

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GENLEŞTİRİLMİŞ CAM AGREGALI VE GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT
AGREGALI ŞAP HARÇLARININ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ**

Yusuf Tahir ALTUNCI

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Kemal SAPLIOĞLU**

**II. Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Cenk ÖCAL**

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Yusuf Tahir ALTUNCI]

TEZ ONAYI

Yusuf Tahir ALTUNCI tarafından hazırlanan "Genleştirilmiş Cam Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Şap Harçlarının Performans Özellikleri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

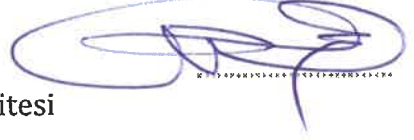
Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Kemal SAPLIOĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Fuat DEMİR
Süleyman Demirel Üniversitesi



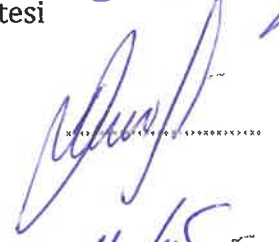
Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cengiz ÖZEL
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi İlyas Devran ÇELİK
Süleyman Demirel Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Enstitü Müdürü


Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR



TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Yusuf Tahir ALTUNCI



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Şap Harcı Tanımı ve Özellikleri.....	5
2.2. Genleştirilmiş Cam	7
2.3. Genleştirilmiş Perlit.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	13
3.1. Materyal	15
3.1.1. Çimento	15
3.1.2. Agregası.....	16
3.1.2.1. CEN standart kumu	16
3.1.2.2. Genleştirilmiş cam.....	16
3.1.2.3. Genleştirilmiş perlit.....	17
3.1.3. Karışım suyu	17
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Şap harcı üretimi	17
3.2.2. Harç karışım hesapları	18
3.2.3. Taze şap harcı deneyleri.....	21
3.2.3.1. Yoğunluk deneyi.....	21
3.2.3.2. Yayılma tablası deneyi	21
3.2.4. Sertleşmiş şap harcı deneyleri.....	22
3.2.4.1. Yoğunluk deneyi.....	22
3.2.4.2. Kütlece su emme, kompasite ve porozite deneyleri.....	23
3.2.4.3. Kılcal (kapiler) su emme deneyi	24
3.2.4.4. Ultrases geçiş hızı deneyi.....	26
3.2.4.5. Eğilme dayanımı deneyi	27
3.2.4.6. Basınç dayanımı deneyi.....	28
3.2.4.7. Böhme aşınma direnci deneyi.....	30
3.2.4.8. Ses yutma katsayısı deneyi	31

3.2.4.9. Isıl iletkenlik deneyi.....	32
3.2.4.10. Alkali silika reaktivite deneyi ve mikro yapı analizleri	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	37
4.1. Taze Şap Harcı Deney Sonuçları	37
4.1.1. Yoğunluk deney sonuçları.....	37
4.1.2. Yayılma tablası deney sonuçları	41
4.2. Sertleşmiş Şap Harcı Deney Sonuçları.....	45
4.2.1. Yoğunluk deney sonuçları.....	45
4.2.2. Kütlece su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları	49
4.2.3. Kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları	58
4.2.4. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları	62
4.2.5. Eğilme dayanımı deney sonuçları.....	66
4.2.6. Basınç dayanımı deney sonuçları	73
4.2.7. Böhme aşınma direnci deney sonuçları	80
4.2.8. Ses yutma katsayısı deneyi sonuçları.....	84
4.2.9. Isıl iletkenlik değeri deney sonuçları	88
4.2.10. Alkali silika reaktivitesi ve mikro yapı analiz sonuçları.....	91
4.3. Şap Harcı Örneklerinin İlgili Standarta Göre Kısa Gösterimi	95
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
6. KAYNAKLAR	105
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	142

ÖZET

Doktora Tezi

GENLEŞTİRİLMİŞ CAM AGREGALI ve GENLEŞTİRİLMİŞ PERLİT AGREGALI ŞAP HARÇLARININ PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

Yusuf Tahir ALTUNCI

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kemal SAPLIOĞLU

II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cenk ÖCAL

Ekonomik büyümenin temel taşı olarak gösterilen inşaat endüstrisi ülkemizde çok hızlı bir şekilde büyümekte ve buna bağlı olarak yapı malzemesi ve beton teknolojisindeki gelişmeler hızla devam etmektedir. Harç malzemesi bağlayıcılık, izolasyon, görsellik ve özel kullanım amacıyla inşaat endüstrisinde sıklıkla kullanılmakla birlikte teknolojik olarak gelişime ve değişime açıktır. Harçların dezavantajı olarak bilinen yoğunluğunun fazla olması, ısı ve ses izolasyon performanslarının düşük olması araştırmacıları bu konu üzerinde çalışmaya yönlendirmiştir. Bu problemin çözümüne yönelik cam atıkların, cam liflerin ve perlitin betonda kullanması ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve problemin kısmen çözümüne katkılar sağlanmıştır.

Bu çalışmada inşaat sektöründe yüzey kaplama ve tesviye amacı ile en çok kullanılan şap harçları üretiminde geliştirilmiş cam agrega ve geliştirilmiş perlit agregası kullanarak şap harcı malzemesinin birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 4 tip çimento (CIB, CIC, CIIB ve CIVA) ile geliştirilmiş cam agreganın (0.25-0.5 mm) ve geliştirilmiş perlit agreganın (0.25-0.5 mm), CEN standart kumu yerine %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında ikame edilmesi ile birlikte performans özelliklerinin artırılması hedeflenmiştir. Hazırlanan örneklerin taze özellikleri (yayıma tablası ve yoğunluk), sertleşmiş fiziksel özellikleri (belirli örneklerde; aşınma, yoğunluk, porozite, ses geçiş hızı, ısı iletkenlik, ses yutma katsayısı, su emme ve kapillarite) ve mekanik özellikleri (basınç dayanımı ve eğilme dayanımı) belirlenmiştir. Cam agregaların kullanılmasında sorun oluşturabilecek durumların başında Alkali Silika Reaktivitesi (ASR) geldiğinden, ikamelerde görülebilecek ASR değerleri, geliştirilmiş cam agregalı şap harçlarının performanslarının belirlenmesinde önem arz etmektedir. Bu nedenle harçların bahsi geçen dezavantajlarının belirlenebilmesi için kullanılacak geliştirilmiş cam agrega ikame oranının bulunması amacı ile yapılan deneylere ek olarak ASR deneyleri de yapılmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında; uygun yayılma çapına sahip (16.50-18.00 cm), basınç dayanımı yüksek (17.60-58.00

MPa), su emmesi düşük (%8.90-%14.05), ses yutma özelliği olan (0,159-0.249), ısıl iletkenliği az (0.446-0.817 W/mK), aşınma direnci yüksek (9.22-17.26 cm³/50cm²), mümkün olduğunca yüksek dayanımlı genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları elde edilmiş olup şap harçlarının ilgili parametreler ile olan ilişkisi irdelenmiştir. Elde edilen bu yeni ürünler ile 2018 yılında yürürlüğe giren “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliğine” ve performans esaslı yalıtım malzemelerinin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla camların geri dönüştürülmesi ile birlikte sürdürülebilir çevre oluşturmakta önemli bir adım atılmıştır. Bu çalışma ile birlikte ayrıca atık camların ısıl işlemlerle yeniden kullanılabilmesi, genleştirilmiş cam üreticilerinin yeni yatırımlar yapmasını ve istihdam artışını da beraberinde getirmesi beklentiler dahilindedir.

Anahtar Kelimeler: Alkali Silika Reaksiyonu, genleştirilmiş cam, genleştirilmiş perlit, harç, sürdürülebilir çevre,

2019, 143 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF SCREED MORTAR WITH EXPANDED GLASS AGGREGATE AND EXPANDED PERLITE AGGREGATE

Yusuf Tahir ALTUNCI

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Kemal SAPLIOĞLU

Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Cenk ÖCAL

The construction industry, which is known as the cornerstone of economic growth, is growing very rapidly in Turkey. Depending on this, development in the technology concerning construction materials and concrete are skyrocketing. Mortar material is widely used in the construction industry for the purposes of the binding, formation of surface, insulation, appearance and special use, and it is eligible for new technological development and change. Disadvantages of the mortar which are having high density, low heat and sound insulation values led the researchers to work on this subject. In order to overcome these problems, many studies have been carried out with respect to the use of glass wastes, glass fibres and perlite in concrete and contributed to the solution of the problem partially.

In this study, in order to reduce the density of the screed mortar and increase the performance of heat and sound insulation, expanded glass aggregate and expanded perlite aggregate are used in the production of screed mortar which is mainly used for the purpose of surface coating and levelling in the construction sector. In order to improve performance characteristics of screed, the most common four cement types using in the construction sector (CIB, CIC, CIIB and CIVA), expanded glass aggregate (0.25-0.5 mm) and expanded perlite aggregate (0.25-0.5mm) are used. Expanded glass aggregate and expanded perlite aggregate are used 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% as substitutions replacing with CEN standard sand. The properties of the green mortar in the experiments (flow table and density), physical properties of hardened mortar (for certain samples; wearing out, density, porosity, sound transition rate, thermal conductivity, sound absorption coefficient, water absorption and capillarity) and mechanical properties (compressive and bending strengths) are determined. Since the Alkaline Silica Reaction (ASR) is one of the most important condition that may cause problems in the use of glass aggregates, the ASR values that can be seen in the substitutions are important for determining the performance of the screed mortar with expanded glass. Therefore, in addition to the experiments carried out for the purpose of finding the expanded glass

aggregate substitute which can be used to determine the mentioned disadvantages of the mortars, experiments concerning ASR were also carried out. In the light of the information obtained; screed mortar with expanded glass aggregate and expanded perlite aggregate having properties including adequate flow diameter (16.50-18.00 cm), high strength (17.60-58.00 MPa), low water absorption value (%8.90-%14.05), sound resistance properties (0,159-0.249), low thermal conductivity (0.446-0.817 W/mK), high wearing resistance (9.22-17.26 cm³/50cm²) are obtained and their properties are examined. Additionally, the relationship between the screed mortar and the related parameters has been examined. By recycling the glasses, sustainable ecology is obtained and also regulation of “Protection of Buildings against Noise” released in 2018 and the development of performance based insulation materials are contributed. With this study, it is also expected that the waste glass will be reused with heating treatment, expanded glass firms will make new investments for the recycling and employment rate will increase respectively.

Keywords: Alkali Silica Reaction, expanded glass, expanded perlite, mortar sustainable environment,

2019, 143 pages

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada danışmanlığımı yaparak bana destek olan tez danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Kemal SAPLIOĞLU'na, tez konusunun belirlenmesi, çalışmaların programlanması ve yürütülmesi gibi temel sorunların giderilmesinde yardımlarını esirgemeyen II. Danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Cenk ÖCAL'a, yardımlarından dolayı sayın Prof. Dr. Fuat DEMİR'e, yönlendirici ve bilgilendirici desteklerinden dolayı sayın Prof. Dr. Cengiz ÖZEL'e ve sayın Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Hakan İNCE'ye, verilerin değerlendirilmesi ve tez yazımındaki katkılarından dolayı sayın Arş. Gör. Murat ÇEVİKBAŞ'a, deneysel çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Laboratuvar teknisyenlerine teşekkür ederim.

Tezimin gerçekleşmesinde 118M111 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a ve katkılarından dolayı Göltaş Çimento A.Ş' ye teşekkür ederim.

Son olarak tezimin her aşamasında büyük fedakarlıklar yaparak beni yalnız bırakmayan, babam Recep ALTUNCI'ya, annem Ayşe ALTUNCI'ya, eşim Sevim ALTUNCI'ya ve oğlum Emir Talha ALTUNCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yusuf Tahir ALTUNCI
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3. 1. Deney örneklerinin kalıplara yerleştirilmesi ve bekletilmesi.....	18
Şekil 3. 2. Yayılma tablası deney düzeneği ve deneyin yapılması.....	22
Şekil 3. 3. Deneylerde kullanılan Arşimet terazisinin görünüşü	23
Şekil 3. 4. Deneylerde kullanılan etüvün görünüşü.....	24
Şekil 3. 5. Kılcal su emme deneyi için örneklerin hazırlanması ve ağırlıklarının ölçülmesi.....	25
Şekil 3. 6. Kılcal su emme deneyi için deney düzeneğinin hazırlanması.....	25
Şekil 3. 7. Ultrases geçiş hızı deney aleti.....	26
Şekil 3. 8. Eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan sertleşmiş şap harcı numuneleri ve deney düzeneği	27
Şekil 3. 9. Basınç dayanımı deneyi için hazırlanan numuneler ve deney düzeneği	29
Şekil 3. 10. Böhme aşınma direnci deney aleti	30
Şekil 3. 11. Ses yutma katsayısı deneyi için üretilen şap harcı numuneleri	31
Şekil 3. 12. Ses yutma katsayısı test cihazı.....	32
Şekil 3. 13. Isıl iletkenlik deneyi için üretilen sertleşmiş şap harcı numuneleri.	33
Şekil 3. 14. Isıl iletkenlik test cihazı.....	33
Şekil 3. 15. Kalıplanmış şap harcı çubukları.....	34
Şekil 3. 16. Sertleşmiş şap harcı çubukları.....	35
Şekil 3. 17. Hızlandırılmış kür tankı ve 0.001 mm hassasiyetli boy ölçüm komparatörü	35
Şekil 3. 18. Taramalı elektron mikroskobu deney cihazı	36
Şekil 4. 1. Taze şap harcı yoğunluk – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki.....	39
Şekil 4. 2. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – taze şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki	40
Şekil 4. 3. Yayılma tablası yayılma – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki.....	44
Şekil 4. 4. Yayılma tablası yayılma – taze şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki.....	44
Şekil 4. 5. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki.....	48
Şekil 4. 6. Isıl iletkenlik katsayısı - sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki.....	48
Şekil 4. 7. Kütlece su emme – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki.....	54
Şekil 4. 8. Kompasite – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	54
Şekil 4. 9. Porozite – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	55
Şekil 4. 10. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – kütlece su emme arasındaki en yüksek ilişki.....	55
Şekil 4. 11. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – kompasite arasındaki en yüksek ilişki	56
Şekil 4. 12. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – porozite arasındaki en yüksek ilişki	56
Şekil 4. 13. Kılcal su emme katsayısı ortalaması – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki.....	61

Şekil 4. 14. Kılcal su emme katsayısı ortalaması – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki	61
Şekil 4. 15. Ultrases geçiş hızı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	65
Şekil 4. 16. Ultrases geçiş hızı – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki	65
Şekil 4. 17. 2 günlük eğilme dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	70
Şekil 4. 18. 7 günlük eğilme dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	71
Şekil 4. 19. 28 günlük eğilme dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	71
Şekil 4. 20. 28 günlük eğilme dayanımı – ultrases geçiş hızı arasındaki en yüksek ilişki	72
Şekil 4. 21. 2 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	77
Şekil 4. 22. 7 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	78
Şekil 4. 23. 28 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	78
Şekil 4. 24. 28 günlük basınç dayanımı – ultrases geçiş hızı arasındaki en yüksek ilişki	79
Şekil 4. 25. Böhme aşınma miktarı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	83
Şekil 4. 26. Böhme aşınma miktarı – 28 günlük basınç dayanımı arasındaki en yüksek ilişki	83
Şekil 4. 27. Ses yutma katsayısı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	86
Şekil 4. 28. Ses yutma katsayısı – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki	87
Şekil 4. 29. Isıl iletkenlik katsayısı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki	90
Şekil 4. 30. Isıl iletkenlik katsayısı – ses yutma katsayısı arasındaki en yüksek ilişki	90
Şekil 4. 31. CIB grubu şahit - % 30 GC ikameli örneklerin SEM görüntüleri	92
Şekil 4. 32. CIB grubu şap harcı serisinin zamana bağlı genleşme değerleri	93
Şekil 4. 33. CIVA grubu şahit - % 30 GC ikameli örneklerin SEM görüntüleri	94
Şekil 4. 34. CIVA grubu şap harcı serisinin zamana bağlı genleşme değerleri	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1. Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar ve ilgili standartlar	14
Çizelge 3. 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan çimentoların kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri	15
Çizelge 3. 3. CEN standart kumun granülometrisi	16
Çizelge 3. 4. Genleştirilmiş cam granüllerine ait teknik bilgiler	17
Çizelge 3. 5. Genleştirilmiş perlite ait teknik bilgiler	17
Çizelge 3. 6. GC agregalı ve GP agregalı şap harçlarının özellikleri	18
Çizelge 3. 7. GC agregalı ve GP agregalı şap harçlarına ait kodlama detayı	19
Çizelge 3. 8. GC agregalı şap harçlarının isimleri ve üretimde kullanılacak malzeme miktarları	20
Çizelge 3. 9. GP agregalı şap harçlarının isimleri ve üretimde kullanılacak malzeme miktarları	20
Çizelge 3. 10. TS EN 13813 standartına göre şap harcı numuneleri için eğilme dayanım sınıfları	28
Çizelge 3. 11. TS EN 13813 standartına göre şap harcı numuneleri için basınç dayanım sınıfları	29
Çizelge 3. 12. EN ISO 11654 standartına göre ses yutma katsayılarının sınıflandırılması	32
Çizelge 4. 1. Taze şap harçlarına ait yoğunluk deney sonuçları	37
Çizelge 4. 2. Taze şap harcı yoğunluk belirleme katsayıları	40
Çizelge 4. 3. Taze şap harçlarına ait yayılma tablası deney sonuçları	41
Çizelge 4. 4. Taze şap harcı yayılma belirleme katsayıları	45
Çizelge 4. 5. Sertleşmiş şap harçlarına ait yoğunluk deney sonuçları	46
Çizelge 4. 6. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk belirleme katsayıları	49
Çizelge 4. 7. GC agregalı şap harçlarına ait su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları	49
Çizelge 4. 8. GP agregalı şap harçlarına ait su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları	50
Çizelge 4. 9. Su emme ve kompasite belirleme katsayıları	57
Çizelge 4. 10. Kılcal su emme katsayısı ortalması deney sonuçları	58
Çizelge 4. 11. Kılcal (kapiler) su emme belirleme katsayıları	62
Çizelge 4. 12. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları	63
Çizelge 4. 13. Ultrases geçiş hızı belirleme katsayıları	66
Çizelge 4. 14. GC agregalı şap harçlarına ait eğilme dayanımı deney sonuçları ..	67
Çizelge 4. 15. GP agregalı şap harçlarına ait eğilme dayanımı deney sonuçları ..	67
Çizelge 4. 16. Eğilme dayanımı belirleme katsayıları	72
Çizelge 4. 17. GC agregalı şap harçlarına ait basınç dayanımı deney sonuçları ..	74
Çizelge 4. 18. GP agregalı şap harçlarına ait basınç dayanımı deney sonuçları ..	74
Çizelge 4. 19. Basınç dayanımı belirleme katsayıları	79
Çizelge 4. 20. Şap harçlarına ait Böhme aşınma direnci deney sonuçları	81
Çizelge 4. 21. Böhme aşınma miktarı belirleme katsayıları	84
Çizelge 4. 22. Şap harçlarına ait ses yutma katsayısı deney sonuçları	85
Çizelge 4. 23. Ses yutma katsayısı belirleme katsayıları	87
Çizelge 4. 24. Şap harçlarına ait ısı iletkenlik değeri deney sonuçları	88

Çizelge 4. 25. Isıl iletkenlik katsayısı belirleme katsayıları.....	91
Çizelge 4. 26. GC agregalı şap harçlarına ait alkali silika reaktivitesi deney sonuçları.....	92
Çizelge 4. 27. CIB grubu örneklerin EDS analizleri.....	93
Çizelge 4. 28. CIVA grubu örneklerin EDS analizleri.....	94
Çizelge 4. 29. Örneklerin TS EN 13813 standartına göre kısa gösterimi.....	96



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASCE	Amerikan İnşaat Mühendisleri Birliği
ASR	Alkali silika reaktivitesi
ASTM	American Society for Testing and Materials
CaO	Kalsiyum oksit
CIB	CEM I 42.5 R portland çimento
CIC	CEM I 52.5 N portland çimento
CIIB	CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R portland kompoze çimento
CIVA	CEM IV/B (P) 32.5 N puzolanik çimento
EDS	Enerji dağılımlı x-ışını tayfölçeri
EPS	Genleştirilmiş polistren
GC	Genleştirilmiş cam
GP	Genleştirilmiş perlit
MgO	Magnezyum oksit
RILEM	İnşaat Malzemeleri, Sistemleri ve Yapıları Laboratuvar ve Uzmanları Uluslararası Birliği
SEM	Taramalı elektron mikroskopu
TS EN	Türk Standartları
UPV	Ultrasonik titreşim hızı / Rölatif ses hızı
YFC	Yüksek fırın cürufu

1. GİRİŞ

Ülke olarak kullandığımız enerji miktarı her geçen gün artmaktadır. Bu artış ülke ekonomisine büyük zararlar vermektedir. Ayrıca enerji kaynaklarına olan talebin artmasına da neden olmaktadır (Çalışkan, 2009). Ülkemizde toplam enerjinin % 29'u konutlarda kullanılmaktadır ve konutlarda kullanılan bu enerjinin % 47'si ısınma amaçlı harcanmaktadır (Ekinci, 2014). Bununla ilgili olarak 05.12.2009 tarihinden itibaren yürürlüğe giren "Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği" (Resmi Gazete, 2008) çerçevesinde enerji verimliliği yüksek yapı malzeme ve elemanlarına ihtiyaç duyulması ülkemiz için son derece önemli bir konu olmuştur. Aynı zamanda "Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği" (Resmi Gazete, 2017), 31.05.2018 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik ile birlikte, konut içerisinde yürüme gibi darbe ile yayılan sesin iletimini engellemek için döşemeler belirli koşulları sağlamak zorunda olup, yapılan düzenleme ile tesisattan kaynaklanan gürültü ve titreşimlerin yanı sıra yapı elemanları vasıtasıyla iletilen seslerin miktarlarını azaltmak için yalıtım zorunluluk haline gelmiştir (Winworld, 2018). Ülke ekonomimizin büyümesiyle birlikte yapı endüstrisinde de olumlu gelişmeler meydana gelmektedir (Ekinci, 2014). Yapı malzemesi sektöründeki firmalar sadece en iyi kalite, en geniş çeşitlilik ve en iyi fiyat için rekabet etmeyip aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma, kurumsal sosyal sorumluluk ve çevrenin korunması için de birbirleriyle daha fazla rekabet etmek durumunda kalmaktadırlar (Kralj, 2009). Bu gelişmelerden dolayı; ülkemizin volkanik kayaçlı kesimlerinde yaygın bir şekilde bulunan perlit kayacının, ısıtma maruz bırakılması sonucu elde edilen geliştirilmiş perlit gibi agregaların yanında; yalıtım özelliği fazla, uzun ömürlü, geri dönüştürülmüş cam maddelerin ısıtma maruz bırakılması sonucu elde edilen geliştirilmiş cam gibi sürdürülebilir yapı malzemelerinin piyasaya çıkarılması büyük önem taşımaktadır. Atık maddelerin geri dönüştürülmesi sonucu ve tamamen yerli teknoloji ile üretilebilen geliştirilmiş camlar; doğal kaynakların korunması, atık yönetimi ve göz ardı edilemeyen termal özellikleri sayesinde dışa bağımlı yalıtım malzemelerinin yerini alabilecek bir malzeme durumundadır. Avrupa piyasasında uzun yıllardan beri hafif beton üretiminde (Nemes ve Jozsa, 2006; Kralj, 2009; Bumanis vd., 2013; Carsana ve Bertolini,

2017) kullanılan bu malzemenin, farklı yapılar oluşturmaya oldukça elverişli yapısı sayesinde, ilerleyen dönemlerde ülkemizde de yaygın olarak kullanılması beklenmektedir. Bu amaçla, görsel güzellik ve özel kullanım amacı yanında yalıtım özellikleri geliştirilmiş, şap harcı adı verilen modern zemin kaplama malzemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda; geliştirilmiş perlit agregasının ve geliştirilmiş cam agregasının; artan termal kararlılık, artan tokluk gibi büyük avantaj sağlayan özelliklerinden dolayı şap harcı üretiminde kullanılması performans ve ekonomiklik açısından büyük bir öneme sahiptir.

Enerjinin tasarrufu, yaşam mekânlarında gürültünün önlenmesi ve sürdürülebilir çevrenin oluşturulması, teknolojik ilerlemede göz önünde bulundurulmuş en önemli kriterlerden biridir. Dünyada hızla büyüyen inşaat sektörünün bu kriterleri göz önünde bulundurması da son derece önemlidir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde; geliştirilmiş perlit ve geliştirilmiş cam dayanıklılığının yanı sıra düşük yoğunluklu olması, ısı ve ses yalıtımını iyileştirmesi gibi avantajlara sahiptir (MTA, 2019; Perhabbe, 2019a). Geliştirilmiş cam agregasının hacmi, atık camın hacminden ortalama 17 kat daha fazladır ve bu özelliğinden dolayı suda batmayan beton kano yapımında da kullanılmıştır (ASCE, 2019; ITUMHK, 2019). Geliştirilmiş cam agregasının kullanımının avantajları üretici firmalar tarafından şu şekilde ifade edilmektedir:

- Üretim sürecinde doğaya zararlı hiçbir atık ortaya çıkarmadığı için doğa dostudur (Liaver, 2019; Poraver, 2019; Perhabbe, 2019c; Stikloporas, 2019).
- Düşük yoğunluğu üretim maliyetlerini azaltmaktadır (Perhabbe, 2019c).
- Küre formundaki yapısı sayesinde daha optimize edilmiş dolgu oranları elde edilebilir (Poraver, 2019; Perhabbe, 2019c).
- Hafif ürünler elde edilebilir (Kralj, 2009; Liaver, 2019; Poraver, 2019; Perhabbe, 2019c)
- Ağırlık artışına neden olmadan daha yüksek hacim yakalanabilir ve toplam verimlilik arttırılabilir (Perhabbe, 2019c).

- Daha az ağırlık elde edilerek taşıma avantajı sağlanır (Perhabbe, 2019c).
- Yangın dayanımı son derece yüksektir. Bu yüzden yangın dayanımı gereken yapılarda kullanılabilir (Liaver, 2019; Stikloporas, 2019).
- Dayanıklıdır (Poraver, 2019; Stikloporas, 2019).
- Yalıtım harçları, tesviye betonları, duvar blokları, yalıtım blokları, asmolen bloklar, çatı ve kat arası zemin yalıtımı gibi birçok alanda uygulanabilir (Misapor, 2019; Perhabbe, 2019c).
- Çok iyi ısı yalıtımı ve ses yutuculuk özelliğine sahiptir (Liaver, 2019; Misapor, 2019; Perhabbe, 2019c; Stikloporas, 2019).
- İşlenebilme özelliği yüksektir (Perhabbe, 2019c).

Dünyada, geliştirilmiş cam kürecikler:

- Misapor - İsviçre
- Liaver - Almanya
- Poraver - Almanya
- Stikloporas - Finlandiya
- Perhabbe - Türkiye

gibi farklı firma ve ülkeler tarafından 16 mm tane boyutuna kadar üretilmektedir (Misapor, 2019; Liaver, 2019; Poraver, 2019; Stikloporas, 2019; Perhabbe, 2019a). Ancak betonda iri agrega olarak kullanımı beton mukavemetini çok düşürmesi (Nemes ve Jozsa, 2006; Kralj, 2009; Yu vd., 2012) sebebiyle tercih edilmediği için 4 mm'ye kadar olan cam agregalar sektörde daha çok kullanılmaktadır (Ismail ve AL-Hashmi, 2009; Rashad, 2014). Bunun yanında ülkemizin volkanik kesimlerinde bolca bulunan perlit kayacı, yüksek ısı işlemlere maruz bırakıldığında, hacminin 20 katına kadar genişleyerek yüksek termal özelliğe, düşük birim hacim ağırlığa, fiziksel esnekliğe, kimyasal sabitliğe ve yangına dayanıklı bir yapıya dönüşerek (MTA, 2019; Ultraper, 2019a) izolasyon malzemelerinde, sıvalarda, yalıtım betonlarında, hafif yapı elemanlarında, gevşek dolgu gerektiren yerlerde, yüzey döşemelerinde ve farklı bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonlarında yapı malzemesi olarak

yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (MTA, 2019). Literatürde, perlitli, cam lif katkı ve geliştirilmemiş cam ikameli harç ve betonlar hakkında sayısız çalışma bulunmaktadır. Fakat şap harcı üretiminde geliştirilmiş camların ve geliştirilmiş perlitin agrega olarak kullanılması ile ilgili olarak yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada, şap harcı üretimlerinde, geliştirilmiş cam agregası ve geliştirilmiş perlit agregası CEN standart kumu yerine %30 oranına kadar ikame edilerek şap harcının birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması hedeflenmiştir. Bu sebeple bu çalışma kapsamında, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 4 tip çimento ile geliştirilmiş cam ve geliştirilmiş perlit agregalarını CEN standart kumu yerine %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında ikame ederek şap harçları üretilmiş; taze şap harcı özellikleri (yoğunluk ve yayılma tablası), sertleşmiş şap harcı fiziksel özellikleri (belirli örneklerde; yoğunluk, su emme, kapilarite, porozite, ultrases geçiş hızı, aşınma, ses yutma katsayısı, ısıl iletkenlik) ve sertleşmiş şap harcı mekanik özellikleri (eğilme dayanımı ve basınç dayanımı) ile ASR değerleri (geliştirilmiş cam agrega ikameli belirli örneklerde) belirlenmiştir. Sonucunda bağımsız değişken olan ikame oranları ile bağımlı değişken olan ilgili taze şap harcı özellikleri, sertleşmiş şap harcı fiziksel özellikleri ve sertleşmiş şap harcı mekanik özellikleri arasındaki ilişki formülize edilmiştir. Bu çalışma ile geliştirilmiş cam agregalı şap harçlarının ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının performans özellikleri belirlenmiş olup, bu malzemelerin inşaat sektöründe kullanılabilirliği irdelenmiştir. Buna ek olarak geliştirilmiş camların geri dönüşümü ile de ülkemizin hem çevresel hem de endüstriyel yönden gelişmesine katkı sağlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Şap Harcı Tanımı ve Özellikleri

Yerine dökülmüş tesviye betonu üzerine zeminin izolasyonu, görsel güzelliği ve özel kullanım amacı için dökülen zemin kaplama malzemesine şap harcı denilmektedir (MEGEP, 2019). TS EN 13318 Şap Malzemeleri ve Şap Uygulaması – Tarifler (2000)'e göre şap harcının kullanım amaçları şu şekilde belirtilmiştir:

- Herhangi bir zemin üzerinde istenilen kotta bir yüzey oluşturmak,
- En üst yüzey kaplamasında taşıyıcı zemin oluşturmak ve
- En üst yüzeyde aşınma tabakası oluşturmak.

TS EN 13813 Şap Malzemeleri ve Zemine Uygulanan Şaplar - Şap Malzemeleri - Özellikler ve Gerekler (2004)'e göre döşeme yüzey malzemesinin bağlayıcısı çimento olan harç malzemelerine basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve aşınma dayanımı deneylerinin yapılması zorunludur.

Şap harcı bir tür beton olduğu için aşağıda beton için verilen literatür bilgileri şap harcı içinde geçerlidir.

- Betonun birim ağırlığı azaldıkça ses yutuculuğu artmaktadır (Konuk, 2003).
- Hafif betonların belirli bir yangın yüküne dayanma süresi normal betona göre %20 - %30 daha uzundur (Konuk, 2003).
- Karışıma eklenen hafif agrega miktarı arttıkça hafif agregalı betonların dayanımları belirgin şekilde azalmaktadır (Demirboğa vd., 2001).
- Hafif agregalı betonlarda, agrega ile çimento hamurunun elastisite modülleri arasındaki benzerlik, iki malzeme arasında iyi bir bağ oluşmasına katkı sağlar (Neville, 2011).

- Betona eklenen hafif agrega miktarı arttıkça hafif agregalı betonların su emme, kapilerite katsayısı ve porozite değerleri artmaktadır (Azizi, 2007; Topçu ve Uygunoğlu, 2007).
- Hafif betonların; ısı iletkenlikleri düşük, ısı ve ses yalıtımları yüksektir (Neville, 2011; Demirboğa ve Gül, 2003; Clarke, 1993).
- Çimento, içeriğindeki alkalilerin ($\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{xK}_2\text{O}$) toplam oranı %0.6'nın üstünde olması durumunda ASR bakımından risk ihtiva etmektedir (Uygunoğlu, 2009).

Şap harcı ve şap betonu ile ilgili olarak yapılmış bazı bilimsel çalışmalar aşağıda özetle sunulmuştur.

Ormancı (2009), yaptığı çalışmada kendiliğinden yerleşebilirliği sağlamak amacıyla 4 çeşit polikarboksilat esaslı polimer çözeltisiyle 18 farklı katkı üretmiş, taze halde istenen özellikler sağlandıktan sonra belirlenen karışımlara 300 g/m^3 oranında polipropilen lif ve bağlayıcı ağırlığının %1'i ve %2'si oranında rötore azaltıcı Sika Control 40 katkısı eklemiş ve ürettiği numuneler üzerinde; yayılma miktarı (hedef yayılma 200-280 mm), kıvam koruma özelliği, hava miktarı (hedef hava miktarı hacmen %4-12), basınç dayanımı (hedef basınç dayanımı 20 MPa), eğilme dayanımı (hedef eğilme dayanımı 3 MPa) ve rötore deneylerini yapmış ve yaptığı ölçümlere göre rötore azaltıcı katkı eklenmiş kendiliğinden yerleşen harçların, normal harça göre %35 oranında daha düşük rötore gösterdiğini ve kendiliğinden yerleşen şap harcın, normal harçlara göre %45 oranında daha az aşındığı sonucuna ulaşmıştır.

Kılıç (2018), yaptığı çalışmada genleştirilmiş polistireni (EPS) ince agrega olarak kumun yerine %100, %50 ve %0 olacak şekilde ikame ederek, normal şap harcı 250, 300, 350 kg/m^3 kumlu hafif şap harcı 250, 300, 350 kg/m^3 ve hafif şap harcı 250, 300, 350 kg/m^3 çimento dozajlarında olmak üzere eşit işlenebilirlikte 3 çeşit şap üretmiş ve ürettiği şap örneklerinde; birim hacim ağırlık, su emme ve boşluk oranı, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, aşınma dayanımı, yangın direnci ve ısı iletkenlik özelliklerini araştırmıştır. Çalışmasının sonucunda, EPS oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarının azaldığını, su emme oranlarının arttığını, eğilme ve

basınç dayanımlarının düştüğünü, yangın ve aşınma direncinin azaldığını fakat şap içerisindeki EPS taneciklerinin artması ile ısı iletkenlik katsayısının azaldığını tespit etmiştir.

Sadowski vd. (2019), yaptıkları çalışmada kuvars ve kuvars-feldspat tozların, şap betonların basınç dayanımı üzerindeki etkisini incelemek için çimento kütesinin yerine %60 oranında ikame ederek 13 farklı numune üzerinde deneyler yaparak, ultrasonik titreşim hızı (UPV) tekniği ile 28 günlük basınç dayanımları yaklaşık 4 ila 16 MPa arasında değişen sonuçlar bulmuşlardır ve buldukları sonuçları yapay sinir ağlarında modelleyerek sırasıyla 0.93, 0.91 ve 0.94 oranında doğrusal korelasyonlu sonuçlar elde etmişlerdir.

2.2. Genleştirilmiş Cam

Genleştirilmiş cam, atık camların öğütme işlemlerinden sonra genleştirici malzemelerle biraraya getirilerek modern ısı fırınlarında 750°C-950°C sıcaklıklarda ergitilmesi sonucunda, granüler şekilde üretilirler (Liaver, 2019; Misapor, 2019; Şapcı, 2013). Genleştirilmiş cam granüllerinin ham maddesi olan atık cam, ekonomikliğin yanında hem üretim aşamasında ergimeyi kolaylaştırır hem de uzun vadede çevre korunması ve atık yönetimine katkı sağlar (Perhabbe, 2019c; Bengisu, 2006).

Genleştirilmiş camın harç ve beton üretiminde agrega olarak kullanılması ile ilgili olarak yapılmış bazı bilimsel çalışmalar aşağıda özetle sunulmuştur.

Nemes ve Józsa (2006), çalışmalarında CEM I N tipi çimento ile genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş kil agregalar kullanarak düşük su emme kapasiteli ve yüksek mukavemetli hafif betonlar üretmişlerdir.

Petrella vd. (2007), çalışmalarında hafif beton üretmek için katı atığın ayrışımından türetilen granüle gözenekli cam atıkları (Poraver) hafif betonda ana hammadde olarak kullanmışlardır. Mekanik dayanım ve ısı yalıtımı özellikleri arasındaki farkı görebilmek için cam atıklı betonların yanında genleştirilmiş

killerin üretimiyle oluşturulmuş hafif betonlar da üretmişler ve iki tür hafif beton arasında karşılaştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmaların sonucunda geliştirilmiş kil ile üretilen hafif betonlarda mekanik dayanım değerlerinin daha yüksek olduğunu fakat ısı yalıtım açısından cam atıklı hafif betonların daha umut verici sonuçlar gösterdiğini belirtmişlerdir.

Topçu vd. (2008), çalışmalarında beyaz, yeşil ve kahverengi cam olmak üzere üç farklı renkte ve değişik oranlardaki atık camı, harç üretiminde ince agrega olarak kullanmış ve bu cam agregaların deney numuneleri üzerindeki ASR etkilerini ASTM C 1260'a göre araştırmışlardır. ASR açısından en iyi performansı %25 oranı ile yeşil cam atıkların verdiğini belirleyerek harçların genleşmesini azaltmak için, uçucu külü çimento ağırlığının %10 ve %20 si oranında ve Li_2CO_3 'üde çimento ağırlığının %1 ve %2 si oranlarında karışımlara ilave etmişlerdir. Beyaz cam agregasının en büyük genleşmeye neden olduğunu, ayrıca cam miktarı arttıkça genleşmelerinde arttığını gözlemlemişlerdir.

Kralj (2009), çalışmasında hafif betonların geri dönüştürülmesi sonucu elde edilen agregalar ile geliştirilmiş camı beton üretiminde agrega olarak kullanarak; yoğunluk, basınç dayanımı ve ısıl iletkenlik gibi özellikleri incelemiştir. Yapmış olduğu deneylerin sonucunda geri dönüştürülmüş hafif beton agregaları ile geliştirilmiş cam agregalarının farklı şekillerde biraraya getirilmesiyle farklı özelliklerde kompozit malzemeler oluşturmuştur.

Serpa vd. (2013), çalışmalarında, Portekiz'deki geri dönüştürülmüş cam malzemesinin betona uygulanabilirliğini tespit etmek için, geri dönüştürülmüş camı, agrega ve çimento esaslı harçlarda puzolan olarak kullanarak ASR deneyleri yapmıştır. Yapmış olduğu deneyler sonucunda, geri dönüştürülmüş atık camın çimento yerine uygun oranlarda ikame edilerek ve agrega olarak %20'ye kadar ikame edilerek kullanılmasının, gerçekleşmesi muhtemel olan ASR etkilerini azaltabileceğini belirlemişlerdir.

Şapıcı (2013), çalışmasında enerji verimliliği yüksek olan ve atık malzeme kategorisinde değerlendirilen doğal kayaç bileşenlerin, atık camların ve polimer

bazlı bağlayıcı bileşenlerin kombinasyonu ile yeni bir yalıtım malzemesi üretiminde ana bileşen olarak kullanılacak suni / yarı suni özellikte bir endüstriyel agrega üretimi üzerine detay incelemeleri yapmış ve çalışmasının sonucunda geliştirilmiş cam agreganın ana hammadde olarak kullanılması ile ısı, ses, su ve yangın yalıtımlı bir endüstriyel harç üretilebilirliğinin mümkün olduğunu bulmuştur.

