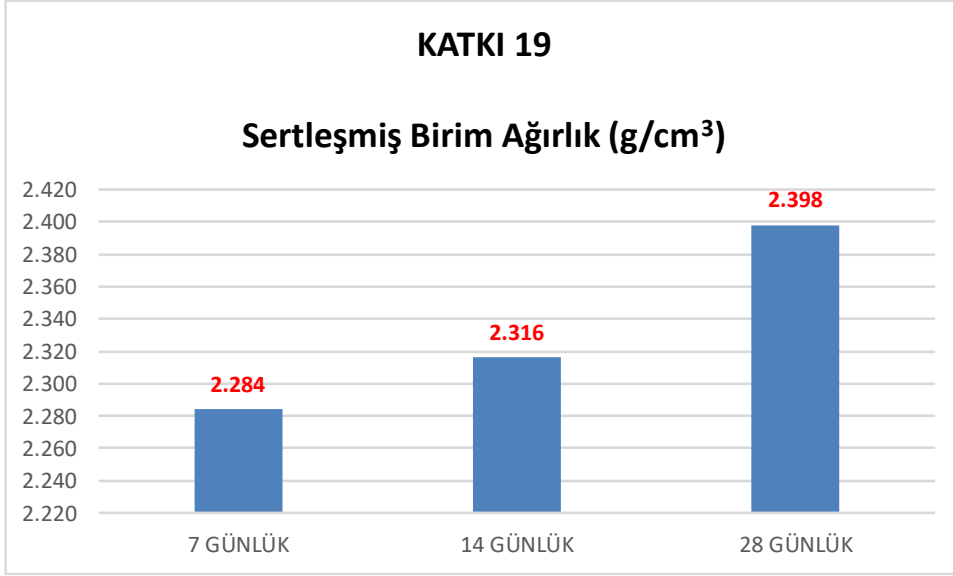
Şekil 5.17 : Katkı 17 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.17 ele alınacak olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,468 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,200 g/cm³-2,500 g/cm³ arasında değişmiştir.



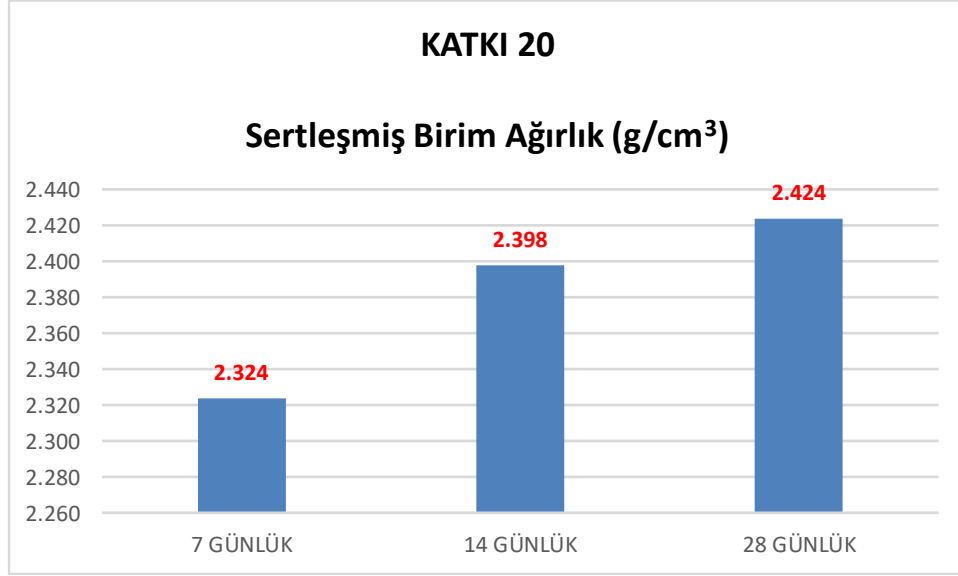
Şekil 5.18 : Katkı 18 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.18 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,482 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerlerinin $2,300 \text{ g/cm}^3$ - $2,500 \text{ g/cm}^3$ arasında bir değişim gösterdiği bariz olarak görülmektedir.



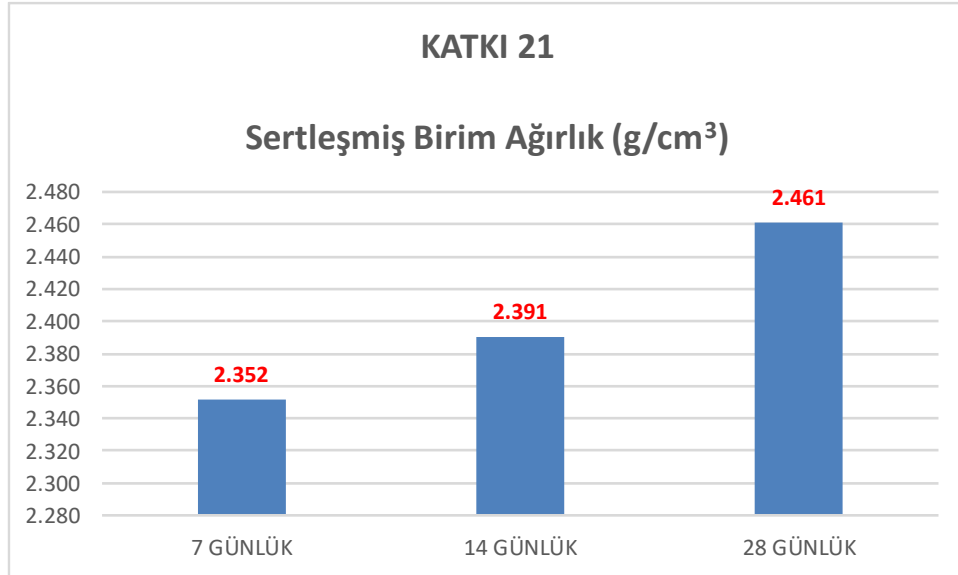
Şekil 5.19 : Katkı 19 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.19 özetlenecek olursa Katkı 19 ile üretilen harcın sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,398 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Katkı 19 ile üretilen harç numunelerinde sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,200 \text{ g/cm}^3$ - $2,400 \text{ g/cm}^3$ arasında değişim göstermiştir.



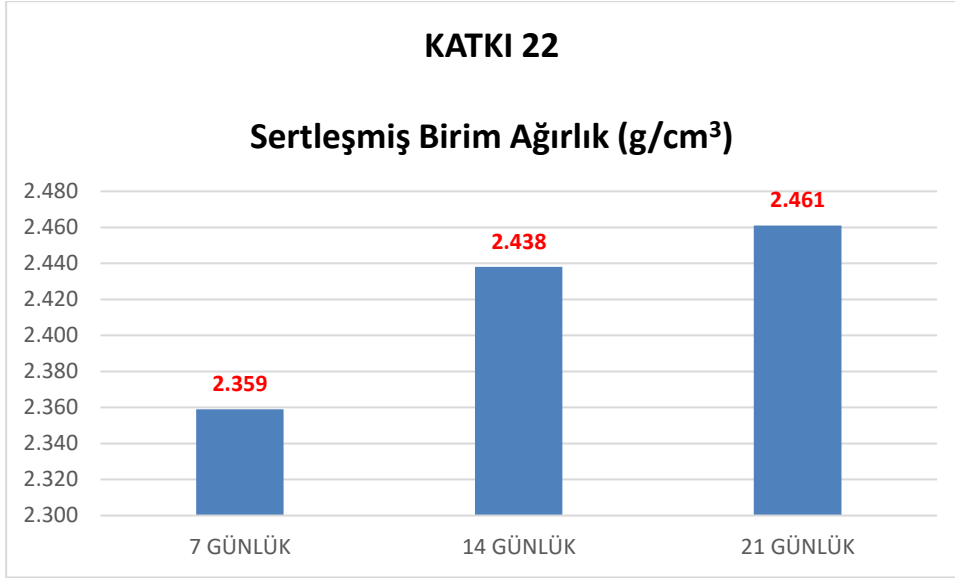
Şekil 5.20 : Katkı 20 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5. 20 ele alınacak olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,424 g/cm³ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,300 g/cm³-2,450 g/cm³ arasında bir değişim göstermiştir.



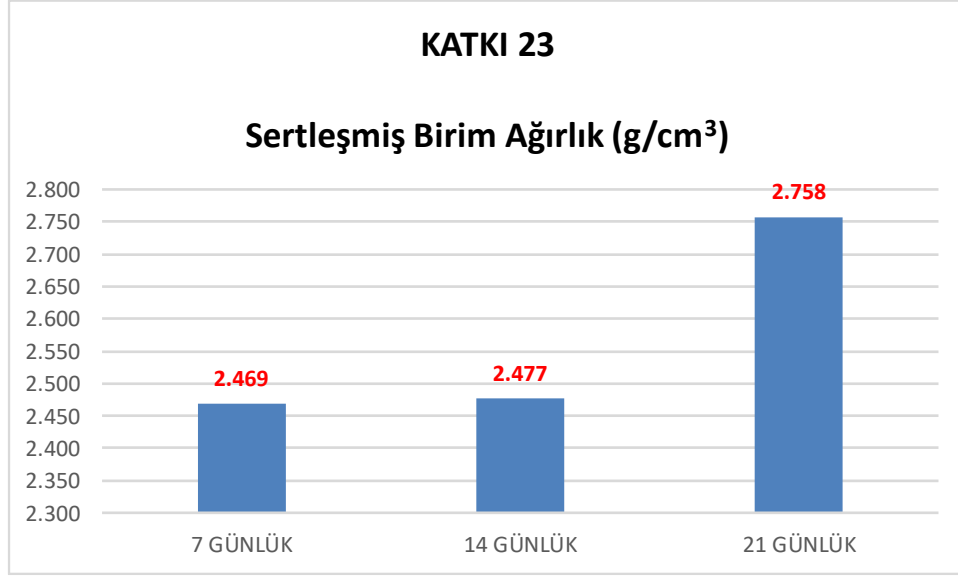
Şekil 5.21 : Katkı 21 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.21 özetlenecek olursa sertleşmiş birim ağırlık değerleri gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,461 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Şekil 21'den görüldüğü üzere sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,300 \text{ g/cm}^3$ - $2,500 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmiştir.



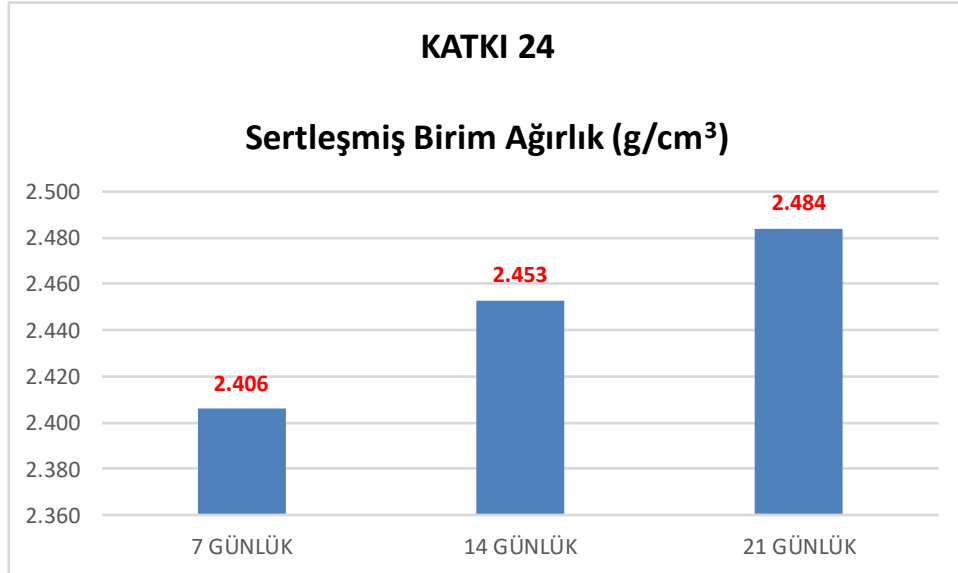
Şekil 5.22 : Katkı 22 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.22'ye göre 7 günden 21 güne sertleşmiş birim ağırlıklar gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri $2,461 \text{ g/cm}^3$ olmak üzere 21 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri $2,300 \text{ g/cm}^3$ - $2,500 \text{ g/cm}^3$ arasında bir değişim göstermiştir.



Şekil 5.23 : Katkı 23 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

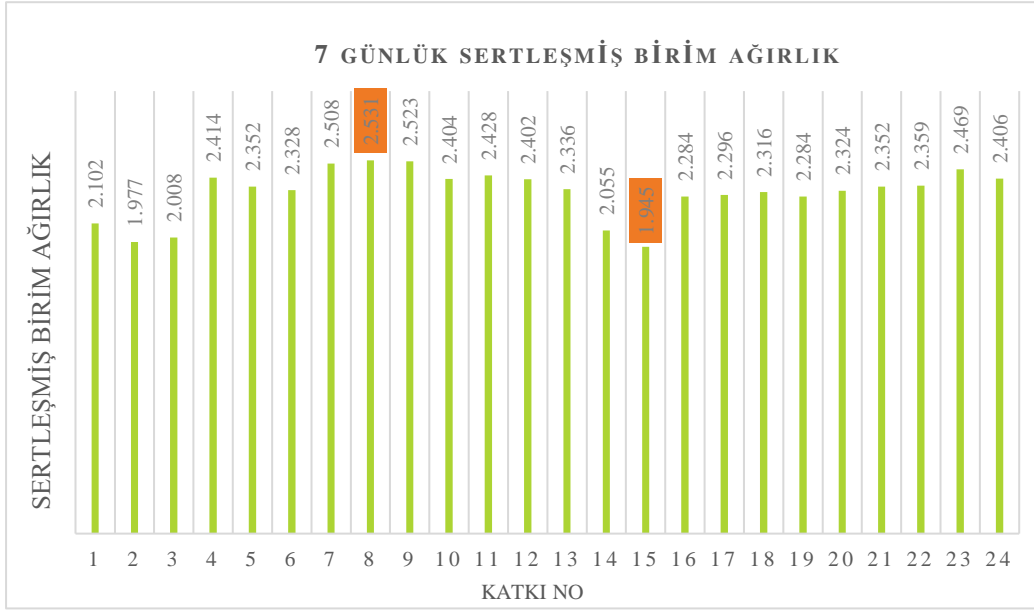
Şekil 5.23 özetlenecek olursa 7 günden 21 güne sertleşmiş birim ağırlık değerleri gittikçe artmıştır. En yüksek değer 2,758 g/cm³ olmak üzere 21 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. 7 ve 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,450 g/cm³-2,800 g/cm³ arasında değişmiştir.



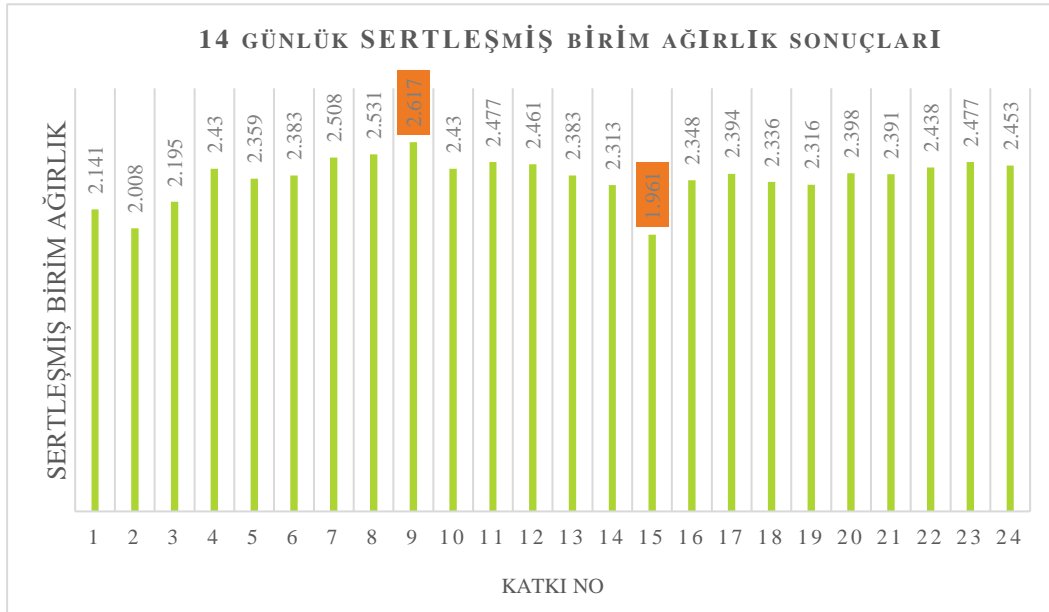
Şekil 5.24 : Katkı 24 ile üretilen harçların sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

Şekil 5.24'e göre sertleşmiş birim ağırlık değerleri 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek sertleşmiş birim ağırlık değeri 2,484 g/cm³ olmak üzere 21 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Sertleşmiş birim ağırlık değerleri 2,400 g/cm³-2,500 g/cm³ arasında bir değişim göstermiştir.

Katkı 1'den Katkı 24'e kadar 24 farklı katkı ile üretilen harçların 7, 14, 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık deney sonuçları Şekil 5.25-27'de sunulmuştur.



Şekil 5.25 : 7 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.



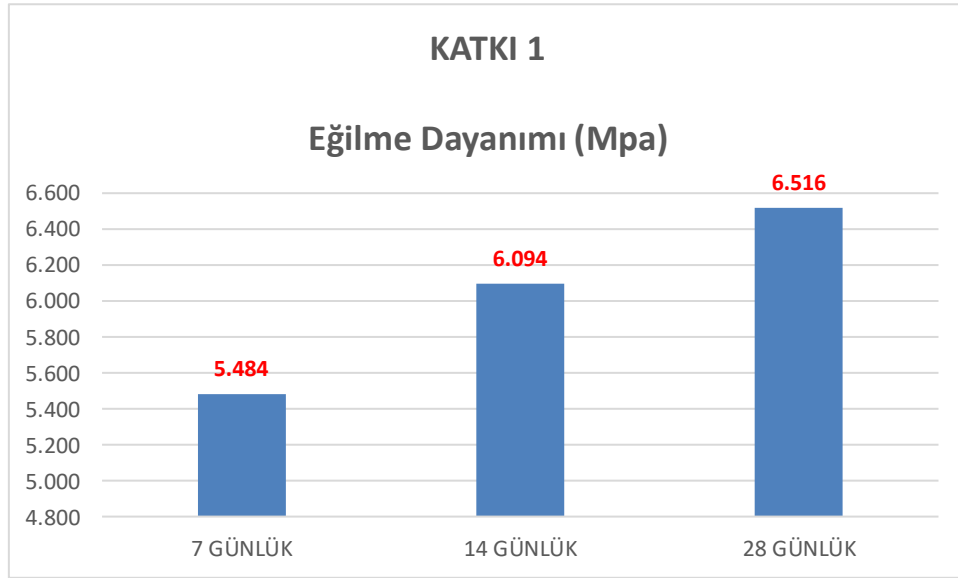
Şekil 5.26 : 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.



Şekil 5.27 : 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık sonuçları.

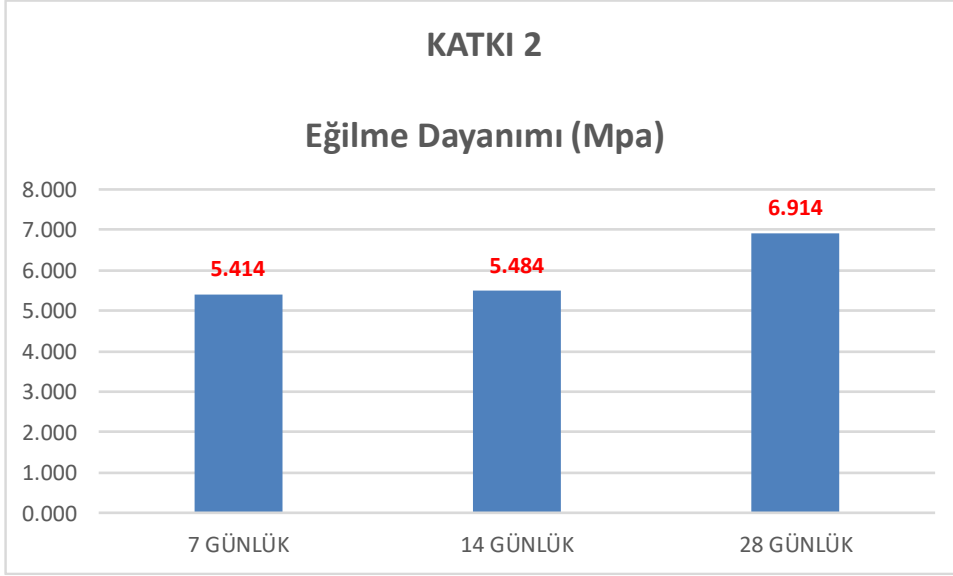
4.2. Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları

Üretilen harçların 7, 14, 21 ve 28 günlük eğilme dayanımı grafikleri Şekil 5.28-51’de verilmiştir.



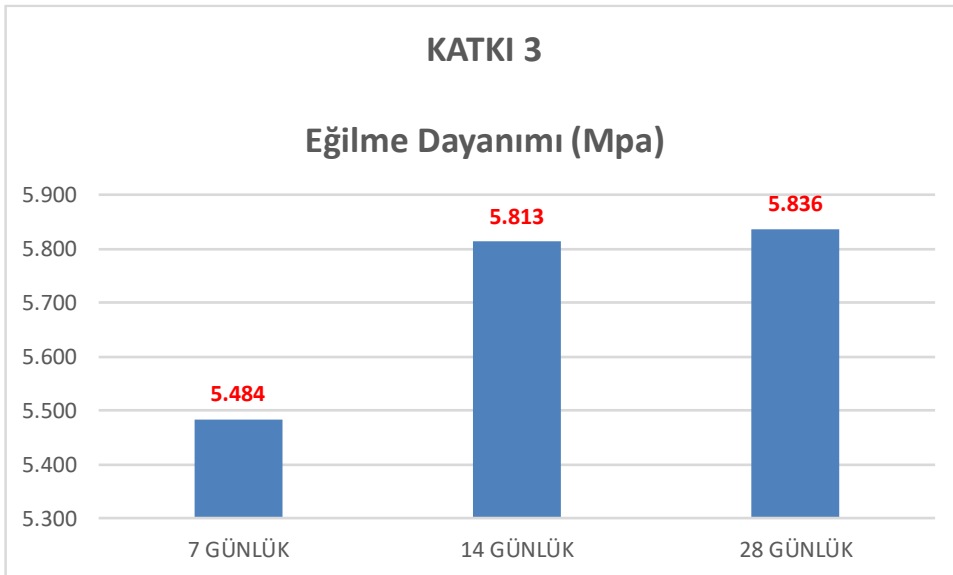
Şekil 5.28 : Katkı 1 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.28’e göre Katkı 1 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 6,516 MPa olarak çıkmıştır.



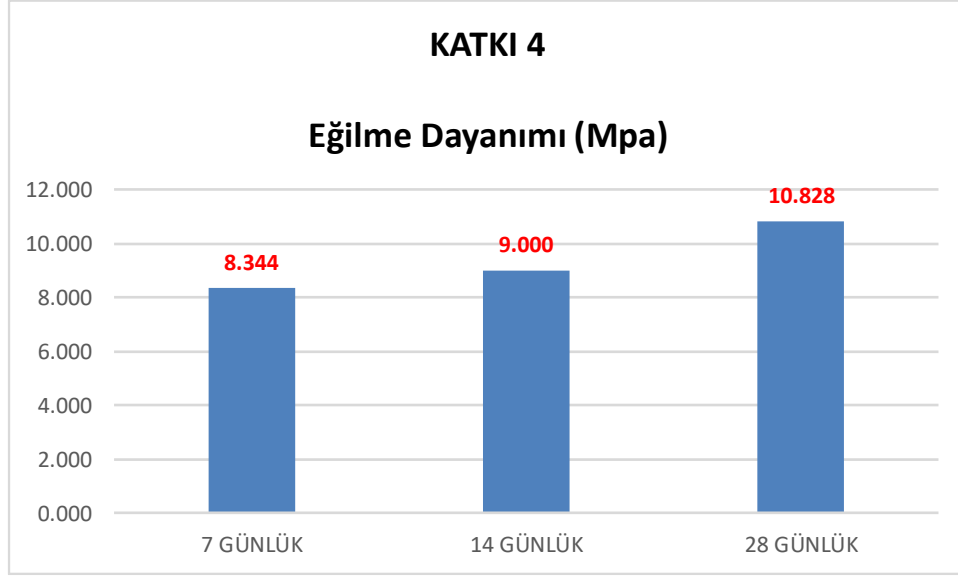
Şekil 5.29 : Katkı 2 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.29'a göre eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 6,914 MPa olarak gözlenmiştir. 7 ve 14 günlük eğilme dayanımlarının birbirine çok yakın olduğu açıkça görülmektedir. Eğilme dayanımları 5-7 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



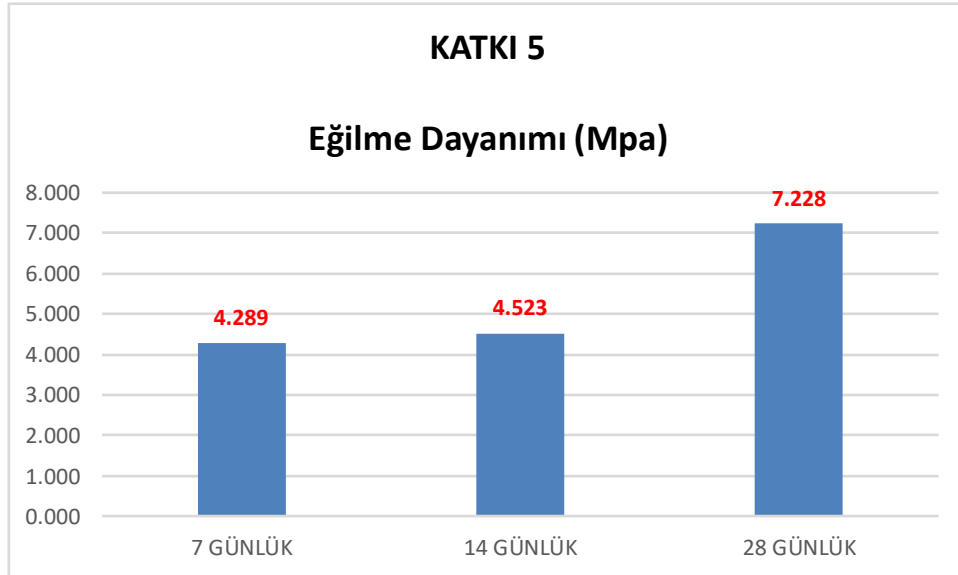
Şekil 5.30 : Katkı 3 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.30 ele alınacak olursa en yüksek eğilme dayanımı değeri 5,836 MPa olmak üzere 28 günlük değerde gözlenmiştir. Şekil 5.27'den görüldüğü üzere 7, 14 ve 28 günlük eğilme dayanımları birbirine yakın çıkmıştır.



Şekil 5.31 : Katkı 4 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

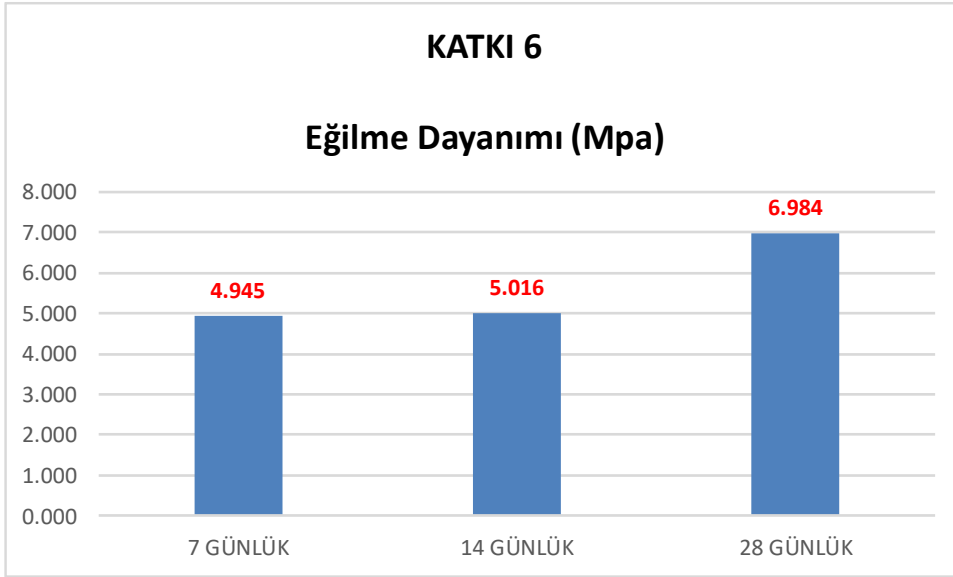
Şekil 5.31'e göre Katkı 4 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 7 günlük eğilme dayanımı değerinden yaklaşık 2,5 MPa daha yüksek çıkmıştır. 7-14 gün arasındaki eğilme dayanımı artışı yaklaşık 0,7 MPa olmuştur.



Şekil 5.32 : Katkı 5 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

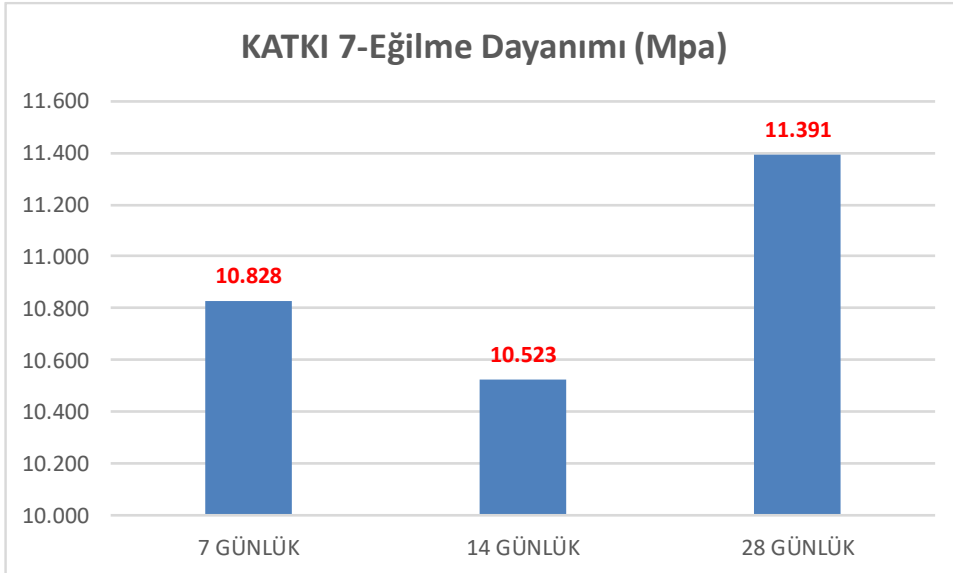
Şekil 5.32'ye göre eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 7,228 MPa olarak gözlenmiştir.

7-14 gün arasındaki eğilme dayanımı artışı yaklaşık 0,2-0,3 MPa olurken 14-28 gün arasındaki eğilme dayanımı artışı yaklaşık 3 MPa olmuştur.



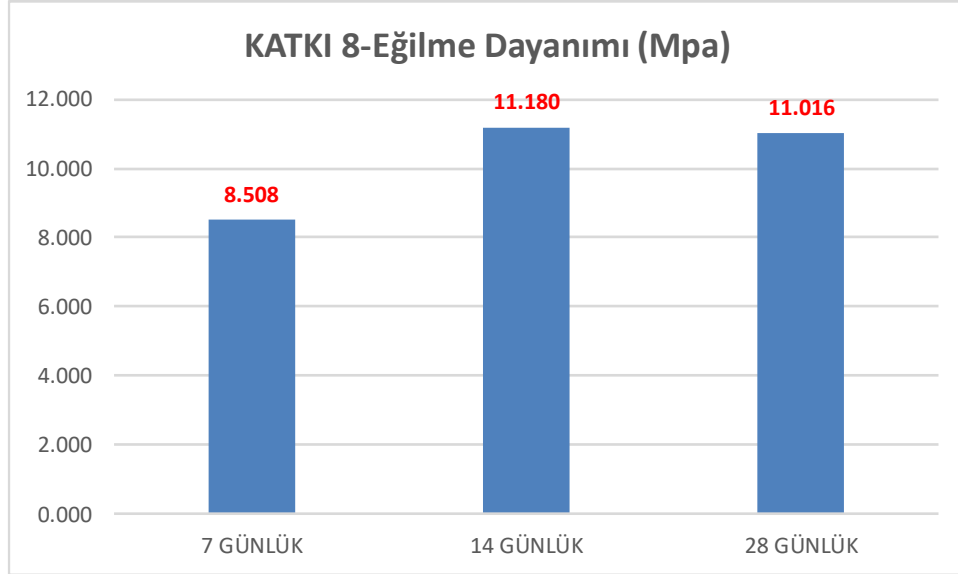
Şekil 5.33 : Katkı 6 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.33 ele alınacak olursa en yüksek eğilme dayanımı değeri 6,984 MPa olmak üzere 28 günlük değerde gözlenmiştir.



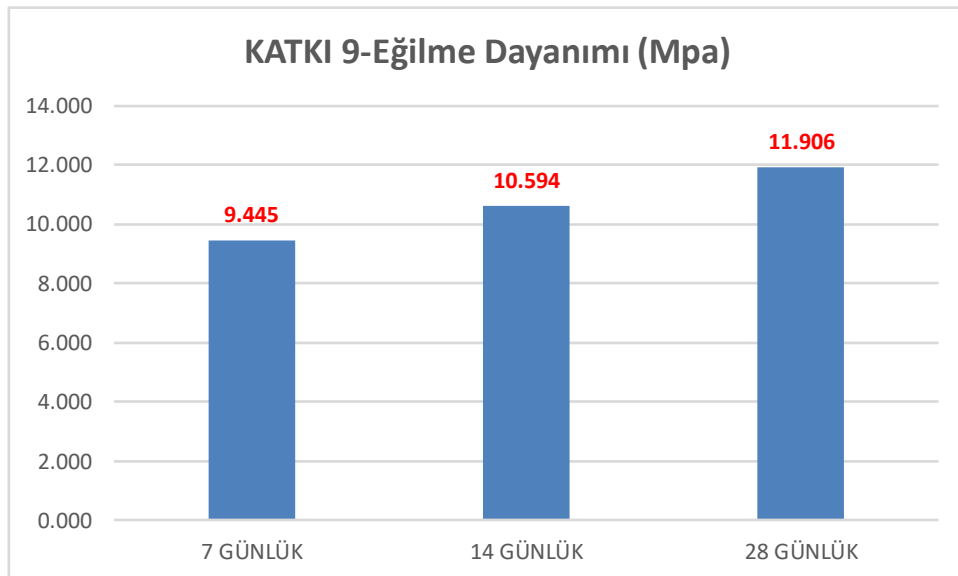
Şekil 5.34 : Katkı 7 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.34 incelendiğinde en yüksek eğilme dayanımı değeri 11,391 MPa olmak üzere 28 günlük değerde gözlenmiştir. Eğilme dayanımları 10-11,5 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



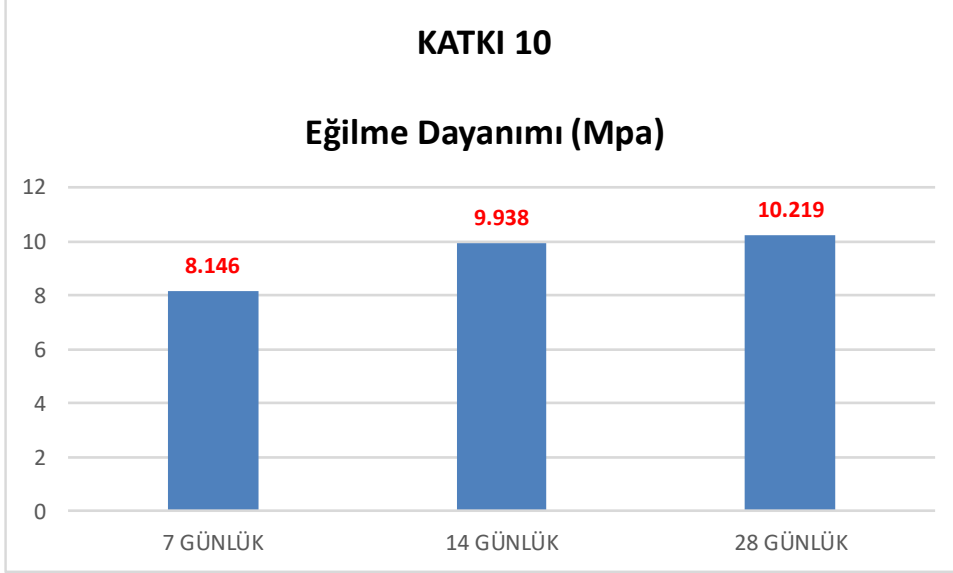
Şekil 5.35 : Katkı 8 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.35 özetlenecek olursa en yüksek eğilme dayanımı 11,180 Mpa olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. 14 ve 28 günlük eğilme dayanımlarının birbirine çok yakın olduğu sonucuna varılmıştır. Eğilme dayanımları 8-12 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