Yu vd. (2016), çalışmalarında, lifle güçlendirilmiş ultra hafif elyaf beton elde etmek için üretimlerinde polipropilen elyaf ve geliştirilmiş atık cam kullanmışlardır. 750 kg/m^3 yoğunluğa sahip olan bu betonların; yüzen yapılarda ve yalıtım elemanlarının üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Saccani vd. (2017), çalışmalarında farklı kimyasal kompozisyonlara sahip olan, soda şişesi camlarını, florasan lambalardan elde edilen camları, monitör camlarını ve ev ürünü camlardan elde edilen cam tozlarını; çimento esaslı numune üretimlerinde, doğal kum yerine ince agrega olarak kullanmışlar ve farklı kimyasal bileşime sahip cam tozlarının çimentolu kompozitlerde agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, farklı oranlarda kimyasal bileşimlere sahip atık camların potansiyel reaktivitelerinden dolayı çimento esaslı birleşimlerde kullanılmadan önce kimyasal özelliklerinin analiz edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

2.3. Genleştirilmiş Perlit

Ülkemizin volkanik kayaçlı kesimlerinde bol miktarda bulunan perlit kayacı, yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldığında, bünyesinde %2 ile %6 arasında bulunan su ani bir şekilde buharlaşır ve bunun sonucunda mısır taneleri gibi patlayarak gri olan rengi beyaza dönüşür, oluşan düşük yoğunluklu bu yeni ürüne geliştirilmiş perlit denir (Ultraper, 2019a; Engin, 2018). Genleştirilmiş perlite ticari değer kazandıran en önemli özellikler; yüksek termal özelliğe, düşük birim hacim ağırlığa, fiziksel esnekliğe, kimyasal sabitliğe ve yangına dayanıklı bir yapıya sahip olmasıdır (MTA, 2019; Ultraper, 2019a). Perlit; izolasyon malzemelerinde, sıvalarda, yalıtım betonlarında, hafif yapı elemanlarında,

gevşek dolgu gerektiren yerlerde (tavan araları zemin ve duvar boşluklarında yalıtım malzemesi olarak; silikonla özel bir işleme tabi tutularak köpük halinde), yüzey döşemelerinde (ısı ve ses yalıtıcı olarak) ve farklı bağlayıcılarla yapılan özel amaçlı perlit betonlarında yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır (MTA, 2019). İçeriğinde %71-75 oranında SiO₂ ihtiva ettiğinden ASR'ye girmektedir. Harç üretiminde en fazla %20 oranında geliştirilmiş perlitin agrega yerine ikamesi önerilmektedir (Kılıçer, 2018).

Bazı araştırmacıların, geliştirilmiş perlitin harç ve beton üretiminde agrega olarak kullanılması ile ilgili olarak yapmış olduğu bilimsel çalışmalar aşağıda özetle sunulmuştur.

Gönen (2009), çalışmasında pomza ve geliştirilmiş perlit agregalar kullanarak kendiliğinden yerleşen hafif harçlar üretmiş, pomza agregası ile referans karışım hazırlamış ve bağlayıcı fazı sabit tutarak, pomza agregasını %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında geliştirilmiş perlit ile yer değiştirmiştir. Sonuç olarak ürettiği betonların hem kendiliğinden yerleşebilme kabiliyetine sahip olduğu hem de yüksek dayanımlı olduğunu gözlemlemiştir.

Öztürk (2012), çalışmasında hafif agregalar (pomza ve perlit) ve EPS kullanarak ürettiği hafif beton örneklerini, 7 ve 28 gün sonlarında kür havuzundan çıkararak, basınç, su emme gibi çeşitli deneylere tabi tutmuş, sonuç olarak hafif agrega kullanılarak üretilen hafif betonun, enerji verimliliği açısından büyük bir gelişim ortaya koyduğu sonucuna varmıştır.

Balun (2013), çalışmasında kendiliğinden yerleşen harç (KYH) üretiminde, normal agrega olarak; 0-2 mm ve 2-4 mm boyutunda dere agregası, hafif agrega olarak; 0-2 mm boyutunda geliştirilmiş perlit ve 2-4 mm boyutunda pomza, mineral malzeme olarak ise; silis dumanı ve uçucu kül kullanmıştır. Serilerini, ince malzeme miktarı 650 kg/m³ ve süperakışkanlaştırıcı miktarı 8 kg/m³ olacak şekilde toplam 13 farklı şekilde tasarlamıştır. Deney sonuçlarına göre hafif agrega kullanımının su emme değerlerini arttırdığını ve mekanik özellikleri ise azalttığını gözlemlemiştir.

Polat (2013), çalışmasında geliştirilmiş perlit agregası ve kilin suya doygun halde beton içerisinde kullanımının ve genişleyen ürünler olarak kalsiyum oksit (CaO) ve magnezyum oksit (MgO) katkılarının mikro ve nano boyutta kullanımının otojen rötrelerine etkileri incelemiştir. Bu amaçla, beton ve harç karışımlarında ince agreganın 0-2 mm'lik kısmının yerine, toplam agrega hacminin %10, %20 ve %30 oranlarında geliştirilmiş perlit agregası, beton, harç ve hamur karışımlarda çimento yerine toplam bağlayıcı ağırlığının %1.5, %3.0 ve %4.5 oranlarında doygun kil ve %2.5, %5.0 ve %7.5 oranlarında mikro boyutta CaO ve MgO kullanmıştır. Ayrıca harç ve hamur karışımlarda toplam bağlayıcı ağırlığının %2.5, %5.0 ve %7.5 oranlarında Nano-CaO ve Nano-MgO katkıları kullanmıştır. Üretilen hamur örneklerin priz süresi ve hacimsel otojen rötresi ve harç örneklerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ve ultrasonik hız değerleri, lineer otojen rötre değerleri ve hidrasyon ısılarını incelemiştir. Sonuç olarak, geliştirilmiş perlit agregası ve genişleyen ürünlerin tüm kullanım oranlarında otojen rötrenin azaldığını gözlemiştir.

Gökbel (2014), çalışmasında horasan harçlarında geliştirilmiş perlitin kullanılmasının, horasan harcı özelliklerine etkisini araştırmak amacıyla, perlit içermeyen şahit ve kiremit kırığı yerine %10, %20, %30, %40 oranlarında perlit içeren 40x40x160 mm ölçülerinde numuneler hazırlamış, hazırladığı numuneler üzerinde birim hacim ağırlık deneyi, ısı iletkenlik deneyi, ultrases geçiş süresi deneyi, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri ve su emme deneyleri uygulamış, perlitli horasan harç örneklerini SEM-taramalı elektron mikroskobu ile görüntülemiş ve deneyler sonucunda perlitli horasan harç betonlarının ısı yalıtım özelliklerini daha yüksek bulmuştur.

Engin (2018), çalışmasında farklı tane boyutlarına sahip geliştirilmiş perlit agregası kullanarak tane boyutunun ultra hafif betonun özellikleri üzerindeki etkisini araştırmış ve geliştirilmiş perlit agrega çapı arttıkça, beton örneklerin birim hacim ağırlığı, ultra ses geçiş hızı, ısı iletim katsayısı ve basınç dayanımında azalma olurken, boşluk dağılımı homojenliği ve su emme yüzdesinde artış sağladığını tespit etmiştir. Ayrıca hava sürükleyici katkı malzemesinin 1 m³'te 4.5 kg kullanılmasının en ideal oran olduğu ve kullanılan fiber lif miktarının ise

hacimce %1'den fazla kullanılmasının ultra hafif betonlarda sertleşme sürecinde çökmeye neden olduğunu belirlemiştir.

Yıldırım ve Baba (2018), çalışmalarında hacimsel olarak %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında geliştirilmiş perlit ve bims agregaları ile 250 kg/m³ çimento kullanarak kompozit harçlar üretmişler ve bu numuneler üzerinde; kuru birim ağırlık, su emme, basınç dayanımı, kılcal su emme ve ısı iletkenlik testleri yapmışlardır. Bims agregalı numunelerde, karışımdaki bims agregası miktarı arttıkça basınç dayanımı, su emme ve kılcallık özelliklerinin perlit agregalı numunelere göre daha iyi olduğunu; kuru birim ağırlık ve ısı iletkenlik özelliklerinin ise daha kötü olduğunu gözlemlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada geliştirilmiş cam agregası ve geliştirilmiş perlit agregası CEN standart kumu yerine belirli oranlarda ikame edilerek düşük birim hacim ağırlıklı, ısı ve ses yalıtım performansları yüksek şap harcı üretilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda CEM I 42.5, CEM II 42.5, CEM I 52.5 ve CEM IV 32.5 çimento türleri ile geliştirilmiş cam agregası (0.25-0.5 mm) ve geliştirilmiş perlit agregası (0.25-0.5 mm), CEN standart kumu yerine %0, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30 oranlarında hacimce ikame edilerek, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı numuneleri üretilmiş ve taze şap harcı özelliklerini belirlemek için; TS EN 1015-3 (2000) standardına göre yayılma tablası ve TS EN 12350-6 (2010) standartına göre yoğunluk deneyleri yapılmıştır. Taze şap harcı deneyleri tamamlanan numuneler TS EN 196-1 (2016) standartına göre kalıplara yerleştirilmiştir. Numuneler 1 gün sonra kalıptan çıkartılarak, kür havuzlarına konulmuştur. Süresi gelen ve yapılacağı deney önceden belirlenen belirli numuneler kür havuzundan çıkartılarak, TS EN 12504-4 (2004) standartına göre ses geçiş hızı, TS EN 196-1 (2016) standartına göre eğilme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri, TS EN 12390-7 (2010) standartına göre yoğunluk, TS 699 (2009) standartına göre su emme ve TS EN 772-11 (2012) standartına göre kılcal su emme deneyleri, TS EN 13892-3 (2015) standartına göre Böhme aşınma direnci deneyleri, TS EN ISO 10534-1 (2004) ve TS EN ISO 10534-2 (2003) standartına göre ses yutma katsayısı deneyleri, TS EN 12664 (2009) standartına göre ısıl iletkenlik deneyleri, ASTM C1260-14 standartına göre ASR deneyleri (sadece geliştirilmiş cam agregası ikameli belirli örneklerde), SEM ve EDS analizleri yapılmıştır. Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3. 1. Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar ve ilgili standartlar

Yapılan Deney	İlgili Standart	İkame Oranları
Taze Harç Yoğunluk	TS EN 12350-6. (2010). Beton -Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Yayılma Tablası	TS EN 1015-3. (2000). Kâgir harcı - Deney metotları - Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile). Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Sertleşmiş Harç Yoğunluk	TS EN 12390-7. (2010). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Su Emme	TS 699. (2009). Doğal yapı taşları - İnceleme ve Laboratuar Deney Yöntemleri. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Kılcal Su Emme	TS EN 772-11. (2012) Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 11: Betondan, gazbetondan, yapay ve doğal taştan yapılmış kâgir birimlerde kapiler su emme ve kil kâgir birimlerde ilk su emme hızının tayini. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Ultrases Geçiş Hızı	TS EN 12504-4. (2012). Beton Deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Eğilme ve Basınç Dayanımı	TS EN 196-1. (2016). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları, Ankara.	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30
Böhme Aşınma Direnci	TS EN 13892-3. (2015). Şap Malzemeleri - Deney Yöntemleri - Bölüm 3: Aşınma Direncinin Tayini - Böhme. Türk Standartları, Ankara.	%0, %15, %30
Ses Yutma Katsayısı	TS EN ISO 10534-1. (2004). Akustik- Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini - Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu. Türk Standartları, Ankara. TS EN ISO 10534-2. (2003). Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini-Bölüm 2:Aktarım Fonksiyonu Metodu. Türk Standartları, Ankara.	%0, %15, %30

Çizelge 3.1'in Devamı

Yapılan Deneysel	İlgili Standart	İkame Oranları
Isıl İletkenlik	TS EN 12664. (2009). Yapı Malzemeleri Ve Mamulleri - Isıl Direncin, Korumalı Tablalı Isıtıcı ve Isı Akı Ölçerinin Kullanıldığı Metotlarla Tayini - Isıl Direnci Orta Ve Düşük Seviyede Olan Kuru Ve Rutubetli Mamuller. Türk Standartları, Ankara.	%0, %15, %30
Alkali Silika Reaktivitesi	ASTM C1260-14. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)	%0, %10, %20, %30
Mikro Yapı Analizleri	Tarayıcı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-ışını Tayföçeri (EDS)	%0, %30

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında materyal olarak; CEM I 42.5 R portland çimento, CEM I 52.5 N portland çimento, CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R portland kompoze çimento ve CEM IV/B (P) 32.5 N puzolanik çimento türleri ile CEN standart kumu, 0.25-0.5 mm aralığında genişletilmiş cam kürecikler, 0.25-0.5 mm aralığında genişletilmiş perlit ve karışım suyu kullanılmıştır.

3.1.1. Çimento

Deneysel çalışmalarda kullanılan CEM I 42.5 R portland çimento, CEM I 52.5 N portland çimento, CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R portland kompoze çimento ve CEM IV/B (P) 32.5 N puzolanik çimento türleri Isparta Göltaş çimento fabrikasından temin edilmiştir. Bu çimentoların, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Deneysel çalışmalarda kullanılan çimentoların kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri (Göltaş, 2019a; Göltaş, 2019b; Göltaş, 2019c; Göltaş, 2019d)

Çimento türü	Cl ⁻ (%)	SO ₃ (%)	Priz başlama (dakika)	Genleşme (mm)	Basınç dayanımı (MPa)		
					2 günlük	7 günlük	28 günlük
CEM I 42.5 R	0.004	2.75	156	0.46	24.3	----	50.1

Çizelge 3.2'nin Devamı

Çimento türü	Cl ⁻ (%)	SO ₃ (%)	Priz başlama (dakika)	Genleşme (mm)	Basınç dayanımı (MPa)		
					2 günlük	7 günlük	28 günlük
CEM I 52.5 N	0.0008	2.59	140	0	30.2	----	54.9
CEM II/A-M (P-LL) 42.5 R	0.012	2.77	139	0.36	23.9	----	48.1
CEM IV/B (P) 32.5 N	0.013	2.80	143	0.35	----	25	36.6

3.1.2. Agrega

3.1.2.1. CEN standart kumu

Deneysel çalışmalarda kum olarak, Limak Batı Çimento Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Trakya Fabrikasının TS EN 196-1 (2016) standartına uygun olarak 1350 gramlık poşetler halinde piyasaya sürdüğü 2.56 g/cm³ yoğunluğundaki CEN standart kumu kullanılmıştır. CEN Standart Kumunun Granülometrisi Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3. 3. CEN standart kumun granülometrisi

Kare göz açıklığı (mm)	2.00	1.60	1.00	0.50	0.16	0.08
Kümülatif elekte kalan (%)	0	8 ± 2	34 ± 2	66 ± 2	7 ± 2	99 ± 1

3.1.2.2. Genleştirilmiş cam

Çalışmalarda Perhabbe firmasından temin edilen 0.25–0.5 mm elek çapı aralığındaki ve 0.38 g/cm³ yoğunluğundaki genleştirilmiş cam granülleri, CEN standart kumu ile değişik oranlarda ikame edilerek kullanılmıştır. Genleştirilmiş cam granüllerine ait teknik bilgiler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3. 4. Genleştirilmiş cam granüllerine ait teknik bilgiler (Perhabbe, 2019b)

Yoğunluk (g/cm ³)	Su emme (%)	Yumuşama noktası (°C)	pH değeri (pH)
0.37 ± 0.04	17	700	8 - 11

3.1.2.3. Genleştirilmiş perlit

Perlit Maden İşletmeleri Üretim İnşaat Sanayi Ticaret Limitet Şirketinden temin edilen genleştirilmiş perlit, 0.25–0.5 mm elek çapı aralığında elenmiş ve elde edilen malzemenin yoğunluğu 0.15 g/cm³ bulunmuştur. Daha sonra hacimce CEN standart kumu ile değişik oranlarda ikame edilerek kullanılmıştır. Genleştirilmiş perlite ait teknik bilgiler Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3. 5. Genleştirilmiş perlite ait teknik bilgiler (Ultraper, 2019b)

Yoğunluk (g/cm ³)	Su emme (%)	Yumuşama noktası (°C)	pH değeri (pH)
0.032 - 0.18	200 - 600	871 - 1093	6.8

3.1.3. Karışım suyu

Çalışmalarda, karışım suyu olarak Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Kampüsündeki şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Şap harcı üretimi

Şap harcı üretimi TS EN 13892-1 Şap Malzemeleri - Deney Metotları - Bölüm 1: Deneyler İçin Numune Alma, Hazırlama ve Kütleme (2004) standartına göre yapılmıştır. Bu işlemde çimento, CEN standart kumu, genleştirilmiş cam granülü veya genleştirilmiş perlitten oluşan kuru karışımlar Hobart mikserinde hazırlanmıştır. Sonrasında karıştırıcı düşük hızda çalışırken su ilavesi yapılarak karıştırma işlemi 45 saniye süresince düşük hızda devam ettirilmiştir. Cihaz bu süreden sonra durdurularak karıştırma kabının yanlarında kalan harçlar

kazınmış ve daha sonra 120 saniye boyunca yüksek hızda bir kez daha karıştırılmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde, önce taze harç deneyleri yapılmış, daha sonra TS EN 196-1 (2016) standartına göre kalıplara yerleştirilmiş ve sarsma tablasında vibrasyon işlemi uygulanmıştır. Numuneler 1 gün sonra kalıptan çıkartılarak, kür havuzlarına konulmuştur. Deney örneklerinin kalıplara yerleştirilmesi ve kür havuzunda bekletilmesi Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Deney örneklerinin kalıplara yerleştirilmesi ve bekletilmesi

3.2.2. Harç karışım hesapları

Çalışmalarda, Çizelge 3.6’da belirtilen özelliklerde numuneler üretilmiştir.

Çizelge 3. 6. GC agregalı ve GP agregalı şap harçlarının özellikleri

Çimento türü	Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit ikame oranı (%)	Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit granül boyutu (mm)
CEM I 42.5	%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30	0.25-0.5 mm
CEM I 52.5		
CEM II 42.5		
CEM IV 32.5		
(4 tip)	(7 oran)	(1 tür)

Üretilen numunelerde kolaylık sağlamak için kodlamalar kullanılmıştır. Kodlamanın ilk iki hanesi CEM I çimentolu örnekler için ‘CI’, CEM II çimentolu

örnekler için 'CII', CEM IV çimentolu örnekler için 'CIV' sembollerini; kodlamanın üçüncü hanesi kullanılan, çimentonun 32.5 ifadesi için 'A', 42.5 ifadesi için 'B' ve 52.5 ifadesi için 'C' sembollerini; kodlamanın üçüncü hanesinden sonra gelen '5GC, 10GC, 15GC, 20GC, 25GC ve 30GC ifadeleri ağırlıkça azaltılan rilem kumu yerine hacimce ikame edilen 0.25–0.5 mm aralığındaki genleştirilmiş cam agregasının oranını ve yine kodlamanın üçüncü hanesinden sonra gelen '5GP, 10GP, 15GP, 20GP, 25GP ve 30GP ifadeleri aynı şekilde ağırlıkça azaltılan rilem kumu yerine hacimce ikame edilen 0.25–0.5 mm aralığındaki genleştirilmiş perlit agregasının oranını ifade etmektedir. Kullanılan kodlamaya ait detaylı bilgilendirme Çizelge 3.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 3. 7. GC agregalı ve GP agregalı şap harçlarına ait kodlama detayı

Kullanılan çimento türü	Kodlama ilk 2 hanesi	Çimento türü	Kodlama 3. Hanesi
CEM I	CI	32.5	A
CEM II	CII	42.5	B
CEM IV	CIV	52.5	C
Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit ikame oranı	Genleştirilmiş cam için kodlamanın sonraki 3 veya 4 hanesi	Genleştirilmiş perlit için kodlamanın sonraki 3 veya 4 hanesi	
%0, %5, %10, %15, %20, %25, %30	5GC, 10GC, 15GC, 20GC, 25GC, 30GC	5GP, 10GP, 15GP, 20GP, 25GP, 30GP	

Örneğin CIB10GC kodu, CEM I 42.5 çimentosu kullanılarak ve CEN standart kum yerine %10 genleştirilmiş cam agrega ikame edilerek üretilen örneği ifade etmektedir.

Şap harcı üretiminde, çimento miktarı 450 g ve su miktarı 225 g olarak sabitlenmiştir. Genleştirilmiş cam agregalı şap harcı üretiminde kullanılacak malzemelerin miktarları Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3. 8. GC agregalı şap harçlarının isimleri ve üretimde kullanılacak malzeme miktarları

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. cam agrega (g)	Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. cam agrega (g)
CIB	1350.00	0.00	CIIB	1350.00	0.00
CIB5GC	1282.50	10.01	CIIB5GC	1282.50	10.01
CIB10GC	1215.00	20.03	CIIB10GC	1215.00	20.03
CIB15GC	1147.50	30.04	CIIB15GC	1147.50	30.04
CIB20GC	1080.00	40.05	CIIB20GC	1080.00	40.05
CIB25GC	1012.50	50.07	CIIB25GC	1012.50	50.07
CIB30GC	945.00	60.08	CIIB30GC	945.00	60.08
CIC0	1350.00	0.00	CIVA	1350.00	0.00
CIC5GC	1282.50	10.01	CIVA5GC	1282.50	10.01
CIC10GC	1215.00	20.03	CIVA10GC	1215.00	20.03
CIC15GC	1147.50	30.04	CIVA15GC	1147.50	30.04
CIC20GC	1080.00	40.05	CIVA20GC	1080.00	40.05
CIC25GC	1012.50	50.07	CIVA25GC	1012.50	50.07
CIC30GC	945.00	60.08	CIVA30GC	945.00	60.08

Genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının üretiminde kullanılacak malzemelerin miktarları ise Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3. 9. GP agregalı şap harçlarının isimleri ve üretimde kullanılacak malzeme miktarları

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. perlit agrega (g)	Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. perlit agrega (g)
CIB	1350.00	0.00	CIIB	1350.00	0.00
CIB5GP	1282.50	3.95	CIIB5GP	1282.50	3.95
CIB10GP	1215.00	7.91	CIIB10GP	1215.00	7.91
CIB15GP	1147.50	11.86	CIIB15GP	1147.50	11.86
CIB20GP	1080.00	15.81	CIIB20GP	1080.00	15.81
CIB25GP	1012.50	19.76	CIIB25GP	1012.50	19.76
CIB30GP	945.00	23.72	CIIB30GP	945.00	23.72
CIC0	1350.00	0.00	CIVA	1350.00	0.00
CIC5GP	1282.50	3.95	CIVA5GP	1282.50	3.95
CIC10GP	1215.00	7.91	CIVA10GP	1215.00	7.91
CIC15GP	1147.50	11.86	CIVA15GP	1147.50	11.86
CIC20GP	1080.00	15.81	CIVA20GP	1080.00	15.81

Çizelge 3.9'un Devamı

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. perlit agrega (g)	Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin isimleri	CEN stand. kum (g)	Genleş. perlit agrega (g)
CIC25GP	1012.50	19.76	CIVA25GP	1012.50	19.76
CIC30GP	945.00	23.72	CIVA30GP	945.00	23.72

3.2.3. Taze şap harcı deneyleri

3.2.3.1. Yoğunluk deneyi

Üretilen taze şap harçlarının yoğunlukları için TS EN 12350-6 (2010)'ya göre belirlenmiştir. Düzgün bir yere konan kütlesi ve hacmi belli boş kabın içerisine karışım işlemi tamamlanmış olan taze şap harcı sıkıştırma işlemi yapılmaksızın doldurulmuş, kabın üst yüzeyi düzetildikten sonra terazide tartım işlemi yapılmış ve taze şap harcının ağırlığı konulduğu hacme oranlanmak suretiyle taze şap harcının yoğunluk değeri belirlenmiştir (Öcal, 2012). Taze şap harçlarının yoğunluk değerlerinin belirlenmesinde TS EN 12350-6 (2010) standartında belirtilen Denklem 3.1 kullanılmıştır.

$$D = (m_2 - m_1) / V \quad (3.1)$$

Burada;

D : Taze şap harcının yoğunluğu (g/cm³),

m₁ : Kabın kütlesi (g),

m₂ : Kabın, içerisindeki şap harcı ile birlikte toplam kütlesi (g),

V : Kabın hacmi (cm³).

3.2.3.2. Yayılma tablası deneyi

Kesik koni şekilli kalıp, yayılma tablasının merkezine yerleştirilmiş ve şap harcı, kalıp içerisine iki tabaka halinde her harç tabakasına tokmak ile vuruş yapılarak sıkıştırılmak suretiyle doldurulup, fazla harç tesviye bıçağı ile sıyrılarak alınıp,

dairesel levhanın boş kısmı silinerek temizlenmiştir. TS EN 1015-3 (2000)'e göre yaklaşık 15 saniye sonra, kalıp düşey olarak yukarıya doğru yavaşça çekilerek alınmıştır. Yayılma tablası 15 defa düşürülerek levhaya yayılması sağlanmıştır. Yayılan şap harcının çapı, birbirine dik iki doğrultuda ölçülmüş ve ortalaması alınarak en yakın milimetreye yuvarlatılmıştır. Yayılma tablası deney düzeneği Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3. 2. Yayılma tablası deney düzeneği ve deneyin yapılması

3.2.4. Sertleşmiş şap harcı deneyleri

3.2.4.1. Yoğunluk deneyi

Sertleşmiş şap harcı örneklerinin hacim hesaplanmalarında TS EN 12390-7 (2010) standartında belirtilen Denklem 3.2 kullanılmıştır.

$$V = \frac{M_a - ((M_{st} + M_w) - M_{st})}{q_w} \quad (3.2)$$

Burada;

V : Numune hacmi (m³),

M_a : Numunenin havadaki kütlesi (kg),

M_{st} : Kefenin su içerisindeki görünür kütlesi (kg),

M_w : Numunenin su içerisindeki görünür kütlesi (kg),

q_w : Suyun 998 kg/m³ olarak kabul edilen, 20°C sıcaklıktaki yoğunluğudur.

Numunenin hacmini elde ettikten sonra, TS EN 12390-7 (2010) standartında belirtilen Denklem 3.3 yardımıyla sertleşmiş şap harcı örneklerinin yoğunlukları belirlenmiştir.

$$D = M / V \quad (3.3)$$

Burada;

M : Numunenin deney esnasındaki durumuna bağlı kütlesini, (kg)

V : Numunenin özel metotla tayin edilen hacmini (m^3) belirtmektedir.

3.2.4.2. Kütlece su emme, kompasite ve porozite deneyleri

Sertleşmiş şap harcı örneklerinin, havadaki ve su içerisindeki ağırlıkları Arşimet terazisi yardımıyla ölçülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3. 3. Deneylerde kullanılan Arşimet terazisinin görünüşü

Daha sonra aynı numuneler etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3. 4. Deneyleerde kullanılan etüvün görünüşü

Su emme, porozite ve kompasite değerleri TS 699 (2009) standartında belirtilen Denklem 3.4, 3.5 ve 3.6 yardımıyla belirlenmiştir.

$$S = (W_0 / (W_1 - W_0)) \times 100 \quad (3.4)$$

$$P = ((W_1 - W_0) / (W_1 - W_2)) \times 100 \quad (3.5)$$

$$K = 100 - P \quad (3.6)$$

Burada;

S : Su emmeyi (%),

P : Porozite (%),

K : Kompasite (%),

W_0 : Etüv kurusu ağırlığı (g),

W_1 : Suyu doymun havada ağırlığı (g)

W_2 : Su içerisindeki asılı ağırlığı (g) göstermektedir.

3.2.4.3. Kılcal (kapiler) su emme deneyi

Kapiler su emme deneylerinde, TS EN 772-11 (2012)'e göre, 40x40x160 mm boyutlarındaki, 28 günlük sertleşmiş şap harcı numuneleri kullanılmıştır. Numuneler etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Örneklerin sadece alt yüzeyleri su ile temas ettirileceği için sadece yan yüzeyleri,

eritilmiş parafin yardımıyla geçirimsiz hale getirilmiş ve daha sonra ilk ağırlıkları kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. Kılcal su emme deneyi için örneklerin hazırlanması ve ağırlıklarının ölçülmesi

Parafinlenen örneklerin, su yüzeyine temas edecek yüzeyi fırça yardımıyla temizlenerek tepsi üzerine Şekil 3.6'daki gibi yerleştirilmiş ve deney süresince su seviyesi 2-3 cm civarında tutulmuştur.



Şekil 3. 6. Kılcal su emme deneyi için deney düzeneğinin hazırlanması

Numuneler belirli sürelerden (1. dk., 4. dk., 9. dk., 16. dk., 25. dk., 36. dk., 49. dk., 64. dk., 81. dk. ve 100. dk.) sonra tartılmış ve kılcal su emme katsayıları Denklem

3.7 yardımı ile hesap edilmiş ve her numune için kılcal su emme katsayılarının ortalamaları belirlenmiştir (Dalkılıç, 2014).

$$K = \frac{M_s - M_i}{A\sqrt{t_s}} \quad (3.7)$$

Burada;

K : Kapiler su emme katsayısı [$g/(m^2 \times dk^{0.5})$],

M_i : Deneş numunesinin ilk kütlesi (g),

M_s : Deneş numunesinin (t) süreyle suya temas ettirildikten sonraki kütlesi (g),

A : Deneş numunesinin suya temas ettirilen yüzeyinin brüt alanı (m²),

t_s : Deneş numunesinin suya temas ettirilme süresi (dk).

3.2.4.4. Ultrases geçiş hızı deneyi

28 günlük serleşmiş harç numuneleri mekanik deneylere tabi tutulmadan önce TS EN 12504-4 (2012)'e göre Şekil 3.7'de verilen Ultrases geçiş hızı deney aleti ile ultrasonik titreşim hızı (UPV) değerleri ölçülmüştür.



Şekil 3. 7. Ultrases geçiş hızı deney aleti

Ultrasesin beton içerisinde ilerleme hızı, betonun içyapısı ve yoğunluğu hakkında bilgi vermekle birlikte, yoğunluğu fazla olan betonların dayanımları da yüksek

olmakta ve dolayısıyla ultrases dalgaları daha yoğun beton içerisinde daha hızlı geçmektedir (İnce, 2012).

Ultrases geçiş hızı değeri Denklem 3.8'de verilen formül yardımıyla belirlenmiştir.

$$U=L/t \quad (3.8)$$

Burada;

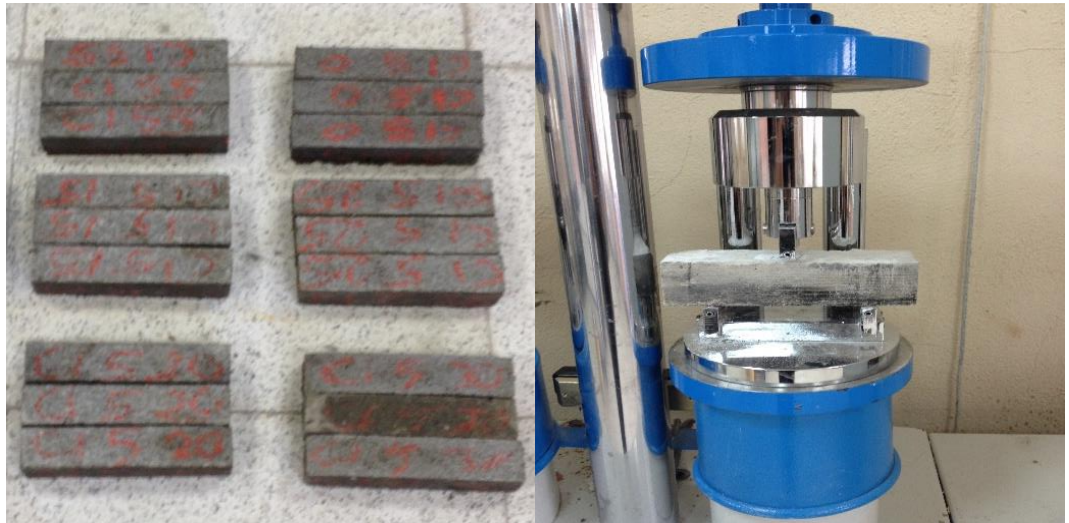
U : Ultrases geçiş hızını (km/s),

L : Numunedeki proplar arası mesafeyi (mm) ve

t : numunenin ultrases geçiş süresini (μ s) göstermektedir.

3.2.4.5. Eğilme dayanımı deneyi

Serleşmiş şap harcı numuneleri 40x40x160 mm boyutlarındaki kalıplara yerleştirilmiş ve akabinde sıkıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Üretimden 1 gün sonra kalıptan çıkartılarak kür havuzuna konulan numuneler, 2, 7 ve 28 günlük süreler dolduğunda, kür havuzundan çıkartılarak, yapılacak deneyler için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra eğilme dayanımı deneyi için her gruptan 3'er adet sertleşmiş şap harç numunesi için deney yapılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan sertleşmiş şap harcı numuneleri ve deney düzeneği

Deney sonuçlarının aritmetik ortalamaları alınarak, sertleşmiş şap harcı örneklerinin eğilme dayanımı değerleri TS EN 196-1 (2016) standartında belirtilen Denklem 3.9 ile hesaplanmıştır.

$$R_f = (1.5 \times F_f \times L) / b^3 \quad (3.9)$$

Burada;

R_f : Eğilmede çekme mukavemeti (N/mm^2),

b : Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm),

F_f : Prizmanın ortasına uygulanan maksimum kuvvet (N),

L : Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (100 mm).

Şap harcı numuneleri için eğilme dayanım sınıfları Çizelge 3.10'da verilmiştir (TS EN 13813. 2004).

Çizelge 3. 10. TS EN 13813 standartına göre şap harcı numuneleri için eğilme dayanım sınıfları

Sınıf	F1	-	-	-	-	-	-	F10	-	-	-	-	-
Eğilme dayanımı (MPa)	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

3.2.4.6. Basınç dayanımı deneyi

Eğilme dayanımı deneyine tabi tutulan, her grup için kullanılan 3 adet 40x40x160 mm boyutlarındaki numuneden ortaya çıkan 6 adet sertleşmiş şap harcı numuneleri, kare plakalar arasına gelecek şekilde, cihazın basınç platformuna yerleştirilmiş ve her yarım prizmaya, F yükü uygulanarak deneyin yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3. 9. Basınç dayanımı deneyi için hazırlanan numuneler ve deney düzeneği

Her bir grup için 6 adet sertleşmiş şap harcı numunesi, basınç dayanımı sonuçlarının aritmetik ortalamaları alınarak, sertleşmiş harç örneklerinin basınç dayanımı değerleri TS EN 196-1 (2016) standartında belirtilen, Denklem 3.10 ile hesaplanmıştır.

$$R_c = F_c / A \quad (3.10)$$

Burada;

R_c : Basınç dayanımı (N / mm^2),

F_c : Kırılmadaki en büyük yük (N),

A : Plakaların veya yardımcı plakaların alanıdır (40 mm x 40 mm).

Şap harcı numuneleri için basınç dayanım sınıfları Çizelge 3.11'de verilmiştir (TS EN 13813. 2004).

Çizelge 3. 11. TS EN 13813 standartına göre şap harcı numuneleri için basınç dayanım sınıfları

Sınıf	C5	-	-	-	-	-	C30	-	-	-	-	-	-
Basınç dayanımı (MPa)	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

3.2.4.7. Böhme aşınma direnci deneyi

Serleşmiş şap harçlarının TS EN 13892-3 (2015)'e göre Şekil 3.10'da verilen Böhme aşınma direnci deney aleti ile hacim kaybı değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3. 10. Böhme aşınma direnci deney aleti

Deney aleti 30 ± 1 rpm hızla dönen 75 cm çapında yatay olarak yerleştirilmiş döner bir diskten ve numunenin sabitlenerek üzerine 294 ± 3 N düşey yük uygulandığı düzeneden oluşmaktadır. Deneysel çalışmalarda her numuneyi temsilen taban alanı 50 cm^2 olan $71 \text{ mm} \times 71 \text{ mm} \times 71 \text{ mm}$ boyutlarında üçer adet numune kullanılmıştır. Deney aletindeki numunenin sürtünme yolu üzerine ± 20 g standart aşındırıcı serpilmiş, her döngüden sonra numune 90° döndürülmüş ve aşındırıcının sürtünme yolu üzerinde eşit olarak dağıtılması sağlanmıştır. Çalışma kapsamındaki numunelere bu şekilde her bir numune için 16 kez 22 devir yani toplamda 352 devir, aşınma işlemi uygulanmıştır. Örneklerin Böhme aşınma direnci Denklem 3.11 yardımıyla belirlenmiştir.

$$\Delta V = \Delta m / \rho R \quad (3.11)$$

Burada;

ΔV : 50 cm^2 lik yüzeydeki hacim kaybı (cm^3),

Δm : Kütledeki azalma (g),

ρR : Numunenin yoğunluğu (g / cm^3).

3.2.4.8. Ses yutma katsayısı deneyi

Ses yutma katsayısı deneyi, düşük frekans ve yüksek frekans olmak üzere 2 farklı frekans aralığında yapılmaktadır. Düşük frekans için ölçüm aralığı 50-1600 Hz ve yüksek frekans için ölçüm aralığı 200-6400 Hz'dir. Bu ölçümler için 2.95 cm çapında - 3 cm kalınlığında ve 10 cm çapında - 3 cm kalınlığında şap harcı numuneleri üretilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3. 11. Ses yutma katsayısı deneyi için üretilen şap harcı numuneleri

Sertleşmiş şap harcı örneklerinin ses yutma katsayılarını belirlemek için TS EN ISO 10534-1 (2004) ve TS EN ISO 10534-2 (2003)'ye göre, Şekil 3.12'de verilen deney cihazı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 12. Ses yutma katsayısı test cihazı (Bias Mühendislik, 2019)

EN ISO 11654 standartına göre ses yutma katsayılarının sınıflandırılması Çizelge 3.12’de verilmiştir (Owa, 2019).

Çizelge 3.12. EN ISO 11654 standartına göre ses yutma katsayılarının sınıflandırılması (Owa, 2019)

Ses Yutma Sınıfı	Ağırlıklı Ses Yutma Katsayısı
A	0.90 - 0.95 - 1.00
B	0.80 - 0.85
C	0.60 - 0.65 - 0.70 - 0.75
D	0.30 - 0.35 - 0.40 - 0.45 - 0.50 - 0.55
E	0.15 - 0.20 - 0.25
Sınıflandırılmamış	0.00 - 0.05 - 0.10

3.2.4.9. Isıl iletkenlik deneyi

Isıl iletkenlik deneyi için 5 cm çapında ve 2.5 cm kalınlığında şap harcı numuneleri üretilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3. 13. Isıl iletkenlik deneyi için üretilen sertleşmiş şap harcı numuneleri

Sertleşmiş şap harcı örneklerinin ısıl iletkenlik değerlerini belirlemek için TS EN 12664 (2009)'e göre, Şekil 3.14'de verilen Laser Comb Fox 314 deney cihazı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde cihaz üst plaka sıcaklığı 15 °C ve cihaz alt plaka sıcaklığı 5 °C olarak seçilmiştir.



Şekil 3. 14. Isıl iletkenlik test cihazı

3.2.4.10. Alkali silika reaktivite deneyi ve mikro yapı analizleri

ASR bakımından değerlendirildiğinde geliştirilmiş perlitin agrega ile en fazla %20 oranında ikame edilebildiği literatürde önerilmektedir (Kılıçer, 2018). Bunun yanında literatür incelendiğinde ASR açısından geliştirilmiş cam agrega ikamesi için sınır değeri belirlenmemiştir. Ayrıca, her çimentonun alkali üretimi koşullarına göre değişmektedir, ancak katkısız çimentolar (CEM I serisi), dayanım sınıfı ne olursa olsun katkı çimentolarına (CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V) göre ASR açısından daha risklidir. Bunun yanında C tipi bir çimentodaki mineral katkı ikame oranının B tipi çimentoya göre daha yüksek olduğu bilindiğinden, benzer şekilde B tipi bir çimentodaki mineral katkı oranının da A tipi çimentoya göre daha yüksek olduğu bilindiğinden, sırasıyla C, B ve A tipi çimentoların ASR'ni önleme açısından etkin olacağı kaçınılmazdır. Bu nedenle geliştirilmiş cam agregalı harç örneklerinin alkali silika reaktivitesini belirlemek için, CEM I 42.5 portland çimento (ASR açısından riskli) ve CEM IV 32.5 puzolanik çimento (ASR açısından en etkin) ile CEN standart kumu yerine %0, %10, %20 ve %30 oranlarında geliştirilmiş cam agrega ikameli 25×25×285 mm boyutlarında şap harcı çubukları hazırlanmıştır (Şekil 3.15).



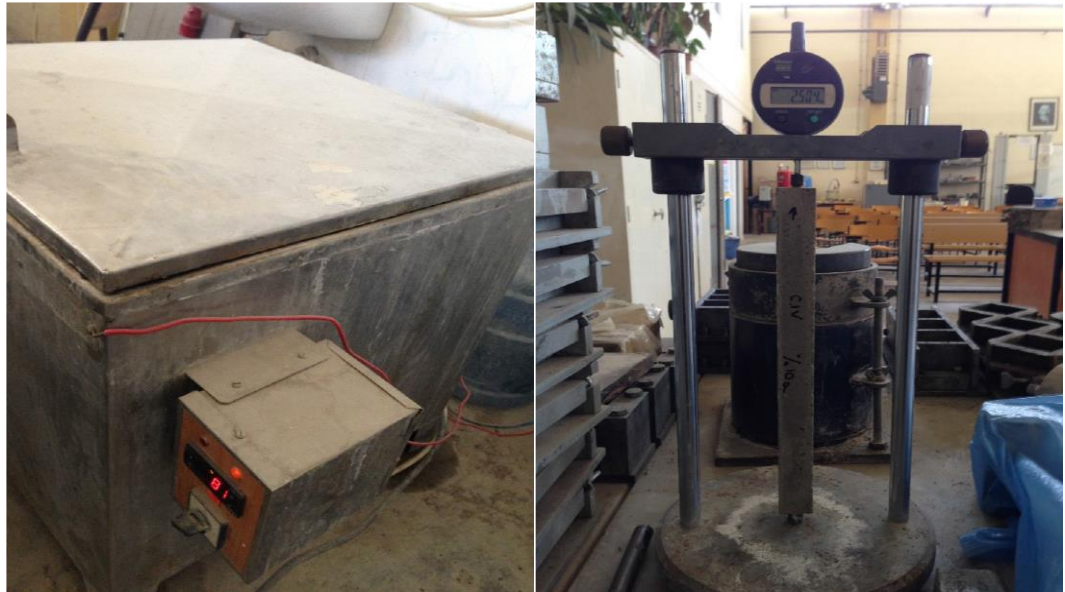
Şekil 3. 15. Kalıplanmış şap harcı çubukları

CEM I ve CEM IV grubu sertleşmiş şap harcı çubuklarına ait görseller Şekil 3.16'da verilmiştir.



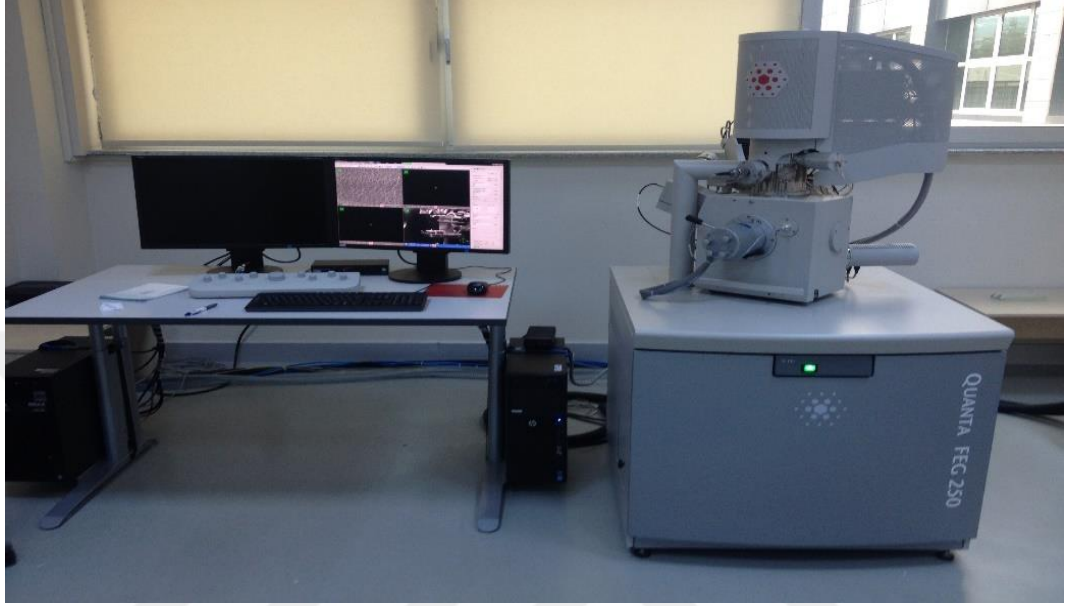
Şekil 3. 16. Sertleşmiş şap harcı çubukları

Sertleşmiş şap harcı çubuklarının, hızlandırılmış alkali silika reaktivitesi kürü, uygulaması ve boy değişimi ölçüm yöntemleri; ASTM C1260-14'e göre yapılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Hızlandırılmış kür tankı ve 0.001 mm hassasiyetli boy ölçüm komparatörü

ASR deneylerine tabi tutulan %0 ve %30 genleştirilmiş cam agrega ikameli sertleşmiş şap harcı örneklerinin, taramalı elektron mikroskobunda (SEM) 200 mikron büyütmelerde, Şekil 3.18'de verilen deney cihazı ile yüzey görüntüleri alınmış ve görüntüler ASR deney sonuçları ile birlikte yorumlanmıştır.



Şekil 3. 18. Taramalı elektron mikroskobu deney cihazı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Taze Şap Harcı Deney Sonuçları

4.1.1. Yoğunluk deney sonuçları

Taze şap harcı özelliklerini belirlemek için; TS EN 12350-6 (2010) standartına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait taze şap harcı yoğunluk deney sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Taze şap harçlarına ait yoğunluk deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	Numune	Yoğunluk (g/cm ³)
CIB	2.271	CIB	2.271
CIB5GC	2.200	CIB5GP	2.195
CIB10GC	2.124	CIB10GP	2.119
CIB15GC	2.053	CIB15GP	2.045
CIB20GC	1.982	CIB20GP	1.971
CIB25GC	1.910	CIB25GP	1.895
CIB30GC	1.834	CIB30GP	1.819
CIC	2.307	CIC	2.307
CIC5GC	2.232	CIC5GP	2.231
CIC10GC	2.158	CIC10GP	2.153
CIC15GC	2.086	CIC15GP	2.079
CIC20GC	2.011	CIC20GP	2.000
CIC25GC	1.938	CIC25GP	1.925
CIC30GC	1.863	CIC30GP	1.848
CIIB	2.263	CIIB	2.263
CIIB5GC	2.189	CIIB5GP	2.189
CIIB10GC	2.117	CIIB10GP	2.110
CIIB15GC	2.045	CIIB15GP	2.041
CIIB20GC	1.974	CIIB20GP	1.962
CIIB25GC	1.900	CIIB25GP	1.888
CIIB30GC	1.829	CIIB30GP	1.813
CIVA	2.195	CIVA	2.195
CIVA5GC	2.124	CIVA5GP	2.124
CIVA10GC	2.051	CIVA10GP	2.044
CIVA15GC	1.980	CIVA15GP	1.975

Çizelge 4.1'in devamı

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	Numune	Yoğunluk (g/cm ³)
CIVA20GC	1.911	CIVA20GP	1.904
CIVA25GC	1.845	CIVA25GP	1.834
CIVA30GC	1.770	CIVA30GP	1.758

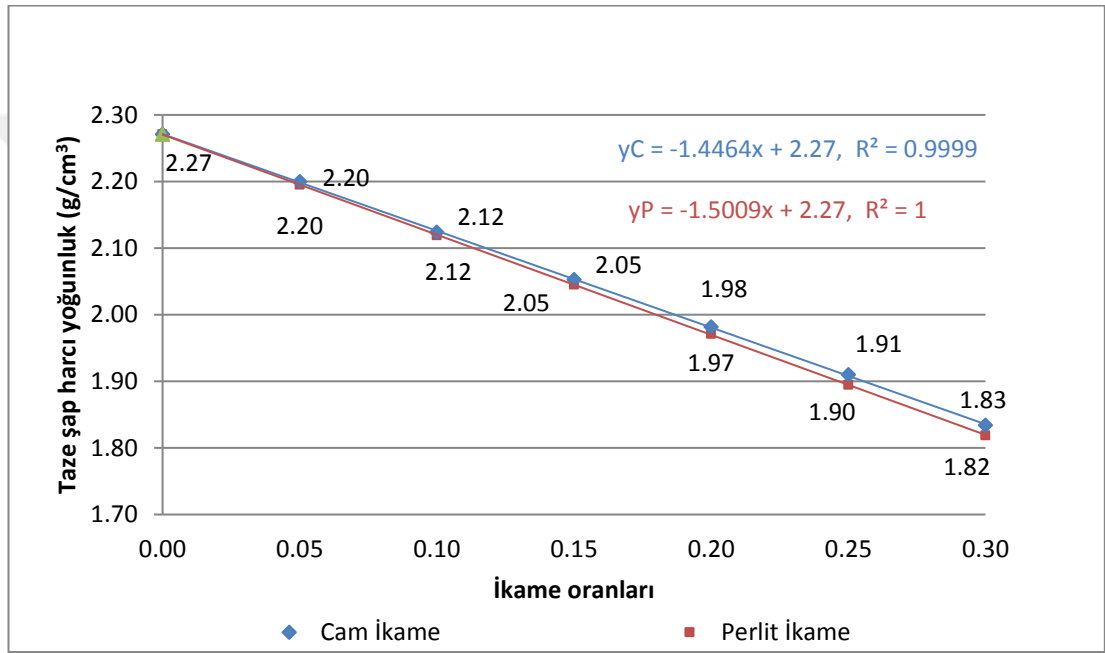
Çizelge 4.1'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en düşük yoğunluğa sahip olan numune 1.758 g/cm³ değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yoğunluğa sahip olan numune ise 2.307 g/cm³ değeri ile CIC numunesidir.

Taze şap harcı yoğunluk değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.13-%19.24, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.35-%19.90, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.25-%19.25, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.29-%19.90, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.27-%19.18, CIIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.27-%19.89, CIVA grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.23-%19.36 ve CIVA genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.23-%19.91 arasında değişmektedir.

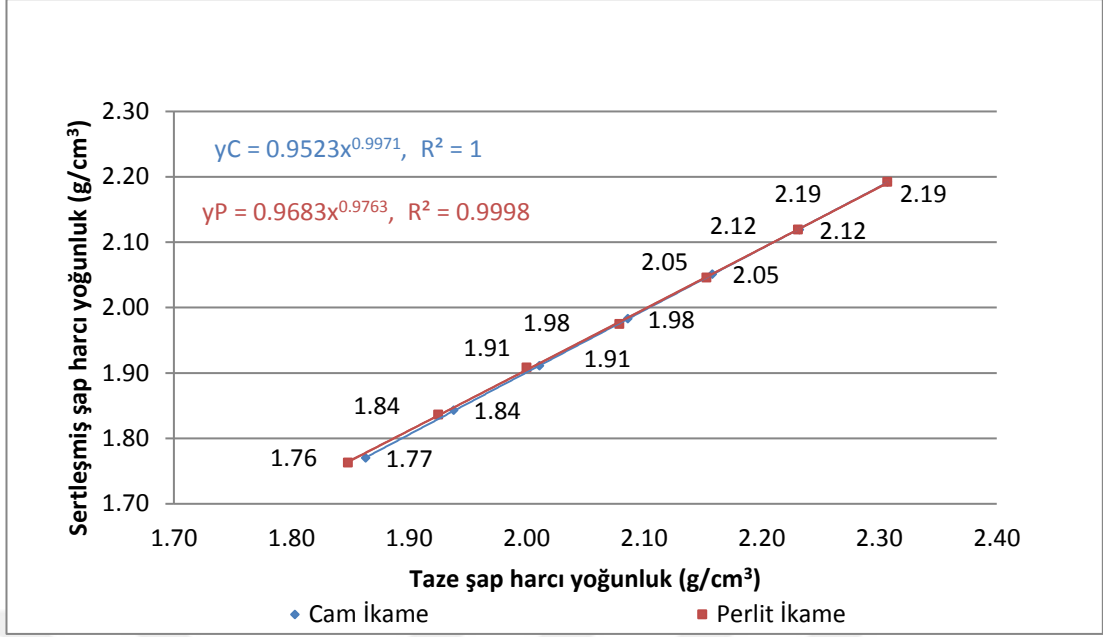
Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans taze şap harcına göre daha düşük yoğunluğa sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin taze harç yoğunluklarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin taze şap harcı yoğunluk değerlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin taze şap harcı yoğunluk değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir.

Taze şap harcı yoğunluk ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.9992 - 1$ aralığında ve taze şap harcı yoğunluk ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.9995 - 1$ aralığında elde edilmiştir. Taze şap harcı yoğunluk ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIB grubu örneklerde (Şekil 4.1), taze şap harcı yoğunluk ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki ise CIC ve CIVA gurubu örneklerde (Şekil 4.2) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Taze şap harcı yoğunluk – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 2. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – taze şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin taze şap harcı yoğunluk değerleri ile ikame oranları ve taze şap harcı yoğunluk değerleri ile sertleşmiş harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.2’de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile taze şap harcı yoğunluğunun azaldığı ve taze şap harcı yoğunluğu azalışı ile sertleşmiş şap harcı yoğunluğunun da azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 2. Taze şap harcı yoğunluk belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.4464x + 2.27, R^2 = 0.9999$
	Taze şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.5009x + 2.27, R^2 = 1$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.9542x^{0.9988}, R^2 = 0.9999$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.9329x^{1.0237}, R^2 = 0.9995$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.4927x + 2.31, R^2 = 0.9998$
	Taze şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.5435x + 2.31, R^2 = 0.9999$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.9523x^{0.9971}, R^2 = 1$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.9683x^{0.9763}, R^2 = 0.9998$

Çizelge 4.2'nin devamı

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.4356x + 2.26, R^2 = 0.9999$
	Taze şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.4862x + 2.26, R^2 = 0.9997$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.9478x^{0.9971}, R^2 = 0.9998$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.9455x^{1.0011}, R^2 = 0.9997$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.4385x + 2.2, R^2 = 0.9992$
	Taze şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.4789x + 2.2, R^2 = 0.9992$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.9523x^{0.9959}, R^2 = 0.9999$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.9495x^{1.0003}, R^2 = 1$

4.1.2. Yayılma tablası deney sonuçları

Taze şap harcı özelliklerini belirlemek için; TS EN 1015-3 (2000) standardına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait yayılma tablası deney sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4. 3. Taze şap harçlarına ait yayılma tablası deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Yayılma (cm)	Numune	Yayılma (cm)
CIB	18.0	CIB	18.0
CIB5GC	17.7	CIB5GP	17.6
CIB10GC	17.7	CIB10GP	17.5
CIB15GC	17.5	CIB15GP	17.5
CIB20GC	17.5	CIB20GP	17.4
CIB25GC	17.4	CIB25GP	17.3
CIB30GC	17.2	CIB30GP	17.1
CIC	18.2	CIC	18.2
CIC5GC	18.0	CIC5GP	17.9
CIC10GC	17.9	CIC10GP	17.7
CIC15GC	17.9	CIC15GP	17.6
CIC20GC	17.8	CIC20GP	17.5
CIC25GC	17.7	CIC25GP	17.3
CIC30GC	17.4	CIC30GP	17.2

Çizelge 4.3'ün devamı

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Yayılma (cm)	Numune	Yayılma (cm)
CIIB	17.9	CIIB	17.9
CIIB5GC	17.7	CIIB5GP	17.6
CIIB10GC	17.6	CIIB10GP	17.5
CIIB15GC	17.5	CIIB15GP	17.5
CIIB20GC	17.5	CIIB20GP	17.2
CIIB25GC	17.3	CIIB25GP	17.2
CIIB30GC	17.1	CIIB30GP	17.1
CIVA	17.3	CIVA	17.3
CIVA5GC	17.3	CIVA5GP	17.3
CIVA10GC	17.3	CIVA10GP	17.2
CIVA15GC	17.1	CIVA15GP	17.0
CIVA20GC	17.0	CIVA20GP	16.8
CIVA25GC	16.8	CIVA25GP	16.6
CIVA30GC	16.7	CIVA30GP	16.5

Çizelge 4.3'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en düşük yayılmaya sahip olan örnek 16.5 cm değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yayılmaya sahip olan örnek ise 18.2 cm değeri ile CIC numunesidir.

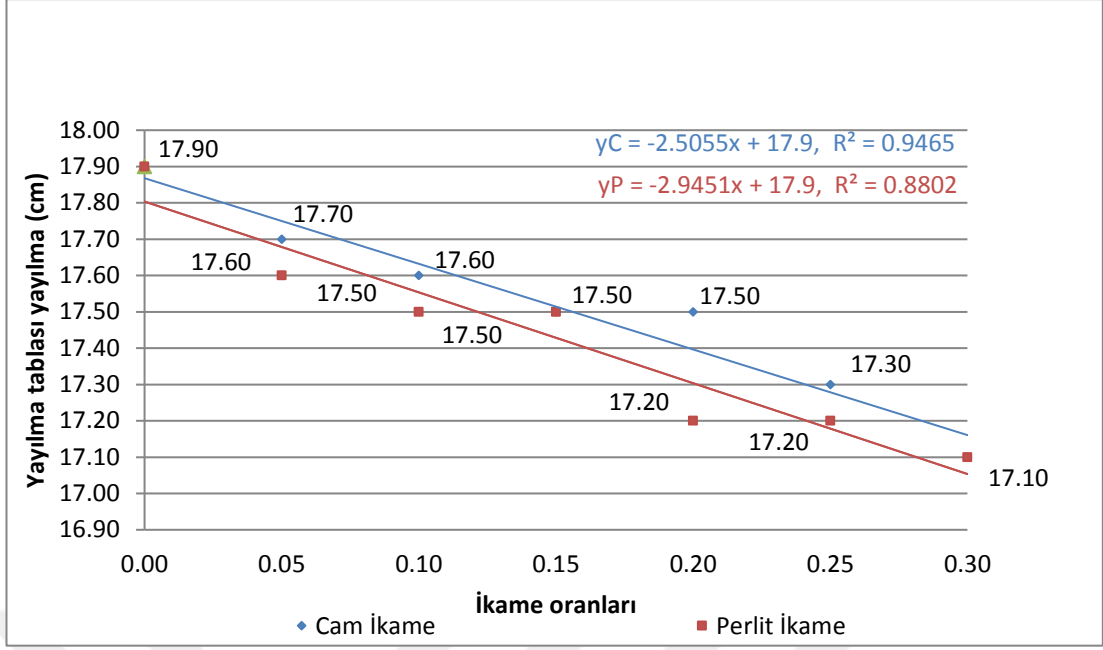
Taze şap harcı yayılma tablası yayılma değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.67-%4.44, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %2.22-%5, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.10-%4.40, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.65-%5.49, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.12-%4.47, CIIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.68-%4.47, CIVA grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0-%3.47 ve CIVA genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0-%4.62 arasında değişmektedir.

Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans taze şap harcına göre daha düşük yayılma değerine sahip olduğu, deney

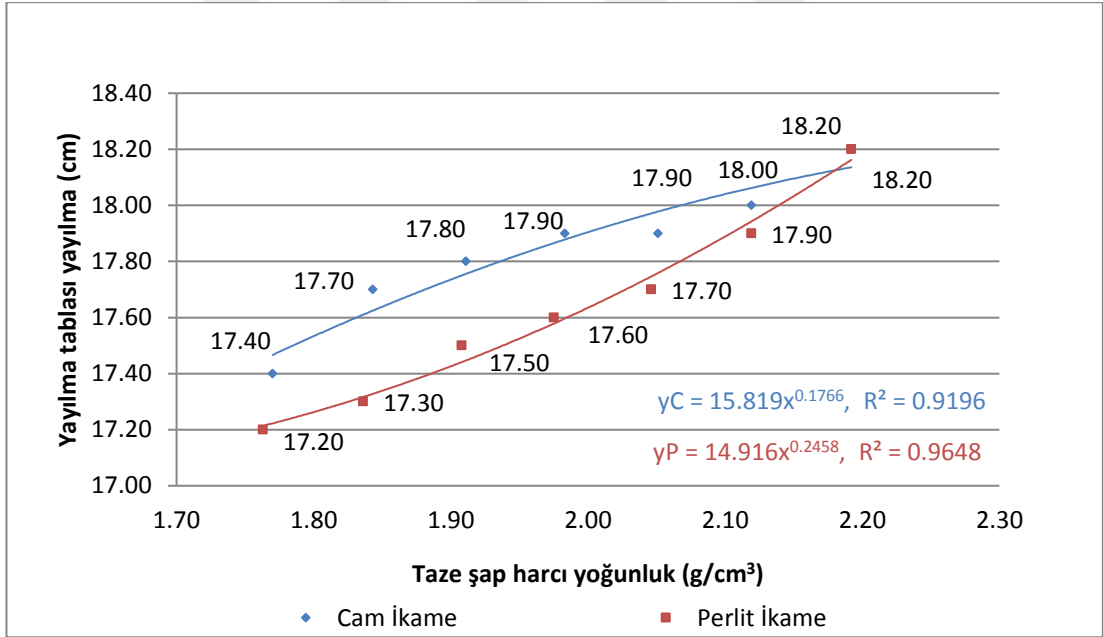
örnek gruplarının ve çimento türlerinin yayılmaya etkisinin sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin yayılma değerlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin yayılma değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir. Ayrıca genleştirilmiş cam agrega ve genleştirilmiş perlit agrega yoğunluğunun, CEN standart kumun yoğunluğundan (2.56 g/cm^3) daha az olması ikame örneklerde hacim artışına neden olmuş ve daha fazla karışım suyuna ihtiyaç duyulmuştur. Bu yüzden ikame oranı arttıkça, yoğunluğun azalması ve karışım suyu ihtiyacının artması, yayılma değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Yayılma tablası deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.7777 - 0.9465$ aralığında ve yayılma tablası deney sonuçları ile taze şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.879 - 0.9648$ aralığında elde edilmiştir. Yayılma tablası deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişkili CIIB grubu örneklerde (Şekil 4.3), yayılma tablası deney sonuçları ile taze şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki ise CIC grubu örneklerde (Şekil 4.4) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 3. Yayılma tablası yayılma – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 4. Yayılma tablası yayılma – taze şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin yayılma tablası yayılma değerleri ile ikame oranları ve taze şap harcı yoğunluk değerleri ile yayılma tablası yayılma değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.4'de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı

artışı ile yayılma tablası yayılma çapında azalma ve taze şap harcı yoğunluk azalışı ile yayılma tablası yayılma çapının da azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 4. Taze şap harcı yayılma belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -2.6813x + 18, R^2 = 0.8874$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = -3.1209x + 18, R^2 = 0.7777$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 15.563x^{0.1835}, R^2 = 0.9273$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = 15.461x^{0.187}, R^2 = 0.879$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = -2.3297x + 18.2, R^2 = 0.9065$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = -3.6044x + 18.2, R^2 = 0.9378$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 15.819x^{0.1766}, R^2 = 0.9196$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = 14.916x^{0.2458}, R^2 = 0.9648$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -2.5055x + 17.9, R^2 = 0.9465$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = -2.9451x + 17.9, R^2 = 0.8802$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 15.424x^{0.1909}, R^2 = 0.9575$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = 15.396x^{0.1887}, R^2 = 0.9184$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.7363x + 17.3, R^2 = 0.8553$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = -2.5055x + 17.3, R^2 = 0.9211$
	Taze şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 15.204x^{0.1837}, R^2 = 0.9229$
	Yayılma tab. yayılma (y)	$y(GP) = 14.576x^{0.2411}, R^2 = 0.9619$

4.2. Sertleşmiş Şap Harcı Deney Sonuçları

4.2.1. Yoğunluk deney sonuçları

Sertleşmiş harç fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN 12390-7 (2010) standartına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait yoğunluk deney sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Sertleşmiş şap harçlarına ait yoğunluk deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	Numune	Yoğunluk (g/cm ³)
CIB	2.157	CIB	2.157
CIB5GC	2.088	CIB5GP	2.081
CIB10GC	2.016	CIB10GP	2.000
CIB15GC	1.950	CIB15GP	1.931
CIB20GC	1.883	CIB20GP	1.862
CIB25GC	1.814	CIB25GP	1.787
CIB30GC	1.742	CIB30GP	1.718
CIC	2.192	CIC	2.192
CIC5GC	2.119	CIC5GP	2.119
CIC10GC	2.051	CIC10GP	2.046
CIC15GC	1.983	CIC15GP	1.975
CIC20GC	1.911	CIC20GP	1.908
CIC25GC	1.843	CIC25GP	1.836
CIC30GC	1.770	CIC30GP	1.763
CIIB	2.149	CIIB	2.149
CIIB5GC	2.077	CIIB5GP	2.081
CIIB10GC	2.011	CIIB10GP	2.000
CIIB15GC	1.942	CIIB15GP	1.937
CIIB20GC	1.875	CIIB20GP	1.863
CIIB25GC	1.804	CIIB25GP	1.793
CIIB30GC	1.737	CIIB30GP	1.722
CIVA	2.084	CIVA	2.084
CIVA5GC	2.018	CIVA5GP	2.017
CIVA10GC	1.947	CIVA10GP	1.942
CIVA15GC	1.878	CIVA15GP	1.876
CIVA20GC	1.815	CIVA20GP	1.808
CIVA25GC	1.752	CIVA25GP	1.742
CIVA30GC	1.683	CIVA30GP	1.669

Çizelge 4.5'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı sertleşmiş şap harçlarının içerisinde en düşük yoğunluğa sahip olan numune 1.669 g/cm³ değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yoğunluğa sahip olan numune ise 2.192 g/cm³ değeri ile CIC numunesidir.

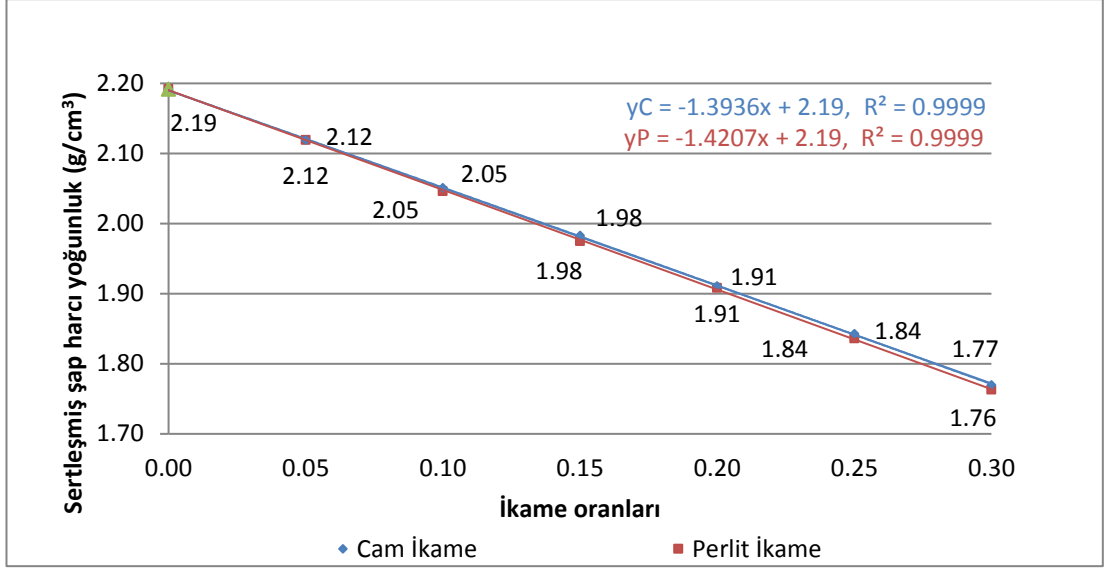
Sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.20-%19.24, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.52-%20.35,

CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.33-%19.25, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.33-%19.57, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.35-%19.17, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.16-%19.87, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.17-%19.24 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.21-%19.91 arasında değişmektedir.

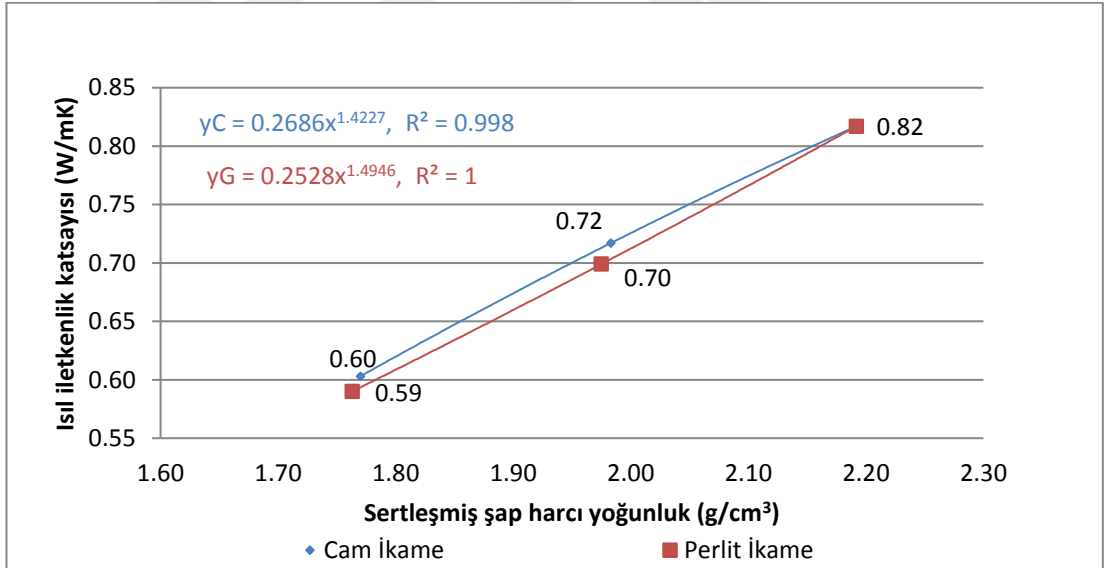
Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans taze şap harcına göre daha düşük yoğunluğa sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin yoğunluğa etkisinin sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin yoğunluk değerlerinin geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin yayılma değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

Sertleşmiş şap harcı yoğunluk deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.9986 - 0.9999$ aralığında ve sertleşmiş şap harcı yoğunluk ile ısı iletkenlik değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.9852 - 1$ aralığında elde edilmiştir. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIC grubu örneklerde (Şekil 4.5), sertleşmiş şap harcı yoğunluk ile ısı iletkenlik değerleri arasındaki en yüksek ilişki ise yine CIC grubu örneklerde (Şekil 4.6) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 5. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 6. Isıl iletkenlik katsayısı – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin yoğunluk değerleri ile ikame oranları ve sertleşmiş yoğunluk değerleri ile ısıl iletkenlik değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.6'da verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerinde azalma ve sertleşmiş şap harcı yoğunluk azalışı ile ısıl iletkenlik katsayısının da azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 6. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.3925x + 2.16, R^2 = 0.9997$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.4934x + 2.16, R^2 = 0.9986$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.2513x^{1.46}, R^2 = 0.9856$
	Isıl iletkenlik kat. (y)	$y(GP) = 0.1731x^{1.9491}, R^2 = 0.9959$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.3936x + 2.19, R^2 = 0.9999$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.4207x + 2.19, R^2 = 0.9999$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.2686x^{1.4227}, R^2 = 0.998$
	Isıl iletkenlik kat. (y)	$y(GP) = 0.2528x^{1.4946}, R^2 = 0.1$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.3809x + 2.15, R^2 = 0.9998$
	Sert. şap h.yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.4305x + 2.15, R^2 = 0.9996$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.2973x^{1.1739}, R^2 = 0.9983$
	Isıl iletkenlik kat. (y)	$y(GP) = 0.3068x^{1.1243}, R^2 = 0.9852$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -1.3222x + 2.08, R^2 = 0.9996$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = -1.3615x + 2.08, R^2 = 0.9996$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.1634x^{2.042}, R^2 = 0.9887$
	Isıl iletkenlik kat. (y)	$y(GP) = 0.1486x^{2.1774}, R^2 = 0.9852$

4.2.2. Kütlece su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları

Arşimet terazisi ve TS 699 (2009) standartında belirtilen denklemler yardımıyla yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. GC agregalı şap harçlarına ait su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları

Numune	Geliştirilmiş Cam		
	Kütlece su emme yüzdesi (%)	Kompasite (%)	Porozite (%)
CIB	8.528	83.850	16.150
CIB5GC	8.756	92.980	17.020
CIB10GC	8.954	82.148	17.852
CIB15GC	9.491	81.979	18.021
CIB20GC	10.201	81.943	18.057
CIB25GC	10.235	80.060	19.940

Çizelge 4.7'nin devamı

Numune	Genleştirilmiş Cam		
	Kütlece su emme yüzdesi (%)	Kompasite (%)	Porozite (%)
CIB30GC	10.240	79.805	20.195
CIC	8.190	84.600	15.400
CIC5GC	8.247	84.050	15.950
CIC10GC	8.961	83.449	16.551
CIC15GC	9.045	82.850	17.150
CIC20GC	9.756	82.687	17.313
CIC25GC	9.195	82.075	17.925
CIC30GC	9.580	81.753	18.247
CIIB	8.810	84.000	16.245
CIIB5GC	8.961	82.479	17.521
CIIB10GC	9.021	82.386	17.614
CIIB15GC	9.954	81.805	18.195
CIIB20GC	10.124	81.378	18.622
CIIB25GC	10.254	80.657	19.343
CIIB30GC	10.600	79.669	20.331
CIVA	9.900	81.740	18.260
CIVA5GC	10.245	81.126	18.874
CIVA10GC	10.663	81.525	18.475
CIVA15GC	10.984	80.343	19.657
CIVA20GC	11.667	79.858	20.142
CIVA25GC	12.048	78.084	21.916
CIVA30GC	12.950	77.496	22.504

Çizelge 4. 8. GP agregalı şap harçlarına ait su emme, kompasite ve porozite deney sonuçları

Numune	Genleştirilmiş Perlit		
	Kütlece su emme yüzdesi (%)	Kompasite (%)	Porozite (%)
CIB	8.528	83.850	16.150
CIB5GP	8.894	82.370	17.630
CIB10GP	9.118	82.046	17.954
CIB15GP	9.625	81.752	18.248
CIB20GP	10.956	80.003	19.997
CIB25GP	11.025	79.546	20.454
CIB30GP	11.845	79.326	20.674

Çizelge 4.8'in devamı

Numune	Genleştirilmiş Perlit		
	Kütlece su emme yüzdesi (%)	Kompasite (%)	Porozite (%)
CIC	8.190	84.600	15.400
CIC5GP	8.841	83.105	16.895
CIC10GP	9.545	82.958	17.042
CIC15GP	9.854	82.348	17.652
CIC20GP	10.117	82.140	17.860
CIC25GP	10.214	81.970	18.030
CIC30GP	10.895	81.138	18.862
CIIB	8.810	83.755	16.245
CIIB5GP	9.300	82.126	17.874
CIIB10GP	9.415	81.746	18.254
CIIB15GP	10.200	80.886	19.114
CIIB20GP	11.345	80.053	19.947
CIIB25GP	11.662	79.759	20.241
CIIB30GP	12.274	78.786	21.214
CIVA	9.900	81.740	18.260
CIVA5GP	10.478	80.453	19.547
CIVA10GP	11.201	79.980	20.020
CIVA15GP	11.245	79.642	20.358
CIVA20GP	12.452	78.855	21.145
CIVA25GP	13.624	77.459	22.541
CIVA30GP	14.045	76.876	23.124

Çizelge 4.7 ve 4.8'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde kütlece en düşük su emme yüzdesine sahip olan numune % 8.19 değeri ile CIC şahit numunesi, en düşük görünür porozite yüzdesine sahip olan numune % 15.4 değeri ile CIC şahit numunesi; kütlece en yüksek su emme yüzdesine sahip olan numune % 14.045 değeri ile CIVA30GP numunesi ve en yüksek görünür porozite yüzdesine sahip olan numune ise % 23.124 değeri ile CIVA30GP numunesidir.

Kütlece su emme değerlerindeki artış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %2.67-%20.08, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %4.29-%38.90, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.70-%16.97, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %7.95-%33.03, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı

örnekleri için %1.71-%20.32, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %5.56-%39.32, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.48-%30.81 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %5.84-%41.87 arasında değişmektedir.

Kompozite değerlerindeki azalış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.04-%4.82, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.77-%5.40, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.65-%3.37, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.77-%4.09, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.81-%5.16, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.94-%5.93, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.75-%5.19 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.57-%5.95 arasında değişmektedir.

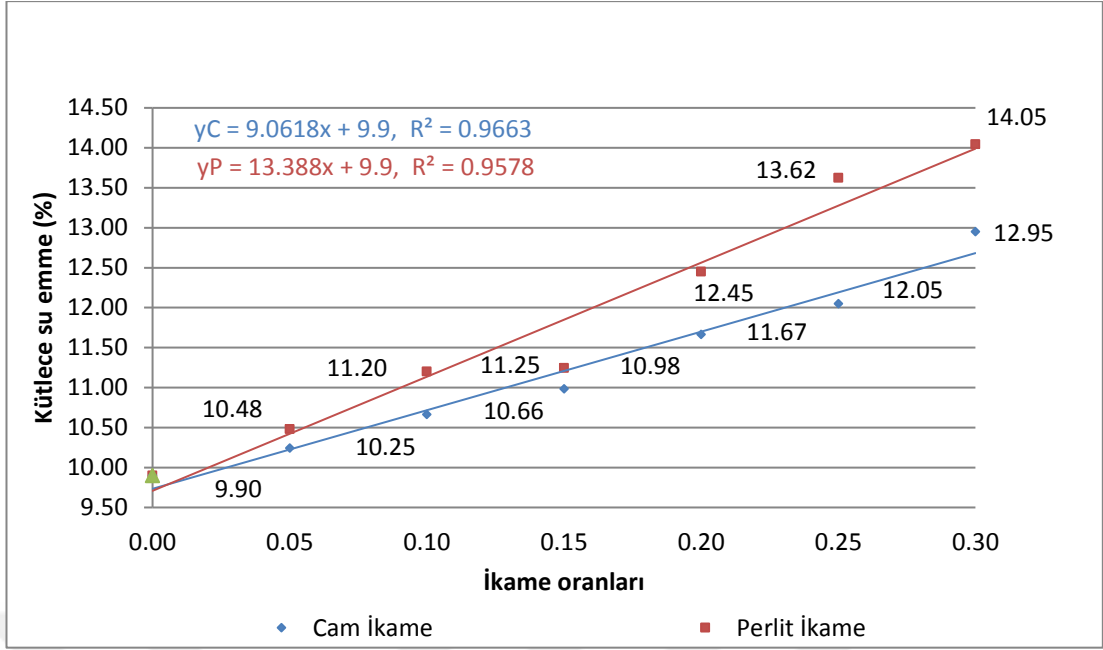
Porozite değerlerindeki artış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %5.39-%25.05, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %9.16-%28.01, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.57-%18.49, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %9.71-%22.48, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %7.85-%25.15, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %10.03-%30.59, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.36-%23.24 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %7.05-%26.64 arasında değişmektedir.

Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha yüksek su emme yüzdesi ve görünür porozite yüzdesine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin su emme yüzdesi ve porozite yüzdesindeki artışa göre sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların ve ikame edilen geliştirilmiş cam agrega ve geliştirilmiş perlit agregalarının su emme özellikleri arasındaki farkla açıklanabilir. Ayrıca ikame oranı artışı ile birlikte su

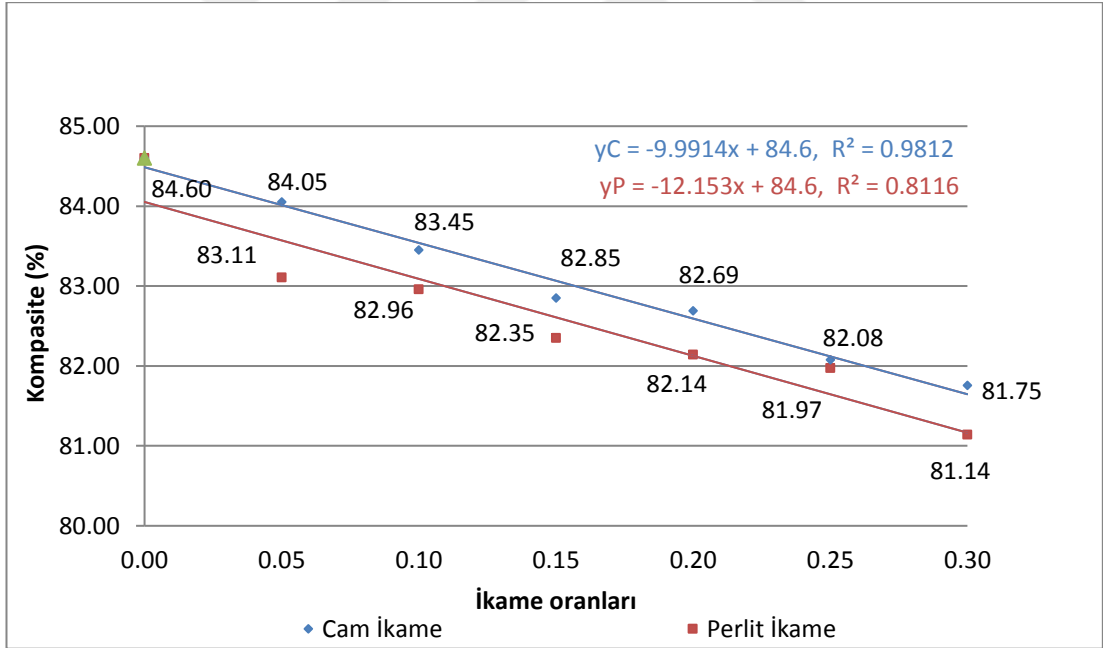
emme ve porozite değerlerinin arttığı dolayısıyla ikameli örneklerin referans örneklere göre daha geçirimli bir yapıda olduğu söylenebilir.

Genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin kütlece su emme ve porozite değerlerinin genleştirilmiş cam agregalı örneklerin kütlece su emme ve porozite değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş perlitin su emme özelliğinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

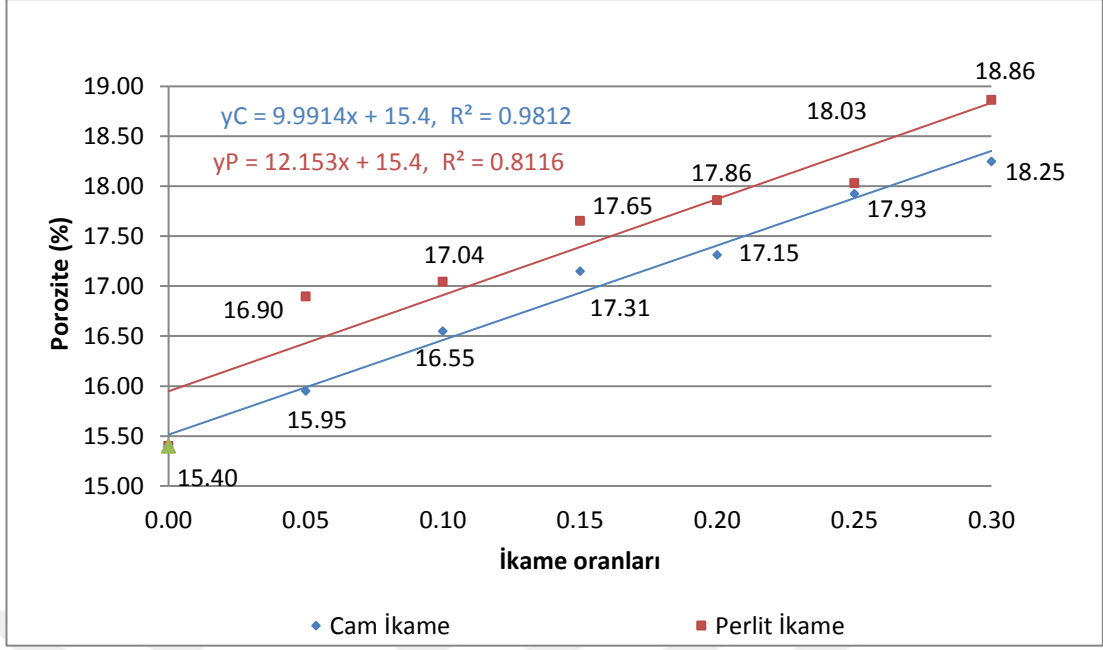
Sertleşmiş şap harcı kütlece su emme deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.7688 - 0.9663$ aralığında, kompasite deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.8116 - 0.9812$ aralığında, porozite deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.8116 - 0.9812$ aralığında ve kütlece su emme ile serleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.7626 - 0.9887$ aralığında, kompasite ile serleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.8987 - 0.9791$ aralığında ve porozite ile serleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.8793 - 0.9721$ aralığında, elde edilmiştir. Kütlece su emme deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişkili CIVA grubu örneklerde (şekil 4.7), kompasite deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişkili CIC grubu örneklerde (şekil 4.8), porozite deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişkili CIC grubu örneklerde (şekil 4.9), kütlece su emme deney sonuçları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasında en yüksek ilişki ise CIVA gurubu örneklerde (şekil 4.10), kompasite deney sonuçları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasında en yüksek ilişki ise CIC gurubu örneklerde (şekil 4.11) ve porozite deney sonuçları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasında en yüksek ilişki ise yine CIC gurubu örneklerde (şekil 4.12) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



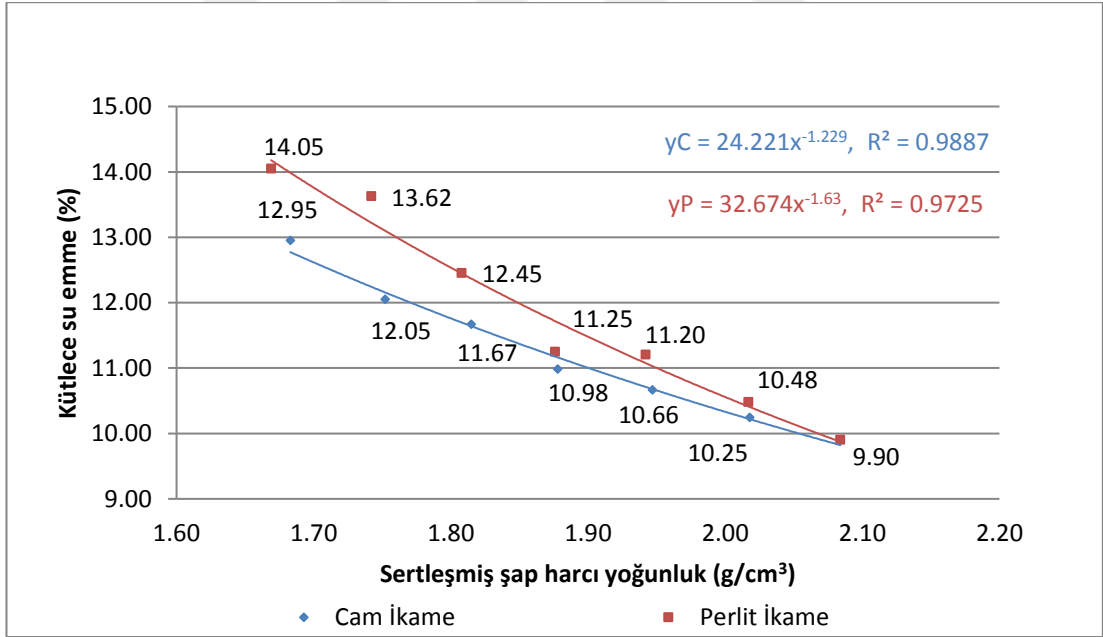
Şekil 4. 7. Kütüce su emme - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



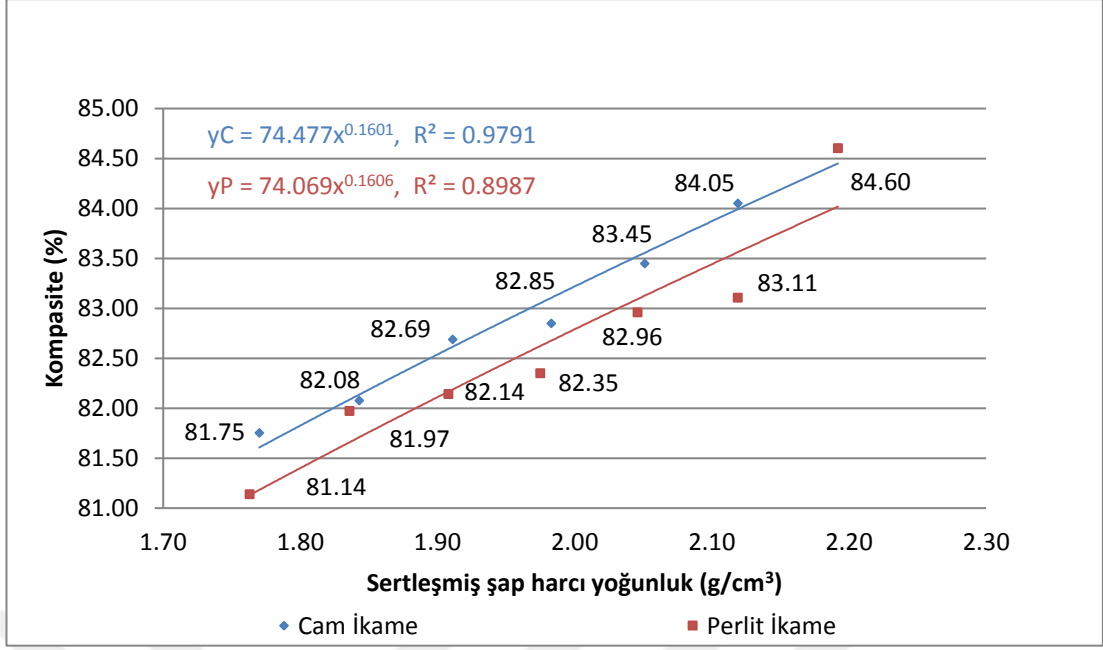
Şekil 4. 8. Kompasite - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



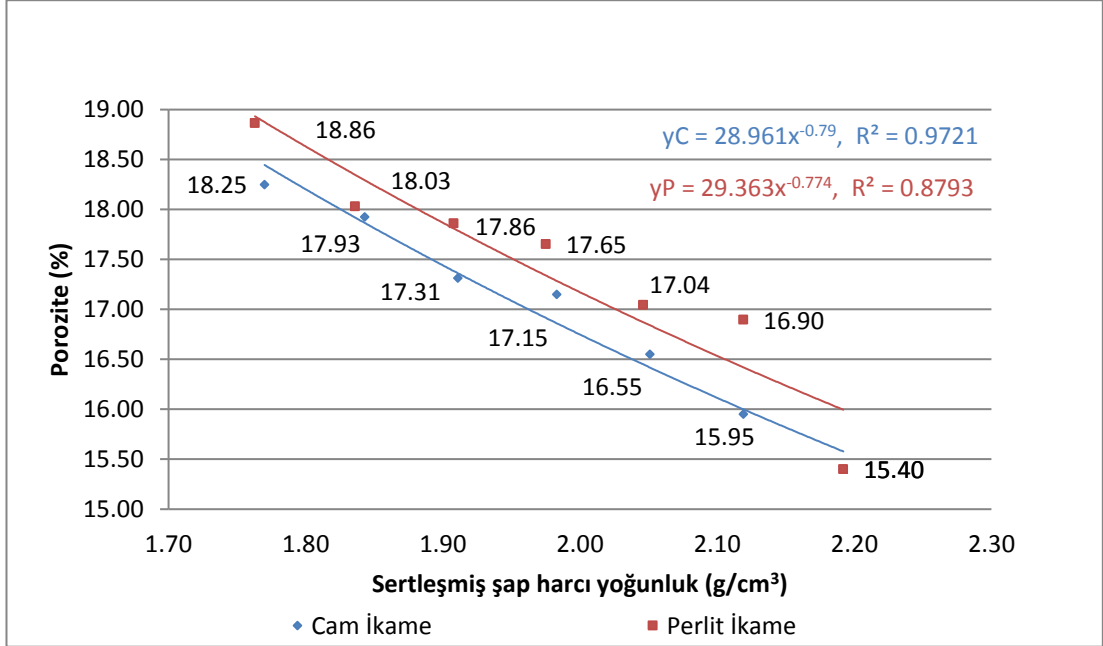
Şekil 4. 9. Porozite - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 10. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk - kütlece su emme arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 11. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – kompasite arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 12. Sertleşmiş şap harcı yoğunluk – porozite arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin kütlece su emme, kompasite ve porozite değerleri ile ikame oranları; sertleşmiş yoğunluk değerleri ile kütlece su emme, kompasite ve porozite değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile kütlece su emme yüzdesinin arttığı, ikame oranı artışı ile kompasitenin azaldığı, sertleşmiş şap harcı yoğunluk artışı ile kütlece su emme yüzdesinin azaldığı, sertleşmiş şap harcı yoğunluk azalışı ile kompasitenin arttığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 9. Su emme ve kompasite belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC)= 6.4673x + 8.53, R^2= 0.9222$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 10.306x + 8.53, R^2= 0.9368$
	İkame oranı (x)	$y(GC)= -13.348x + 83.85, R^2=0.9232$
	Kompasite (y)	$y(GP)= -16.579x + 83.85, R^2=0.9351$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 18.318x^{-0.993}, R^2= 0.9122$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 26.718x^{-1.507}, R^2= 0.9554$
CIC	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 70.433x^{0.2251}, R^2= 0.9283$
	Kompasite (y)	$y(GP)= 69.129x^{0.2462}, R^2= 0.9424$
	İkame oranı (x)	$y(GC)= 5.2292x + 8.19, R^2= 0.7688$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 9.3211x + 8.19, R^2= 0.9208$
	İkame oranı (x)	$y(GC)= -9.9914x + 84.6, R^2= 0.9812$
	Kompasite (y)	$y(GP)= -12.153x + 84.6, R^2= 0.8116$
CIIB	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 15.183x^{-0.771}, R^2= 0.7626$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 21.535x^{-1.186}, R^2= 0.9272$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 74.477x^{0.1601}, R^2= 0.9791$
	Kompasite (y)	$y(GP)= 74.069x^{0.1606}, R^2= 0.8987$
	İkame oranı (x)	$y(GC)= 5.9826x + 8.81, R^2= 0.921$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 11.221x + 8.81, R^2= 0.9577$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC)= -13.073x + 83.76, R^2= 0.9515$
	Kompasite (y)	$y(GP)= -17.354x + 83.76, R^2= 0.9426$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 18.047x^{-0.946}, R^2= 0.9214$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP)= 29.233x^{-1.579}, R^2= 0.9678$
CIIB	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC)= 70.777x^{0.2181}, R^2= 0.9568$
	Kompasite (y)	$y(GP)= 68.579x^{0.2532}, R^2= 0.964$

Çizelge 4.9'un devamı

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
	İkame oranı (x)	$y(GC) = 9.0618x + 9.9, R^2 = 0.9663$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP) = 13.388x + 9.9, R^2 = 0.9578$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -12.419x + 81.74, R^2 = 0.8679$
	Komposite (y)	$y(GP) = -16.095x + 81.74, R^2 = 0.9692$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 24.221x^{1.229}, R^2 = 0.9887$
	Kütlece su emme yü. (y)	$y(GP) = 32.674x^{1.63}, R^2 = 0.9725$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 67.95x^{0.2593}, R^2 = 0.901$
	Komposite (y)	$y(GP) = 67.102x^{0.2658}, R^2 = 0.9713$

4.2.3. Kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları

Sertleşmiş harç fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN 772-11 (2012) standartına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4. 10. Kılcal su emme katsayısı ortalaması deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Kılcal su emme katsayısı ortalaması $g/(m^2xs^{0.5})$	Numune	Kılcal su emme katsayısı ortalaması $g/(m^2xs^{0.5})$
CIB	6.100	CIB	6.100
CIB5GC	5.900	CIB5GP	5.865
CIB10GC	5.455	CIB10GP	5.345
CIB15GC	5.121	CIB15GP	4.997
CIB20GC	4.962	CIB20GP	4.616
CIB25GC	4.344	CIB25GP	4.124
CIB30GC	3.805	CIB30GP	3.700
CIC	6.255	CIC	6.255
CIC5GC	6.103	CIC5GP	5.984
CIC10GC	5.963	CIC10GP	5.852
CIC15GC	5.365	CIC15GP	5.263
CIC20GC	4.917	CIC20GP	4.824
CIC25GC	4.341	CIC25GP	4.167
CIC30GC	4.153	CIC30GP	4.104

Çizelge 4.10'un devamı

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Kılcal su emme katsayısı ortalaması g/(m ² xs ^{0.5})	Numune	Kılcal su emme katsayısı ortalaması g/(m ² xs ^{0.5})
CIIB	5.733	CIIB	5.733
CIIB5GC	5.496	CIIB5GP	5.246
CIIB10GC	5.051	CIIB10GP	4.967
CIIB15GC	4.616	CIIB15GP	4.500
CIIB20GC	4.267	CIIB20GP	4.153
CIIB25GC	3.992	CIIB25GP	3.901
CIIB30GC	3.635	CIIB30GP	3.595
CIVA	5.107	CIVA	5.107
CIVA5GC	4.765	CIVA5GP	4.595
CIVA10GC	4.397	CIVA10GP	4.165
CIVA15GC	3.969	CIVA15GP	3.747
CIVA20GC	3.524	CIVA20GP	3.416
CIVA25GC	3.317	CIVA25GP	3.295
CIVA30GC	3.004	CIVA30GP	2.961

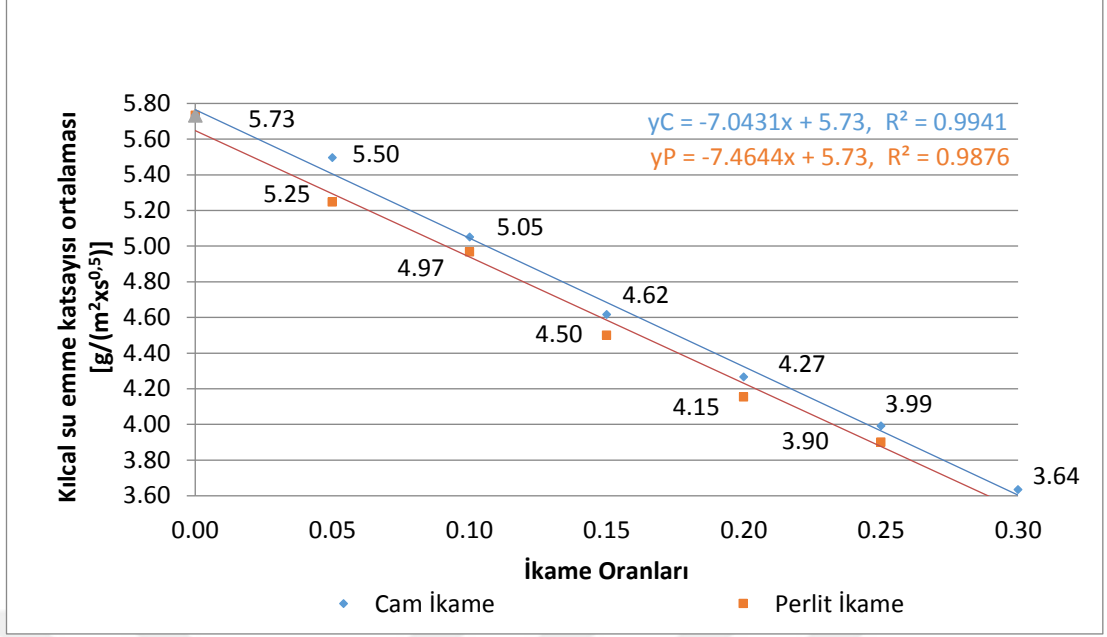
Çizelge 4.10'a göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en düşük kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olan numune 2.961 g/(m²xs^{0.5}) değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olan numune 6.255 g/(m²xs^{0.5}) değeri ile CIC şahit numunesidir.

Kılcal su emme katsayısı ortalaması değerlerindeki artış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.28-%37.62, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.85-%39.34, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %2.43-%33.61, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %4.33-%34.39, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %4.13-%36.60, CIIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %8.49-%37.29, CIVA grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %6.70-%41.18 ve CIVA genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %10.03-%42.02 arasında değişmektedir.

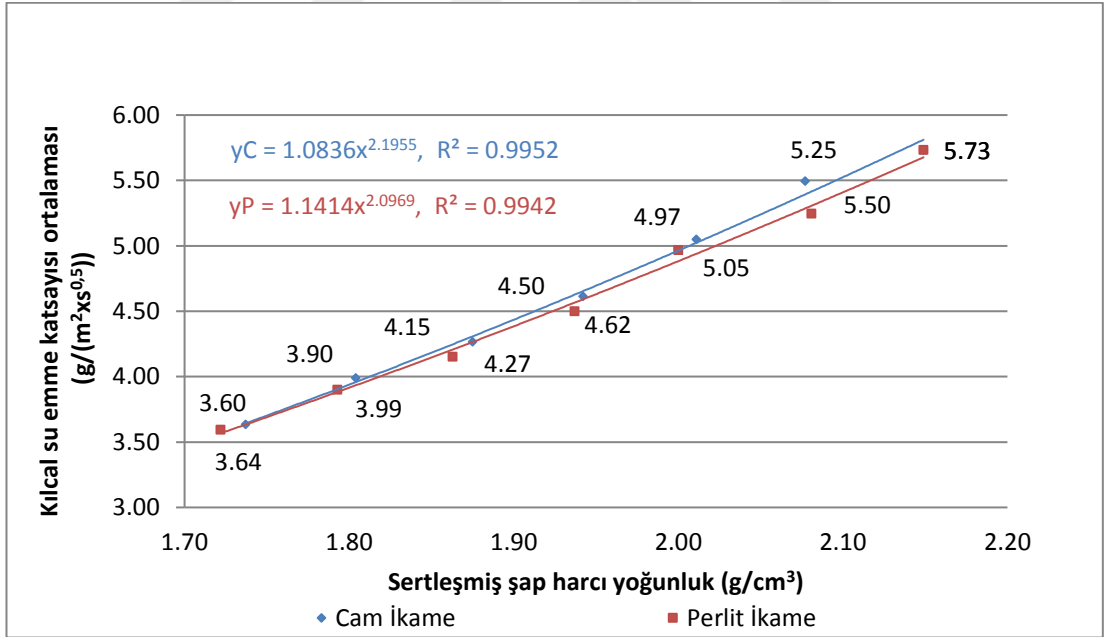
Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha düşük kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamalarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasının genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasından daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş perlitin su emme özelliğinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

Sertleşmiş şap harcı kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.9433 - 0.9941$ aralığında ve kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalaması ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.9584 - 0.9952$ aralığında elde edilmiştir. Kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişkili CIIB grubu örneklerde (Şekil 4.13), kılcal (kapiler) su emme deney sonuçları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasında en yüksek ilişki ise CIIB ve CIVA gurubu örneklerde (Şekil 4.14) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Kılcal su emme katsayısı ortalaması - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4.14. Kılcal su emme katsayısı ortalaması - sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin kılcal (kapiler) su emme ile ikame oranları; sertleşmiş yoğunluk değerleri ile kılcal (kapiler) su emme değerleri arasındaki deney verilerini belirleme

katsayıları Çizelge 4.11'de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile kılcal su emme katsayısı ortalamasının azaldığı ve sertleşmiş şap harcı yoğunluk artışı ile kılcal su emme katsayısı ortalamasının arttığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 11. Kılcal (kapiler) su emme belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -6.9295x + 6.1, R^2 = 0.9663$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = -7.7516x + 6.1, R^2 = 0.9917$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 1.2004x^{2.156}, R^2 = 0.9645$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = 1.1361x^{2.2244}, R^2 = 0.9889$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = -6.8231x + 6.26, R^2 = 0.9433$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = -7.3029x + 6.26, R^2 = 0.9573$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 1.2296x^{2.1275}, R^2 = 0.9617$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = 1.185x^{2.1617}, R^2 = 0.9584$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -7.0431x + 5.73, R^2 = 0.9941$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = -7.4944x + 5.73, R^2 = 0.9876$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 1.0836x^{2.1955}, R^2 = 0.9952$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = 1.1414x^{2.0969}, R^2 = 0.9942$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -7.2833x + 5.11, R^2 = 0.9927$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = -7.7448x + 5.11, R^2 = 0.9567$
	Sert. şap h. yoğunluk (x)	$y(GC) = 0.7903x^{2.5525}, R^2 = 0.9952$
	Kılcal su em. kat. ort. (y)	$y(GP) = 0.8428x^{2.4172}, R^2 = 0.9848$

4.2.4. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları

Sertleşmiş şap harcı fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN 12504-4 (2012) standartına göre yapılan, 28 günlük genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait ultrases ses geçiş hızı deney sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Ultrases geçiş hızı (km/s)	Numune	Ultrases geçiş hızı (km/s)
CIB	4.074	CIB	4.074
CIB5GC	4.062	CIB5GP	4.053
CIB10GC	4.059	CIB10GP	4.049
CIB15GC	4.015	CIB15GP	4.003
CIB20GC	4.003	CIB20GP	4.000
CIB25GC	3.965	CIB25GP	3.957
CIB30GC	3.952	CIB30GP	3.945
CIC	4.419	CIC	4.419
CIC5GC	4.375	CIC5GP	4.357
CIC10GC	4.321	CIC10GP	4.318
CIC15GC	4.226	CIC15GP	4.201
CIC20GC	4.172	CIC20GP	4.156
CIC25GC	4.108	CIC25GP	4.095
CIC30GC	4.070	CIC30GP	4.055
CIIB	4.071	CIIB	4.071
CIIB5GC	4.069	CIIB5GP	4.050
CIIB10GC	4.065	CIIB10GP	4.048
CIIB15GC	4.051	CIIB15GP	4.018
CIIB20GC	4.010	CIIB20GP	4.001
CIIB25GC	3.964	CIIB25GP	3.980
CIIB30GC	3.845	CIIB30GP	3.840
CIVA	3.842	CIVA	3.842
CIVA5GC	3.700	CIVA5GP	3.666
CIVA10GC	3.665	CIVA10GP	3.598
CIVA15GC	3.615	CIVA15GP	3.555
CIVA20GC	3.608	CIVA20GP	3.553
CIVA25GC	3.579	CIVA25GP	3.499
CIVA30GC	3.498	CIVA30GP	3.468

Çizelge 4.12'ya göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en düşük ultrases geçiş hızı değerine sahip olan örnek 3.468 km/s değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında en yüksek ultrases geçiş hızı değerine sahip olan örnek ise 4.419 km/s değeri ile CIC şahit numunesidir.

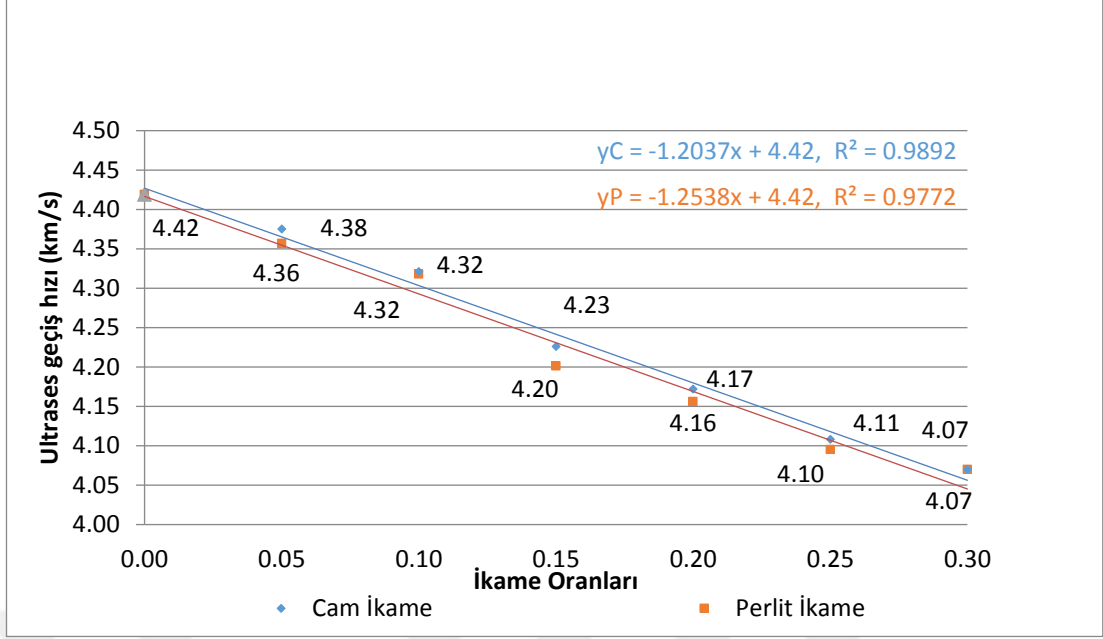
Ultrases geçiş hızı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.22-%2.92, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.44-%2.92, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap

harcı örnekleri için %1.00-%7.90, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.40-%7.90, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.17-%5.67, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.64-%5.67 CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %3.70-%8.95 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %4.58-%8.95 arasında değişmektedir.

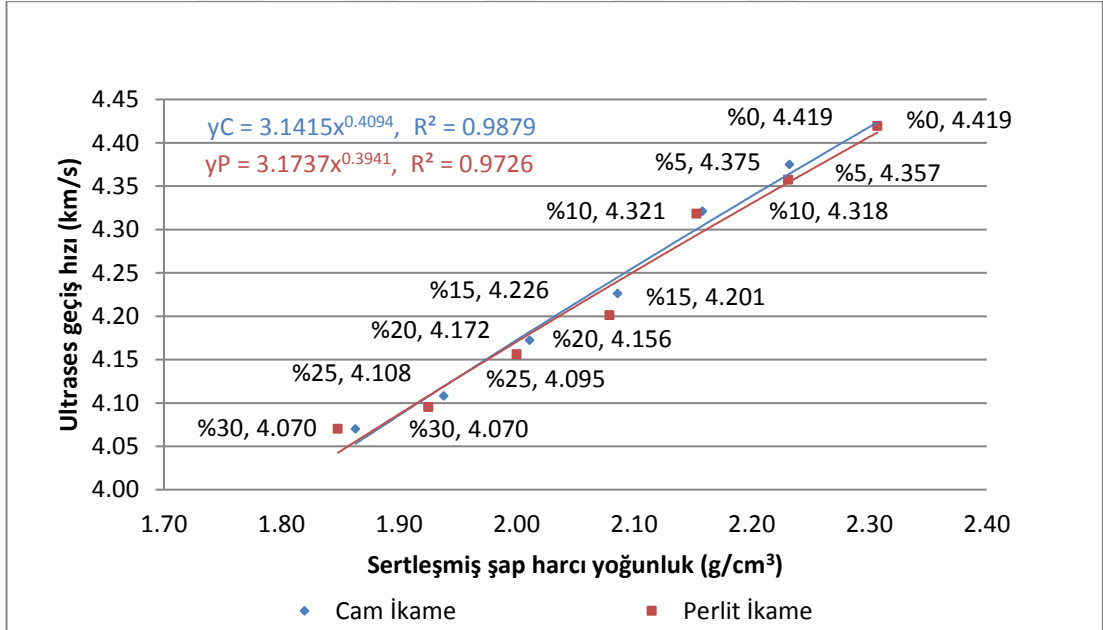
Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harçlarına göre daha düşük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin ultrases geçiş hızlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin ultrases geçiş hızı değerlerinin geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ultrases geçiş hızı değerlerinden az da olsa daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

Ultrases geçiş hızı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2 = 0.6235 - 0.9892$ aralığında ve ultrases geçiş hızı ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2 = 0.799 - 0.9879$ aralığında elde edilmiştir. Ultrases geçiş hızı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIC grubu örneklerde (Şekil 4.15), ultrases geçiş hızı ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasında en yüksek ilişki ise yine CIC grubu örneklerde (Şekil 4.16) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 15. Ultrases geçiş hızı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 16. Ultrases geçiş hızı – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin ultrases geçiş hızı ile ikame oranları ve ultrases geçiş hızı ile sertleşmiş harç yoğunluk arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.13’de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile ultrases geçiş hızı

değerinde azalış ve sertleşmiş şap harcı yoğunluk artışı ile ultrases geçiş hızında arttığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 13. Ultrases geçiş hızı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(\text{GC}) = -0.3727x + 4.07, R^2 = 0.9248$
	Ultrases geçiş hızı (y)	$y(\text{GP}) = -0.3985x + 4.07, R^2 = 0.9482$
	Ultrases geçiş hızı (x)	$y(\text{GC}) = 3.6294x^{0.1528}, R^2 = 0.9547$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(\text{GP}) = 3.6577x^{0.1408}, R^2 = 0.9535$
CIC	İkame oranı (x)	$y(\text{GC}) = -1.2037x + 4.42, R^2 = 0.9892$
	Ultrases geçiş hızı (y)	$y(\text{GP}) = -1.2538x + 4.42, R^2 = 0.9772$
	Ultrases geçiş hızı (x)	$y(\text{GC}) = 3.1415x^{0.4094}, R^2 = 0.9879$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(\text{GP}) = 3.1737x^{0.3941}, R^2 = 0.9726$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(\text{GC}) = -0.527x + 4.08, R^2 = 0.7231$
	Ultrases geçiş hızı (y)	$y(\text{GP}) = -0.5508x + 4.08, R^2 = 0.7665$
	Ultrases geçiş hızı (x)	$y(\text{GC}) = 3.3606x^{0.2466}, R^2 = 0.804$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(\text{GP}) = 3.4271x^{0.2176}, R^2 = 0.799$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(\text{GC}) = -1.1978x + 3.84, R^2 = 0.8104$
	Ultrases geçiş hızı (y)	$y(\text{GP}) = -1.4105x + 3.84, R^2 = 0.6235$
	Ultrases geçiş hızı (x)	$y(\text{GC}) = 2.8435x^{0.3633}, R^2 = 0.8995$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(\text{GP}) = 2.7977x^{0.3716}, R^2 = 0.8027$

4.2.5. Eğilme dayanımı deney sonuçları

Sertleşmiş harç özelliklerinden eğilme dayanımı özelliklerini belirlemek için yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait eğilme dayanımı deney sonuçları sırasıyla Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4. 14. GC agregalı şap harçlarına ait eğilme dayanımı deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam			
Eğilme dayanımı (MPa)			
Numune	2 gün	7 gün	28 gün
CIB	5.14	5.66	8.17
CIB5GC	5.12	5.61	8.30
CIB10GC	5.00	5.50	7.63
CIB15GC	4.92	5.43	7.42
CIB20GC	4.90	5.20	7.39
CIB25GC	4.82	5.18	6.95
CIB30GC	4.80	5.02	6.75
CIC	8.74	9.45	11.16
CIC5GC	8.74	9.43	11.11
CIC10GC	8.73	9.41	10.96
CIC15GC	8.72	9.38	10.71
CIC20GC	8.65	9.28	10.66
CIC25GC	8.65	9.20	10.60
CIC30GC	8.63	9.13	10.43
CIIB	4.94	5.41	7.45
CIIB5GC	4.92	5.39	7.41
CIIB10GC	4.88	5.31	7.30
CIIB15GC	4.80	5.25	7.16
CIIB20GC	4.78	5.12	7.00
CIIB25GC	4.76	5.10	6.83
CIIB30GC	4.70	5.01	6.42
CIVA	alınamadı	3.71	4.60
CIVA5GC	alınamadı	3.70	4.56
CIVA10GC	alınamadı	3.69	4.56
CIVA15GC	alınamadı	3.61	4.48
CIVA20GC	alınamadı	3.54	4.31
CIVA25GC	alınamadı	3.51	4.21
CIVA30GC	alınamadı	3.51	4.17

Çizelge 4. 15. GP agregalı şap harçlarına ait eğilme dayanımı deney sonuçları

Genleştirilmiş Perlit			
Eğilme dayanımı (MPa)			
Numune	2 gün	7 gün	28 gün
CIB	5.14	5.66	8.17
CIB5GP	5.11	5.48	8.21
CIB10GP	4.95	5.19	7.52
CIB15GP	4.80	5.05	7.01
CIB20GP	4.79	5.00	6.81
CIB25GP	4.75	5.00	6.73

Çizelge 4.15'in devamı

Numune	Genleştirilmiş Perlit Eğilme dayanımı (MPa)		
	2 gün	7 gün	28 gün
CIB30GP	4.71	4.98	6.44
CIC	8.74	9.45	11.16
CIC5GP	8.59	9.41	11.04
CIC10GP	8.40	9.32	10.82
CIC15GP	8.34	9.17	10.77
CIC20GP	8.26	9.11	10.55
CIC25GP	8.25	9.05	10.53
CIC30GP	8.21	9.05	10.47
CIIB	4.94	5.41	7.45
CIIB5GP	4.91	5.36	7.41
CIIB10GP	4.85	5.15	6.88
CIIB15GP	4.79	5.11	6.81
CIIB20GP	4.77	5.03	6.78
CIIB25GP	4.75	4.99	6.67
CIIB30GP	4.67	4.96	6.40
CIVA	alınamadı	3.71	4.60
CIVA5GP	alınamadı	3.54	4.51
CIVA10GP	alınamadı	3.51	4.49
CIVA15GP	alınamadı	3.50	4.42
CIVA20GP	alınamadı	3.49	4.33
CIVA25GP	alınamadı	3.48	4.12
CIVA30GP	alınamadı	3.44	4.00

CIVA çimento grubundaki örneklerin 2 günlük eğilme dayanımı değerleri alınamamıştır. Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde 2 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 4.67 MPa değeri ile CIIB30GP numunesi, 7 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 3.44 MPa değeri ile CIVA30GP numunesi ve 28 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 4 MPa değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında 2, 7 ve 28 günlük en yüksek eğilme dayanımına sahip olan numune sırasıyla 8.74 MPa, 9.45 MPa ve 11.16 MPa değerleri ile CIC şahit numunesidir.

2 günlük eğilme dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.39-%6.61, CIB genleştirilmiş perlit

agregalı şap harcı örnekleri için %0.58-%8.37, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.06-%1.21, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.72-%6.06, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.40-%4.86 ve CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.61-%5.47 arasında değişmektedir.