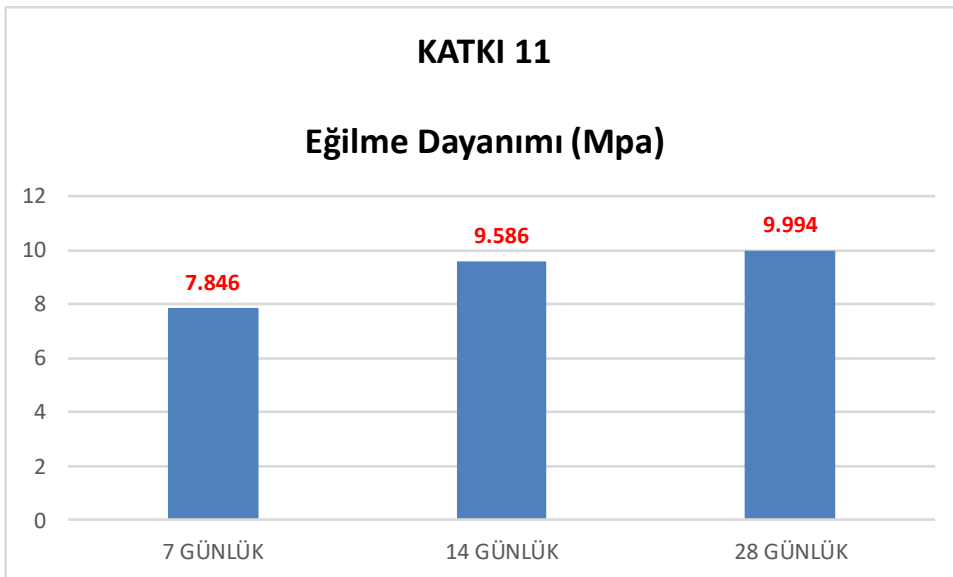
Şekil 5.36 : Katkı 9 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.36'ya göre eğilme dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı değeri 11,906 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Eğilme dayanımı değerleri 9-12 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



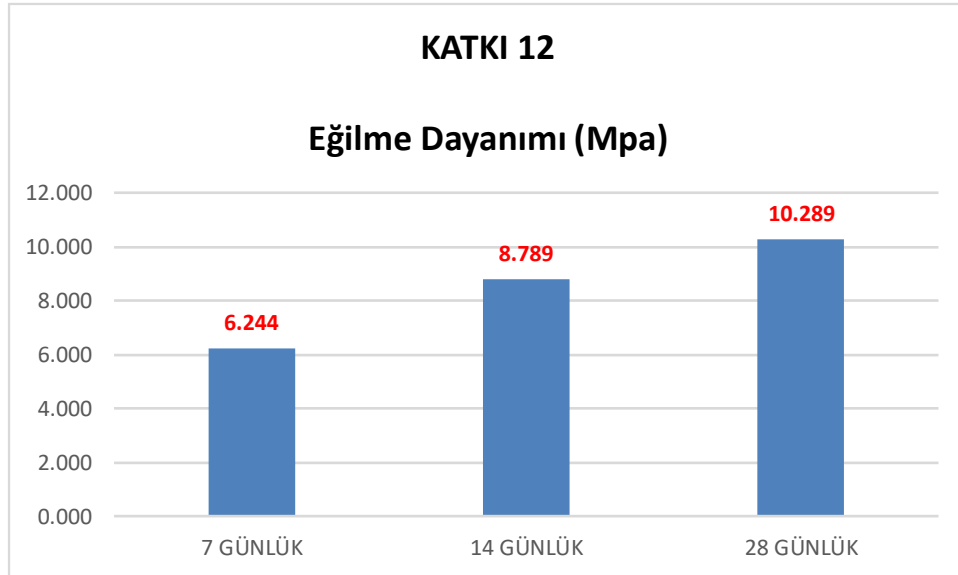
Şekil 5.37 : Katkı 10 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.37'den görüldüğü üzere Katkı 10 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı değeri 10,219 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Eğilme dayanımı değerleri 8-11 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



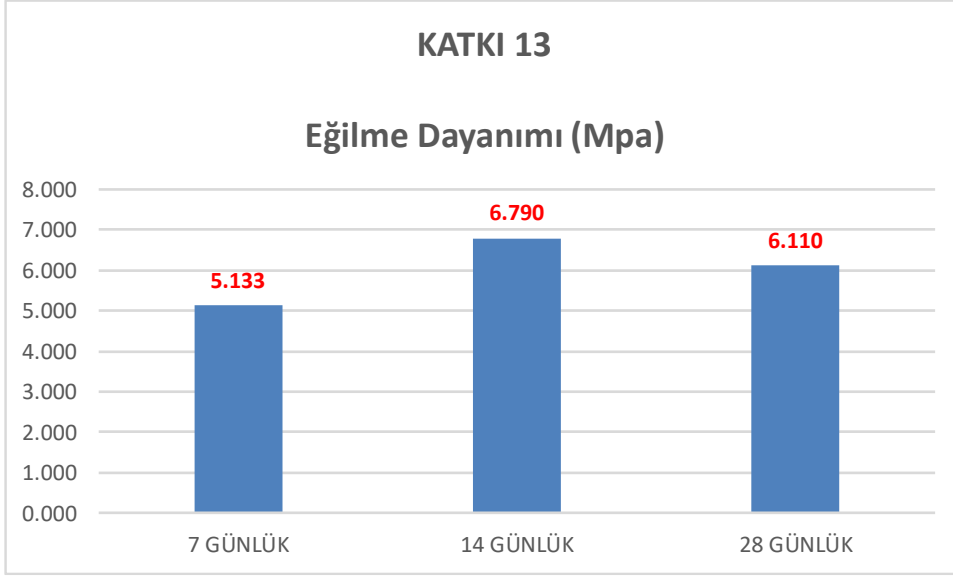
Şekil 5.38 : Katkı 11 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.38 özetlenecek olursa eğilme dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 günden 14 güne olan eğilme dayanımı artışı 14 günden 28 güne olan eğilme dayanımı artışından daha yüksek olmuştur. En yüksek eğilme dayanımı değeri 9,994 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Eğilme dayanımı değerleri 7-10 MPa arasında bir değişim göstermektedir.



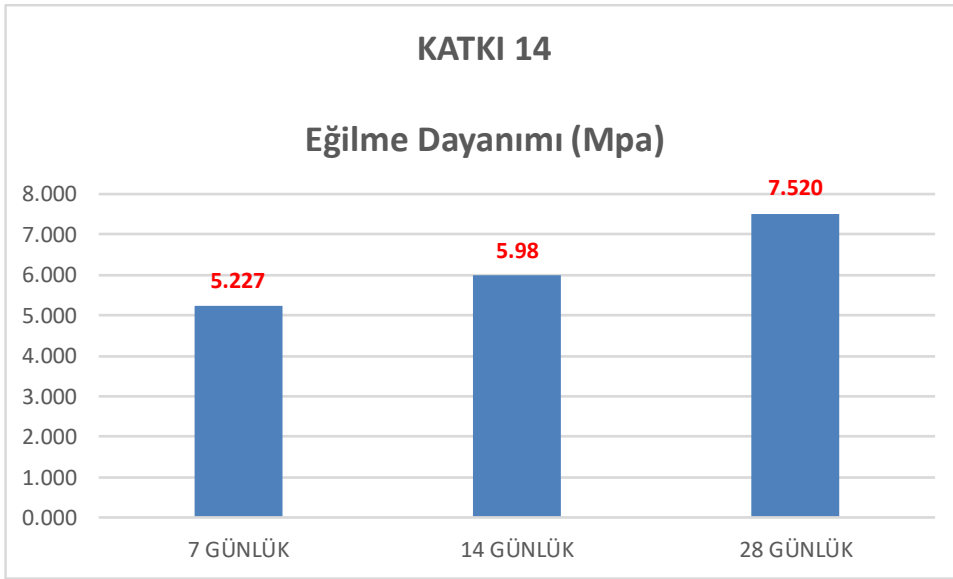
Şekil 5.39 : Katkı 12 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.39'dan görüldüğü üzere Katkı 12 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne gittikçe artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı değeri 10,289 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Eğilme dayanımı değerleri 6-11 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



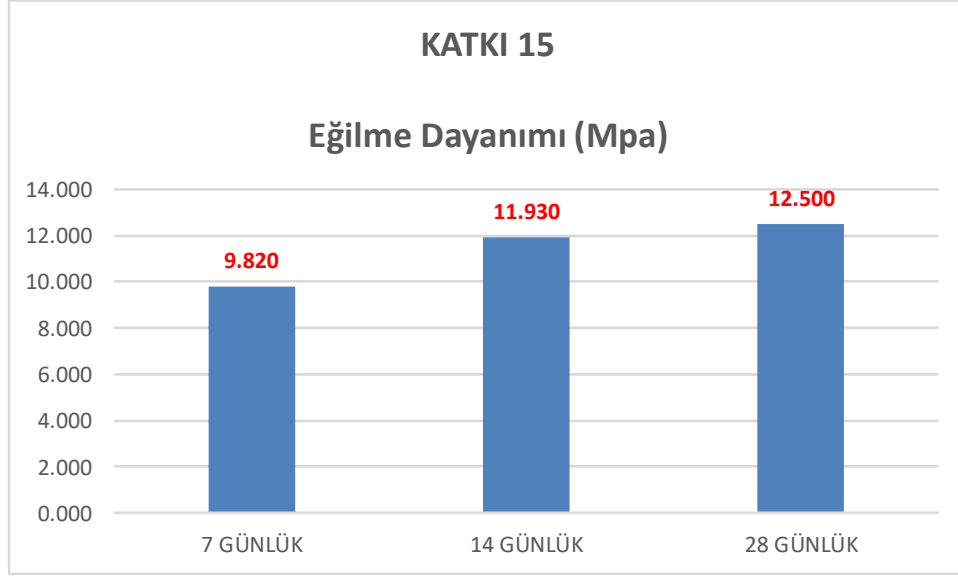
Şekil 5.40 : Katkı 13 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.40'a göre Katkı 13 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 14 güne doğru artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 7 günlük eğilme dayanımı değerinden yaklaşık 1 MPa daha yüksek çıkmıştır.



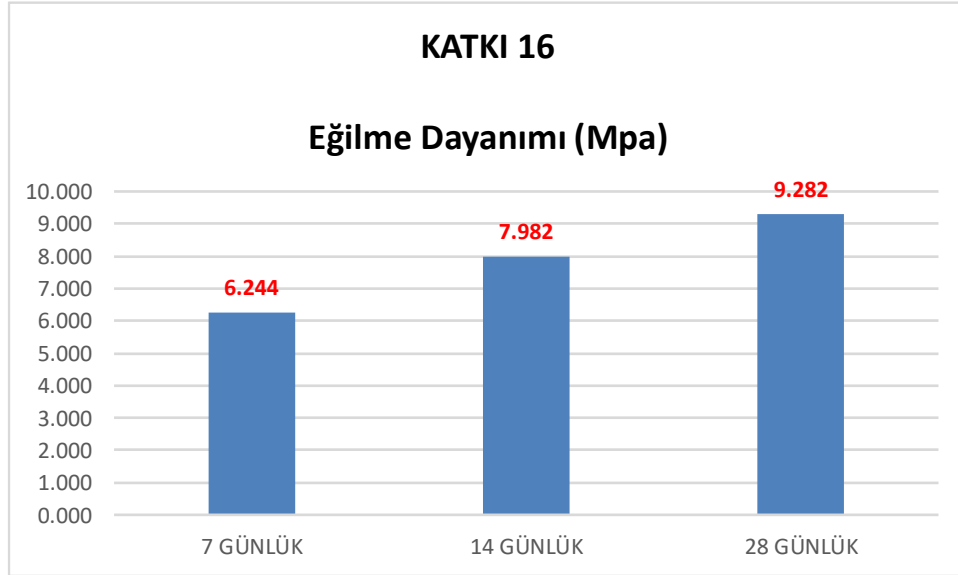
Şekil 5.41 : Katkı 14 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.41'e göre eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 7,520 MPa olarak gözlenmiştir. Eğilme dayanımı değerleri 5-8 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



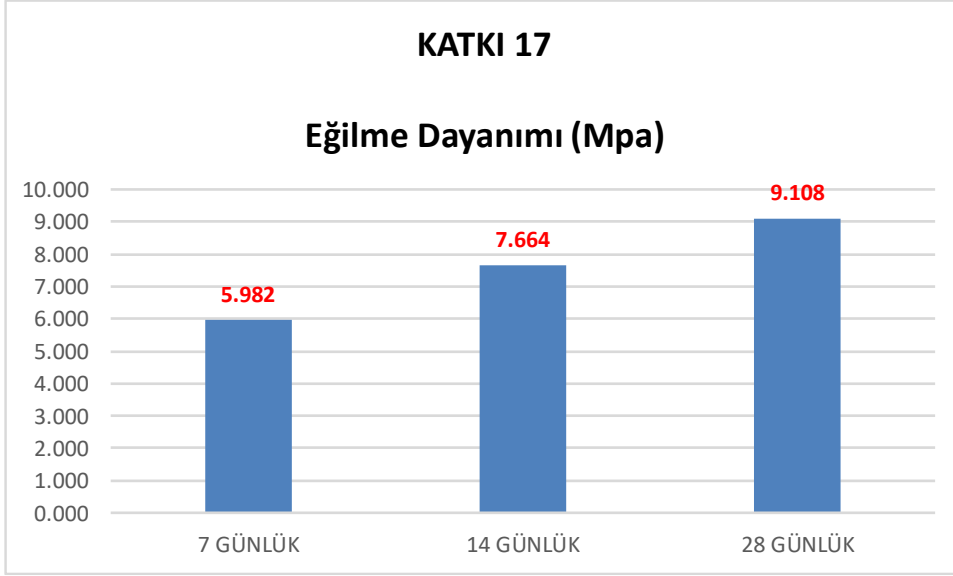
Şekil 5.42 : Katkı 15 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.42 ele alınacak olursa en yüksek eğilme dayanımı değeri 12,500 MPa olmak üzere 28 günlük değerde gözlenmiştir. 7 günden 28 güne doğru eğilme dayanımları gittikçe artmıştır. Eğilme dayanımları 9-13 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



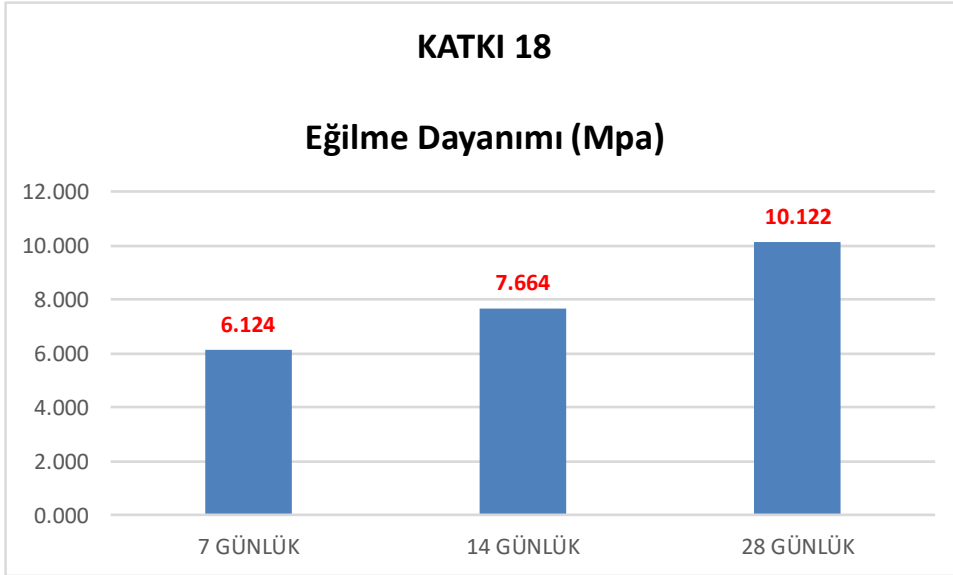
Şekil 5.43 : Katkı 16 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.43'a göre Katkı 16 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 9,282 MPa çıkmıştır. Eğilme dayanımları 6-10 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



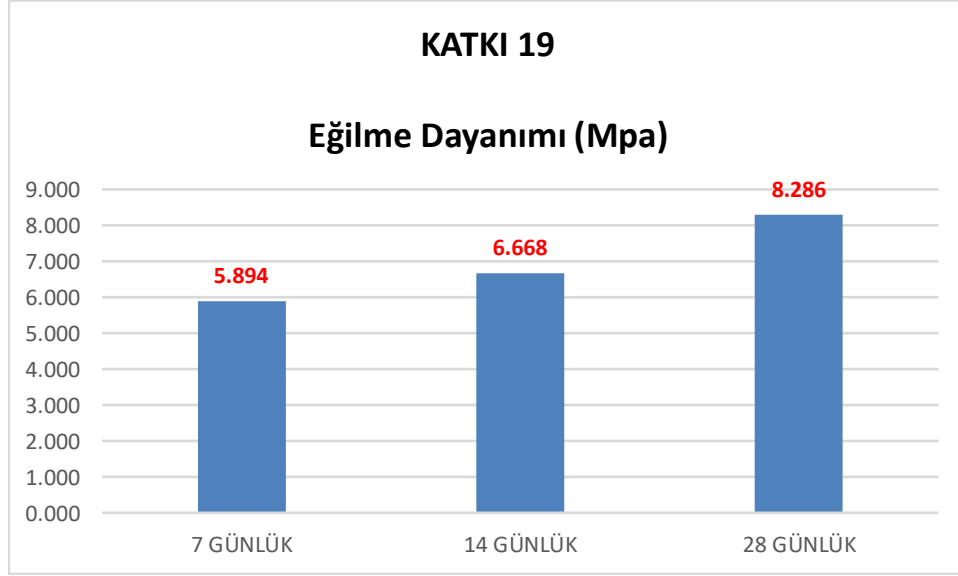
Şekil 5.44 : Katkı 17 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.44'e göre eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 9,108 MPa olarak gözlenmiştir. Eğilme dayanımları 5-10 MPa arasında değişmiştir.



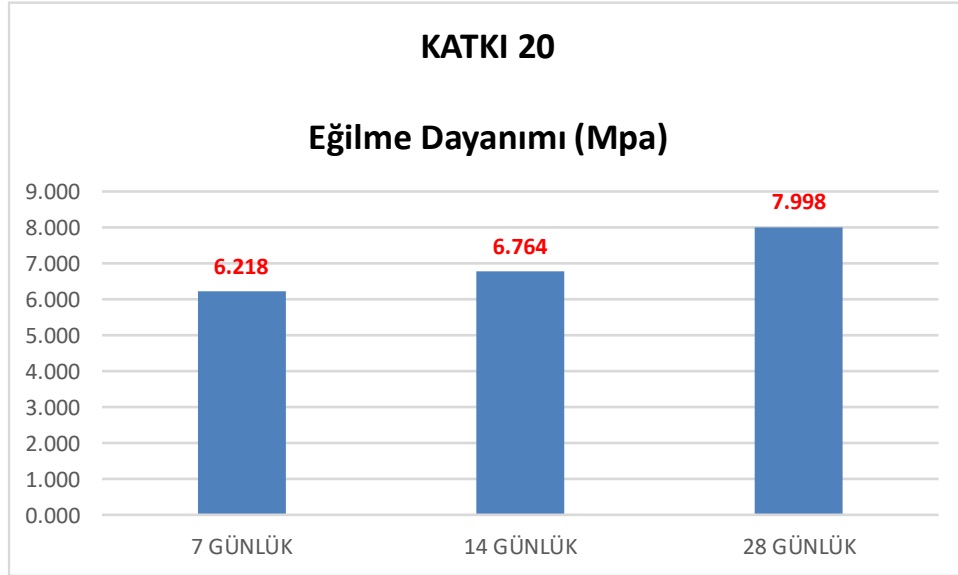
Şekil 5.45 : Katkı 18 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.45 ele alınacak olursa en yüksek eğilme dayanımı değeri 10,122 MPa olmak üzere 28 günlük değerde gözlenmiştir. Eğilme dayanımları 6-11 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



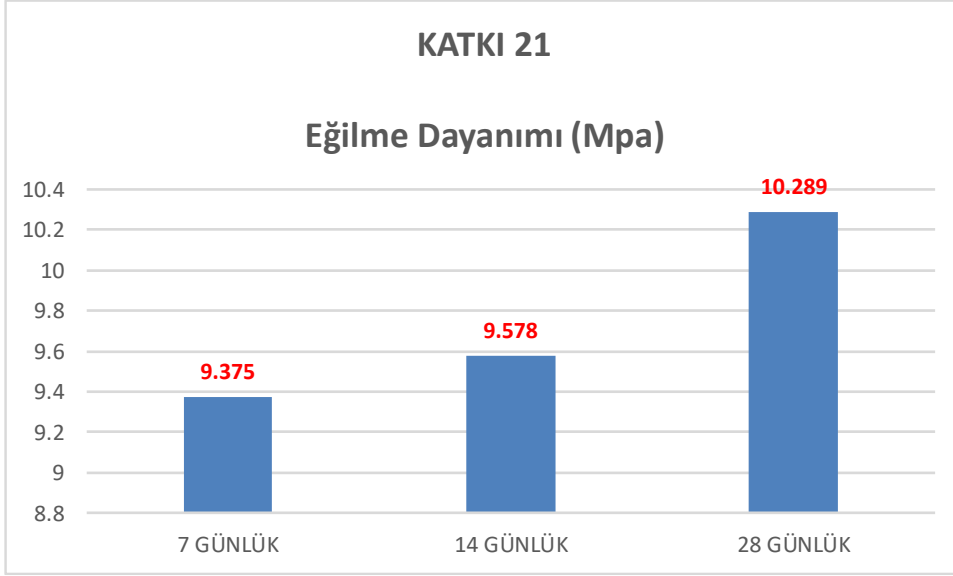
Şekil 5.46 : Katkı 19 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.46'e göre Katkı 19 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 8,286 MPa çıkmıştır. Eğilme dayanımları 5-9 MPa arasında değişmiştir.



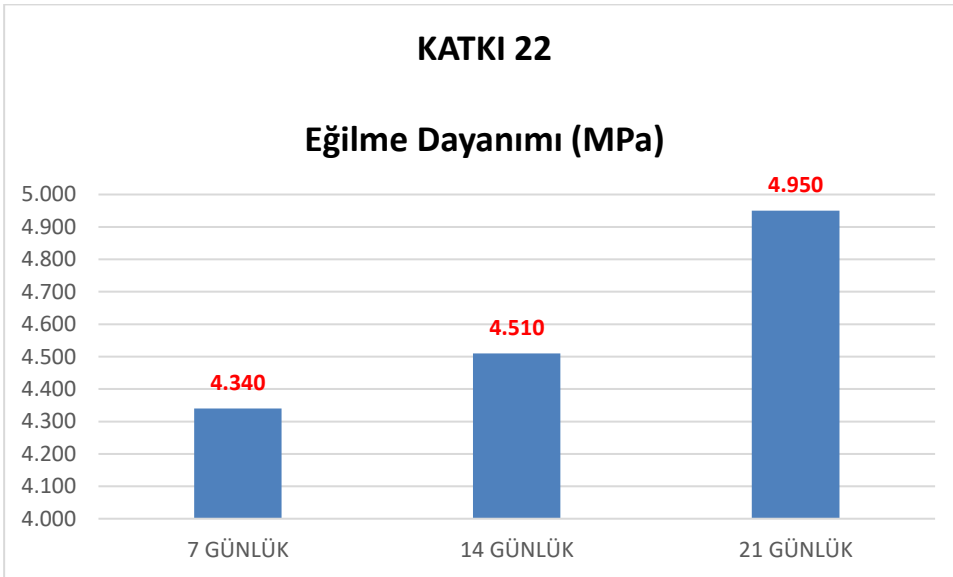
Şekil 5.47 : Katkı 20 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.47'e göre Katkı 20 ile üretilen harcın eğilme dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 28 günlük eğilme dayanımı değeri 7,998 MPa olarak gözlenmiştir. Eğilme dayanımları 6-8 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



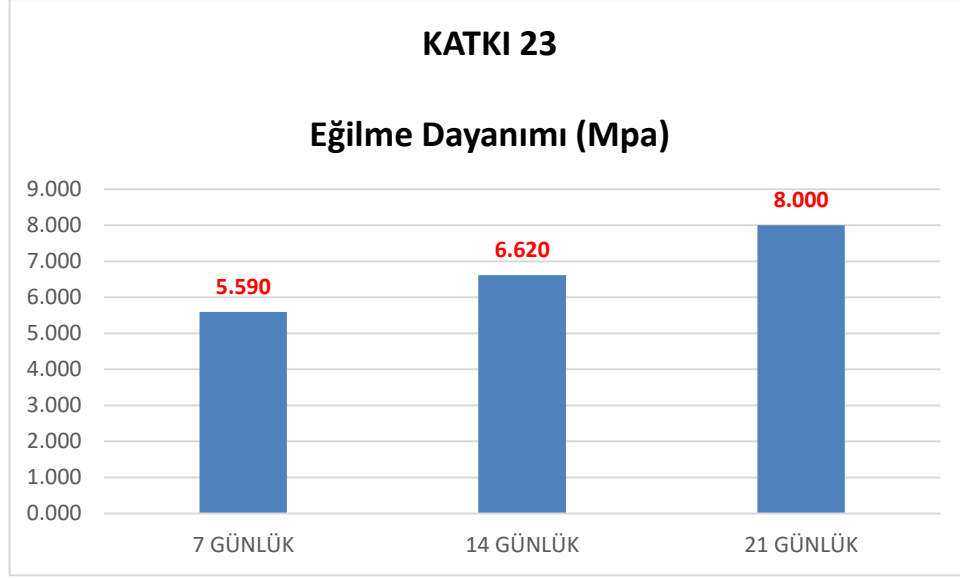
Şekil 5.48 : Katkı 21 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.48 özetlenecek olursa Katkı 21 ile üretilen harçlarda eğilme dayanımları 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek eğilme dayanımı değeri 10,289 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Eğilme dayanımları 9-11 MPa arasında değişmiştir.



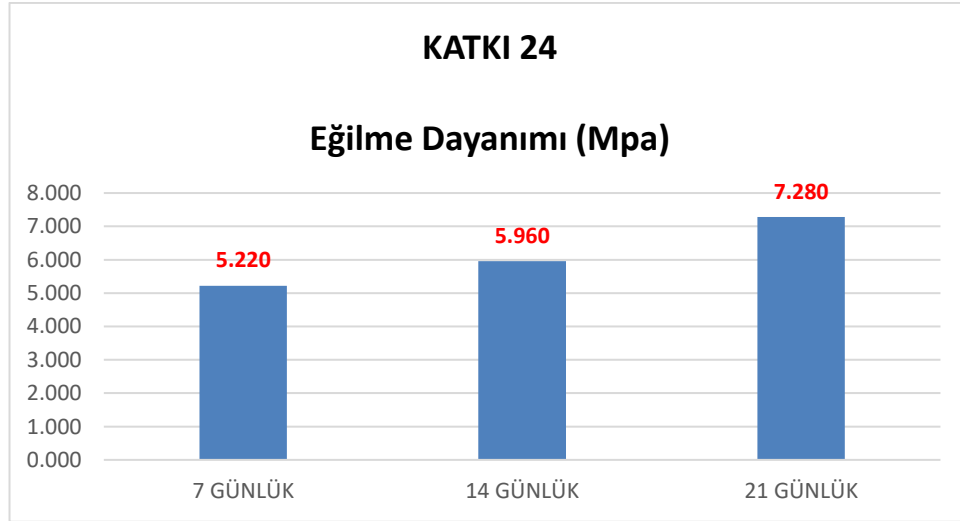
Şekil 5.49 : Katkı 22 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.49 ele alınacak olursa Katkı 22 ile üretilen harçların eğilme dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. Bu artış 0,5-0,6 MPa olmak üzere düşük olmuştur. Eğilme dayanımları 4-5 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



Şekil 5.50 : Katkı 23 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

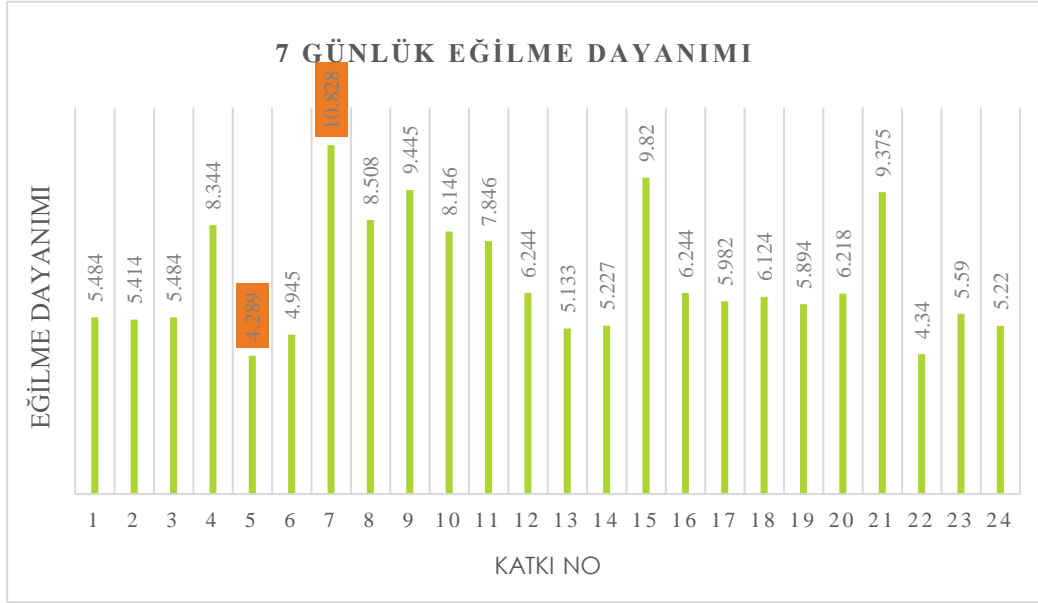
Şekil 5.50'ye göre Katkı 23 ile üretilen harçların eğilme dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki artış yaklaşık 1 MPa iken 14-28 gün arasındaki artış yaklaşık 2,5 MPa olmuştur. Eğilme dayanımları 5-8 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



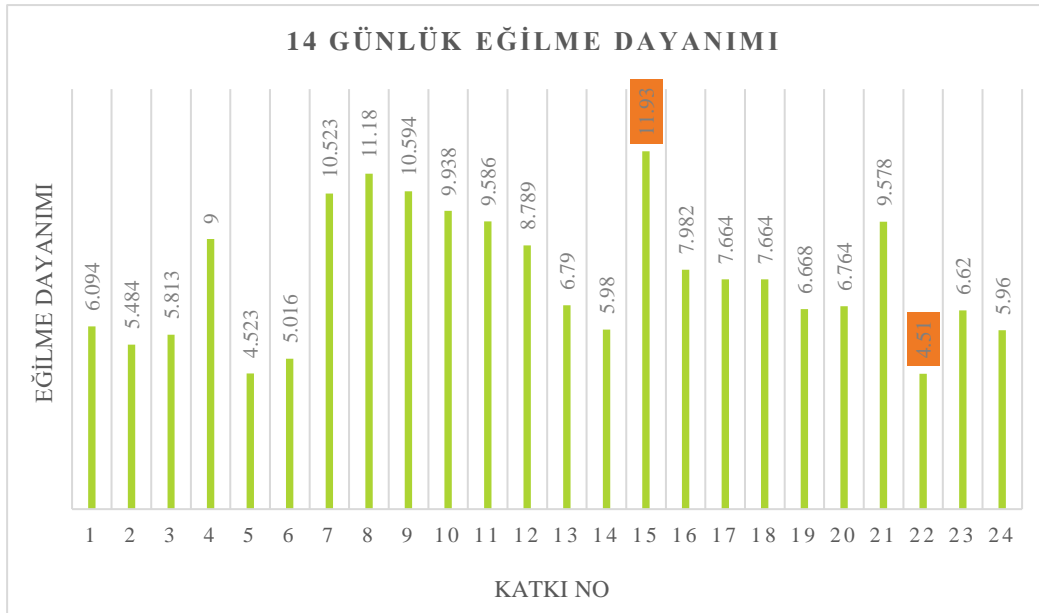
Şekil 5.51 : Katkı 24 ile üretilen harçların eğilme dayanımı sonuçları.

Şekil 5.51 özetlenecek olursa Katkı 24 ile üretilen harçların eğilme dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki artış 0,7-0,8 MPa civarında olurken 14-28 gün arasındaki artış 1-1,5 MPa arasında olmuştur. Eğilme dayanımları 5-8 MPa arasında bir değişim göstermiştir.

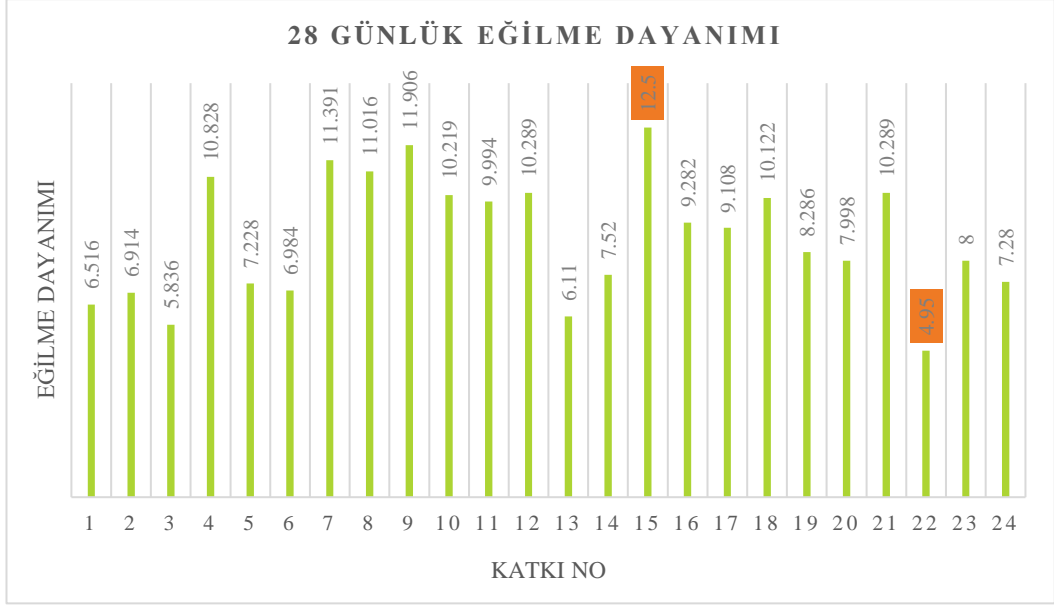
Katkı 1'den Katkı 24'e kadar 24 farklı katkı ile üretilen harçların 7, 14, 28 günlük eğilme dayanımı deney sonuçları Şekil 5.52-54'de sunulmuştur.



Şekil 5.52 : 7 günlük eğilme dayanımı sonuçları.



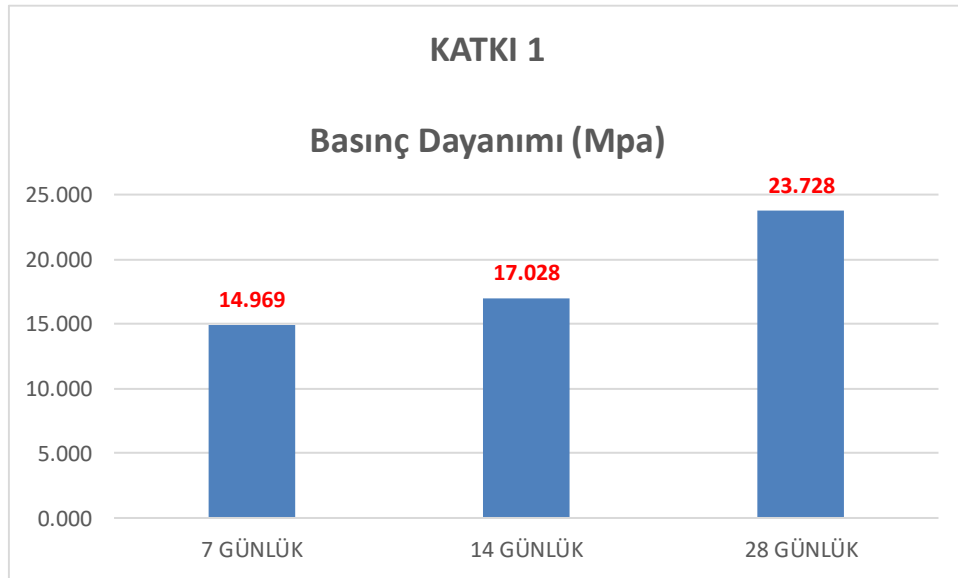
Şekil 5.53 : 14 günlük eğilme dayanımı sonuçları.