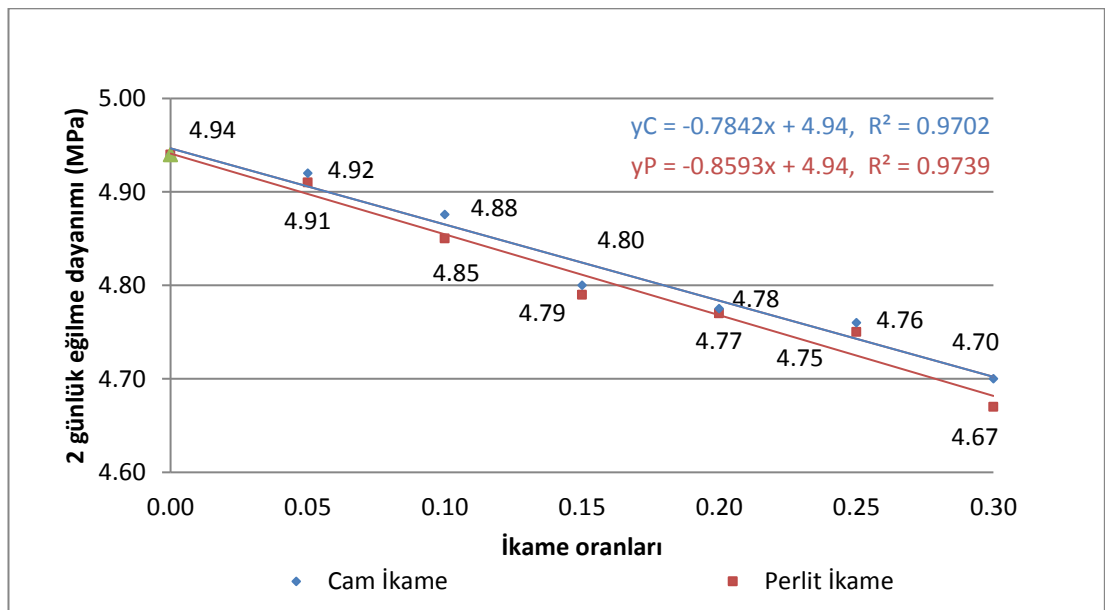
7 günlük eğilme dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.94-%11.27, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %3.18-%12.01, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.20-%3.37, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.42-%4.23, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.46-%7.39, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.92-%8.32, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.27-%5.39 ve CIVA grubu perlit agregalı şap harcı örnekleri için %4.58-%7.28 arasında değişmektedir.

28 günlük eğilme dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %6.67-%17.38, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %7.96-%21.18, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.47-%6.52, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.08-%6.18, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.52-%13.83, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.54-%14.09, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.85-%9.35 ve CIVA grubu perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.96-%13.04 arasında değişmektedir.

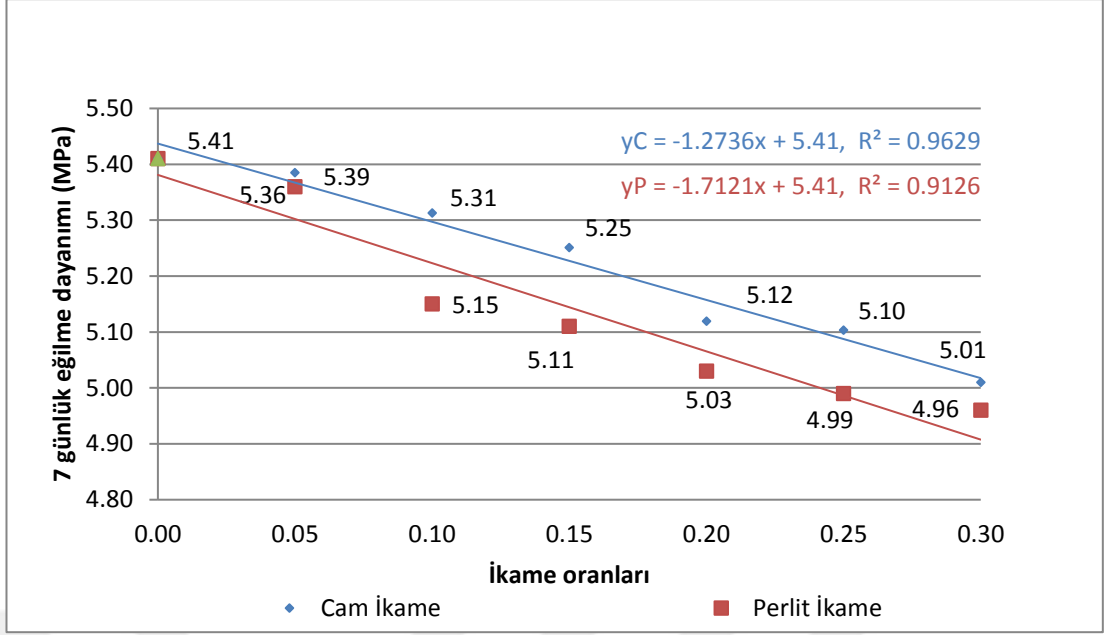
Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha düşük eğilme dayanımı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin eğilme dayanımlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum örneklerin yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin eğilme dayanımı değerlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin eğilme dayanımı değerlerinden az da olsa daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

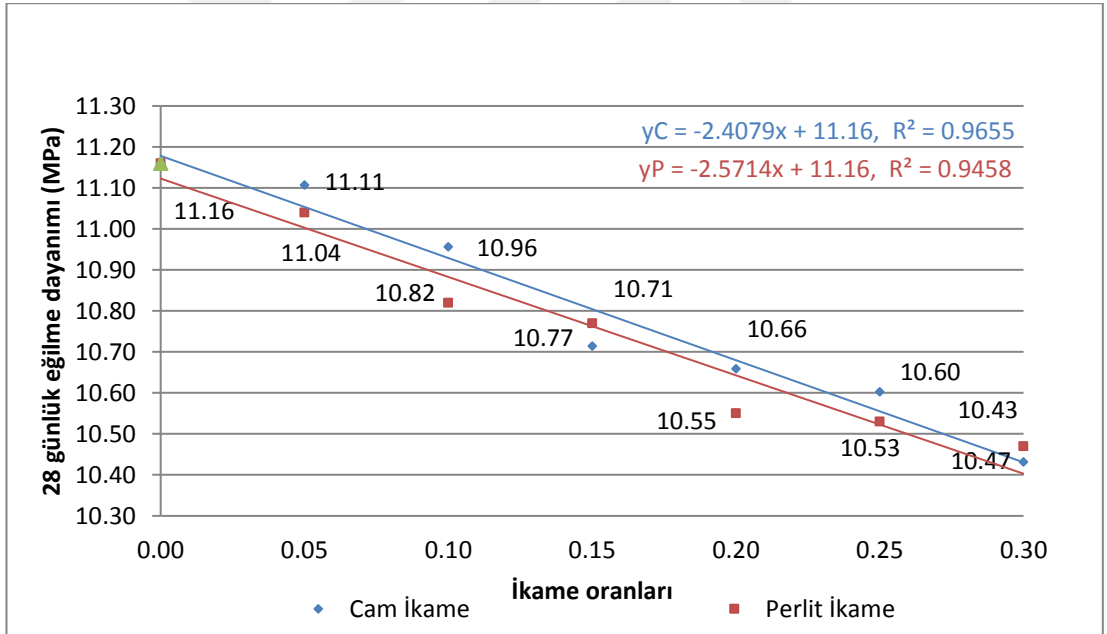
2 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.8245 - 0.9739$ aralığında, 7 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.3727 - 0.9629$ aralığında, 28 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.8804 - 0.9655$ aralığında ve 28 günlük eğilme dayanımı ile ultrases geçiş hızı değeri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.6388 - 0.9769$ aralığında elde edilmiştir. 2 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIIB grubu örneklerde (Şekil 4.17), 7 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIIB grubu örneklerde (Şekil 4.18), 28 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIC grubu örneklerde (Şekil 4.19) ve 28 günlük eğilme dayanımı ile ultrases geçiş hızı değeri arasındaki en yüksek ilişki ise CIC grubu örneklerde (Şekil 4.20) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



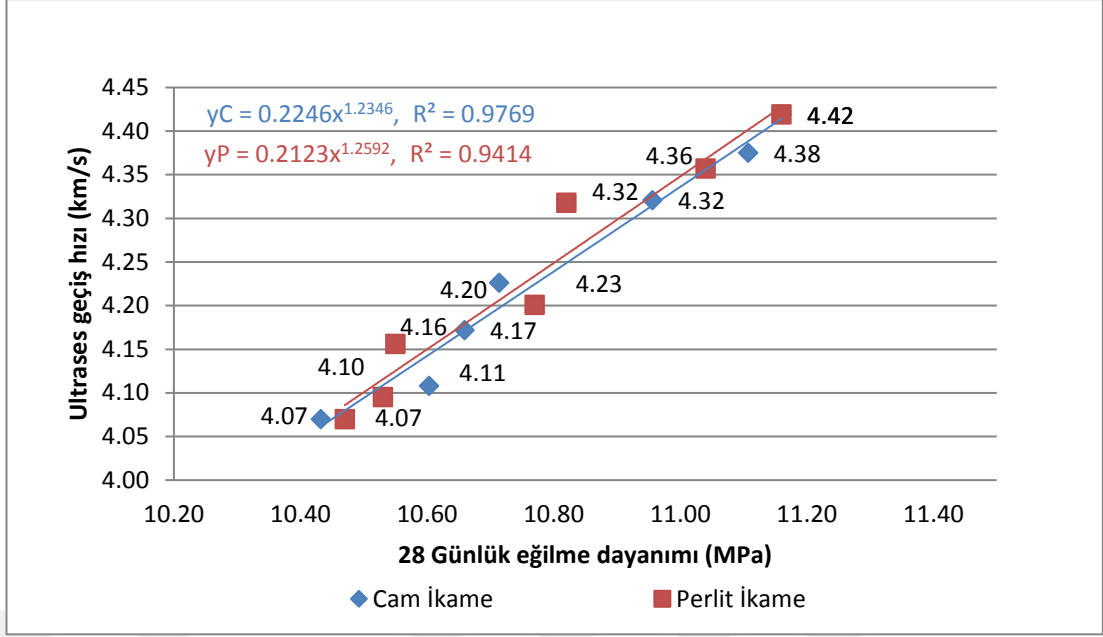
Şekil 4. 17. 2 günlük eğilme dayanımı - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 18. 7 günlük eğilme dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 19. 28 günlük eğilme dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 20. 28 günlük eğilme dayanımı – ultrases geçiş hızı arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin 2, 7 ve 28 günlük eğilme dayanımı ile ikame oranları ve 28 günlük eğilme dayanımı ile 28 günlük basınç dayanımı arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.16’da verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile 2, 7 ve 28 günlük eğilme dayanımlarının azaldığı ve 28 günlük eğilme dayanımı artışı ile ultrases geçiş hızı değerlerinin arttığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 16. Eğilme dayanımı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	y(GC)= -1.2189x + 5.14, R ² = 0.9602
	2 gün. eğilme day. (y)	y(GP)= -1.6176x + 5.14, R ² = 0.9088
	İkame oranı (x)	y(GC)= -2.0099x + 5.66, R ² = 0.9613
	7 gün. eğilme day. (y)	y(GP)= -2.8505x + 5.66, R ² = 0.7495
CIB	İkame oranı (x)	y(GC)= -4.633x + 8.17, R ² = 0.9546
	28 gün. eğilme day. (y)	y(GP)= -6.1011x + 8.17, R ² = 0.9279
CIB	28 gün. eğilme day.(x)	y(GC)= 2.9746x ^{0.1493} , R ² = 0.9027
	Ultrases geçiş hızı (y)	y(GP)= 3.1933x ^{0.1153} , R ² = 0.889

Çizelge 4.16' nın devamı

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIC	İkame oranı (x) 2 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -0.3385x + 8.74, R ² = 0.8528 y(GP)= -2.1055x + 8.74, R ² = 0.8245
	İkame oranı (x) 7 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -0.9141x + 9.45, R ² = 0.8927 y(GP)= -1.5165x + 9.45, R ² = 0.9456
	İkame oranı (x) 28 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -2.4079x + 11.16, R ² =0.9655 y(GP)= -2.5714x + 11.16, R ² = 0.9458
	28 gün. eğilme day.(x) Ultras es geçiş hızı (y)	y(GC)= 0.2246x ^{1.2346} , R ² = 0.9769 y(GP)= 0.2123x ^{1.2592} , R ² = 0.9414
CIIB	İkame oranı (x) 2 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -0.7842x + 4.94, R ² = 0.9702 y(GP)= -0.8593x + 4.94, R ² = 0.9739
	İkame oranı (x) 7 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -1.2736x + 5.41, R ² = 0.9629 y(GP)= -1.7121x + 5.41, R ² = 0.9126
	İkame oranı (x) 28 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -2.6989x + 7.45, R ² = 0.8804 y(GP)= -3.5121x + 7.45, R ² = 0.8988
	28 gün. eğilme day.(x) Ultras es geçiş hızı (y)	y(GC)= 1.8609x ^{0.3925} , R ² = 0.9637 y(GP)= 2.2667x ^{0.2942} , R ² = 0.7003
CIVA	İkame oranı (x) 2 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= 2 günlük ölçüm alınamamıştır. y(GP)= 2 günlük ölçüm alınamamıştır.
	İkame oranı (x) 7 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -0.7026x + 3.71, R ² = 0.8975 y(GP)= -1.0659x + 3.71, R ² = 0.3727
	İkame oranı (x) 28 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -1.3479x + 4.6, R ² = 0.8962 y(GP)= -1.7429x + 4.6, R ² = 0.9138
	28 gün. eğilme day.(x) Ultras es geçiş hızı (y)	y(GC)= 1.4598x ^{0.6161} , R ² = 0.724 y(GP)= 1.6873x ^{0.5156} , R ² = 0.6388

4.2.6. Basınç dayanımı deney sonuçları

Sertleşmiş harç özelliklerinden basınç dayanımı özelliklerini belirlemek için yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait basınç dayanımı deney sonuçları sırasıyla Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4. 17. GC agregalı şap harçlarına ait basınç dayanımı deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam			
Basınç dayanımı (MPa)			
Numune	2 gün	7 gün	28 gün
CIB	26.50	39.70	50.70
CIB5GC	26.00	39.35	50.00
CIB10GC	25.75	38.65	48.15
CIB15GC	25.00	36.84	45.56
CIB20GC	22.67	33.55	42.84
CIB25GC	18.88	33.40	40.21
CIB30GC	16.99	29.63	38.74
CIC	31.33	45.78	58.00
CIC5GC	31.25	45.54	57.98
CIC10GC	31.65	45.04	54.16
CIC15GC	29.65	44.72	48.40
CIC20GC	29.62	42.77	45.80
CIC25GC	28.46	40.29	45.21
CIC30GC	26.25	39.16	41.42
CIIB	25.70	39.10	50.30
CIIB5GC	25.50	38.50	49.80
CIIB10GC	25.00	37.82	46.13
CIIB15GC	23.70	36.74	43.75
CIIB20GC	19.60	34.25	42.19
CIIB25GC	19.10	31.31	39.17
CIIB30GC	16.03	28.36	37.61
CIVA	alınamadı	25.80	37.30
CIVA5GC	alınamadı	23.74	34.98
CIVA10GC	alınamadı	22.62	29.41
CIVA15GC	alınamadı	20.16	28.17
CIVA20GC	alınamadı	19.18	25.67
CIVA25GC	alınamadı	17.59	22.58
CIVA30GC	alınamadı	15.31	20.27

Çizelge 4. 18. GP agregalı şap harçlarına ait basınç dayanımı deney sonuçları

Genleştirilmiş Perlit			
Basınç dayanımı (MPa)			
Numune	2 gün	7 gün	28 gün
CIB	26.50	39.70	50.70
CIB5GP	25.90	39.20	49.85
CIB10GP	25.60	38.11	46.40
CIB15GP	24.20	36.41	42.70
CIB20GP	20.30	33.50	39.20
CIB25GP	18.20	30.94	37.91

Çizelge 4.18'in devamı

Numune	Genleştirilmiş Perlit Basınç dayanımı (MPa)		
	2 gün	7 gün	28 gün
CIB30GP	16.80	28.900	35.630
CIC	31.33	45.78	58.00
CIC5GP	31.25	45.50	57.56
CIC10GP	30.85	42.19	49.67
CIC15GP	29.25	40.20	44.20
CIC20GP	28.70	40.12	43.17
CIC25GP	27.27	39.20	42.90
CIC30GP	25.23	37.80	38.95
CIIB	25.70	39.10	50.30
CIIB5GP	25.20	38.30	49.60
CIIB10GP	24.90	37.50	45.30
CIIB15GP	23.60	35.20	42.40
CIIB20GP	19.30	32.60	38.70
CIIB25GP	17.90	30.11	36.58
CIIB30GP	15.60	28.20	34.90
CIVA	alınamadı	25.80	37.30
CIVA5GP	alınamadı	23.10	31.20
CIVA10GP	alınamadı	20.24	28.19
CIVA15GP	alınamadı	19.62	26.95
CIVA20GP	alınamadı	17.56	23.27
CIVA25GP	alınamadı	15.15	19.30
CIVA30GP	alınamadı	14.30	17.60

CIVA çimento grubundaki örneklerin 2 günlük basınç dayanımı değerleri alınamamıştır. Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'e göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde 2 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 15.6 MPa değeri ile CIIB30GP numunesi, 7 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 14.3 MPa değeri ile CIVA30GP numunesi ve 28 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 17.6 MPa değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında 2, 7 ve 28 günlük en yüksek basınç dayanımına sahip olan numune sırasıyla 31.33 MPa, 45.78 MPa ve 58 MPa değerleri ile CIC şahit numunesidir.

2 günlük basınç dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.89-%35.90, CIB genleştirilmiş perlit

agregalı şap harcı örnekleri için %7.96-%21.18, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.26-%16.21, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.08-%6.18, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.78-%37.62 ve CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.54-%14.09 arasında değişmektedir.

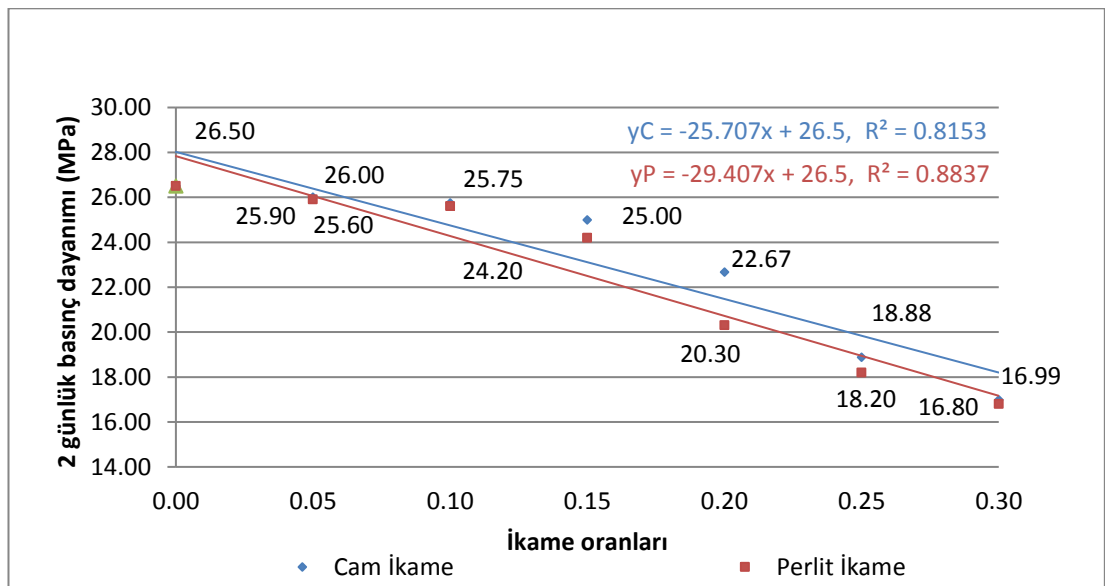
7 günlük basınç dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.88-%25.37, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.26-%27.20, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.52-%14.46, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.61-%17.43, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.53-%27.48, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %2.05-%27.88, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %7.98-%40.65 ve CIVA grubu perlit agregalı şap harcı örnekleri için %10.47-%44.57 arasında değişmektedir.

28 günlük basınç dayanımı değerlerindeki azalış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %1.38-%23.59, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.68-%29.72, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.03-%28.58, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %0.76-%32.84, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %0.99-%25.22, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %1.39-%30.62, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %6.21-%45.65 ve CIVA grubu perlit agregalı şap harcı örnekleri için %16.35-%52.82 arasında değişmektedir.

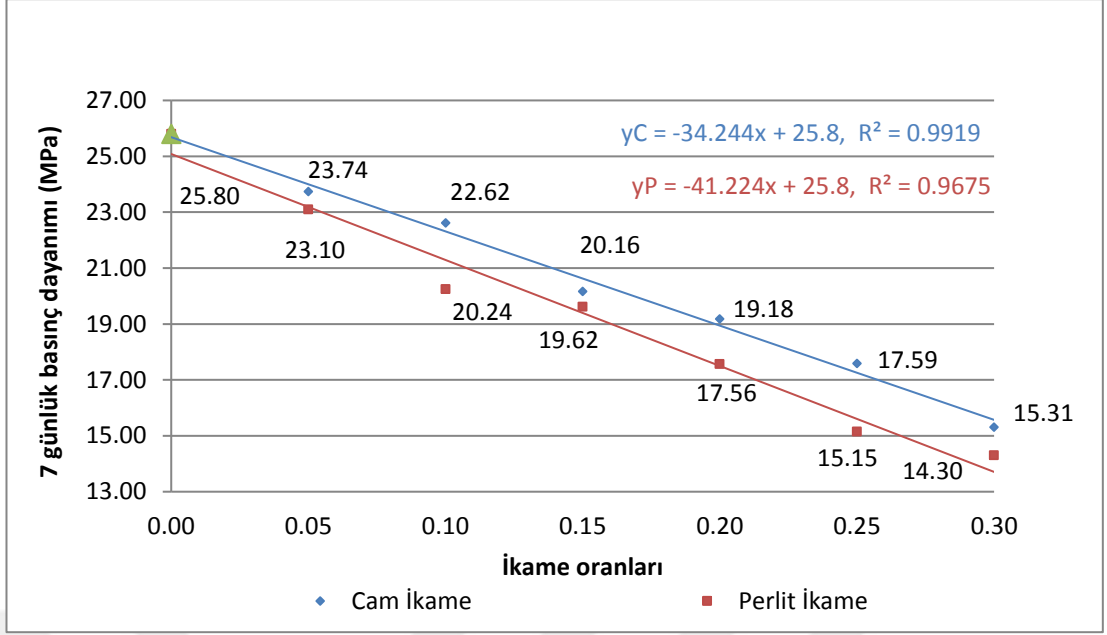
Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha düşük basınç dayanımı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin basınç dayanımlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum örneklerin yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin basınç dayanımı değerlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin basınç dayanımı değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir.

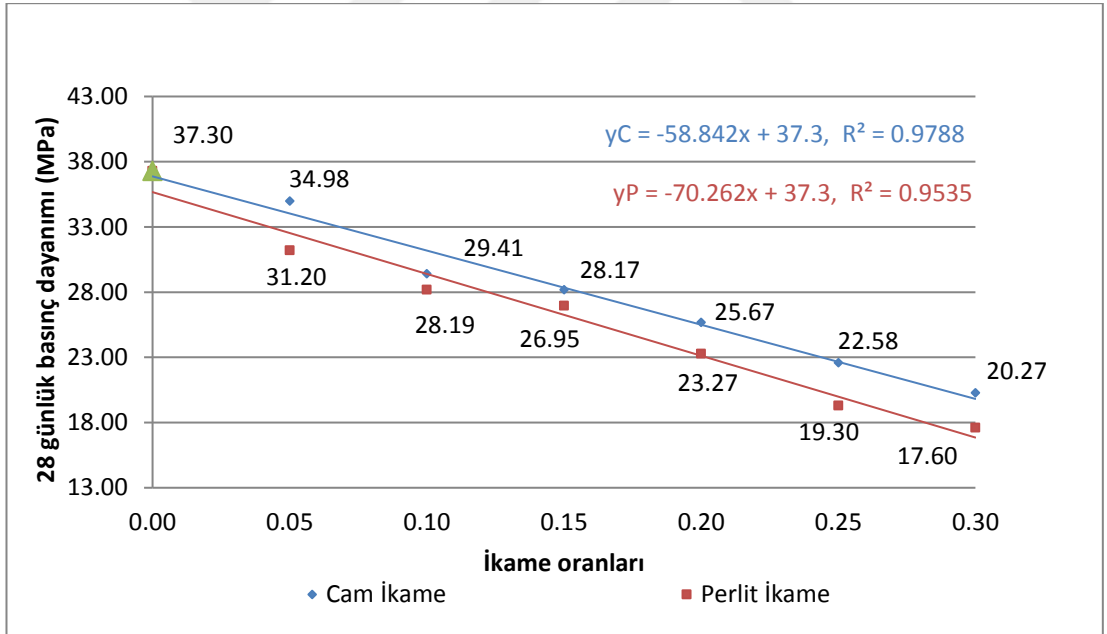
2 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları R²= 0.7649 – 0.8837 aralığında, 7 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları R²= 0.8376 – 0.9919 aralığında, 28 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları R²= 0.9088 – 0.9788 aralığında ve 28 günlük basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise R²= 0.7278 – 0.9818 aralığında elde edilmiştir. 2 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIB grubu örneklerde (Şekil 4.21), 7 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIVA grubu örneklerde (Şekil 4.22), 28 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIIB ve CIVA grubu örneklerde (Şekil 4.23) ve 28 günlük basınç dayanımı ile ultrases geçiş hızı arasındaki en yüksek ilişki ise CIB gurubu örneklerde (Şekil 4.24) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



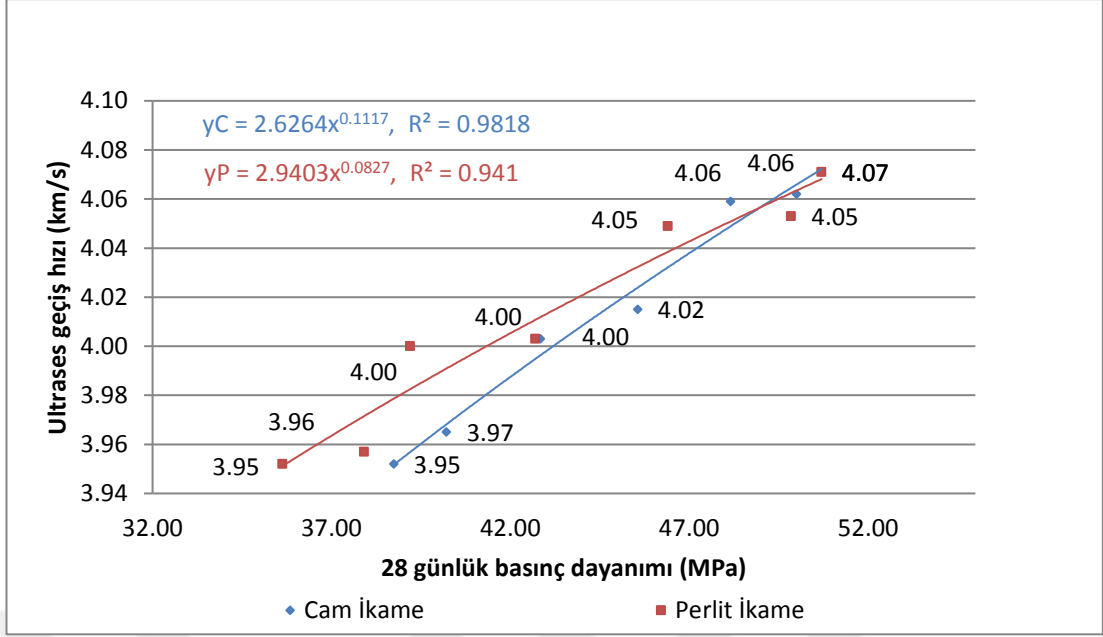
Şekil 4. 21. 2 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 22. 7 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 23. 28 günlük basınç dayanımı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 24. 28 günlük basınç dayanımı – ultras ses geçiş hızı arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı ile ikame oranları ve 28 günlük basınç dayanımı ile ultras ses geçiş hızı arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.19’da verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının azaldığı ve 28 günlük basınç dayanımı artışı ile ultras ses geçiş hızı değerlerinin arttığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 19. Basınç dayanımı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -25.707x + 26.5, R^2 = 0.8153$
	2 gün. basınç day. (y)	$y(GP) = -29.407x + 26.5, R^2 = 0.8837$
	İkame oranı (x)	$y(GC) = -28.03x + 39.7, R^2 = 0.8887$
	7 gün. basınç day. (y)	$y(GP) = -32.297x + 39.7, R^2 = 0.924$
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -38.867x + 50.7, R^2 = 0.9665$
	28 gün. basınç day. (y)	$y(GP) = -51.389x + 50.7, R^2 = 0.9747$
	28 gün. basınç day. (x)	$y(GC) = 2.6264x^{0.1117}, R^2 = 0.9818$
	Ultras ses geçiş hızı (y)	$y(GP) = 2.9403x^{0.0827}, R^2 = 0.941$

Çizelge 4.19' un devamı

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIC	İkame oranı (x) 2 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -12.344x + 31.33, R ² =0.7649 y(GP)= -16.418x + 31.33, R ² = 0.8763
	İkame oranı (x) 7 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -18.535x + 45.78, R ² = 0.8376 y(GP)= -28.048x + 45.78, R ² = 0.9278
	İkame oranı (x) 28 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -54.656x + 58, R ² = 0.9449 y(GP)= -67.609x + 58, R ² = 0.9088
	28 gün. basınç day. (x) Ultrases geçiş hızı (y)	y(GC)= 1.6838x ^{0.2363} , R ² = 0.9734 y(GP)= 1.9599x ^{0.1994} , R ² = 0.9295
CIIB	İkame oranı (x) 2 gün. eğilme day. (y)	y(GC)= -27.024x + 25.7, R ² =0.8569 y(GP)= -29.363x + 25.7, R ² =0.8697
	İkame oranı (x) 7 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -29.236x + 39.1, R ² = 0.8709 y(GP)= -33.418x + 39.1, R ² = 0.9421
	İkame oranı (x) 28 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -42.36x + 50.3, R ² = 0.9788 y(GP)= -53.143x + 50.3, R ² = 0.9763
	28 gün. basınç day. (x) Ultrases geçiş hızı (y)	y(GC)= 2.1407x ^{0.166} , R ² = 0.7789 y(GP)= 2.6106x ^{0.1142} , R ² = 0.7278
CIVA	İkame oranı (x) 2 gün. basınç day. (y)	y(GC)= 2 günlük ölçüm alınamamıştır. y(GP)= 2 günlük ölçüm alınamamıştır.
	İkame oranı (x) 7 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -34.244x + 25.8, R ² = 0.9919 y(GP)= -41.224x + 25.8, R ² = 0.9675
	İkame oranı (x) 28 gün. basınç day. (y)	y(GC)= -58.842x + 37.3, R ² = 0.9788 y(GP)= -70.262x + 37.3, R ² = 0.9535
	28 gün. basınç day. (x) Ultrases geçiş hızı (y)	y(GC)= 2.3977x ^{0.1258} , R ² = 0.8846 y(GP)= 2.5012x ^{0.1124} , R ² = 0.817

4.2.7. Böhme aşınma direnci deney sonuçları

Sertleşmiş harç fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için; TS EN 13892-3 (2015) standartına göre yapılan, genişletilmiş cam agregalı ve genişletilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait Böhme aşınma direnci deney sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4. 20. Şap harçlarına ait Böhme aşınma direnci deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Böhme aşınma miktarı (cm ³ /50cm ²)	Numune	Böhme aşınma miktarı (cm ³ /50cm ²)
CIB	10.92	CIB	10.92
CIB15GC	12.18	CIB15GP	13.06
CIB30GC	14.03	CIB30GP	14.55
CIC	9.22	CIC	9.22
CIC15GC	11.13	CIC15GC	11.94
CIC30GC	13.26	CIC30GC	13.85
CIIB	11.01	CIIB	11.01
CIIB15GC	12.84	CIIB15GC	13.15
CIIB30GC	14.19	CIIB30GC	14.63
CIVA	14.54	CIVA	14.54
CIVA15GC	15.63	CIVA15GC	15.79
CIVA30GC	16.08	CIVA30GC	17.26

Çizelge 4.20' ye göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en az aşınma özelliğine sahip olan numune, 9.22 cm³/50cm² aşınma miktarı ile CIC şahit numunesi iken, en çok aşınma özelliğine sahip olan numune ise 17.26 cm³/50cm² aşınma miktarı ile CIVA30GP numunesidir.

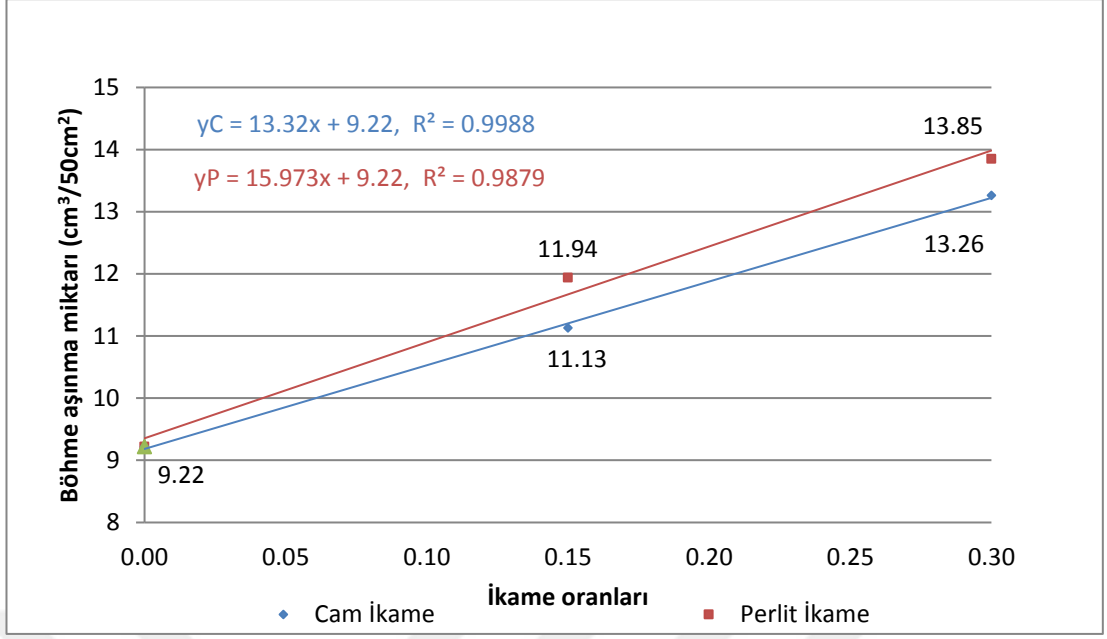
Aşınma değerlerindeki artış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %10.35-%22.17, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %16.39-%24.95, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %17,16-%30.47, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %22.78-%33.43, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %14.25-%22.41, CIIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %16.27-%24.74 CIVA grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %6.97-%9.58 ve CIVA genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %7.92-%15.76 arasında değişmektedir.

Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en iyi aşınma özelliğine sahip örneklerin şahit örnekler olduğu, deney

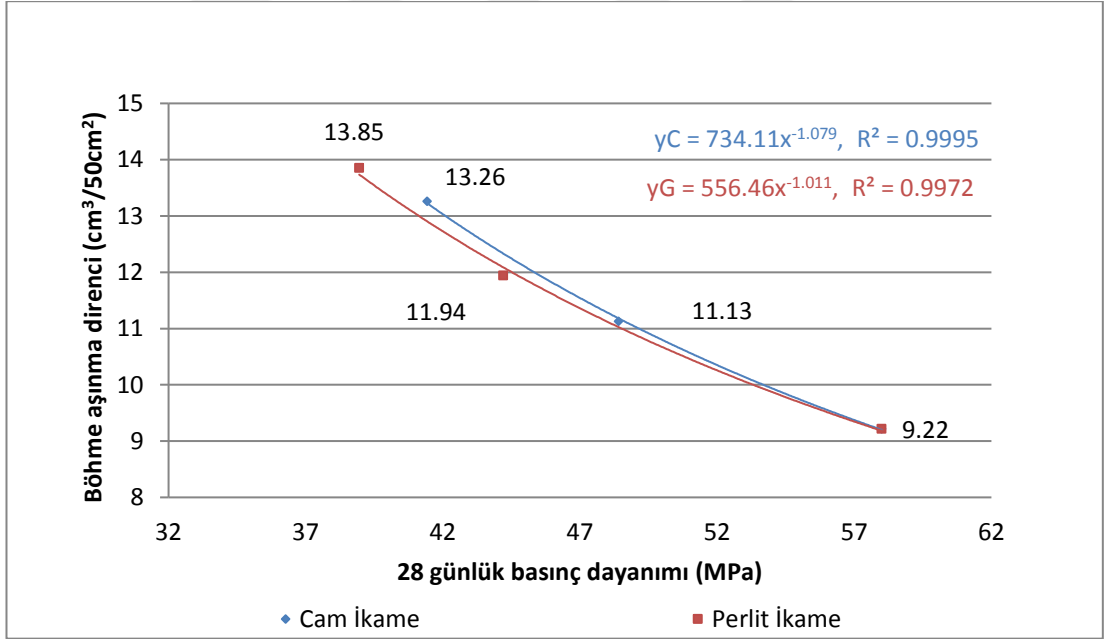
örnek gruplarının ve çimento türlerinin aşınmaya karşı direnç açısından sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile örneklerin yoğunluklarının azaldığı ve dolayısıyla aşınma özelliklerinin olumsuzlaştığı belirlenmiştir. Bu durum aşınmaya karşı en dirençli olan CIC şahit örneğinin sertleşmiş harç yoğunluk değerinin (2.192 g/cm³) en yüksek olması ve aşınmaya karşı en zayıf olan CIVA30GP harç örneğinin sertleşmiş harç yoğunluk değerinin (1.669 g/cm³) en düşük olması ile açıklanabilir.

Genleştirilmiş cam agregalı örneklerin aşınma dirençlerinin genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin aşınma dirençlerinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir.

Böhme aşınma miktarı ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2 = 0.9347 - 0.9988$ ve Böhme aşınma miktarı ile 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2 = 0.9168 - 0.9995$ aralığında elde edilmiştir. Böhme aşınma miktarı ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki tüm CIC grubu örneklerde (Şekil 4.25) ve Böhme aşınma miktarı ile 28 günlük basınç dayanımı değerleri arasındaki en yüksek ilişki ise CIC gurubu örneklerde (Şekil 4.26) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 25. Böhme aşınma miktarı - ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 26. Böhme aşınma miktarı - 28 günlük basınç dayanımı arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin Böhme aşınma miktarı ile ikame oranları ve Böhme aşınma miktarı ile 28 günlük basınç dayanım değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.21'de vermiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile aşınma

miktarlarının arttığı ve 28 günlük basınç dayanımı artışı ile aşınma miktarlarının azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 21. Böhme aşınma miktarı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC)= 9.9733x + 10.92, R^2= 0.9858$
	Aşınma miktarı (y)	$y(GP)= 12.533x + 10.92, R^2= 0.9873$
	28 gün. basınç day. (x)	$y(GC)= 416.81x^{-0.927}, R^2= 0.9981$
	Böhme aşınma mikt. (y)	$y(GP)= 267.89x^{-0.812}, R^2= 0.9756$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC)= 13.32x + 9.22, R^2= 0.9988$
	Aşınma miktarı (y)	$y(GP)= 15.973x + 9.22, R^2= 0.9879$
	28 gün. basınç day. (x)	$y(GC)= 734.11x^{-1.079}, R^2= 0.9995$
	Böhme aşınma mikt. (y)	$y(GP)= 556.46x^{-1.011}, R^2= 0.9972$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC)= 10.92x + 11.01, R^2= 0.991$
	Aşınma miktarı (y)	$y(GP)= 12.507x + 11.01, R^2= 0.9868$
	28 gün. basınç day. (x)	$y(GC)= 336.56x^{-0.87}, R^2= 0.9792$
	Böhme aşınma mikt. (y)	$y(GP)= 230.67x^{-0.772}, R^2= 0.9677$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC)= 5.56x + 14.54, R^2= 0.9347$
	Aşınma miktarı (y)	$y(GP)= 8.92x + 14.54, R^2= 0.9974$
	28 gün. basınç day. (x)	$y(GC)= 26.457x^{-0.163}, R^2= 0.9168$
	Böhme aşınma mikt. (y)	$y(GP)= 33.206x^{-0.227}, R^2= 0.9969$

4.2.8. Ses yutma katsayısı deneyi sonuçları

Sertleşmiş harç fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN ISO 10534-1 (2004) ve TS EN ISO 10534-2 (2003) standartına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait ses yutma katsayısı deney sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4. 22. Şap harçlarına ait ses yutma katsayısı deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Ses yutma katsayısı	Numune	Ses yutma katsayısı
CIB	0.159	CIB	0.159
CIB15GC	0.197	CIB15GP	0.207
CIB30GC	0.224	CIB30GP	0.239
CIC	0.151	CIC	0.151
CIC15GC	0.172	CIC15GP	0.187
CIC30GC	0.218	CIC30GP	0.220
CIIB	0.172	CIIB	0.172
CIIB15GC	0.201	CIIB15GP	0.205
CIIB30GC	0.225	CIIB30GP	0.235
CIVA	0.187	CIVA	0.187
CIVA15GC	0.210	CIVA15GP	0.215
CIVA30GC	0.241	CIVA30GP	0.249

Çizelge 4.22'ye göre, genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en yüksek ses yutma kapasitesine sahip olan numune 0.249 değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en düşük ses yutma kapasitesine sahip olan numune ise 0.151 değeri ile CIC numunesidir.