Şekil 5.54 : 28 günlük eğilme dayanımı sonuçları.

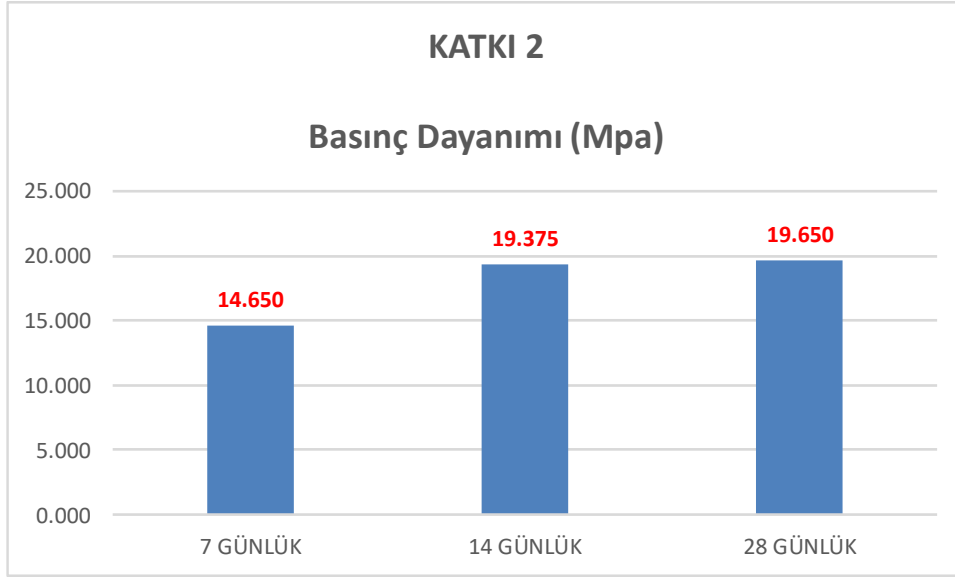
4.3. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Üretilen harçların 7, 14, 28 günlük eğilme dayanımı grafikleri Şekil 5.55-78'de verilmiştir.



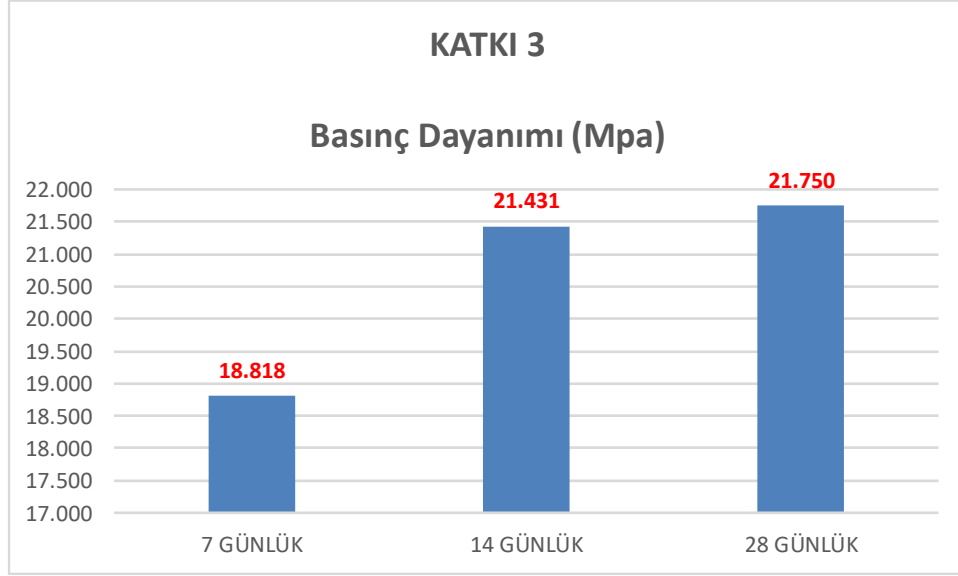
Şekil 5.55 : Katkı 1 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.55 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değeri 28 günlük numunede gözlenmiştir. 7 günden 14 güne basınç dayanımı artışı yaklaşık 2 MPa civarında iken 14 günden 28 güne basınç dayanımı artışı yaklaşık 6-7 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 14-24 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



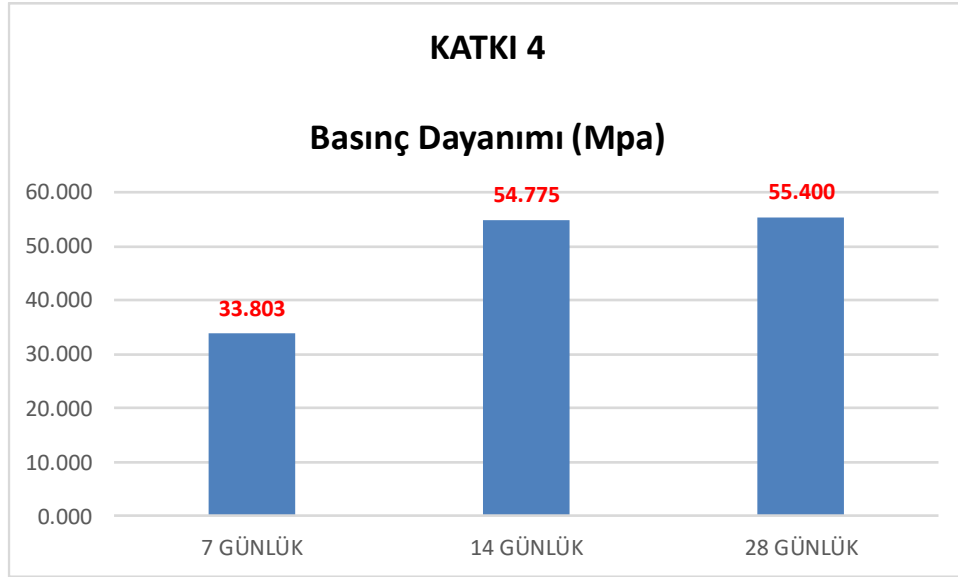
Şekil 5.56 : Katkı 2 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.56'den görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında dayanım artışı 5 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 14-20 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



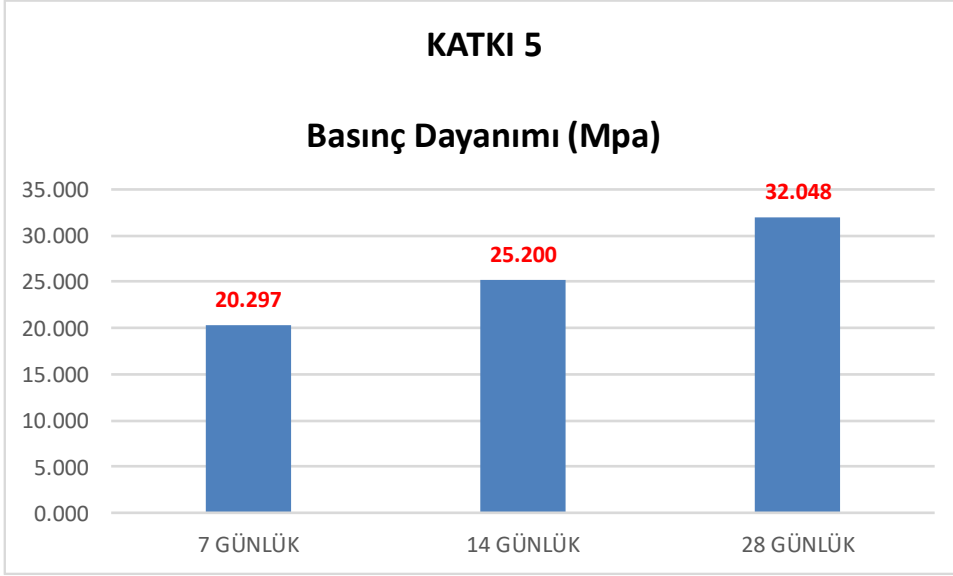
Şekil 5.57 : Katkı 3 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.57’den görüldüğü üzere basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımları arasında yaklaşık 3 MPa bir artış meydana gelmiştir. Basınç dayanımları 18-22 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



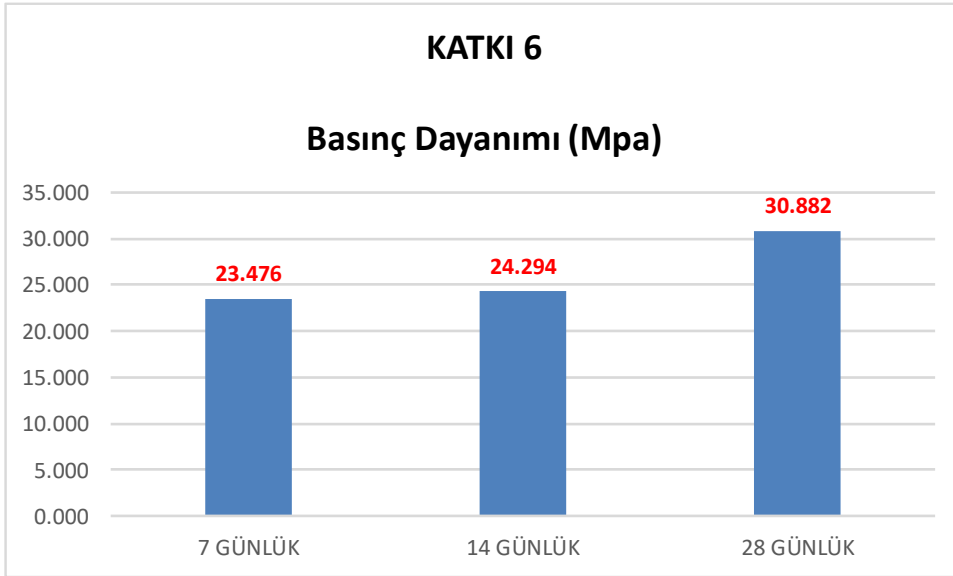
Şekil 5.58 : Katkı 4 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.58 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değeri 28 günlük numunede gözlenmiştir. 7 günden 28 güne doğru basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 21 Mpa olurken 14-28 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 0,6-0,7 Mpa olmuştur.



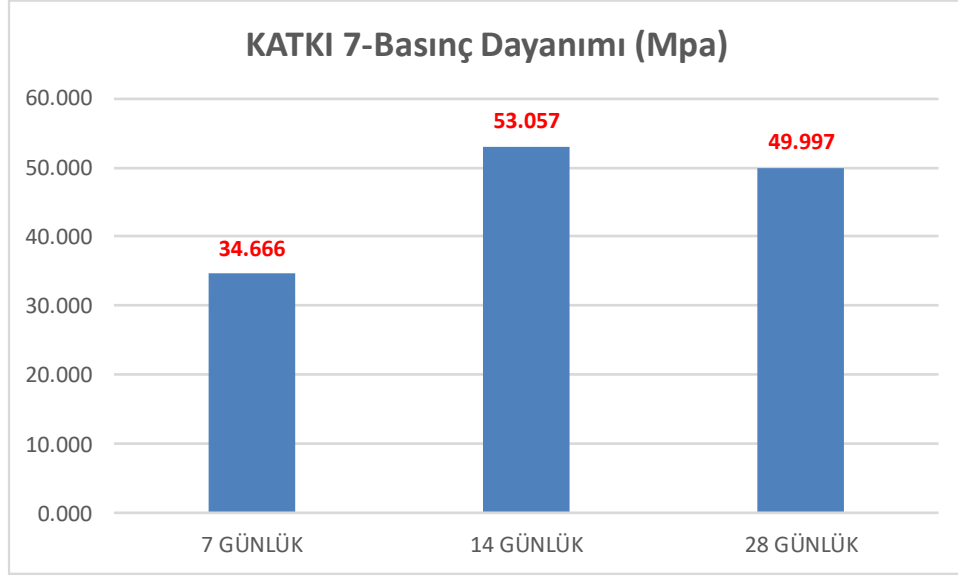
Şekil 5.59 : Katkı 5 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.59'den görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında dayanım artışı yaklaşık 12 MPa olmuştur.



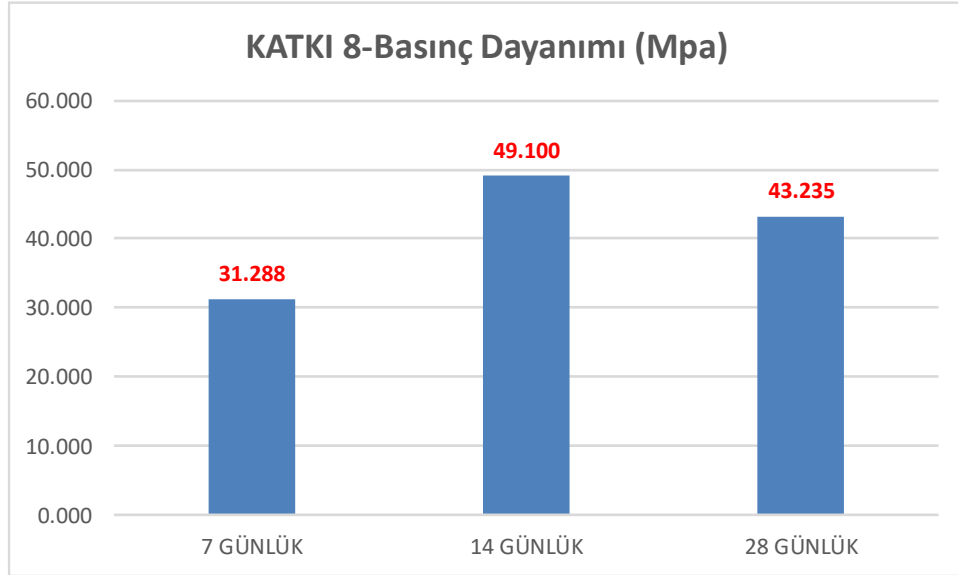
Şekil 5.60 : Katkı 6 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.60'dan görüldüğü üzere basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımları arasında yaklaşık 7-8 Mpa bir artış meydana gelmiştir.



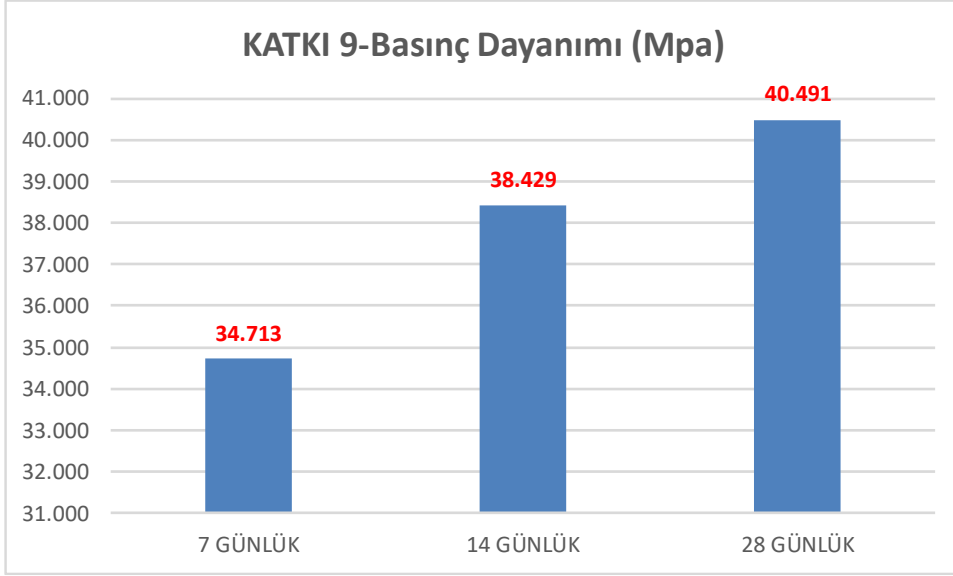
Şekil 5.61 : Katkı 7 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.61’den görüldüğü üzere Katkı 7 ile üretilen harçta en yüksek değer 53,057 MPa olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Basınç dayanımları 34-54 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



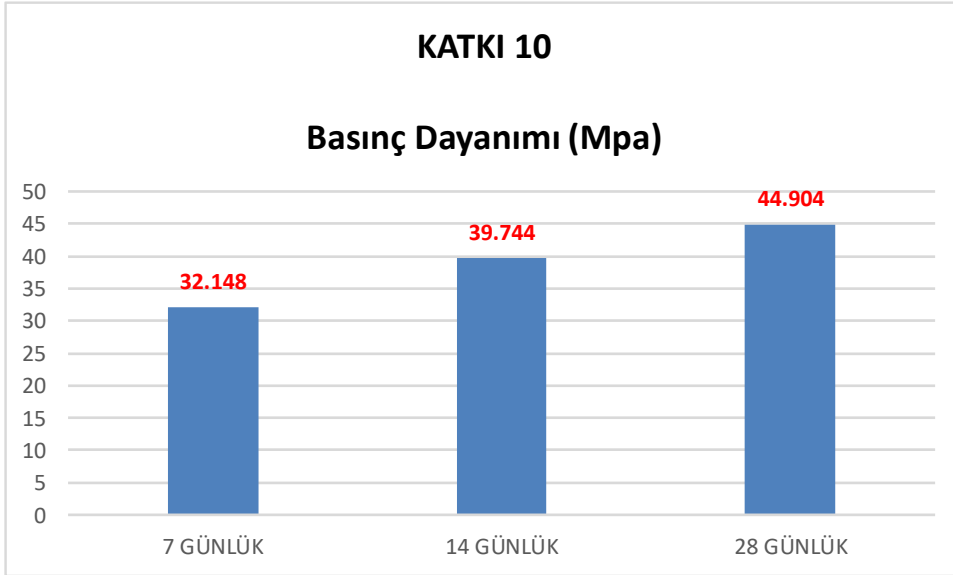
Şekil 5.62 : Katkı 8 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.62 özetlenecek olursa en yüksek basınç dayanımı 49,100 MPa olmak üzere 14 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Basınç dayanımları 30-50 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