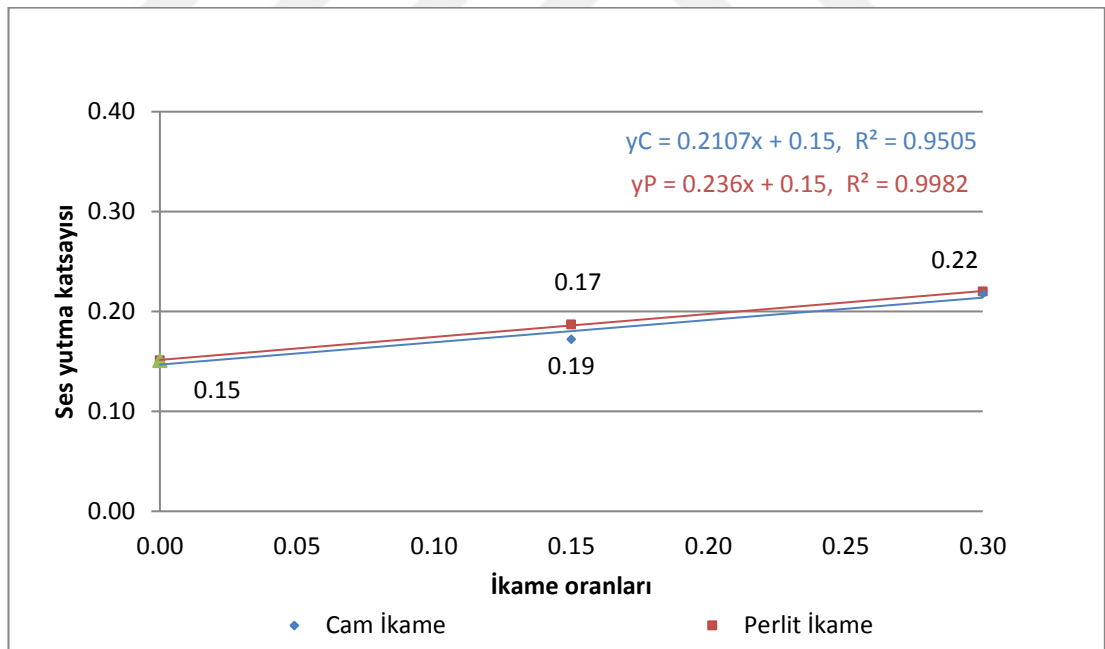
Ses yutma değerlerindeki artış oranları CIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %23.90-%40.88, CIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %30.19-%50.31, CIC grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %13.91-%44.37, CIC genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %23.84-%45.70, CIIB grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %14.86-%28.57, CIIB genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %17.54-%34.29, CIVA grubu genleştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %12.3-%28.88 ve CIVA genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %14.97-%33.16 arasında değişmektedir.

Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en yüksek ses yutma kapasitesine sahip örnek gruplarının ve çimento türlerinin sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile örneklerin

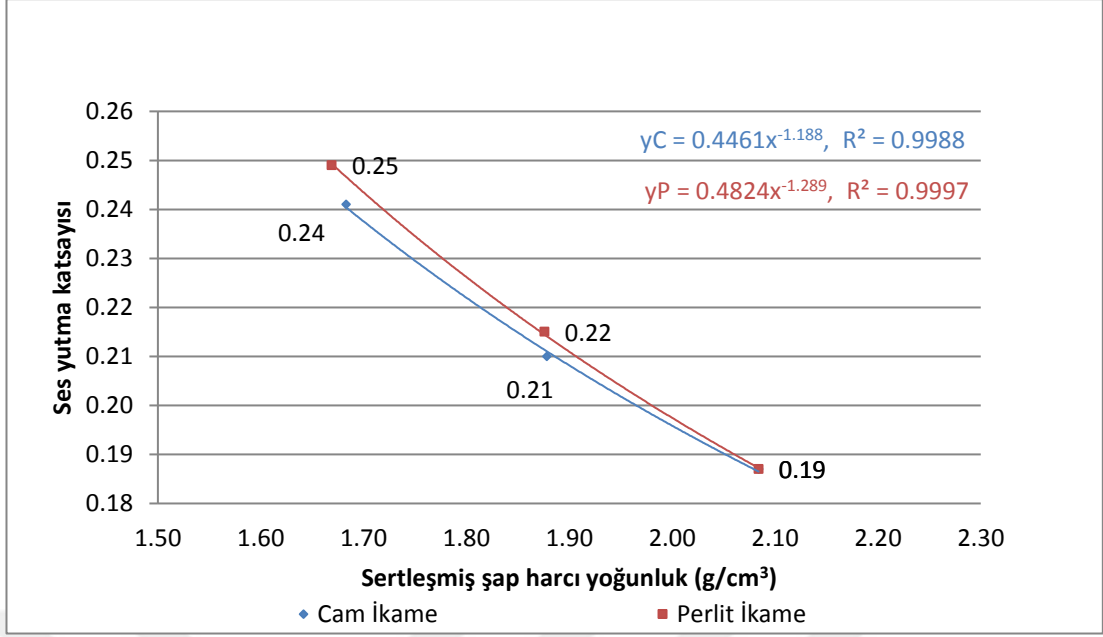
yoğunluklarının azalmasına bağlı olarak ses yutma kapasitelerinde arttığı gözlemlenmiştir.

Genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin ses yutma kapasitelerinin, genleştirilmiş cam agregalı örneklerin ses yutma kapasitelerinden az da olsa daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Ses yutma katsayıları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.9505 - 0.9982$ aralığında ve ses yutma katsayıları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.9665 - 0.9998$ aralığında elde edilmiştir. Ses yutma katsayıları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIC grubu örneklerde (Şekil 4.26), ses yutma katsayıları ile sertleşmiş şap harcı yoğunluk değerleri arasındaki en yüksek ilişki ise CIVA gurubu örneklerde (Şekil 4.27) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 27. Ses yutma katsayısı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 28. Ses yutma katsayısı – sertleşmiş şap harcı yoğunluk arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin ses yutma katsayıları ile ikame oranları ve ses yutma katsayıları ile sertleşmiş şap yoğunluk değerleri arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge 4.23’de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile ses yutma katsayısı değerlerinin arttığı ve sertleşmiş şap harcı yoğunluk artışı ile ses yutma katsayısı değerlerinin azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 23. Ses yutma katsayısı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = 0.22x + 0.16, R^2 = 0.9902$
	Ses yutma katsayısı (y)	$y(GP) = 0.2733x + 0.16, R^2 = 0.9858$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.5519x^{-1.595}, R^2 = 0.9694$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.6417x^{-1.786}, R^2 = 0.9665$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = 0.2107x + 0.15, R^2 = 0.9505$
	Ses yutma katsayısı (y)	$y(GP) = 0.236x + 0.15, R^2 = 0.9982$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.5763x^{-1.725}, R^2 = 0.9832$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.5909x^{-1.724}, R^2 = 0.9894$

Çizelge 4.23'ün Devamı

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = 0.148x + 0.18, R^2 = 0.9786$
	Ses yutma katsayısı (y)	$y(GP) = 0.18x + 0.18, R^2 = 0.9833$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.4338x^{-1.178}, R^2 = 0.9925$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.4864x^{-1.327}, R^2 = 0.9939$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = 0.1627x + 0.19, R^2 = 0.9774$
	Ses yutma katsayısı (y)	$y(GP) = 0.1907x + 0.19, R^2 = 0.9869$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.4461x^{-1.188}, R^2 = 0.9988$
	Sert. şap h. yoğunluk (y)	$y(GP) = 0.4824x^{-1.289}, R^2 = 0.9997$

4.2.9. Isıl iletkenlik değeri deney sonuçları

Sertleşmiş harç fiziksel özelliklerini belirlemek için; TS EN 12664 (2009) standartına göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarına ait ısı iletkenlik değeri deney sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4. 24. Şap harçlarına ait ısı iletkenlik değeri deney sonuçları

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune	Isıl iletkenlik değeri (W/mK)	Numune	Isıl iletkenlik değeri (W/mK)
CIB	0.781	CIB	0.781
CIB15GC	0.652	CIB15GP	0.614
CIB30GC	0.571	CIB30GP	0.501
CIC	0.817	CIC	0.817
CIC15GC	0.717	CIC15GP	0.699
CIC30GC	0.603	CIC30GP	0.590
CIIB	0.732	CIIB	0.732
CIIB15GC	0.644	CIIB15GP	0.634
CIIB30GC	0.570	CIIB30GP	0.570
CIVA	0.722	CIVA	0.722
CIVA15GC	0.608	CIVA15GP	0.605
CIVA30GC	0.467	CIVA30GP	0.446

Çizelge 4.24'e göre, geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının içerisinde en kötü ısı yalıtım özelliğine sahip olan numune 0.817

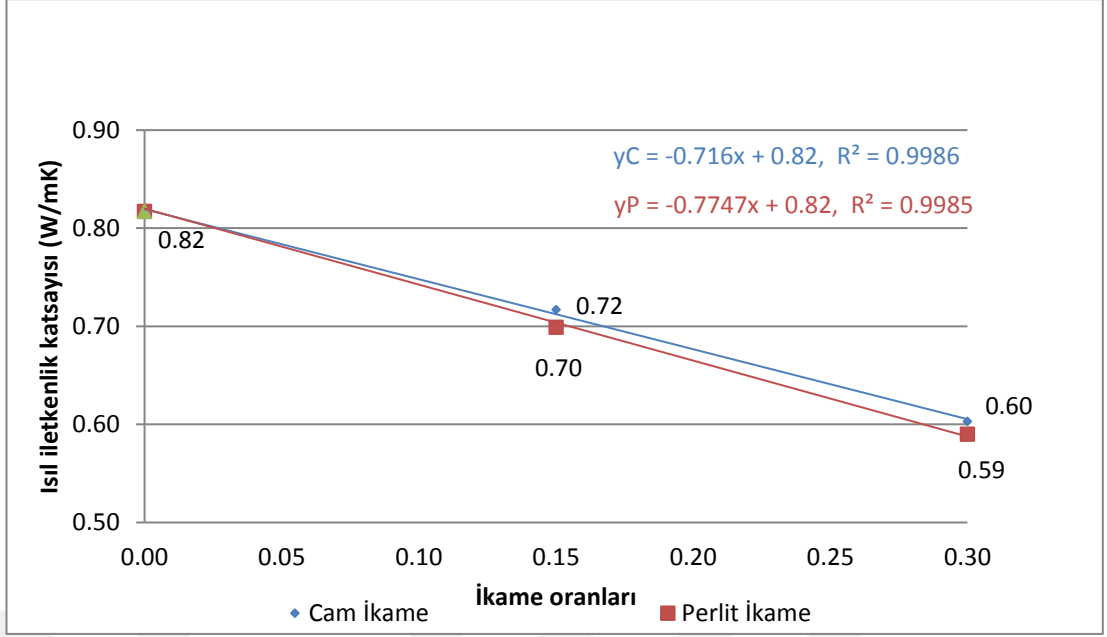
W/mK değeri ile CIC şahit numunesi iken, en iyi ısı yalıtım özelliğine sahip olan numune ise 0.446 W/mK değeri ile CIVA30GP numunesidir.

Isıl iletkenlik değerlerindeki artış oranları CIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %16.52-%26.89, CIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %21.38-%35.85, CIC grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %12.24-%26.19, CIC geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %14.44-%27.78, CIIB grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %12.02-%22.13, CIIB geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %13.39-%22.13, CIVA grubu geliştirilmiş cam agregalı şap harcı örnekleri için %15.79-%35.32 ve CIVA geliştirilmiş perlit agregalı şap harcı örnekleri için %16.20-%38.23 arasında değişmektedir.

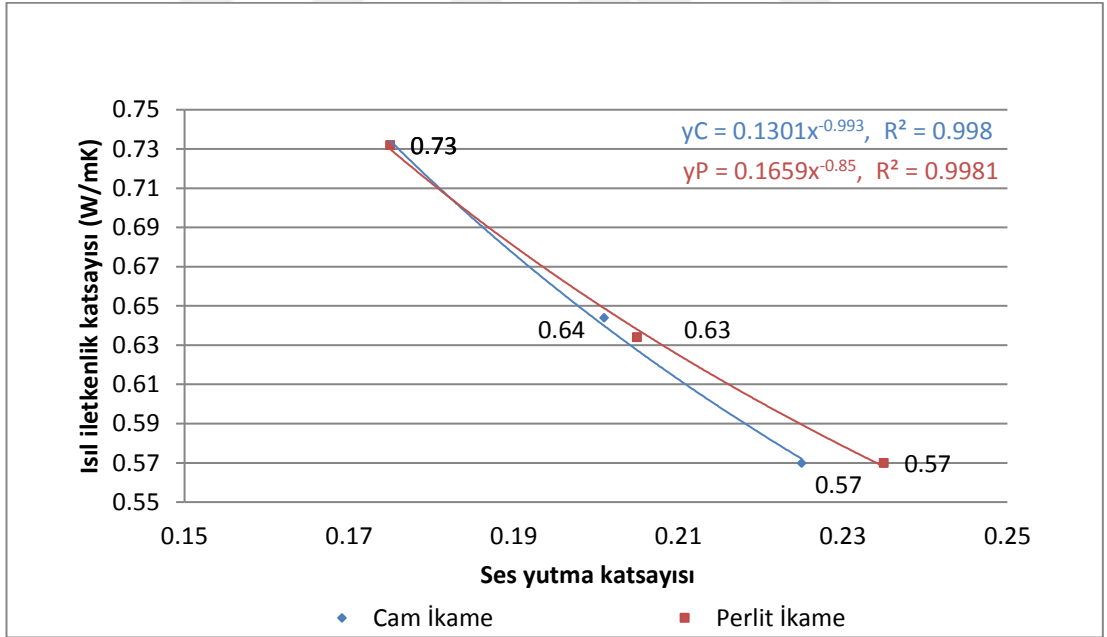
Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en iyi ısı yalıtım özelliğine sahip örnek gruplarının ve çimento türlerinin sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ve geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ısı yalıtım özellikleri ikame oranı arttıkça iyileşmektedir. Bu durum örneklerin yoğunluklarının azalması ve boşluk oranlarının artmasıyla açıklanabilir.

Genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin ısı yalıtım performanslarının, geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ısı yalıtım performanslarından az da olsa daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Isıl iletkenlik katsayıları ile ikame oranları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları $R^2= 0.9803 - 0.9986$ aralığında ve ısı iletkenlik katsayıları ile ses yutma katsayıları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları ise $R^2= 0.9812 - 0.9981$ aralığında elde edilmiştir. Isıl iletkenlik katsayıları ile ikame oranları arasında en yüksek ilişki CIC grubu örneklerde (Şekil 4.29), ısı iletkenlik katsayıları ile ses yutma katsayıları arasındaki en yüksek ilişki ise CIIB gurubu örneklerde (Şekil 4.30) elde edilmiştir. Diğer örneklere ait ilişkiler ise Ek'de verilmiştir.



Şekil 4. 29. Isıl iletkenlik katsayısı – ikame oranları arasındaki en yüksek ilişki



Şekil 4. 30. Isıl iletkenlik katsayısı – ses yutma katsayısı arasındaki en yüksek ilişki

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harcı örneklerinin ısı iletkenlik katsayıları ile ikame oranları ve ısı iletkenlik katsayıları ile ses yutma katsayıları arasındaki deney verilerini belirleme katsayıları Çizelge

4.25'de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında ikame oranı artışı ile ısı iletkenlik katsayısının azaldığı ve ses yutma katsayısı artışı ile ısı iletkenlik değeri azaldığı bir ilişkinin olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 25. Isı iletkenlik katsayısı belirleme katsayıları

Örnek grubu	İlişkiler	Belirleme katsayıları
CIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -0.728x + 0.78, R^2 = 0.9803$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = -0.9653x + 0.78, R^2 = 0.9858$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.148x^{-0.906}, R^2 = 0.9969$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = 0.1109x^{-1.067}, R^2 = 0.9856$
CIC	İkame oranı (x)	$y(GC) = -0.716x + 0.82, R^2 = 0.9986$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = -0.7747x + 0.82, R^2 = 0.9985$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.1732x^{-0.815}, R^2 = 0.9927$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = 0.1627x^{-0.858}, R^2 = 0.9895$
CIIB	İkame oranı (x)	$y(GC) = -0.5413x + 0.73, R^2 = 0.9975$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = -0.5547x + 0.73, R^2 = 0.9843$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.1301x^{-0.993}, R^2 = 0.998$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = 0.1659x^{-0.85}, R^2 = 0.9981$
CIVA	İkame oranı (x)	$y(GC) = -0.824x + 0.72, R^2 = 0.9947$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = -0.884x + 0.72, R^2 = 0.9898$
	Ses yutma katsayısı (x)	$y(GC) = 0.0405x^{-1.724}, R^2 = 0.9948$
	Isı iletken. katsayısı (y)	$y(GP) = 0.0436x^{-1.686}, R^2 = 0.9812$

4.2.10. Alkali silika reaktivitesi ve mikro yapı analiz sonuçları

Sertleşmiş harç alkali silika reaktivite özelliklerini belirlemek için; ASTM C 1260-14 deney yöntemine göre yapılan, geliştirilmiş cam agregalı şap harçlarına ait alkali silika reaktivitesi deney sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

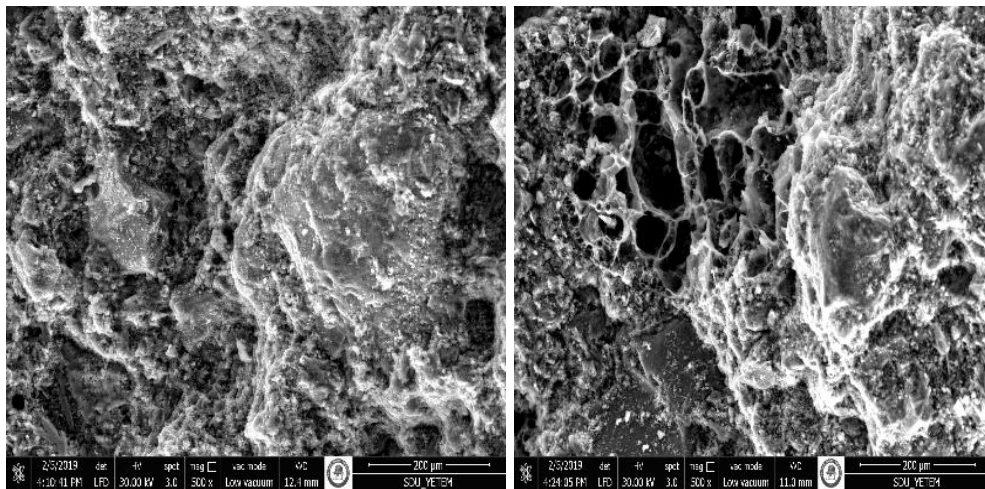
Çizelge 4. 26. GC agregalı şap harçlarına ait alkali silika reaktivitesi deney sonuçları

Numune	Genleşme (%)				
	2 günlük	7 günlük	14 günlük	21 günlük	28 günlük
CIB	-0.006	0.066	0.106	0.172	0.205
CIB10GC	-0.003	0.051	0.075	0.110	0.118
CIB20GC	-0.006	0.041	0.065	0.099	0.107
CIB30GC	0.003	0.038	0.053	0.073	0.074
CIVA	0.004	0.001	-0.006	0.002	-0.001
CIVA10GC	0.001	-0.002	-0.003	-0.001	0.001
CIVA20GC	0.004	0.002	0.002	0.000	-0.003
CIVA30GC	0.002	0.004	0.002	0.000	-0.001

Tabloda yapılan değerlendirmede, deney örneklerinin 20 °C ile 80 °C sıcaklık farkından doğan termik genleşmesi düşülmüştür. Deneyde kullanılan kum-çimento kombinasyonları için 14 günde elde edilen genleşme değerine yönelik olarak, ASTM C1260-14 Test Metodu için önerilen limit değerler şu şekildedir:

- %0.10'un altında zararsız,
- %0.10-0.20 arası reaktivite potansiyeli riski var,
- %0.20'nin üstünde ise tehlikeli genleşme olarak sınıflandırılmıştır.

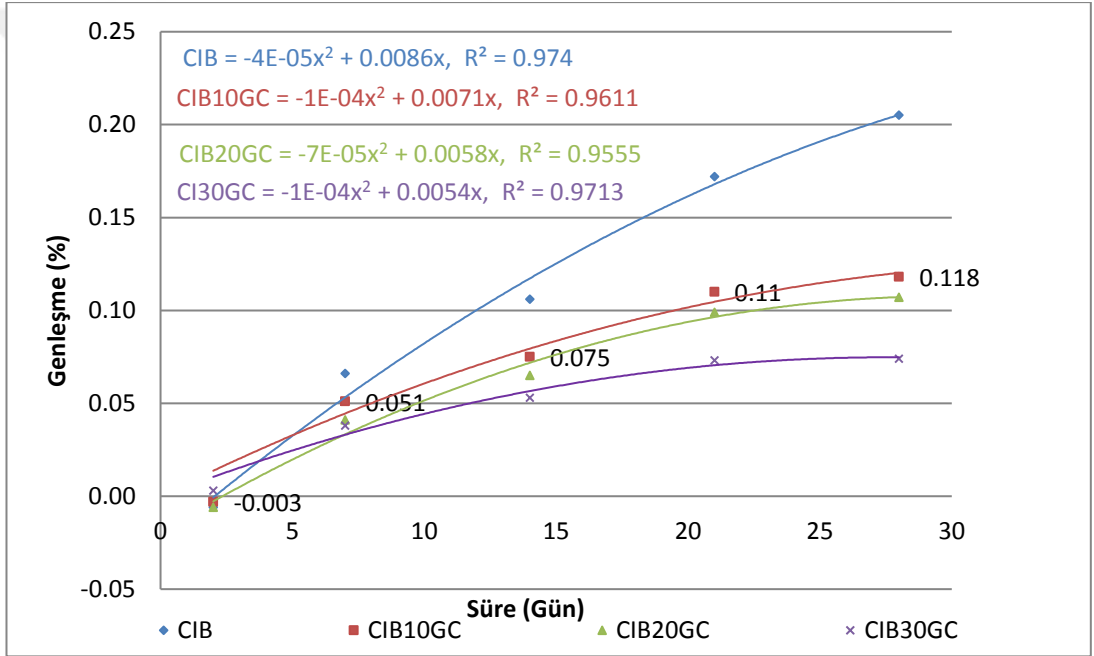
CIB grubu örneklerin SEM görüntüleri Şekil 4.31'de, EDS analizleri Çizelge 4.27'de ve zamana bağlı genleşme değerleri Şekil 4.32'de, gösterilmiştir.



Şekil 4. 31. CIB grubu şahit - % 30 GC ikameli örneklerin SEM görüntüleri

Çizelge 4. 27. CIB grubu örneklerin EDS analizleri

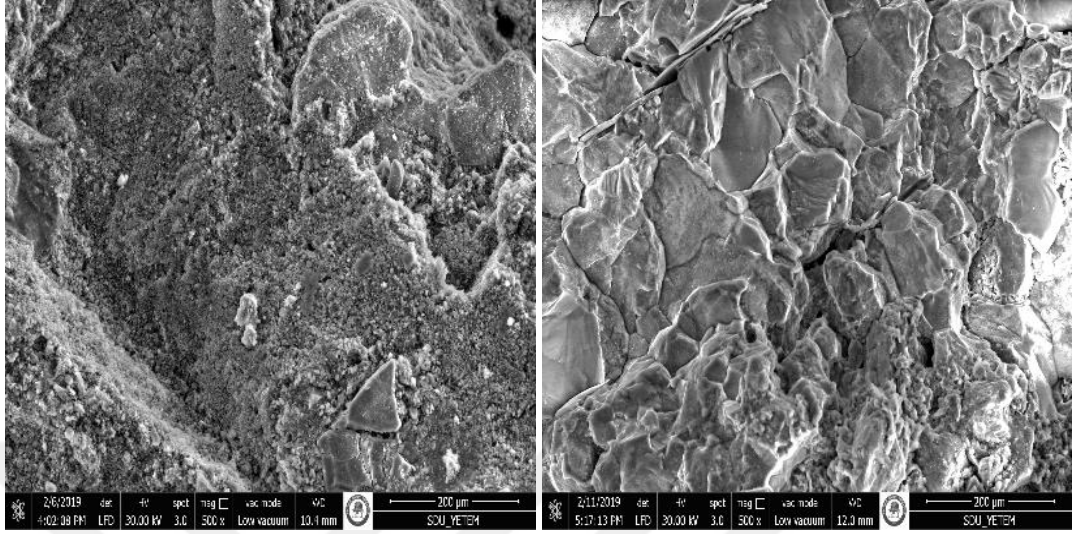
Element	CIB Ağırlıkça %	CIB30GC Ağırlıkça %
O	58.78	54.65
Na	-	0.97
Mg	0.07	0.11
Al	0.49	0.72
Si	16.11	13.06
S	0.51	0.58
K	-	0.10
Ca	23.69	29.32
Fe	0.35	0.49



Şekil 4. 32. CIB grubu şap harcı serisinin zamana bağlı genleşme değerleri

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'de görüldüğü üzere, ASTM C1260-14 Test Metodu için 14 günde elde edilen genleşme değerlerine göre genleşmesi %0.10-0.20 arasında olan ve ASR açısından reaktivite potansiyeli riski taşıyan numune CIB şahit numunesidir. Aynı şekilde bu test metodu için 14 günde elde edilen genleşme değerlerine göre genleşmesi %0.10'un altında olan ASR açısından zararsız numuneler; CIB10GC, CIB20GC ve CIB30GC numuneleridir. Buradan geliştirilmiş cam agrega ikame oranı arttıkça ASR açısından genleşmenin baskılandığı gözlemlenmiştir.

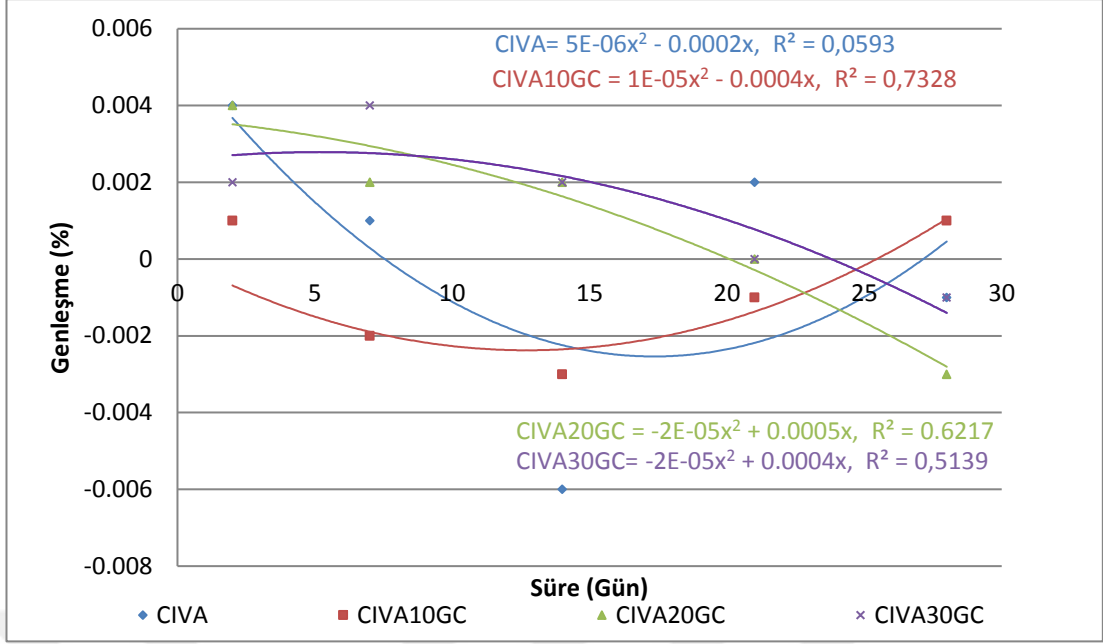
CIVA grubu örneklerin SEM görüntüleri Şekil 4.33'de, EDS analizleri Çizelge 4.28'de ve zamana bağlı genleşme değerleri Şekil 4.34'de, gösterilmiştir.



Şekil 4. 33. CIVA grubu şahit - % 30 GC ikameli örneklerin SEM görüntüleri

Çizelge 4. 28. CIVA grubu örneklerin EDS analizleri

Element	CIVA Ağırlıkça %	CIVA30GC Ağırlıkça %
O	46.89	42.94
Na	10.24	-
Mg	-	-
Al	10.88	6.85
Si	30.30	46.90
S	-	-
K	-	-
Ca	1.69	3.31
Fe	-	-



Şekil 4. 34. CIVA grubu şap harcı serisinin zamana bağlı genişleme değerleri

Şekil 4.33 ve Şekil 4.34'de görüldüğü üzere, CEM IV 32.5 grubu şap harcı serisindeki tüm örneklerin ASTM C1260-14 Test Metodu için 14 günde elde edilen genişleme değerlerine göre genişmesi %0.10'un altındadır ve ASR açısından zararsızdır. CEM IV 32.5 grubu şap harcı serisindeki ölçümler mikron mertebesinde olduğu için küçük dalgalanmalar elde edilmiştir. Mineral katkıların reaktiviteyi baskılaması yukarı doğru bir trend oluşmasını engellemekte olup aksine eğilimi yataylaştırmaktadır ve bu durum küçük farklar açısından bir anlam ifade etmemektedir.

4.3. Şap Harcı Örneklerinin İlgili Standarta Göre Kısa Gösterimi

Genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı harç numuneleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda, TS EN 13813 (2004) standartına göre örneklerin özelliklerine göre kısa gösterimleri Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4. 29. Örneklerin TS EN 13813 standartına göre kısa gösterimi

Genleştirilmiş Cam		Genleştirilmiş Perlit	
Numune ismi	TS EN 13813 (2004) standartına göre kısa gösterim	Numune ismi	TS EN 13813 (2004) standartına göre kısa gösterim
CIB	CT-C50-F8-A10	CIB	CT-C50-F8-A10
CIB5GC	CT-C50-F8	CIB5GP	CT-C49-F8
CIB10GC	CT-C48-F7	CIB10GP	CT-C46-F7
CIB15GC	CT-C45-F7-A12	CIB15GP	CT-C42-F7-A13
CIB20GC	CT-C42-F7	CIB20GP	CT-C39-F6
CIB25GC	CT-C40-F6	CIB25GP	CT-C37-F6
CIB30GC	CT-C38-F6-A14	CIB30GP	CT-C35-F-A14
CIC	CT-C58-F11-A9	CIC	CT-C58-F11-A9
CIC5GC	CT-C57-F11	CIC5GP	CT-C57-F11
CIC10GC	CT-C54-F10	CIC10GP	CT-C49-F10
CIC15GC	CT-C48-F10-A11	CIC15GP	CT-C44-F10-A11
CIC20GC	CT-C45-F10	CIC20GP	CT-C43-F10
CIC25GC	CT-C45-F10	CIC25GP	CT-C42-F10
CIC30GC	CT-C41-F10-A13	CIC30GP	CT-C38-F10-A13
CIIB	CT-C50-F7-A11	CIIB	CT-C50-F7-A11
CIIB5GC	CT-C49-F7	CIIB5GP	CT-C49-F7
CIIB10GC	CT-C46-F7	CIIB10GP	CT-C45-F6
CIIB15GC	CT-C43-F7-A12	CIIB15GP	CT-C42-F6-A13
CIIB20GC	CT-C42-F7	CIIB20GP	CT-C38-F6
CIIB25GC	CT-C39-F6	CIIB25GP	CT-C36-F6
CIIB30GC	CT-C37-F6-A14	CIIB30GP	CT-C34-F6-A14
CIVA	CT-C37-F4-A14	CIVA	CT-C37-F4-A14
CIVA5GC	CT-C34-F4	CIVA5GP	CT-C31-F4
CIVA10GC	CT-C29-F4	CIVA10GP	CT-C28-F4
CIVA15GC	CT-C28-F4-A15	CIVA15GP	CT-C26-F4-A15
CIVA20GC	CT-C25-F4	CIVA20GP	CT-C23-F4
CIVA25GC	CT-C22-F4	CIVA25GP	CT-C19-F4
CIVA30GC	CT-C20-F4-A16	CIVA30GP	CT-C17-F4-A17

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şap harcı, birim hacim ağırlığından dolayı yapılara sabit yük olarak etki etmektedir. Bu sebeple şap harcının birim hacim ağırlığının azaltılması önem arz etmektedir. Bunun yanında, ısı ve ses yönetmeliği gereksinimleri, atık camların geri dönüşümü ile ilgili olarak yaşanan sıkıntılarda konunun önemini belirtmektedir. Bu çalışmada inşaat sektöründe yüzey kaplama ve tesviye amacı ile en çok kullanılan şap harcının özelliklerini iyileştirmek için, geliştirilmiş cam agregası ve geliştirilmiş perlit agregası, şap harcı bileşeni olarak kullanılmış ve bu şekilde şap harcı malzemesinin birim hacim ağırlığının azaltılması, ısı ve ses izolasyon performanslarının artırılması, atık camların çevreye verdiği zararın kısmen de olsa azaltılması hedeflenmiştir. Şap harcı numuneleri üzerinde gerçekleştirilen; taze şap harcı deneyleri (yoğunluk ve yayılma tablası), sertleşmiş şap harcı fiziksel deneyleri, (belirli örneklerde; yoğunluk, su emme ve kapilarite, ses geçiş hızı, Böhme aşınma direnci, ses yutma katsayısı, ısı iletkenlik), sertleşmiş şap harcı mekanik deneyleri (eğilme dayanımı ve basınç dayanımı) ve geliştirilmiş cam agregalı şap harçlarının performanslarının belirlenmesinde önem arz eden ASR deneyleri ve SEM analizleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve öneriler şu şekildedir:

- Taze şap harcı örneklerinin içerisinde en düşük taze yoğunluğa sahip olan numune 1.758 g/cm^3 değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yoğunluğa sahip olan numune ise 2.307 g/cm^3 değeri ile CIC numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı taze şap harçlarının referans taze şap harcına göre daha düşük yoğunluğa sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin taze harç yoğunluklarına etkisinin sırasıyla $GC > GP$ ve $CIC > CIB > CIIB > CIVA$ şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla ve geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

- Taze şap harcı örneklerinin içerisinde en düşük yayılmaya sahip olan numune 16.5 cm değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yayılmaya sahip olan numune ise 18.2 cm değeri ile CIC numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı taze şap harçlarının referans taze şap harcına göre daha düşük yayılma değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin yayılmaya etkisinin sırasıyla GC>GP ve CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla ve geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir. Ayrıca geliştirilmiş cam agregası ve geliştirilmiş perlit agregası yoğunluğunun, CEN standart kumun yoğunluğundan (2.56 g/cm³) daha az olması ikame örneklerde hacim artışına neden olmuş ve daha fazla karışım suyuna ihtiyaç duyulmuştur. Bu yüzden ikame oranı arttıkça, yoğunluğun azalması ve karışım suyu ihtiyacının artması, yayılma değerlerinin azalmasına neden olmuştur.
- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en düşük yoğunluğa sahip olan numune 1.669 g/cm³ değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek yoğunluğa sahip olan numune ise 2.192 g/cm³ değeri ile CIC numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı sertleşmiş şap harçlarının referans sertleşmiş şap harcına göre daha düşük yoğunluğa sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin sertleşmiş şap harcı yoğunluklarına etkisinin sırasıyla GC>GP ve CIC>CIB>CIIB>CIVA şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla ve geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir.
- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde kütlece en düşük su emme yüzdesine sahip olan numune % 8.19 değeri ile CIC şahit numunesi, en düşük görünür porozite yüzdesine sahip olan numune % 15.4 değeri ile CIC şahit numunesi; kütlece en yüksek su emme yüzdesine sahip olan

numune % 14.045 değeri ile CIVA30GP numunesi ve en yüksek görünür porozite yüzdesine sahip olan numune ise % 23.124 değeri ile CIVA30GP numunesidir. Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha yüksek su emme yüzdesi ve görünür porozite yüzdesine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin su emme yüzdesi ve porozite yüzdesindeki artışa göre sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC ve GP>GC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların ve ikame edilen genleştirilmiş cam agrega ve genleştirilmiş perlit agregalarının su emme özellikleri arasındaki farkla açıklanabilir. Ayrıca ikame oranı artışı ile birlikte su emme ve porozite değerlerinin arttığı dolayısıyla ikameli örneklerin referans örneklere göre daha geçirimli bir yapıda olduğu söylenebilir. Bunun yanında genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin kütlece su emme ve porozite değerlerinin genleştirilmiş cam agregalı örneklerin kütlece su emme ve porozite değerlerinden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum genleştirilmiş perlitin su emme özelliğinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en düşük kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olan numune $2.961 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{s}^{0.5})$ değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en yüksek kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olan numune $6.255 \text{ g}/(\text{m}^2 \times \text{s}^{0.5})$ değeri ile CIC şahit numunesidir. Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha yüksek kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasına sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamalarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve GC>GP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum kılcal su emme özelliği ile su emme özellikleri arasındaki ilişki ile açıklanabilir. Bunun yanında genleştirilmiş cam agregalı örneklerin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasının genleştirilmiş perlit agregalı örneklerin kılcal (kapiler) su emme katsayısı ortalamasından daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Buradaki durum da geliştirilmiş perlitin su emme özelliğinin daha fazla olması ile açıklanabilir.

- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en düşük ultrases geçiş hızı değerine sahip olan örnek 3.468 km/s değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında en yüksek ultrases geçiş hızı değerine sahip olan örnek ise 4.419 km/s değeri ile CIC şahit numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harçlarına göre daha düşük ultrases geçiş hızı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin ultrases geçiş hızlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve GC>GP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum çimentoların yoğunlukları arasındaki farkla açıklanabilir. Bunun yanında geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ultrases geçiş hızı değerlerinin geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ultrases geçiş hızı değerlerinden az da olsa daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm³) daha fazla olması ile açıklanabilir.
- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde 2 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 4.67 MPa değeri ile CIIB30GP numunesi, 7 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 3.44 MPa değeri ile CIVA30GP numunesi ve 28 günlük en düşük eğilme dayanımına sahip olan numune 4 MPa değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında 2, 7 ve 28 günlük en yüksek eğilme dayanımına sahip olan numune sırasıyla 8.74 MPa, 9.45 MPa ve 11.16 MPa değerleri ile CIC şahit numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha düşük eğilme dayanımı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin eğilme dayanımlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve GC>GP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum örneklerin yoğunlukları arasındaki farkla ve geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm³)

genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde 2 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 15.6 MPa değeri ile CIIB30GP numunesi, 7 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 14.3 MPa değeri ile CIVA30GP numunesi ve 28 günlük en düşük basınç dayanımına sahip olan numune 17.6 MPa değeri ile CIVA30GP numunesidir. Bunun yanında 2, 7 ve 28 günlük en yüksek basınç dayanımına sahip olan numune sırasıyla 31.33 MPa , 45.78 MPa ve 58 MPa değerleri ile CIC şahit numunesidir. Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçlarının referans şap harcına göre daha düşük basınç dayanımı değerine sahip olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin basınç dayanımlarının sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve GC>GP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Buradaki durum örneklerin yoğunlukları arasındaki farkla ve genleştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) genleştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.
- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en iyi aşınma özelliğine sahip olan numune $9.22 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ aşınma miktarı ile CIC şahit numunesi iken, en çok aşınma özelliğine sahip olan numune ise $17.26 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ aşınma miktarı ile CIVA30GP numunesidir. Tüm genleştirilmiş cam agregalı ve genleştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en iyi aşınma özelliğine sahip örneklerin şahit örnekler olduğu, deney örnek gruplarının ve çimento türlerinin aşınmaya karşı direnç açısından sırasıyla CIC>CIB>CIIB>CIVA ve GC>GP şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile örneklerin yoğunluklarının azaldığı ve dolayısıyla aşınma özelliklerinin olumsuzlaştığı belirlenmiştir. Bu durum aşınmaya karşı en dirençli olan CIC şahit örneğinin sertleşmiş harç yoğunluk değerinin (2.192 g/cm^3) en yüksek olması ve aşınmaya karşı en zayıf olan CIVA30GP harç örneğinin sertleşmiş harç yoğunluk değerinin (1.669 g/cm^3) en düşük olması ile

açıklanabilir. Ayrıca geliştirilmiş cam agregalı örneklerin aşınma dirençlerinin geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin aşınma dirençlerinde azda olsa daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum geliştirilmiş camın yoğunluğunun (0.38 g/cm^3) geliştirilmiş perlitin yoğunluğundan (0.15 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.

- Sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en yüksek ses yutma kapasitesine sahip olan numune 0.249 değeri ile CIVA30GP numunesi iken, en düşük ses yutma kapasitesine sahip olan numune ise 0.151 değeri ile CIC numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en yüksek ses yutma kapasitesine sahip örnek gruplarının ve çimento türlerinin sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC ve GP>GC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan deneyler sonucunda ikame oranı artışı ile örneklerin yoğunluklarının azalmasına bağlı olarak ses yansıtma özelliklerinin aksine ses yutma kapasitelerinde arttığı gözlemlenmiştir. Geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ses yutma kapasitelerinin, geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ses yutma kapasitelerinden az da olsa daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki durum geliştirilmiş perlitin yoğunluğunun (0.15 g/cm^3) geliştirilmiş camın yoğunluğundan (0.38 g/cm^3) daha fazla olması ile açıklanabilir.
- Isıl iletkenlik katsayısının düşük olması, malzemenin ısı yalıtımının verimli olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda; sertleşmiş şap harcı örnekleri içerisinde en etkisiz ısı yalıtım özelliğine sahip olan numune 0.817 W/mK değeri ile CIC şahit numunesi iken, en etkili ısı yalıtım özelliğine sahip olan numune ise 0.446 W/mK değeri ile CIVA30GP numunesidir. Tüm geliştirilmiş cam agregalı ve geliştirilmiş perlit agregalı şap harçları arasında en iyi ısı yalıtım özelliğine sahip örnek gruplarının ve çimento türlerinin sırasıyla CIVA>CIIB>CIB>CIC ve GP>GC şeklinde sıralandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ısı yalıtım performanslarının, geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ısı yalıtım performanslarından az da olsa daha etkili olduğu

gözlemlenmiştir. Bunun yanında geliştirilmiş cam agregalı örneklerin ve geliştirilmiş perlit agregalı örneklerin ısı yalıtım özellikleri ikame oranı arttıkça iyileşmektedir. Bu durum örneklerin yoğunluklarının azalması ve boşluk oranlarının artmasıyla açıklanabilir.

- Genleştirilmiş cam agregası ikameli serleşmiş şap harcı örnekleri ASR açısından değerlendirilecek olursa; camın, birim hacim ağırlığı 2.4-2.8 g/cm³ arasında değişirken çalışmalarda kullanılan 0.25-0.5 mm elek aralığındaki geliştirilmiş camın yoğunluğu 0.15 g/cm³ civarındadır. Dolayısıyla, geliştirilmiş camın hacmi, atık camın hacminden ortalama 17 kat daha fazladır. Genleştirilmiş cam agregasının bu özelliği, standart kumdaki genişleme potansiyelini azaltmaktadır. Boşluklu yapısı nedeniyle reaktif agregası civarında oluşan jel, geliştirilmiş cam agregası civarındaki boşluklara sızarak genişlemeyi engellemektedir. CEM IV tipi çimento kullanılarak üretilen tüm örneklerde (agregası ne olursa olsun) genişlemenin hemen hemen sıfırlandığı, burada puzolanik çimentodaki mineral katkıların geçirimsizlik sağlayarak reaksiyonu baskıladığı gözlemlenmiştir. Bu konuda literatürde uçucu kül, yüksek fırın cürufu (YFC) gibi mineral katkıların ASR'yi engellediğini gösteren pek çok çalışma vardır. Sonuç olarak her iki tip çimento ile geliştirilmiş cam agregasının ASR problemi çıkartma riski görülmemiştir. Aksine en riskli çimento olan CEM I (mineral katkısız) serisi örneklerinde bile faydası olmuştur. Bunu da boşluklu yapısı ile başka bir agreganın oluşturduğu jel tarafından oluşan boş alanla açıklayabiliriz. Zaten ikame oranı arttıkça şap harcının hafiflemesi de boşluklu yapıda olduğunun bir ispatıdır. Ayrıca, her çimentonun alkali üretimi koşullarına göre değişmektedir, ancak katkısız çimentolar (CEM I serisi), dayanım sınıfı ne olursa olsun katkılı çimentolara (CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V) göre mineral katkısız olduğu için ASR açısından daha risklidir. Bunun yanında çimentolardaki A, B ve C kodları, çimento içerisindeki mineral katkı ile ilgili bilgi verdiğinden C tipi bir çimentoda mineral katkı ikame oranı daha yüksek olacağından aynı sınıf çimentonun B ve A tipine göre ASR açısından daha etkin olacağı bellidir.

Yukarıda belirtilen bilgiler ışığında, genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlitin yapıların ağırlığını azaltma, termal özelliklerini iyileştirme gibi performans arttırıcı özelliklerinden dolayı, CEN standart kum yerine ikame edilerek şap harcı üretiminde sürdürülebilir yapı malzemesi olarak kullanılması faydalı olacaktır.

Genleştirilmiş cam ve genleştirilmiş perlit karşılaştırıldığında ise; mukavemetin önem kazandığı yerlerde genleştirilmiş camın, hafifliğin önem kazandığı yerlerde ise genleştirilmiş perlitin tercih edilmesi uygun olacaktır. ASR açısından ve daha uzun ömürlü şap harcı üretimi için CEM IV çimentosu ile genleştirilmiş camın kullanılması gerekmektedir.

Konu ile ilgili çalışmaların; sıva harcı, beton, hafif beton, kendiliğinden yerleşen beton, püskürtme beton gibi diğer özel betonlarla sürdürülmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

ASCE 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019.

<https://www.infrastructurereportcard.org/>

ASTM C1260-14. Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)

Azizi, S., 2007. Perlit Katkılı Hafif Betonların Mekanik Özellikleri ve Isı Yalıtımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, İstanbul.

Balun, B., 2013. Hafif Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Harçların Mekanik ve Durabilite Özellikleri. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Elazığ.

Bias Mühendislik, 2019. Testsens Ses Yutum Katsayısı / Ses İletim Kaybı Tüpleri Kullanım Kılavuzu.

Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. Erişim Tarihi: 01.11.2017.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm>

Bengisu, M., 2006. Seramik Bilimi ve Mühendisliği. Nobel Yayınları, 746s, Ankara.

Bumanis, G., Bajare, D., Korjamins, A., 2013 . Mechanical and Thermal Properties of Lightweight Concrete Made from Expanded Glass. Erişim Tarihi: 26.01.2019.

<http://www.sace.ktu.lt/index.php/DAS/article/download/2790/2566>

Carsana M., Bertolini L., 2017. Durability of Lightweight Concrete with Expanded Glass and Silica Fume. Erişim Tarihi: 26.01.2019.

http://email.concrete.org/marketing/resources/Durability_of_Lightweight_Concrete_with_Expanded_Glass.pdf

Clarke, J. L., 1993. Structural Lightweight Aggregate Concrete. Blackie Academic & Professional, London.

Çalışkan, Ş., 2009. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu. Erişim Tarihi: 26.01.2019.

<http://dergipark.gov.tr/download/article-file/55588>

Dalkılıç, S., 2014. Tuğla Tozu Katkılı Harçlarda Donatı Korozyonunun Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145s, Isparta.

- Demirboğa, R., Gül, R., Örüng, İ., 2001. Effects Of Expanded Perlite Aggregate And Mineral Admixtures On The Compressive Strength Of Low- Density Concretes. Cement and Concrete Research, 31. 1627-1632.
- Demirboğa, R., Gül, R., 2003. The Effects Of Expanded Perlite Aggregate, Silica Fume And Fly Ash On The Thermal Conductivity Of Lightweight Concrete. Cement and Concrete Research, 33. 723-727.
- Ekinci, D. 2014. Türkiye’de Köpük Beton. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=390&RecID=3355>
- Engin, C., 2018. Farklı Tane Boyutlu Genleştirilmiş Perlit Agregası İle Üretilen Ultra Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Van.
- Göлтаş 2019a. Erişim Tarihi: 19.01.2019. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/dgjrapsb6jsoc0c0kg.pdf>
- Göлтаş 2019b. Erişim Tarihi: 19.01.2019. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/2n6ovha9ftkws88ggg.pdf>
- Göлтаş 2019c. Erişim Tarihi: 19.01.2019. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/pwnnb8yfadcwk4coc4.pdf>
- Göлтаş 2019d. Erişim Tarihi: 19.01.2019. <http://www.Goltas.com.tr/files/urunlerimiz/b9cpybnmq74g0og8sk.pdf>
- Gökbel, S., 2014. Genleştirilmiş Perlitin Horasan Harçlarında Kullanılması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71s, Eskişehir.
- Gökçer, B., Yıldız, S. ve Keleştemur, O., 2015. “Cam Lif Takviyeli Çimento Harçlarının Aşınma Direnci Üzerine Atık Mermer Tozunun Etkisi”, ISBS 2015- 2. International Sustainable Buildings Symposium, 28-30 Mayıs, Ankara, 2015.
- Gönen, T., 2009. Kendiliğinden Yerleşen Pomza ve Perlit Agregalı Hafif Harçların Mekanik Özellikleri. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/186389>
- ITUMHK 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://www.itumhk.com/>
- Ismail, Z. Z., Al-Hashmi, E. A., 2009 . Recycling of Waste Glass as a Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete. Waste Management, 29. 2. 655-659.

- İnce, H. H., 2012. Mikrodalga ile Hızlandırılmış Kür Yönteminin Katkılı Harçlar Üzerindeki Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 103s, Isparta.
- Kılıç, F. M., 2018. Hafif Şap ile Normal Şap Uygulamasının Karşılaştırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 45s, Kayseri.
- Kılıçer, A., 2018. Van Gölü Havzasındaki Perlit Madeninin Alkali-Slika Reaktivitesi (ASR) Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23. 3. 286–290.
- Konuk, H., 2003. Hafif Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri Ve Isı Yalıtımı., İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kralj, D., 2009. Experimental Study of Recycling Lightweight Concrete with Aggregates Containing Expanded Glass. Process Safety and Environmental Protection, 87. 4. 267-273.
- Liaver 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://www.liaver.com/reapor/>
- MEGEP 2019. Erişim Tarihi: 24.02.2019. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Tesviye%20Betonu%20Ve%20%C5%9Eap.pdf
- Misapor 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019. <http://www.misapor.ch/en>
- MTA, 2019. Erişim Tarihi: 22.01.2019. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/perlit>
- Neville, A.M., 2011. Properties of Concrete, 5th edition. Erişim Tarihi: 22. 01.2019. <https://igitgeotech.files.wordpress.com/2014/10/properties-of-concrete-by-a-m-neville.pdf>
- Nemes, R., Józsa, Z., 2006. Strength of Lightweight Glass Aggregate Concrete. Journal of Materials in Civil Engineering, 710-714.
- Ormancı, A. E., 2009. Kendiliğinden Yerleşen Şapların Taze ve Sertleşmiş Haldeki Özellikleri ve Üretim Süreci. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 71s, İstanbul.
- Owa, 2019. Owalifetime / Owaconsult Sound Prtotection Tanıtım Kataloğu.
- Öcal, C., 2012. Farklı Çimentoların Farklı Kimyasal Katkılarla Gösterdiği Performans. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 93s, Isparta.

Öztürk, M., 2012. Pomza ve Perlit İçerikli Hafif Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47s, Tekirdağ.

Perhabbe, 2019a. Erişim Tarihi: 19.01.2019.

<http://www.perhabbe.com/perHAbbe%C2%AE-Genlesmis-Cam,s4.html>

Perhabbe, 2019b. Erişim Tarihi: 19.01.2019.

<http://www.perhabbe.com/Teknik-Bilgiler,s11.html>

Perhabbe, 2019c. Erişim Tarihi: 23.01.2019.

<http://www.perhabbe.com/Faydalari,s8.html>

Petrella, A., Petrella, M., Boghetich, G., Petruzzelli, D., Calabrese, D., Stefanizzi, P., De Napoli, D., Guastamacchia, M., 2007. Recycled Waste Glass as Aggregate for Lightweight. Construction Materials, 165-170.

Polat, R., 2013. Genleştirilmiş Perlit Agregası, Nano ve Mikro Boyutta Cao ve Mgo ve Kil'in Yüksek Mukavemetli Betonların Otojen Rötrelere Üzerindeki Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 266s, Erzurum.

Poraver, 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019.

<http://www.poraver.com/en/poraver/>

Rashad A. M., 2014. Recycled Waste Glass as Fine Aggregate Replacement in Cementitious Materials Based on Portland Cement. Construction and Building Materials, 72. 340–357.

Resmi Gazete. Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği. Erişim Tarihi: 18.01.2019.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/12/20081205-9.htm>

Resmi Gazete. Binaların Gürültüye Karşı Korunması Hakkında Yönetmelik. Erişim Tarihi: 18.01.2019.

<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/05/20170531-7.htm>

Saccani, A., Bignozzi M. C., Barbieri L., Lancellotti. I., Bursi E., 2017. Effect of the Chemical Composition of Different Types of Recycled Glass Used as Aggregates on the ASR Performance of Cement Mortars. Construction and Building Materials, 154. 804–809.

Sadowski, L., Mielnik M. P., Widziszowski T., Gardynik. A., Mackiewicz S., 2019. Hybrid Ultrasonic-Neural Prediction Of The Compressive Strength Of Environmentally Friendly Concrete Screeds With High Volume Of Waste Quartz Mineral Dust. Journal of Cleaner Production, 212. 727–740.

Serpa, D., Silva, A. S., Brito, J. D., Pontes, J., Soares, D., 2013. ASR of Mortars Containing Glass. Construction and Building Materials, 47. 489–495.

Stikloporas, 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019.

<http://www.stikloporas.lt/Produktas/Savybes>

Şapcı, N., 2013. Doğal Kayaç Bileşenli Genleşmiş Cam Agregası Üretimi ve Endüstriyel Olarak Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 189s, Isparta.

Topçu, İ.B., Uygunoğlu, T. 2007. Properties of Autoclaved Lightweight Aggregate Concrete. Building and Environment 42. 4108-4116.

Topçu, İ. B., Boğa, A. R., Bilir, T., 2008. Alkali-Silica Reactions of Mortars Produced by Using Waste Glass as Fine Aggregate and Admixtures Such as Fly Ash and Li_2CO_3 . Waste Management, 28. 5. 878-884.

TS 699. (2009). Doğal yapı taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. Türk Standartları, Ankara.

TS EN ISO 10534-1. (2004). Akustik- Empedans Borularında Ses Absorplama Katsayısı ve Empedansın Tayini - Bölüm 1: Duran Dalga Oranını Kullanma Metodu. Türk Standartları, Ankara.

TS EN ISO 10534-2. (2003). Akustik-Empedans Borularındaki Ses Absorpsiyon Katsayısının Ve Empedansın Tayini-Bölüm 2:Aktarım Fonksiyonu Metodu. Türk Standartları, Ankara.

TS EN 196-1. (2016). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini. Türk Standartları, Ankara.

TS EN 772-11. (2012) Kâgir birimler - Deney yöntemleri - Bölüm 11: Betondan, gazbetondan, yapay ve doğal taştan yapılmış kâgir birimlerde kapiler su emme ve kil kâgir birimlerde ilk su emme hızının tayini. Türk Standartları, Ankara.

TS EN 1015-3. (2000). Kâgir harcı - Deney metotları - Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayıma tablası ile). Türk Standartları, Ankara.

TS EN 12350-6. (2010). Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standartları, Ankara.

TS EN 12390-7. (2010). Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 7:Sertleşmiş Beton Yoğunluğunun Tayini. Türk Standartları, Ankara.

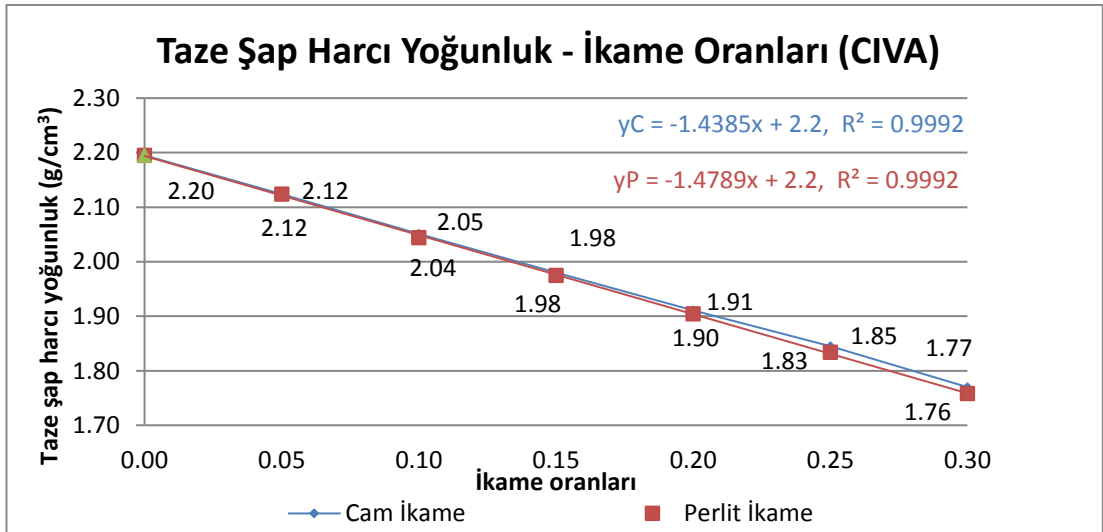
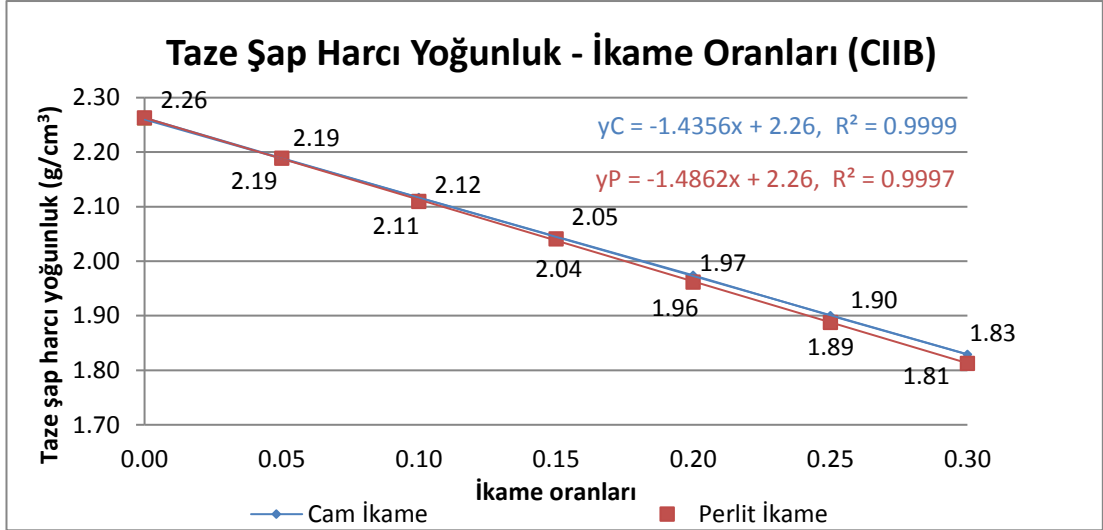
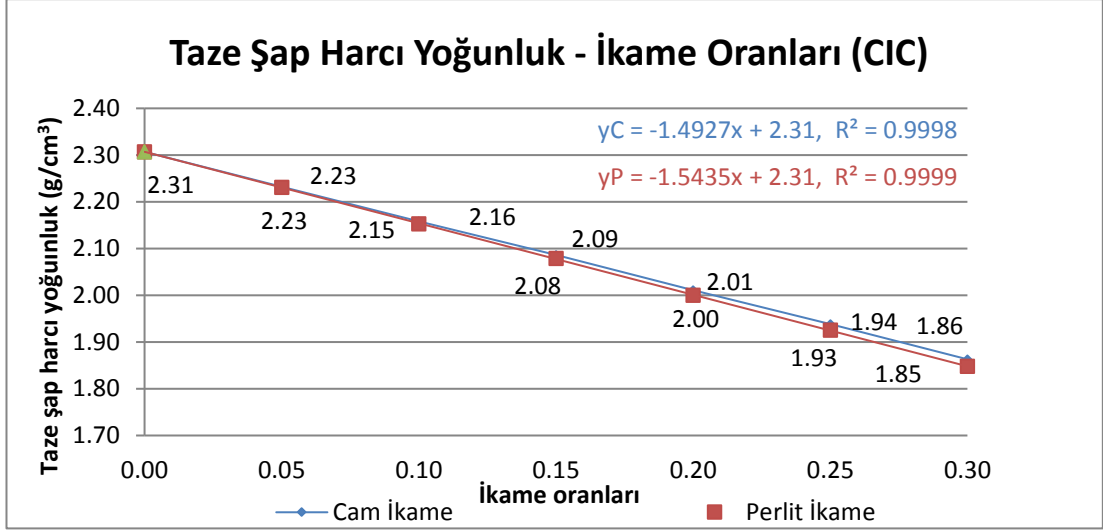
TS EN 12504-4. (2012). Beton Deneyleri - Bölüm 4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini. Türk Standartları, Ankara.

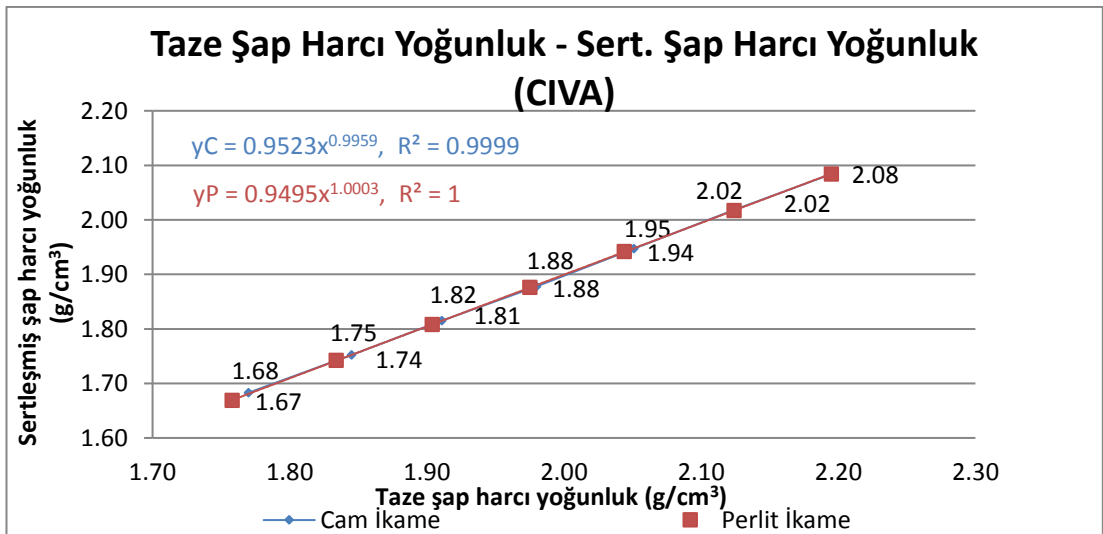
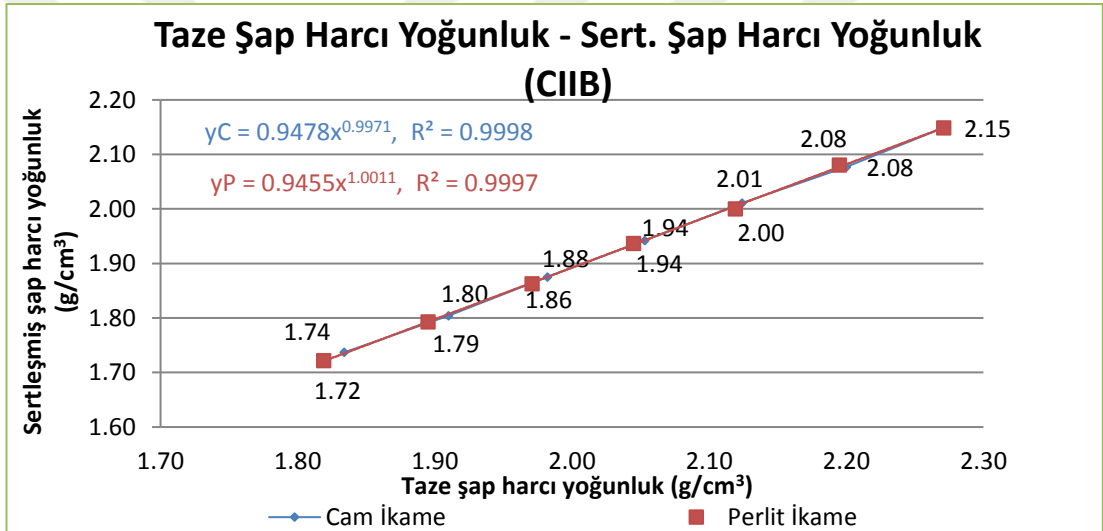
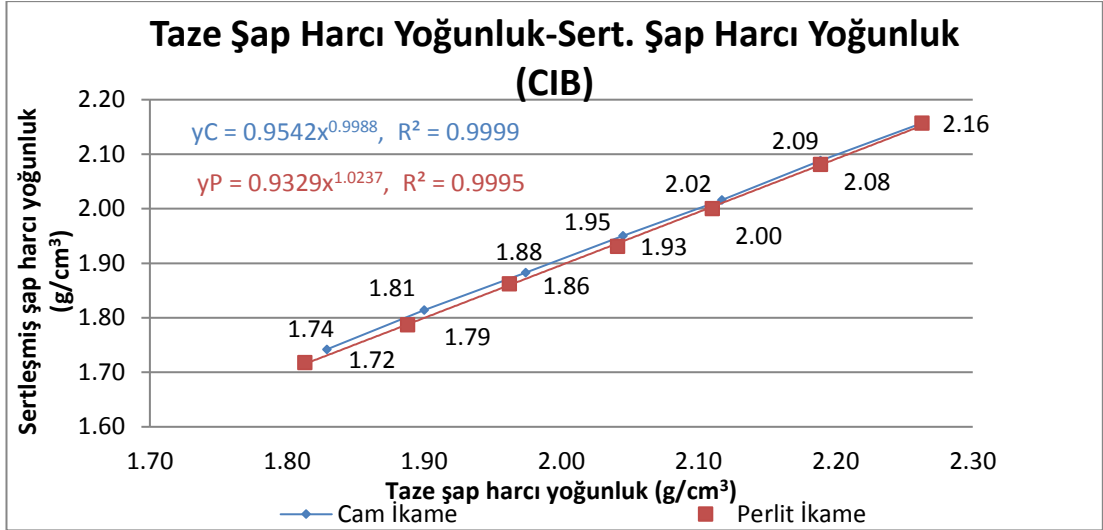
TS EN 12664. (2009). Yapı Malzemeleri Ve Mamulleri - Isıl Direncin, Korumalı Tablalı Isıtıcı ve Isı Akı Ölçerinin Kullanıldığı Metotlarla Tayini - Isıl Direnci Orta Ve Düşük Seviyede Olan Kuru Ve Rutubetli Mamuller. Türk Standartları, Ankara.

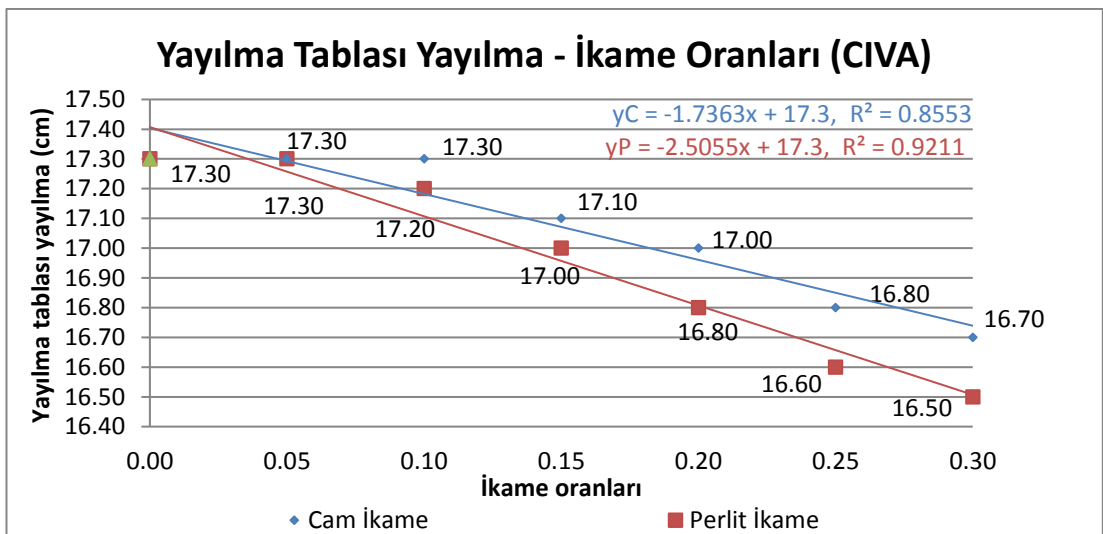
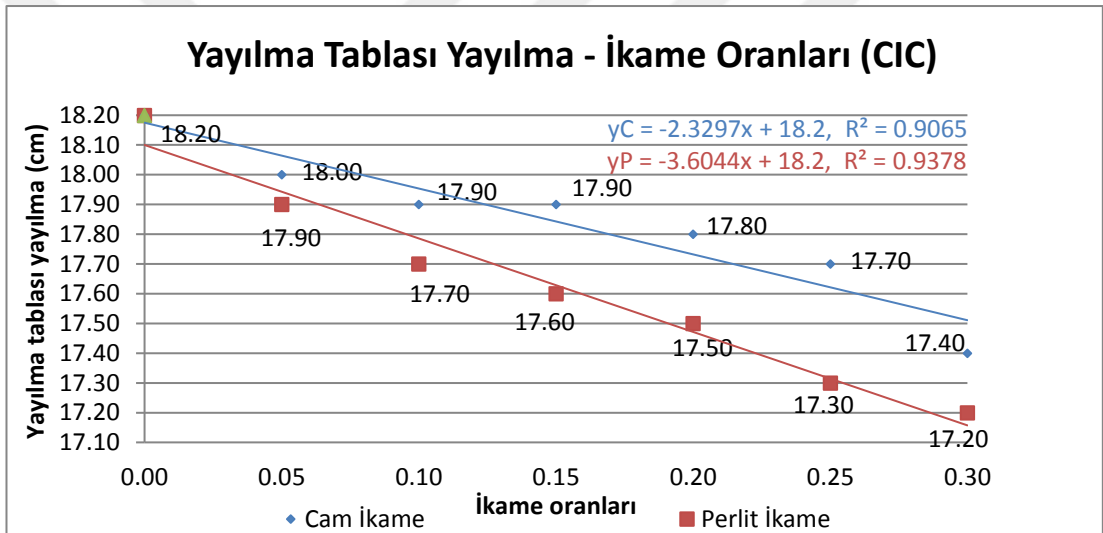
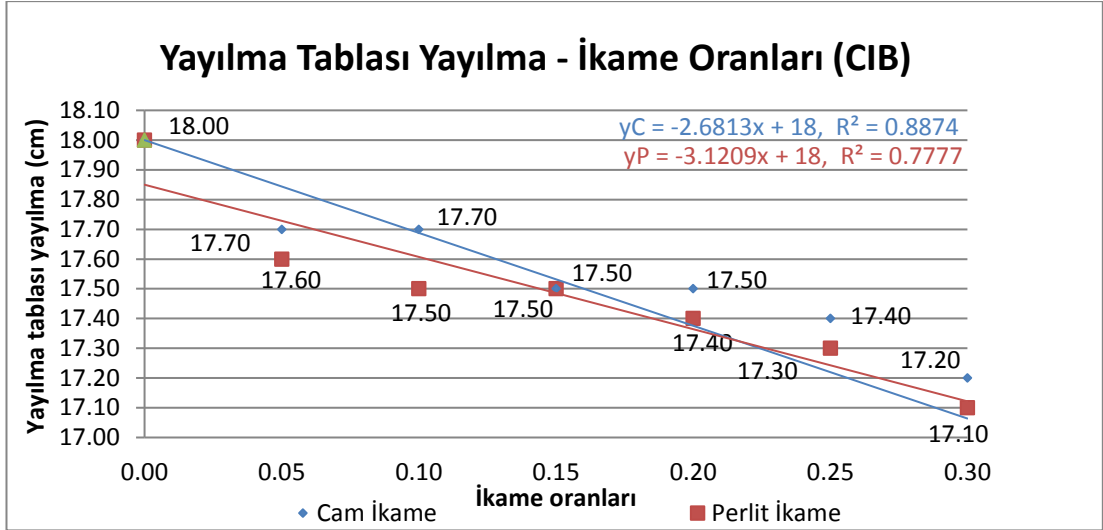
- TS EN 13318. (2000). Şap Malzemeleri ve Şap Uygulaması - Tarifler. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 13813. (2004). Şap Malzemeleri ve Zemine Uygulanan Şaplar - Şap Malzemeleri - Özellikler ve Gerekler. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 13892-1. (2004). Şap Malzemeleri – Deney Metotları – Bölüm 1: Deneyler için Numune Alma, Hazırlama ve Kürleme. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 13892-2. (2004). Şap Malzemeleri – Deney Metotları – Bölüm 2: Eğilme ve Sıkıştırma Mukavemeti Tayini. Türk Standartları, Ankara.
- TS EN 13892-3. (2015). Şap Malzemeleri – Deney Metotları – Bölüm 2: Aşınma Direncinin Tayini - Böhme. Türk Standartları, Ankara.
- Ultraper, 2019a. Erişim Tarihi: 18.01.2019.
http://www.ultraper.com/-page_id=32.htm
- Ultraper, 2019b. Erişim Tarihi: 19.01.2019.
http://www.ultraper.com/-page_id=32.htm
- Uygunoğlu, T., 2009. Yüksek Oranda Silis Dumanı İçeren Harçlarda Alkali-Silika Reaksiyonu (ASR) Gelişiminin İncelenmesi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5. 2. 9–16.
- Winworld, 2019. Erişim Tarihi: 18.01.2019.
<http://www.winworld.net/haberler/1-haziranda-yururluge-giren-iki-yeni-yonetmelikle-binalarda-su-ve-ses-yalitimi-zorunlu-oldu.html>
- Yapıpedia, 2018. Erişim Tarihi: 18.01.2019.
<https://www.yapipedia.com/son-eklenenler/k%C3%B6p%C3%BCk-beton-nedir>
- Yıldırım, S. T., Baba, E., 2018. Bims Agregalı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Hafif Kompozit Harçların Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 1. 47–52.
- Yu, R., Onna, D. V., Spiesz, P., Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H., 2016. Development of Ultra-Lightweight Fibre Reinforced Concrete Applying Waste Glass. Journal of Cleaner Production, 112. 690-701.