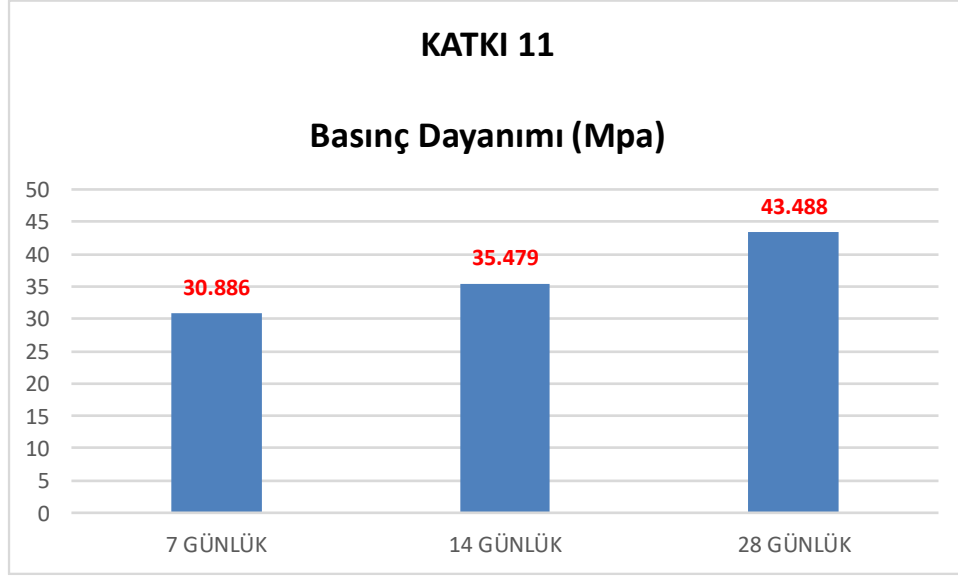
Şekil 5.63 : Katkı 9 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.63 özetlenecek olursa basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanım artışı 14-28 gün arasındaki basınç dayanım artışından daha yüksek olmuştur. Basınç dayanımları 34-41 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



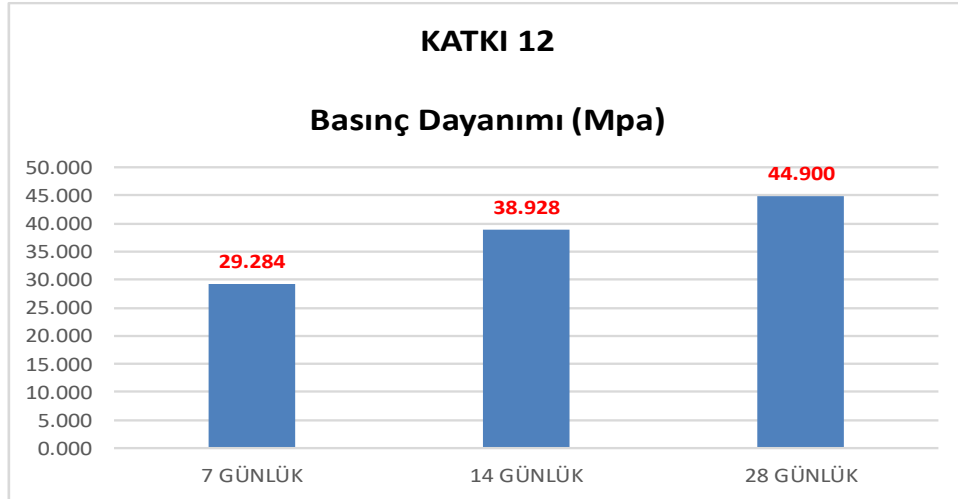
Şekil 5.64 : Katkı 10 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.64 ele alınırsa basınç dayanımı değerleri 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. En yüksek değer 44,904 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. Basınç dayanımları 32-45 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



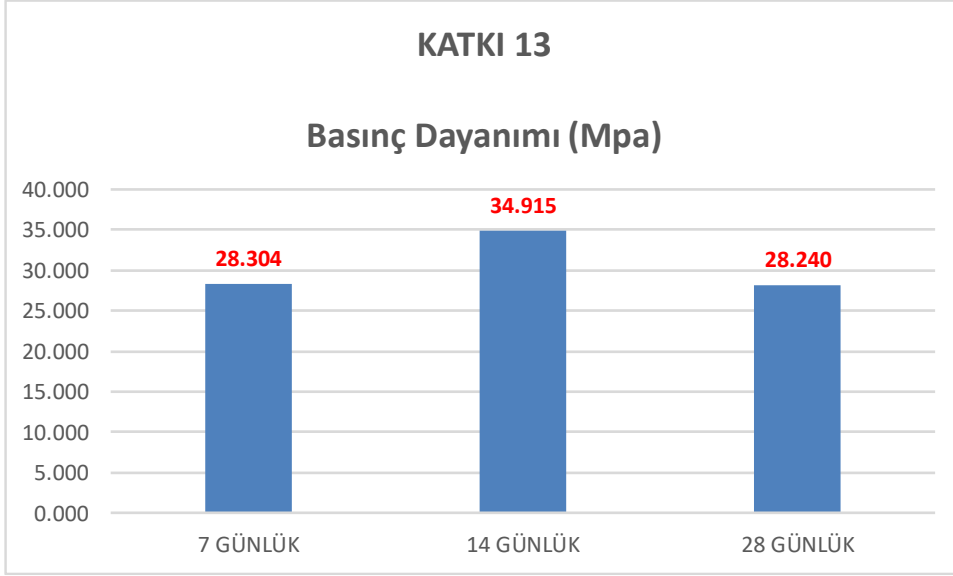
Şekil 5.65 : Katkı 11 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.65’den görüldüğü üzere Katkı 11 ile üretilen harcın basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 5 MPa iken 14-28 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 8 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 30-44 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



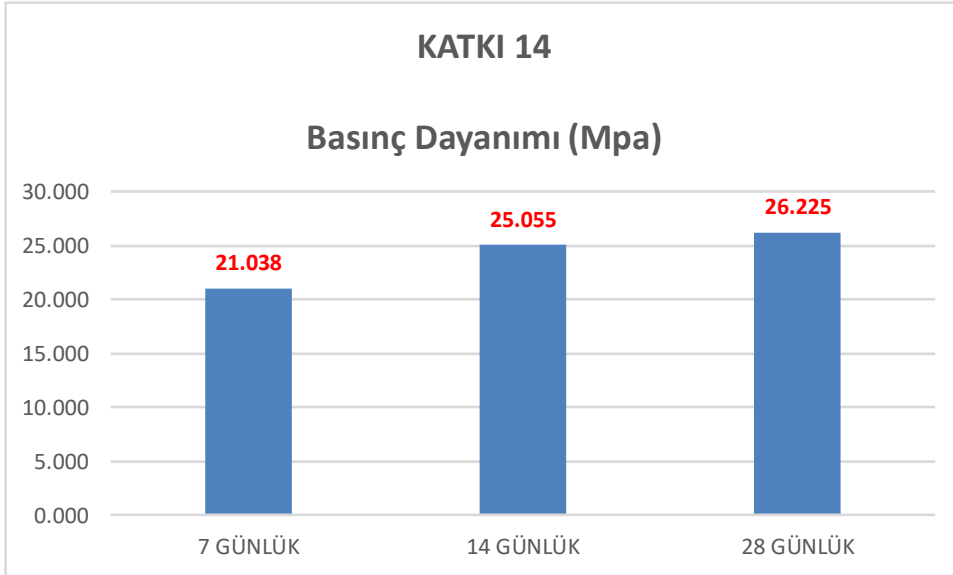
Şekil 5.66 : Katkı 12 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.66 incelendiğinde Katkı 12 ile üretilen harcın basınç dayanımları gittikçe artmıştır. En yüksek basınç dayanımı 44,900 MPa olmak üzere 28 günlük sonuçlarda gözlenmiştir. 7-14 gün arasında basınç dayanımı artışı yaklaşık 9 MPa iken 14-28 gün arasında basınç dayanımı artışı yaklaşık 6 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 29-45 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



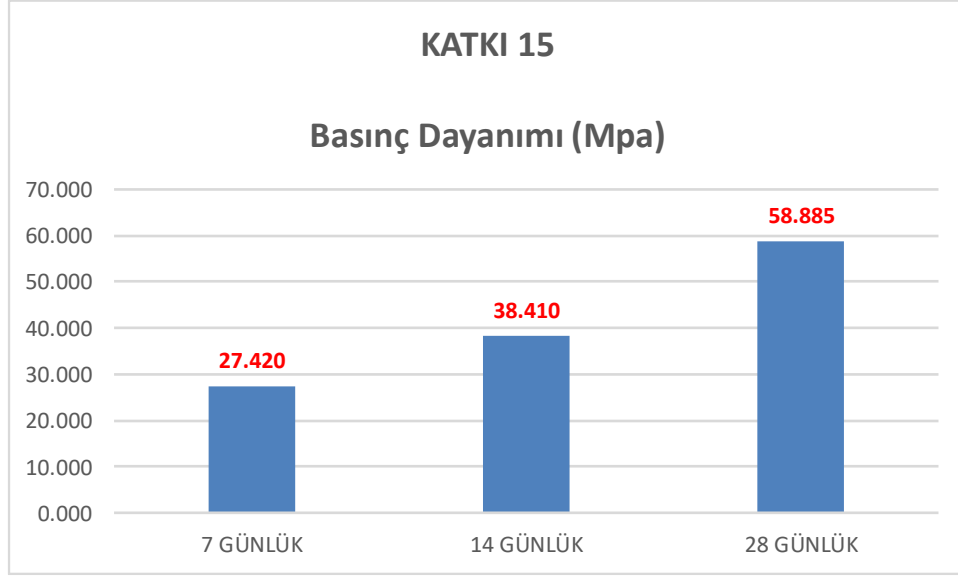
Şekil 5.67 : Katkı 13 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.67 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değeri 34,915 MPa olmak üzere 14 günlük numunede gözlenmiştir. Basınç dayanımları 28-35 MPa arasında bir değişim göstermektedir.



Şekil 5.68 : Katkı 14 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

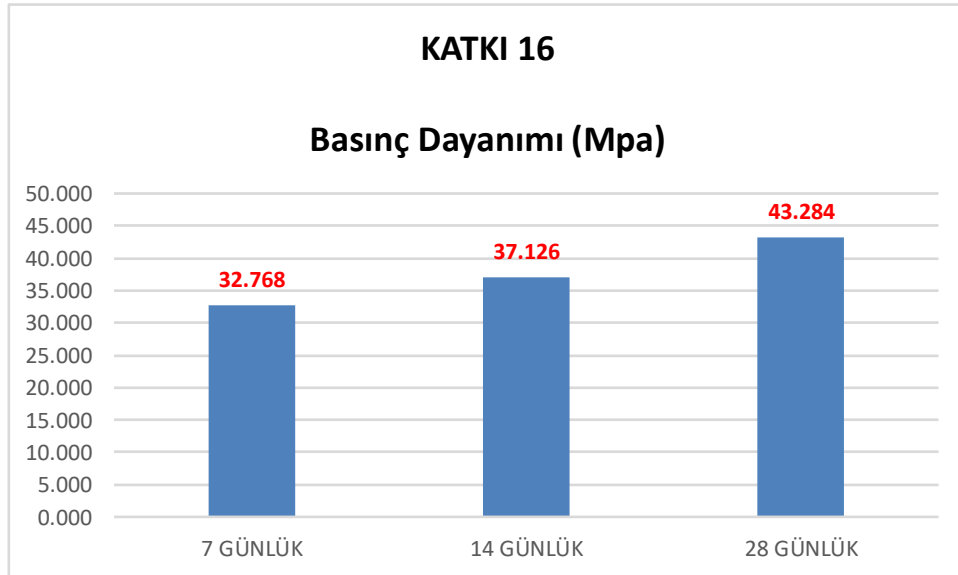
Şekil 5.68'den görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında dayanım artışı yaklaşık 1-1,5 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 21-27 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



Şekil 5.69 : Katkı 15 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

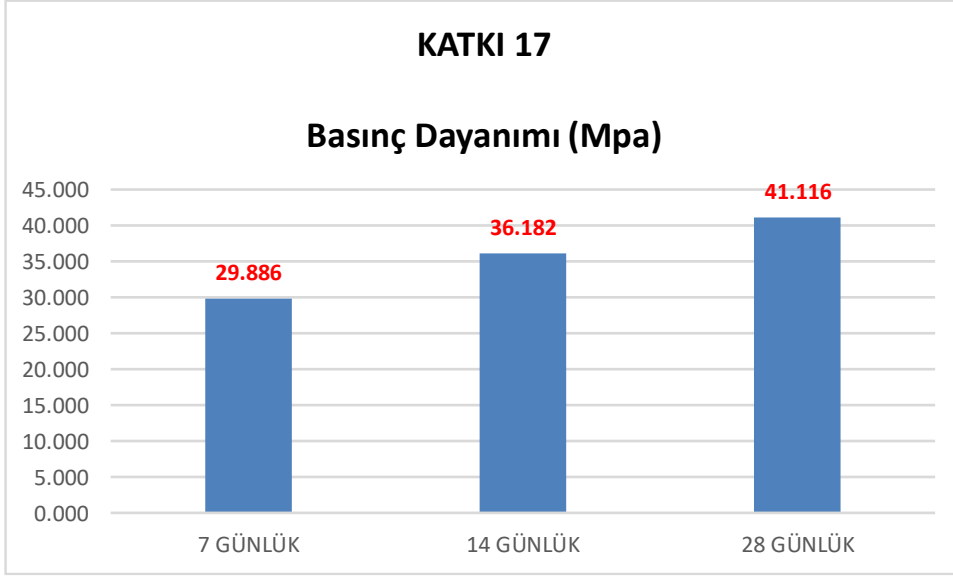
Şekil 5.69'dan görüldüğü üzere basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 14 ve 28 günlük basınç dayanımları arasında yaklaşık 20 MPa bir artış meydana gelmiştir.

7 ve 28 günlük basınç dayanımları arasında ise yaklaşık 32 MPa'lık bir basınç dayanımı artışı meydana gelmiştir. Basınç dayanımları 27-59 MPa arasında değişmiştir.



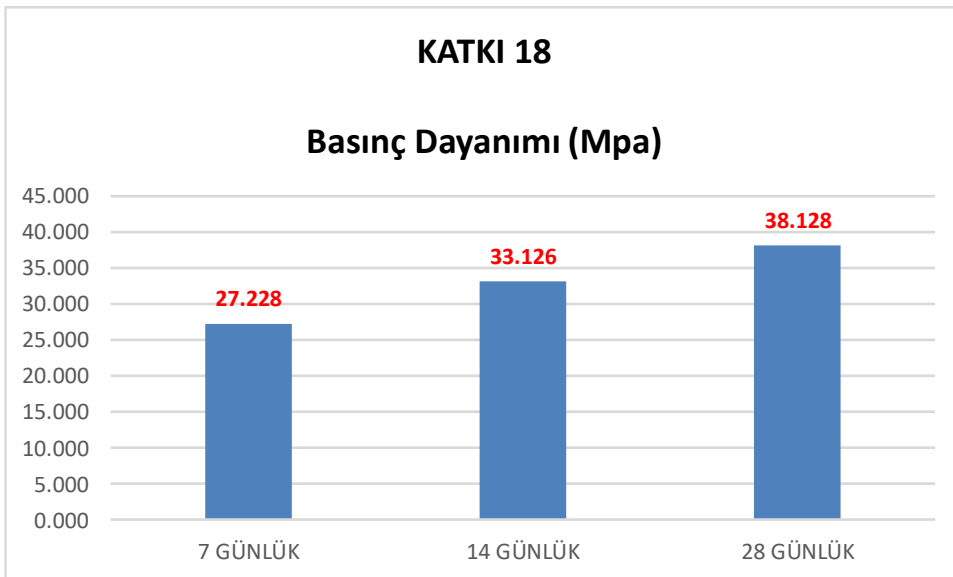
Şekil 5.70 : Katkı 16 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.70 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değeri 28 günlük numunede gözlenmiştir. 7 günden 28 güne doğru basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7-14 ve 14-28 gün arası dayanım artışları yaklaşık 5-6 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 32-44 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



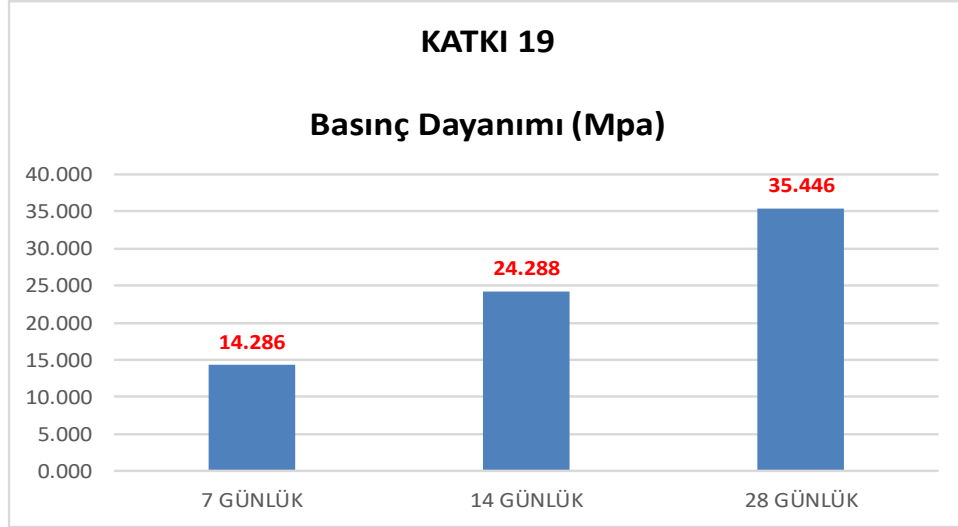
Şekil 5.71 : Katkı 17 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.71'den görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında dayanım artışı yaklaşık 11-12 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 29-42 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



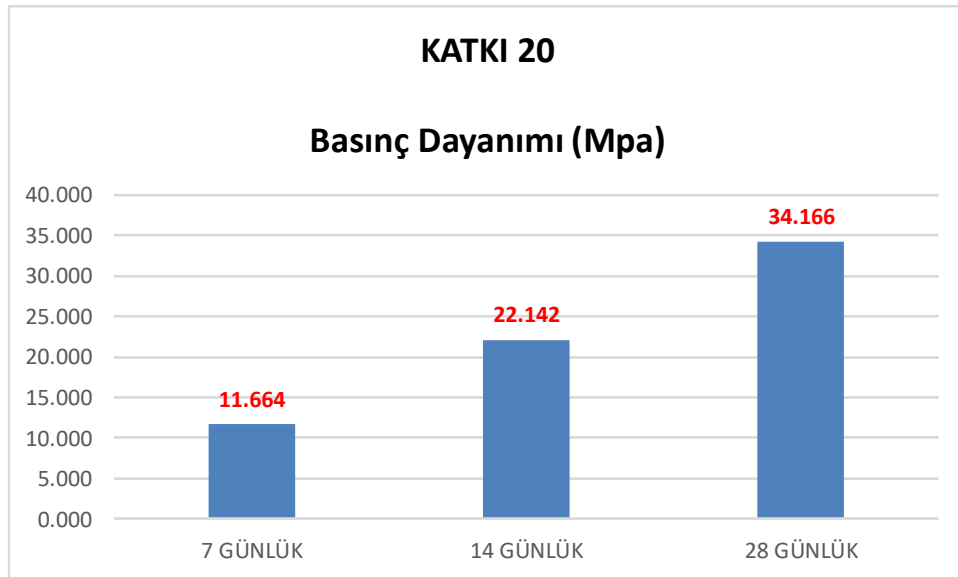
Şekil 5.72 : Katkı 18 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.72'den görüldüğü üzere basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımları arasında yaklaşık 11-12 MPa bir artış meydana gelmiştir. Basınç dayanımları 27-39 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



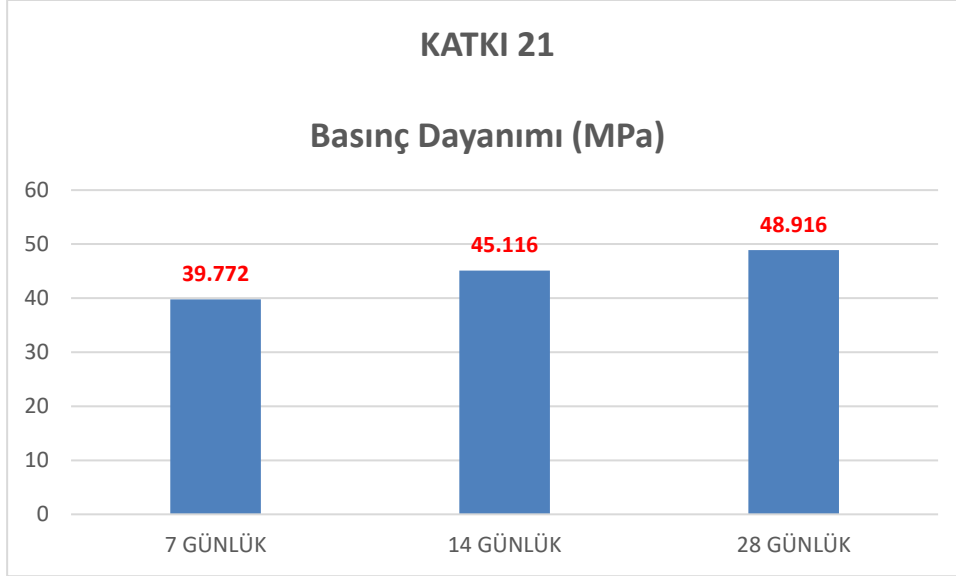
Şekil 5.73 : Katkı 19 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.73 incelendiğinde en yüksek basınç dayanımı değeri 28 günlük numunede gözlenmiştir. 7 günden 28 güne doğru basınç dayanımları gittikçe artmıştır. 7-14 ve 14-28 gün arası dayanım artışları yaklaşık 10-11 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 14-36 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



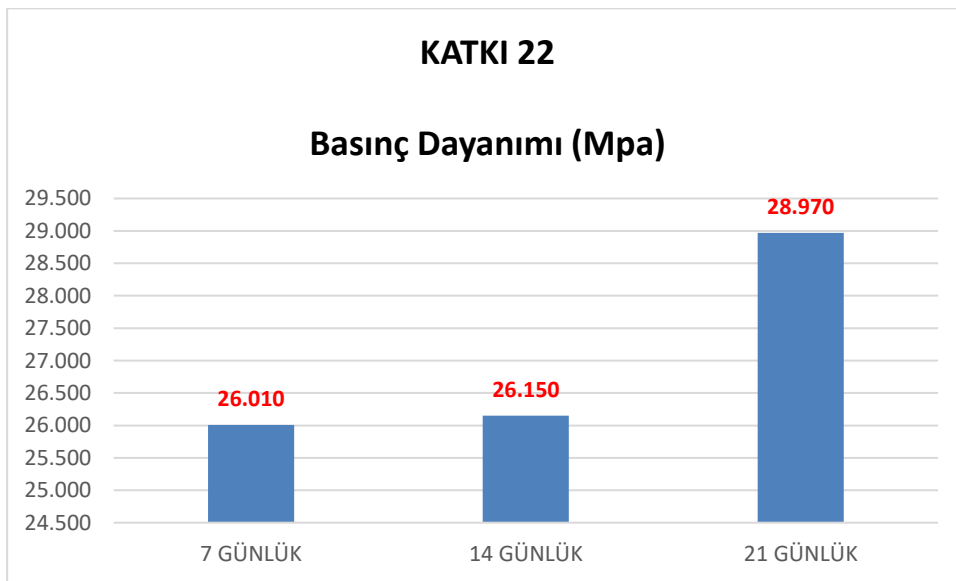
Şekil 5.74 : Katkı 20 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.74'den görüldüğü üzere basınç dayanımı değerleri gittikçe artmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasında dayanım artışı yaklaşık 22-23 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 11-35 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



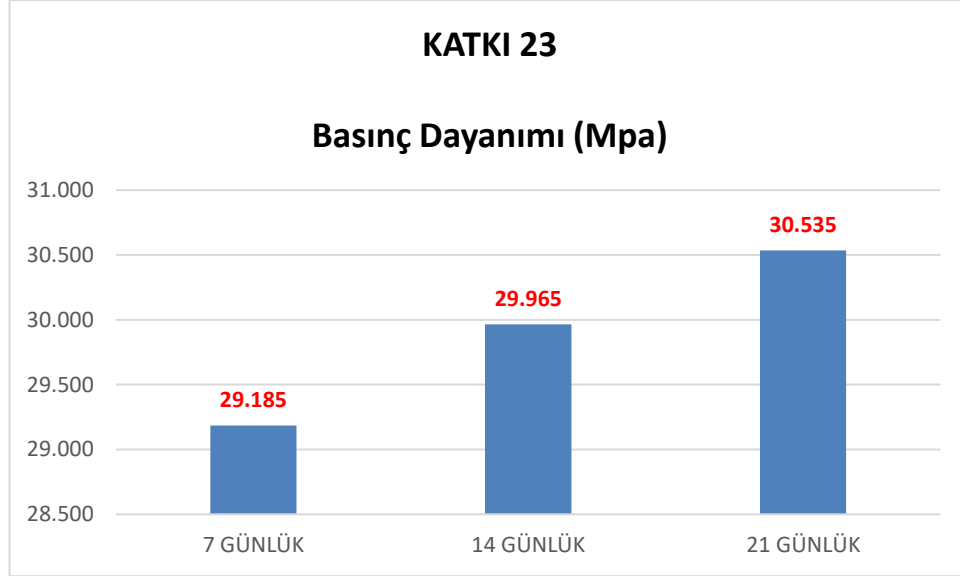
Şekil 5.75 : Katkı 21 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.75 özetlenecek olursa Katkı 21 ile üretilen harçların basınç dayanımları 7 günden 28 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki artış 5-6 MPa iken 14-28 gün arasındaki artış 3-4 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 39-49 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



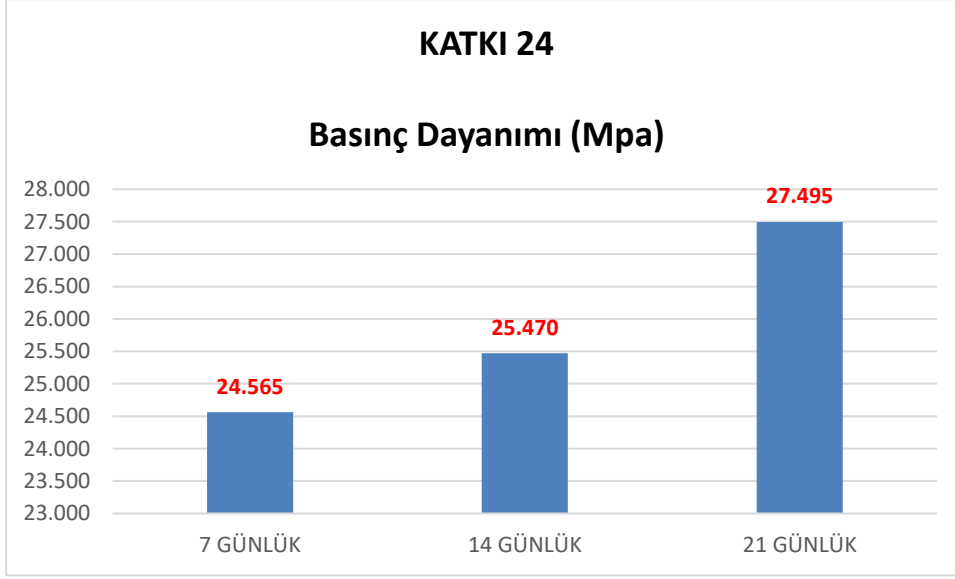
Şekil 5.76 : Katkı 22 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.76'e göre Katkı 22 ile üretilen harçlarda basınç dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanımı artışı 0,14 MPa iken 14-28 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 3-4 MPa olmuştur.



Şekil 5.77 : Katkı 23 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

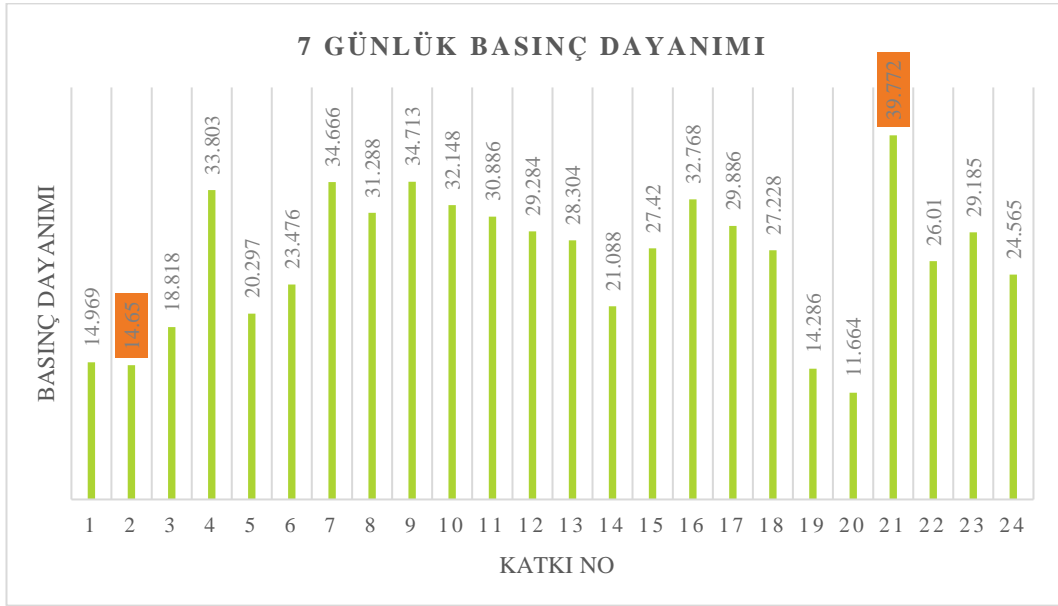
Şekil 5.77 özetlenecek olursa Katkı 23 ile üretilen harçlarda basınç dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanımı artışı 0,7-0,8 Mpa iken 14-28 gün arasındaki basınç dayanımı artışı 0,6-0,7 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 29-31 MPa arasında bir değişim göstermiştir.



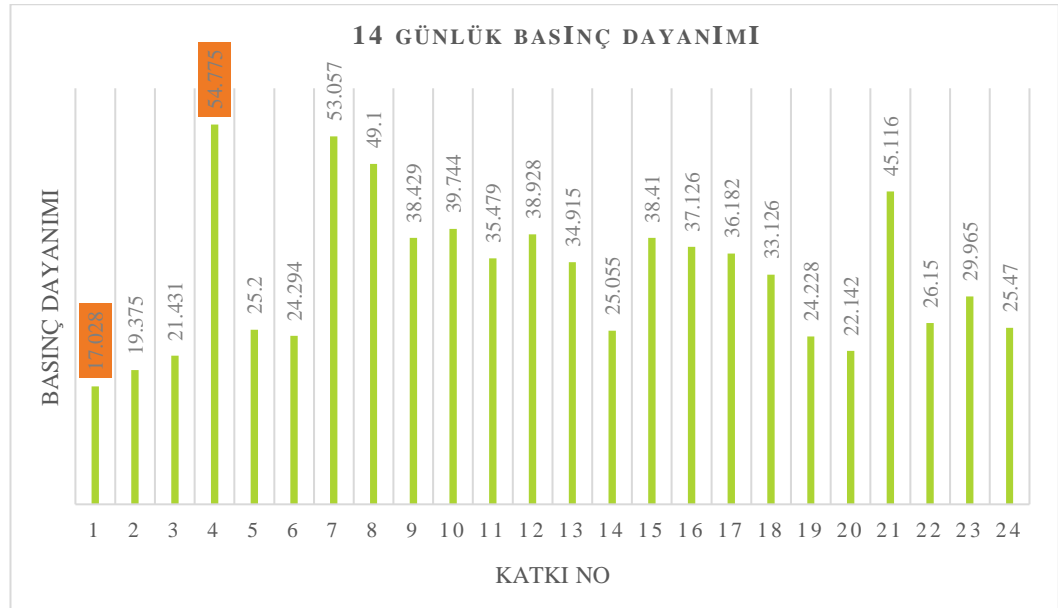
Şekil 5.78 : Katkı 24 ile üretilen harçların basınç dayanımı sonuçları.

Şekil 5.78'ye göre Katkı 24 ile üretilen harçlarda basınç dayanımları 7 günden 21 güne doğru gittikçe artmıştır. 7-14 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 1 MPa iken 14-28 gün arasındaki basınç dayanımı artışı yaklaşık 2-3 MPa olmuştur. Basınç dayanımları 24-28 MPa arasında bir değişim göstermiştir.

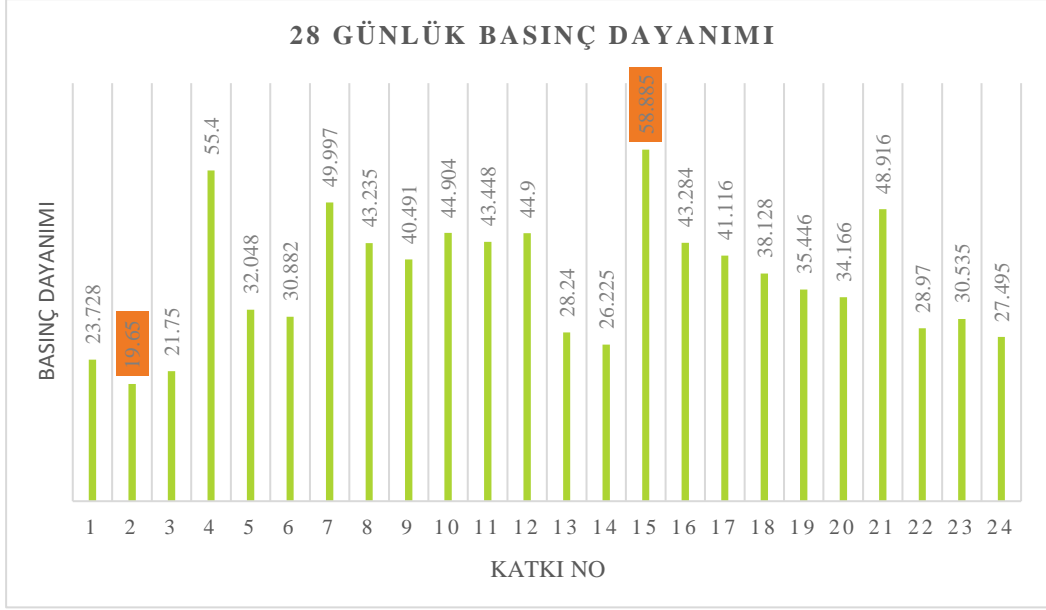
Katkı 1'den Katkı 24'e kadar 24 farklı katkı ile üretilen harçların 7, 14, 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık deney sonuçları Şekil 5.79-81'de sunulmuştur.



Şekil 5.79 : 7 günlük basınç dayanımı sonuçları.



Şekil 5.80 : 14 günlük basınç dayanımı sonuçları.



Şekil 5.81 : 28 günlük basınç dayanımı sonuçları.

6. SPSS PROGRAMI İLE DENEYSEL ÇALIŞMA SONUÇLARININ ÇOKLU İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

SPSS programı ile kimyasal katkı dizaynlarında yer alan hammaddeler ile 7, 14 ve 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı arasında çoklu istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 6.1-6.12’de sunulmuştur.

Çizelge 6.1: Sertleşmiş birim ağırlık ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.

		7 günlük sertleşmiş birim ağırlık	14 günlük sertleşmiş birim ağırlık	28 günlük sertleşmiş birim ağırlık	Potasyum Humat	Vinil Akrilat Monomer (VAM)	Naftalin	Kalsiyum Nitrat	Melas
14 günlük sertleşmiş birim ağırlık	r	,953**							
	p	,000							
28 günlük sertleşmiş birim ağırlık	r	,813**	,849**						
	p	,000	,000						
Potasyum Humat	r	,325	,374	,180					
	p	,121	,072	,401					
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	r	-,459*	-,453*	-,293	-,481*				
	p	,024	,026	,164	,017				
Naftalin	r	-,377	-,347	-,374	,201	,075			
	p	,069	,096	,071	,346	,726			
Kalsiyum Nitrat	r	,163	,063	,264	-,657**	,267	-,447*		
	p	,446	,769	,213	,000	,207	,029		
Melas	r	,327	,337	,071	,103	-,357	,120	-,318	
	p	,119	,107	,742	,631	,087	,575	,130	
Kalsiyum Linyosülfonat	r	-,802**	-,758**	-,750**	-,198	,293	,338	-,433*	-,173
	p	,000	,000	,000	,353	,164	,106	,034	,419

*p< 0.05; **p< 0.01; N=24

Çizelge 6.1’de görüldüğü gibi 7 günlük sertleşmiş birim ağırlık ile 14 günlük sertleşmiş birim ağırlık ($r=0,953;p<0,01$) ve 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık arasında ($r=0,813;p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki varken Kalsiyum Linyosülfonat ($r=-0,802;p<0,01$) ile arasında negatif yönde yüksek bir ilişki vardır. Vinil Akrilat Monomer (VAM) ile arasında ($r=-0,459;p<0,05$) negatif yönde düşük bir ilişki vardır. Potasyum Humat, Naftalin, Kalsiyum Nitrat ve Melas ile arasında ise herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.

14 günlük sertleşmiş birim ağırlık ile 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık arasında ($r=0,849$; $p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki varken Vinil Akrilat Monomer (VAM) arasında ($r=-0,453$; $p<0,05$) negatif yönde düşük bir ilişki ve Kalsiyum Linyosülfonat ile arasında ise ($r=-0,758$; $p<0,01$) negatif yönde yüksek bir ilişki vardır. 28 günlük sertleşmiş birim ağırlık ile Kalsiyum Linyosülfonat arasında ($r=-0,750$; $p<0,01$) negatif yönde yüksek bir ilişki vardır.

Çizelge 6.2 : 7 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	p
Sabit	3,035	,825		3,677	,002
Potasyum Humat	,000	,001	-,098	-,290	,775
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	-,003	,002	-,302	-1,709	,106
Naftalin	-,002	,002	-,144	-,811	,428
Kalsiyum Nitrat	-,001	,001	-,239	-,539	,597
Melas	,000	,001	,028	,132	,897
Kalsiyum Linyosülfonat	-,002	,001	-,730	-2,425	,027
R=,794; R ² =.631; F=4,842; P=.005					

Çizelge 6.2 özetlenecek olursa Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas, Kalsiyum Linyosülfonat 7 günlük sertleşmiş birim ağırlığın değişkeni nin % 63'ünü açıklamaktadır ($F(6,17)=4,842$; $p<0,01$; $R^2=.631$). Bu model 7 günlük sertleşmiş birim ağırlığın diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.3 :14 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	p
Sabit	3,043	,720		4,226	,001
Potasyum Humat	-7,123	,001	-,038	-,118	,908
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	-,003	,001	-,289	-1,705	,106
Naftalin	-,004	,002	-,342	-2,005	,061
Kalsiyum Nitrat	-,001	,001	-,271	-,637	,533
Melas	,001	,001	,164	,794	,438
Kalsiyum Linyosülfonat	-,002	,001	-,583	-2,017	,060
R=,841; R ² =.660 F=5,491; P=0,03					

Çizelge 6.3'e göre Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas, Kalsiyum Linyosülfonat 14 günlük sertleşmiş birim ağırlığın değişkeninin % 66'sını açıklamaktadır ($F(6,17)= 5,491$; $p<0,05$; $R^2=.660$). Bu model 14 günlük sertleşmiş birim ağırlığın diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.4 : 28 günlük sertleşmiş birim ağırlığın hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	P
Sabit	3,473	,870		3,990	,001
Potasyum Humat	-,001	,001	-,390	-,998	,332
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	-,004	,002	-,399	-1,947	,068
Naftalin	-,001	,002	-,097	-,470	,645
Kalsiyum Nitrat	-,001	,001	-,404	-,784	,444
Melas	-,001	,001	-,184	-,736	,472
Kalsiyum Linyosülfonat	-,002	,001	-,771	-2,206	,041
R=,709; $R^2=.502$; F=2,857; P=,041					

Çizelge 6.4 irdelendiğinde Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas, Kalsiyum Linyosülfonat 28 günlük sertleşmiş birim ağırlığın % 50'sini açıklamaktadır ($F(6,17)= 2,857$; $p<0,05$; $R^2=.502$). Bu model 28 günlük sertleşmiş birim ağırlığın diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.5 : Basınç dayanımı ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.

	7 günlük Basınç Dayanımı	14 günlük Basınç Dayanımı	28 günlük Basınç Dayanımı	Potasyum Humat	Vinil Akrlat Monomer (VAM)	Naftalin	Kalsiyum Nitrat	Melas
14 günlük Basınç Dayanımı	r ,923**							
	p .000							
28 günlük Basınç Dayanımı	r ,729**	,857**						
	p .000	.000						
Potasyum Humat	r -,104	-,006	-,131					
	p ,629	,977	,541					
Vinil Akrlat Monomer (VAM)	r ,090	-,047	-,078	-,481*				
	p ,676	,827	,717	,017				
Naftalin	r -,230	-,145	-,030	,201	,075			
	p ,280	,499	,891	,346	,726			
Kalsiyum Nitrat	r ,322	,258	,282	-,657**	,267	-,447*		
	p ,124	,224	,182	,000	,207	,029		
Melas	r ,340	,309	,147	,103	-,357	,120	-,318	
	p ,104	,141	,492	,631	,087	,575	,130	
Kalsiyum Linyosülfonat	r -,514*	-,484*	-,355	-,198	,293	,338	-,433*	-,173
	p ,010	,017	,089	,353	,164	,106	,034	,419

*p< 0.05; **p< 0.01; N=24

Çizelge 6.5’de görüldüğü gibi 7 günlük Basınç Dayanımı 14 günlük Basınç Dayanımı ($r=0,923;p<0,01$) ve 28 günlük Basınç Dayanımı arasında ($r=0,729;p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki varken Kalsiyum Linyosülfonat ($r=-0,514;p<0,01$) ile arasında negatif yönde yüksek bir ilişki vardır. Vinil Akrlat Monomer (VAM), Potasyum Humat, Naftalin, Kalsiyum Nitrat ve Melas ile arasında ise herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir. 14 günlük Basınç Dayanımı ile 28 günlük Basınç Dayanımı arasında ($r=857;p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki varken Kalsiyum Linyosülfonat ile arasında ise ($r=-0,484;p<0,05$) negatif yönde düşük bir ilişki vardır.

Çizelge 6.6 : 7 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regresyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	ß	t	P
Sabit	31,412	40,865		,769	,453
Potasyum Humat	-,010	,034	-,105	-,279	,784
Vinil Akrlat Monomer (VAM)	,112	,085	,263	1,327	,202
Naftalin	-,053	,116	-,090	-,452	,657
Kalsiyum Nitrat	-,004	,049	-,036	-,073	,943
Melas	,069	,060	,277	1,145	,268
Kalsiyum Linyosülfonat	-,091	,048	-,643	-1,904	,074
R=,732; R ² =,535; F=3,264;P=,025					

Çizelge 6.6 özetlenecek olursa Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 7 günlük Basınç Dayanımının % 53'ünü açıklamaktadır ($F(6,17)=3,264$; $p<0,05$; $R^2=.535$). Bu model 7 günlük Basınç Dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.7 : 14 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	P
Sabit	37,528	66,792		,562	,582
Potasyum Humat	-,013	,056	-,105	-,240	,814
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	,050	,138	,084	,363	,721
Naftalin	,011	,190	,014	,060	,953
Kalsiyum Nitrat	-,015	,081	-,107	-,185	,856
Melas	,105	,098	,302	1,074	,298
Kalsiyum Linyosülfonat	-,109	,078	-,550	-1,397	,180
R=,608; R^2 =.370; F=1,663;P=,191					

Çizelge 6.7'ye göre Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 14 günlük Basınç Dayanımının % 37'sini açıklamaktadır ($F(6,17)=1,663$; $p>0,05$; $R^2=.370$). Bu model 7 günlük Basınç Dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.8 : 28 günlük basınç dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regrasyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	P
Sabit	47,393	74,406		,637	,533
Potasyum Humat	-,037	,062	-,288	-,591	,562
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	-,020	,154	-,033	-,129	,899
Naftalin	,133	,212	,161	,627	,539
Kalsiyum Nitrat	-,013	,090	-,089	-,139	,891
Melas	,032	,109	,091	,291	,775
Kalsiyum Linyosülfonat	-,099	,087	-,493	-1,132	,273
R=,478; R^2 =.228; F=,839;P=,557					

Çizelge 6.8 irdelendiğinde Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 28 günlük Basınç Dayanımının % 22'sini açıklamaktadır ($F(6,17)=,839$; $p>0,05$; $R^2=.228$). Bu model 28 günlük Basınç Dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.9 : Eğilme dayanımı ile hammaddeler arasındaki çoklu istatistiksel analiz sonuçları.

		7 günlük eğilme dayanımı	14 günlük eğilme dayanımı	28 günlük eğilme dayanımı	Potasyum Humat	Vinil Akrlat Monomer (VAM)	Naftalin	Kalsiyum Nitrat	Melas
14 günlük eğilme dayanımı	R	,938**							
	P	,000							
28 günlük eğilme dayanımı	r	,917**	,908**						
	p	,000	,000						
Potasyum Humat	r	,103	,009	,153					
	p	,631	,966	,477					
Vinil Akrlat Monomer (VAM)	r	,038	,105	-,054	-,481*				
	p	,861	,625	,803	,017				
Naftalin	r	,016	-,006	-,063	,201	,075			
	p	,942	,979	,770	,346	,726			
Kalsiyum Nitrat	r	-,064	-,016	-,011	-,657**	,267	-,447*		
	p	,767	,941	,959	,000	,207	,029		
Melas	r	,156	,216	,198	,103	-,357	,120	-,318	
	p	,467	,311	,354	,631	,087	,575	,130	
Kalsiyum Linyosülfonat	r	-,182	-,207	-,319	-,198	,293	,338	-,433*	-,173
	p	,395	,332	,128	,353	,164	,106	,034	,419

Çizelge 6.9 özetlendiğinde 7 günlük eğilme dayanımı, 14 günlük eğilme dayanımı ($r=0,938;p<0,01$) ve 28 günlük eğilme dayanımı arasında ($r=0,917;p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki varken Vinil Akrlat Monomer (VAM), Potasyum Humat, Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Kalsiyum Linyosülfonat ve Melas ile arasında ise herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir. 14 günlük eğilme dayanımı ile 28 günlük eğilme dayanımı arasında ($r=0,908;p<0,01$) pozitif yönde yüksek bir ilişki vardır.

Çizelge 6.10 : 7 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regresyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	P
Sabit	23.460	12.922		1.816	,087
Potasyum Humat	-,012	,011	-,535	-1,116	,280
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	,012	,027	,115	,459	,652
Naftalin	-,019	,037	-,127	-,503	,622
Kalsiyum Nitrat	-,022	,016	-,895	-1,419	,174
Melas	-,005	,019	-,088	-,287	,778
Kalsiyum Linyosülfonat	-,030	,015	-,856	-1,998	,062

R=,502; R²=,252; F=,954;P=,484

Çizelge 6.10 irdelendiğinde Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 7 günlük eğilme Dayanımının % 25'ini açıklamaktadır (F(6,17)=,954; p>0,05; R²=,252). Bu model 7 günlük eğilme dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.11 : 14 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regresyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	P
Sabit	34,357	14,324		2,399	,028
Potasyum Humat	-,020	,012	-,752	-1,658	,116
Vinil Akrilat Monomer (VAM)	,028	,030	,220	,927	,367
Naftalin	-,034	,041	-,201	-,842	,412
Kalsiyum Nitrat	-,035	,017	-1,209	-2,023	,059
Melas	-,012	,021	-,172	-,592	,561
Kalsiyum Linyosülfonat	-,042	,017	-1,009	-2,488	,024

R=,574; R²=,330;F=1,394;P=,273

Çizelge 6.11'e göre Potasyum Humat, Vinil Akrilat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 14 günlük eğilme Dayanımının % 33'ünü açıklamaktadır (F(6,17)=1,394; p>0,05; R²=,330). Bu model 14 günlük eğilme dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

Çizelge 6.12 : 28 günlük eğilme dayanımının hammaddeleri açıklamasına ilişkin regresyon analizi sonuçları.

Değişken	B	Standart Hata	β	t	p
Sabit	26,402	14,456		1,826	,085
Potasyum Humat	-,012	,012	-,462	-,963	,349
Vinil Akrlat Monomer (VAM)	,019	,030	,159	,633	,535
Naftalin	-,024	,041	-,147	-,579	,570
Kalsiyum Nitrat	-,023	,017	-,834	-1,319	,205
Melas	-,006	,021	-,081	-,264	,795
Kalsiyum Linyosülfonat	-,033	,017	-,832	-1,939	,069
R=,499; R ² =,249; F=,941;P=,492					

Çizelge 6.12'den görüldüğü üzere Potasyum Humat, Vinil Akrlat Monomer (VAM), Naftalin, Kalsiyum Nitrat, Melas ve Kalsiyum Linyosülfonat 28 günlük eğilme dayanımının % 24'ünü açıklamaktadır (F(6,17)=,941; p>0,05; R²=,249). Bu model 28 günlük eğilme dayanımının diğerleri üzerindeki düzeyi açıklamaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen genel sonuçlar aşağıda sunulmuştur;

Katkılarla üretilen harç numunelerinin sertleşmiş birim ağırlıkları 1.900 g/cm^3 - 2.800 g/cm^3 arasında bir değişim göstermiştir. Katkılarla üretilen harç numunelerinin eğilme dayanımları 4-13 MPa arasında bir değişim göstermiştir. Katkılarla üretilen harç numunelerinin basınç dayanımları 11-60 MPa arasında bir değişim göstermiştir. Katkı 15 eğilme dayanımları açısından en yüksek performansı göstermiştir. Tüm katkı ile üretilen harç basınç dayanımı sonuçları arasında 28 günlük değer açısından en yüksek değer 58.885 Mpa olmak üzere Katkı 15 ile üretilen harçta gözlenmiştir. Eğilme dayanımı sonuçları açısından en düşük performansı Katkı 22 ile üretilen harç numune sonuçları vermiştir. Katkı 19 ve Katkı 20 ile üretilen harçlarda 7 günlük basınç dayanımı sonuçları oldukça düşük çıkmıştır. Sonuç olarak bu katkıların priz geciktirici olarak işlev gördüğü söylenebilir. Katkı 22, Katkı 23 ve Katkı 24 ile üretilen harçlarda basınç dayanımı sonuçlarına bakıldığında 7, 14 ve 28 günlük basınç dayanımları arasındaki artışın oldukça düşük bir düzeyde kaldığı gözlenmiştir. Katkı 14 ile üretilen harçlarda 14 günlük basınç dayanımı ile 28 günlük basınç dayanımı arasındaki dayanım artışının da oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Katkı 2 ve Katkı 3 ile üretilen harçlarda 14 günlük basınç dayanımı ile 28 günlük basınç dayanımı arasındaki dayanım artışı da oldukça düşük kalmıştır. Yapılan korelasyon analizinde Kalsiyum Linyosülfonat ile numünelerin 7, 14, 28 günlük Sertleşmiş birim ağırlık değerleri arasında negatif yönde göçlü korelasyon olduğu tesbit edilmiştir. Kullanılan hammaddeler 14 günlük sertleşmiş birim ağırlığın değişkeninin % 66'sını açıklamaktadır. Tüm katkıların dizaynlarına bakıldığında her bir hammadde kullanım miktarı farklılığının harçlarda sertleşmiş birim ağırlık, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı sonuçlarını doğrudan etkilediği bariz olarak görülmektedir. Sonuç olarak 24 farklı katkı dizaynında mevcut olan hammadde miktarları ile eğilme ve basınç dayanımı sonuçları arasında bir korelasyon oluşturulmuştur ve bu da sonuçların optimize edilmesi açısından oldukça faydalı olmuştur.

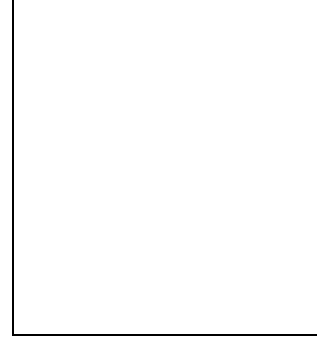
KAYNAKLAR

- Apak, R., Hızal, J.** (2012). "Hümik asitler varlığında ağır metal adsorpsiyonunun temel özellikleri, modelleme ilkeleri ve çevresel boyutları", SAÜ Fen Edebiyat Dergisi, 1, 47-62.
- Chassapis, K., Roulia, M., Vrettou, E., Fili, D., Zervaki, M.** (2010). "Biofunctional characteristics of Lignite Fly Ash Modified by Humates: A New Soil Conditioner", Hindawi Publishing Corporation, Bioorganic Chemistry and Applications, 8 pages.
- Galioto, T.R.** (1985). The Influence of Elevation on the Humic-Fulvic Acid Ratio in Soils of the Santa Catalina Mountains, Pima County, Arizona. The University of Arizona: Ms Thesis. Department of Soil and Water Science.
- Grant, D.** (2009). "Humic Substances Inhibit Calcite Crystallization". Possible Relevance to Global Carbon Dioxide Balance.
- Kalina, M., Klucakova, M., Sedlacek, P.** (2013). "Utilization of fractional extraction for characterization of the interactions between humic acids and metals", Geoderma 207-208, 92-98.
- Man, D., Pisarek, I., Braczkowski, M.** (2013). "The impact of humic substances on the liposome structures: ESR method", Nukleonika, 58(3), 439-442.
- Prabha, K.S., Thajudeen, A.K. August** (2015). "Experimental Study on Properties of Concrete USNG Humic Acid", International Journal of Scientific and Research Publications, 5(8), ISSN 2250-3153.
- Ramyar, K., Aydın, S., Aytaç, A.H.** Portland Çimentosu Kompozisyonunun Naftalin Sülfonat Esaslı Süperakışkanlaştırıcı Katkı Performansına Etkisi, Proje No: MAG-HD-12 (105M083), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)-Mühendislik Araştırma Grubu (MAG), 2008.
- Robertson, K.R., Rashid, M.A.** (1976). "Effect of Solutions of Humic Compounds on Concrete", Journal Proceedings, 73(10), 577-580.
- Vidyasagar, P.B., Rupiasih, N.N.** "Humic Substances: structure, function, effects and applications"

(http://www.academia.edu/2604617/Humic_substances_Structure_function_effects_and_applications).

Yee, M.M. September (2006). "Comprehensive Study of Humic Substances-Ionic Surfactant Interaction in Aqueous Solution". The Graduate School of Science and Engineering of Saga University. PhD Thesis.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Mesut TÜZ
Doğum Yeri ve Tarihi : ÇALDIRAN 10.02.1993
E-Posta : mesutuz6539@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ,
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ , İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