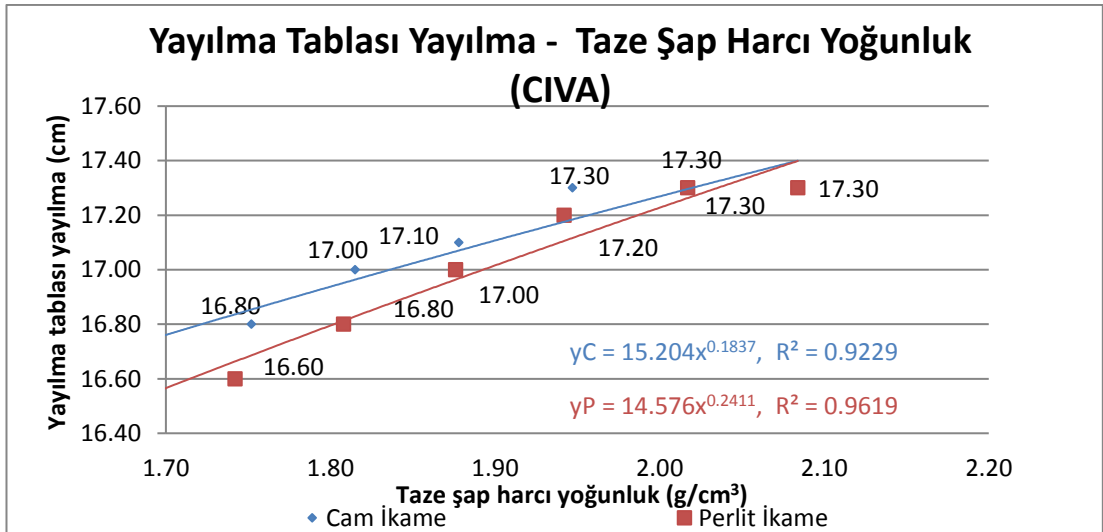
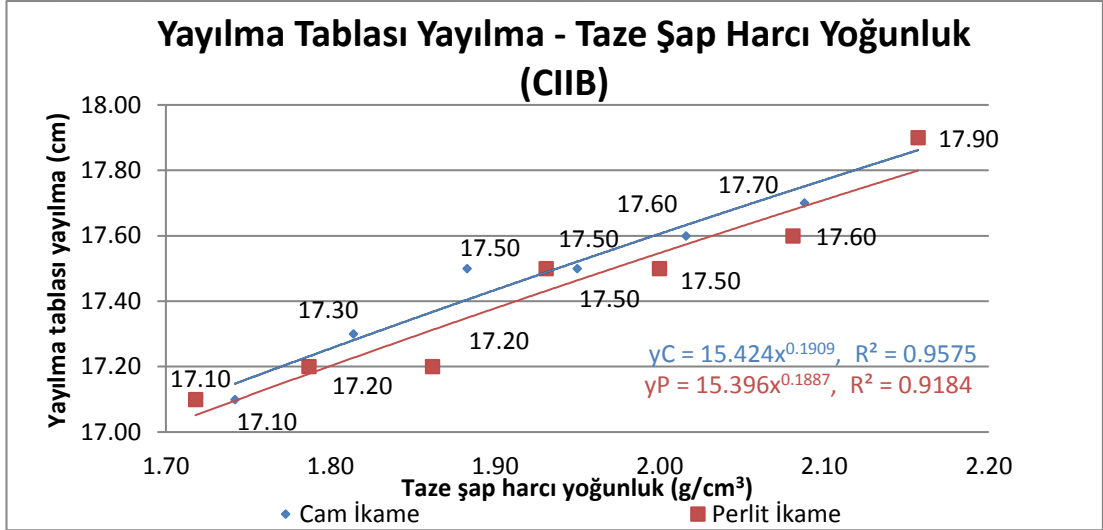
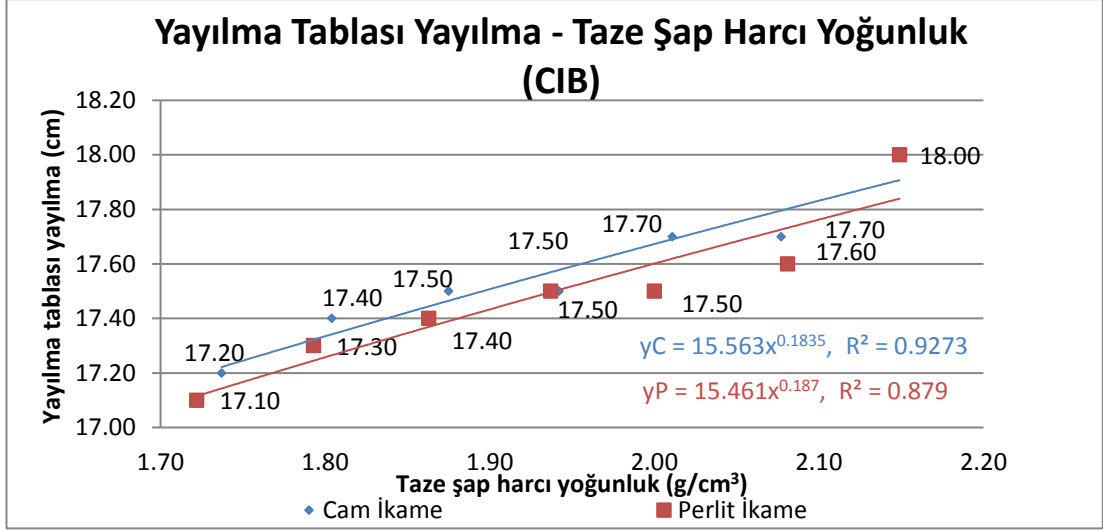
EKLER

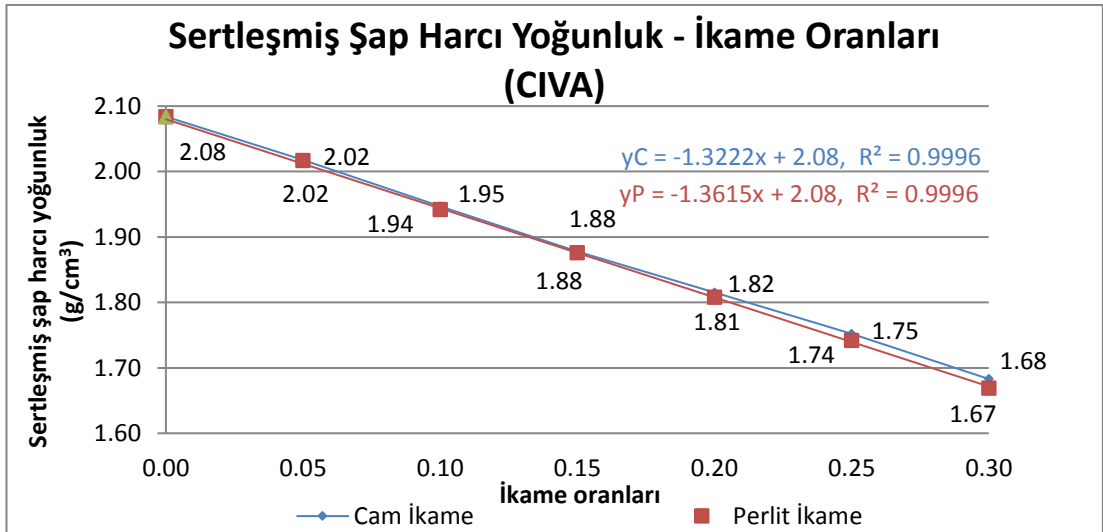
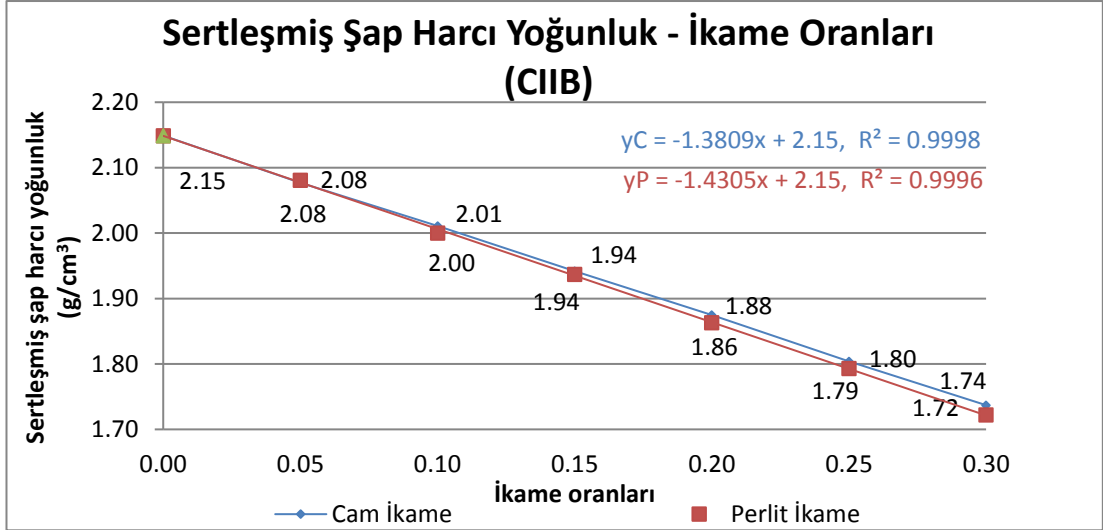
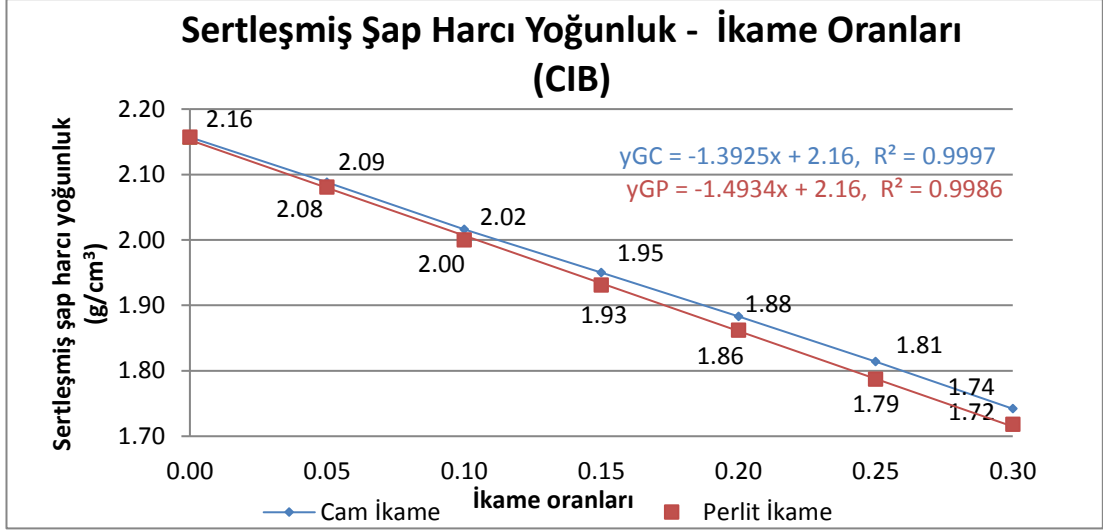


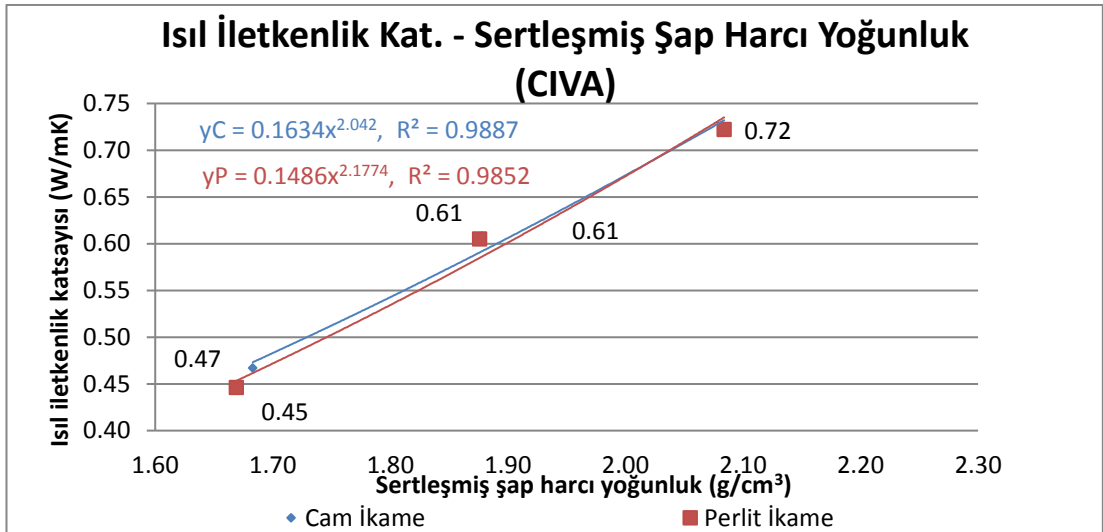
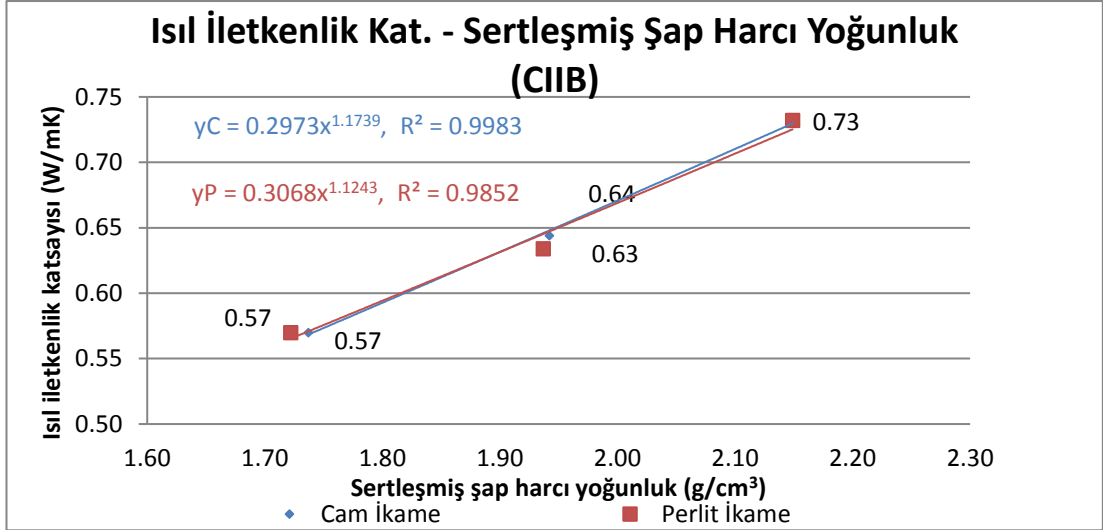
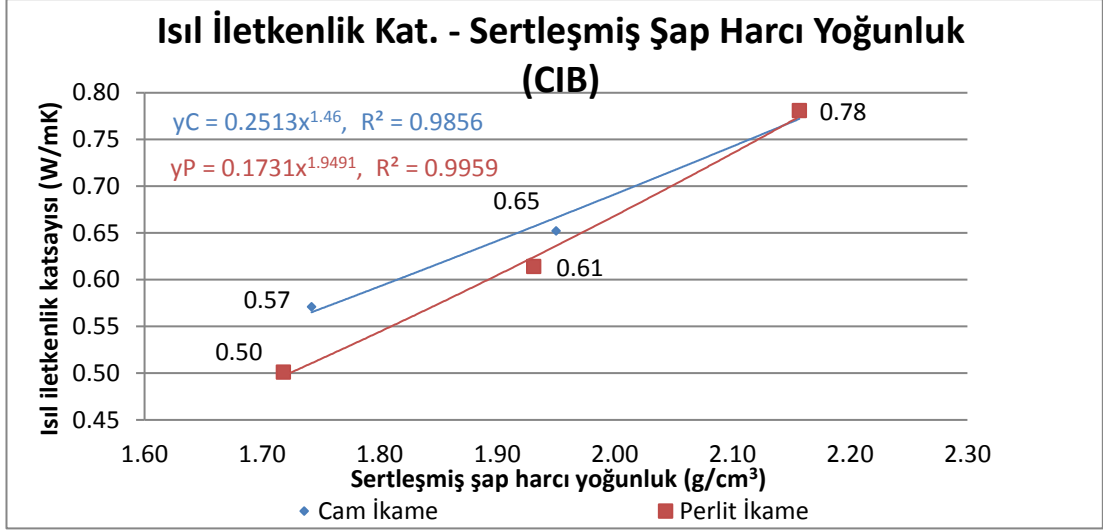


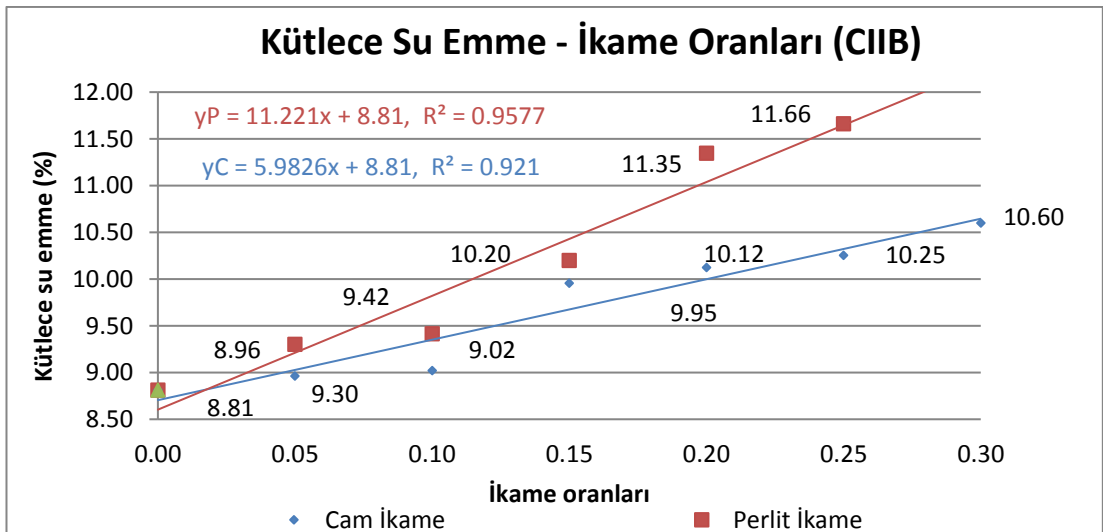
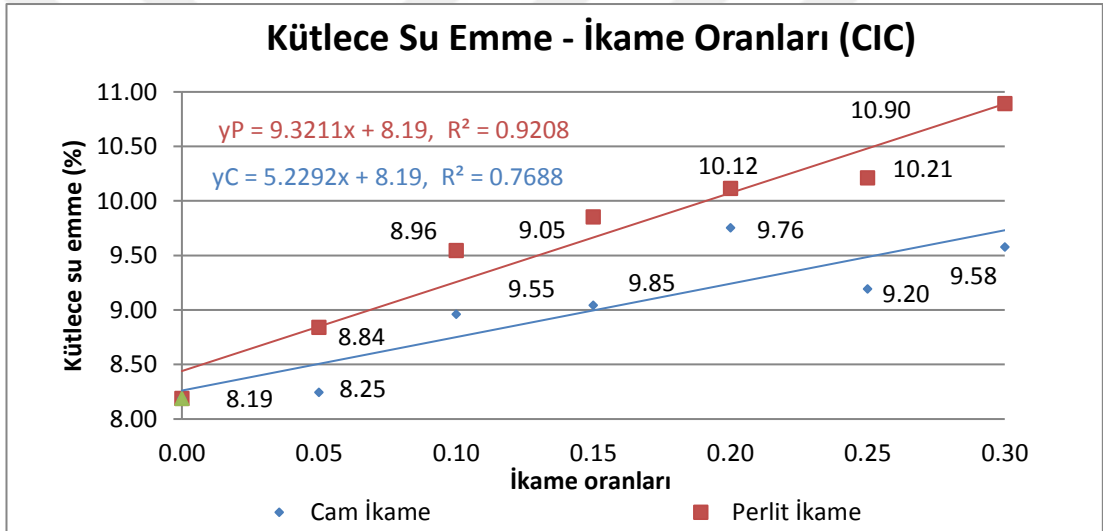
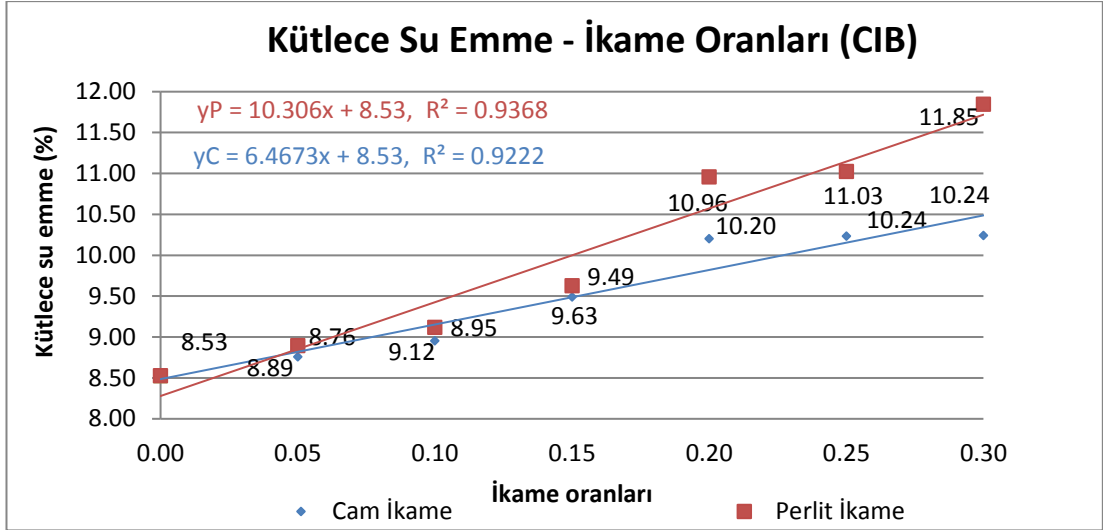


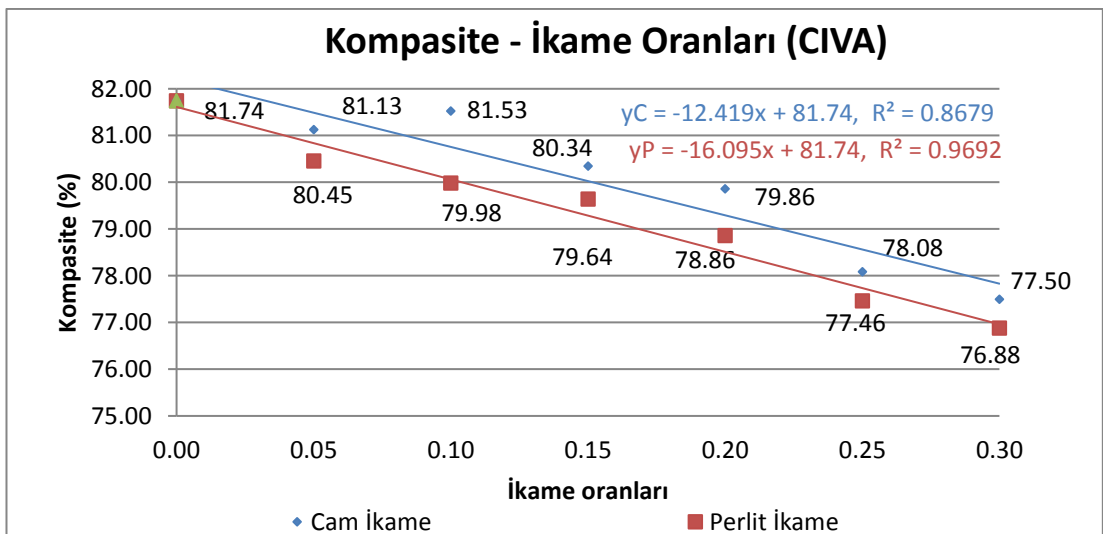
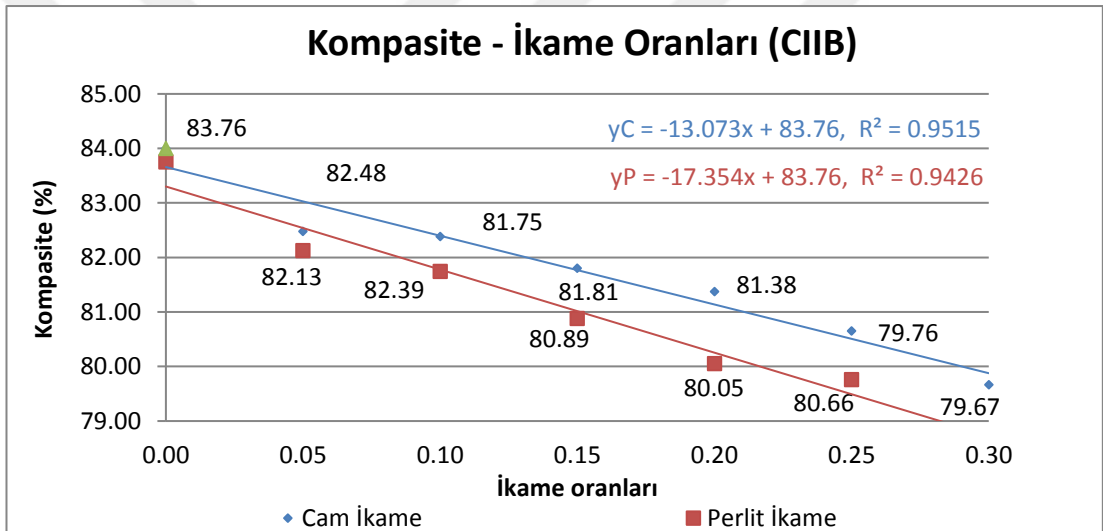
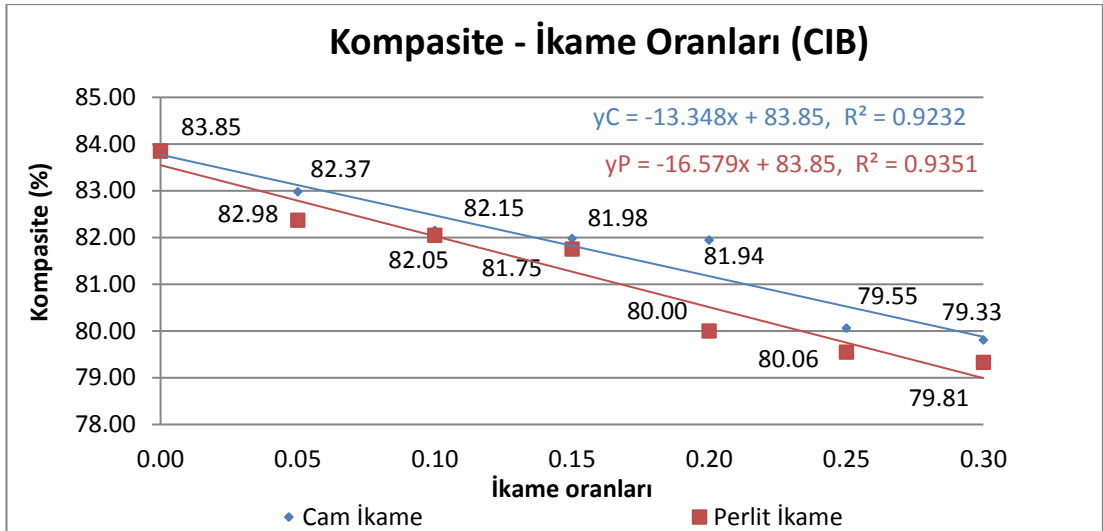


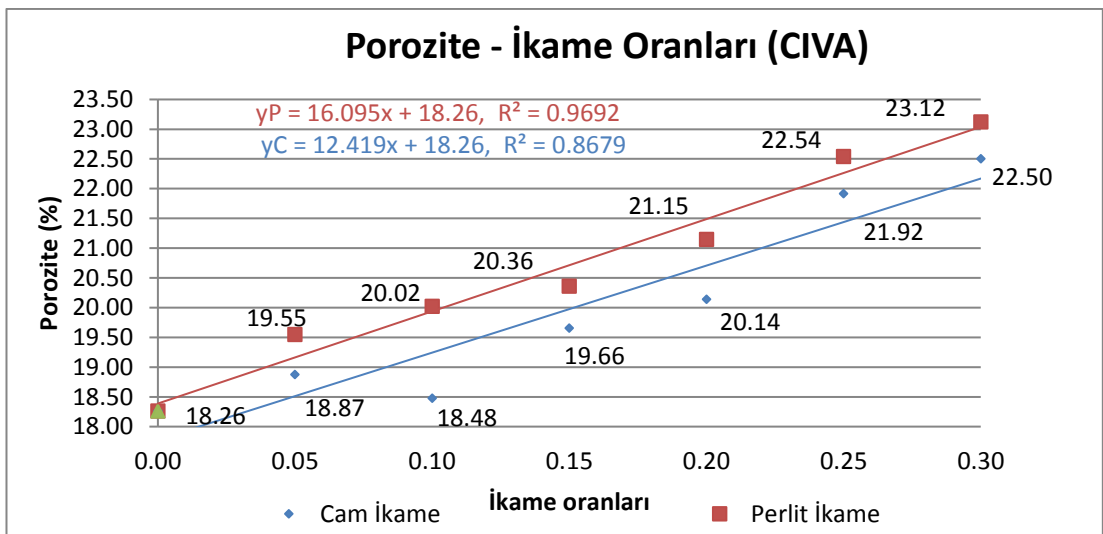
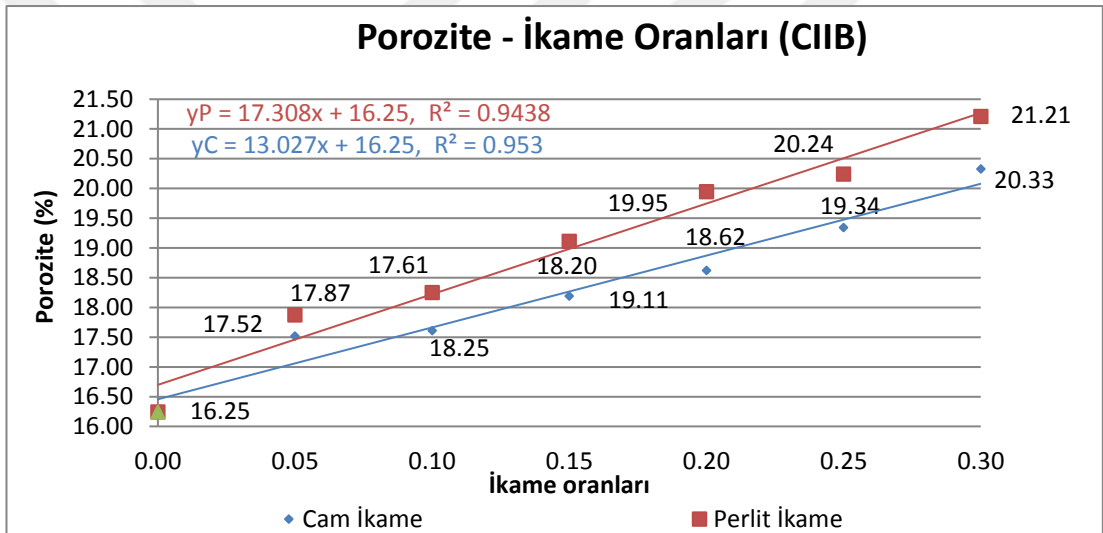
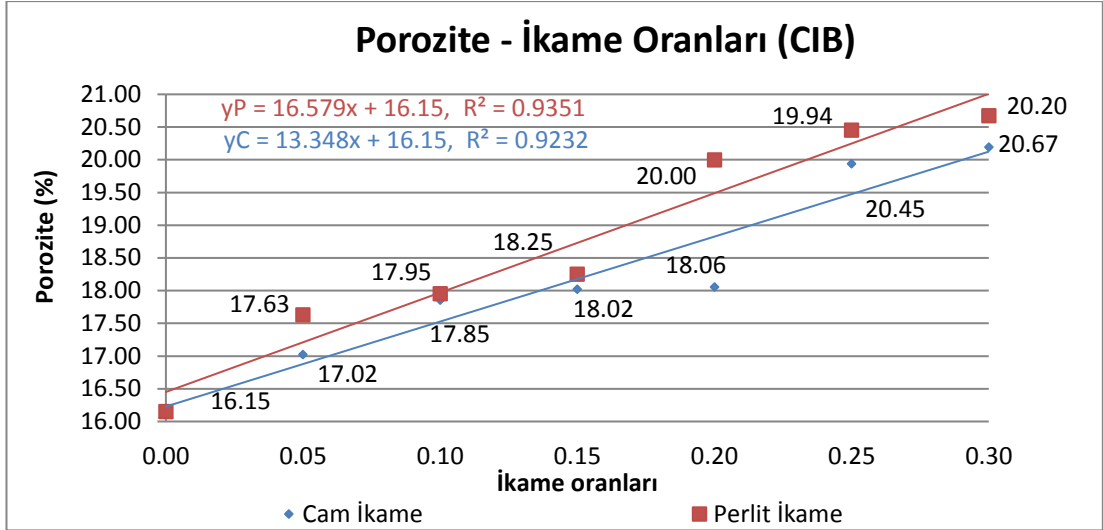


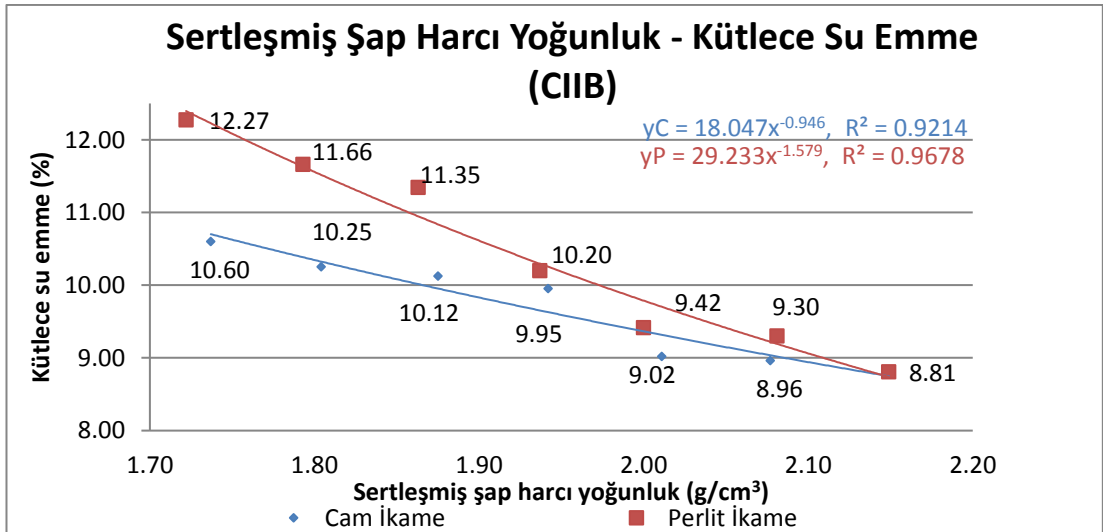
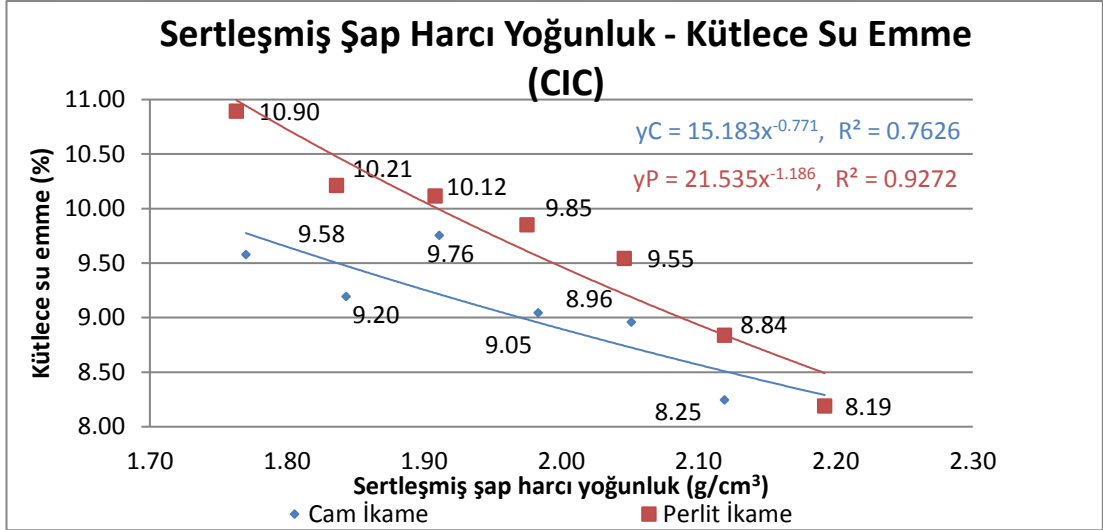
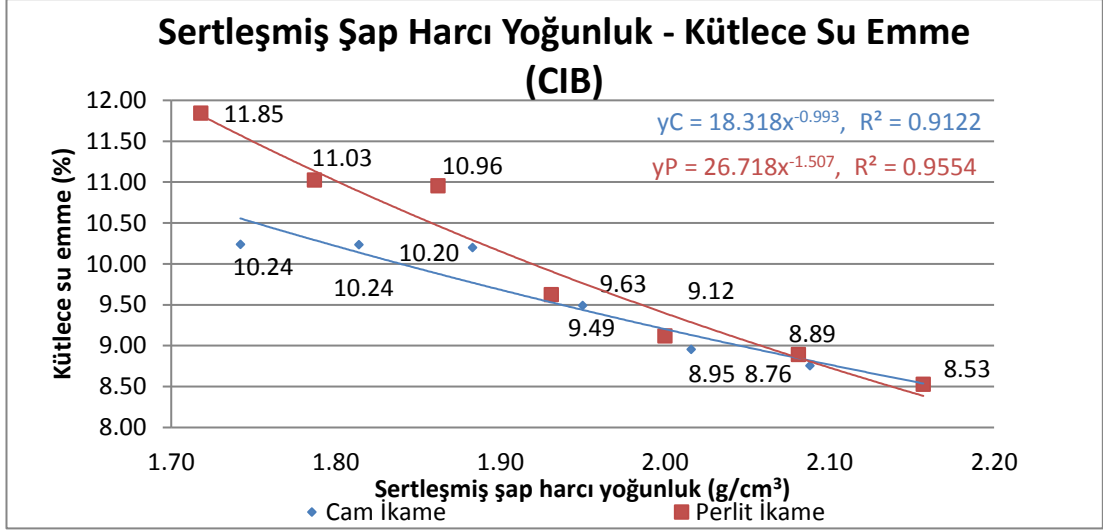




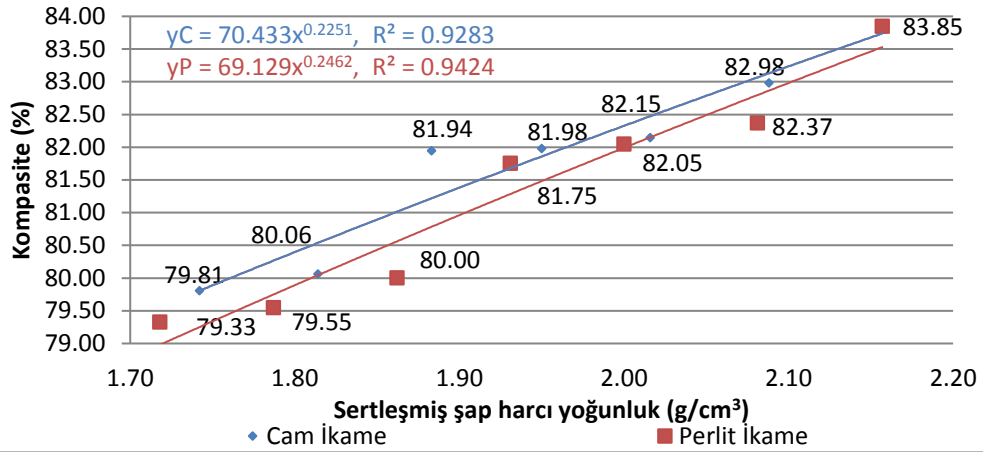




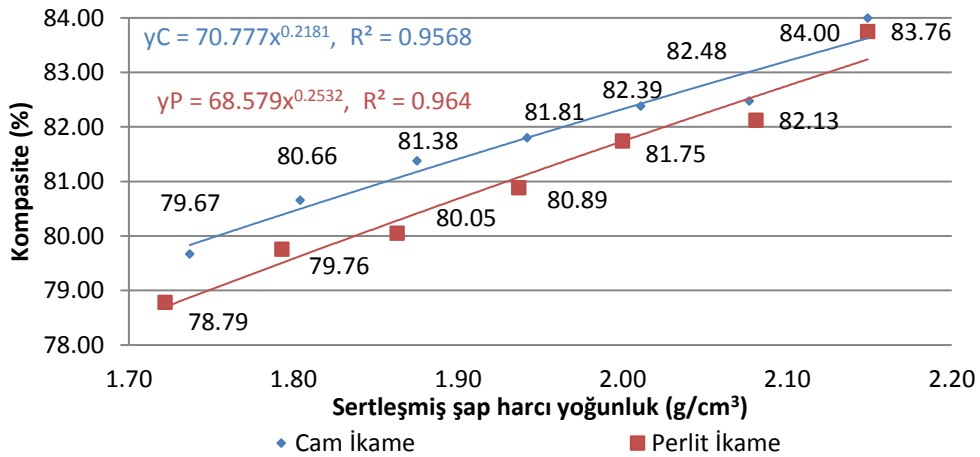




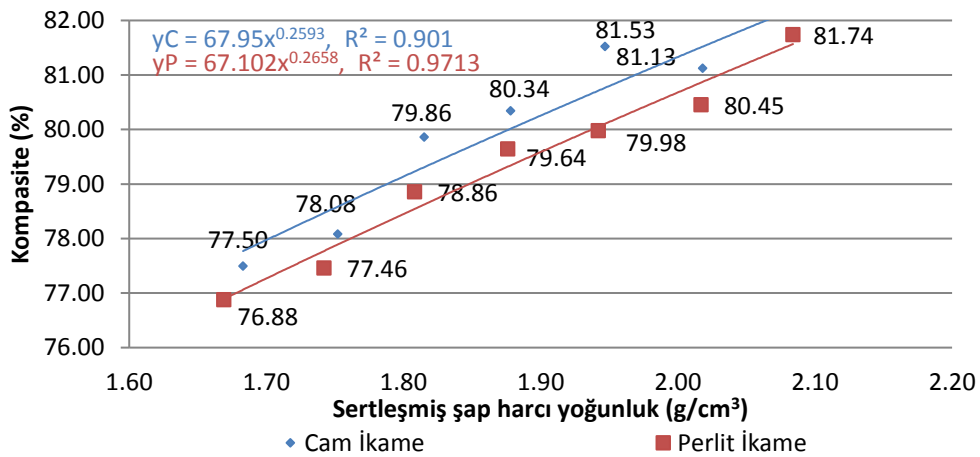
Sertleşmiş Şap Harcı Yoğunluk - Kompasite (CIB)

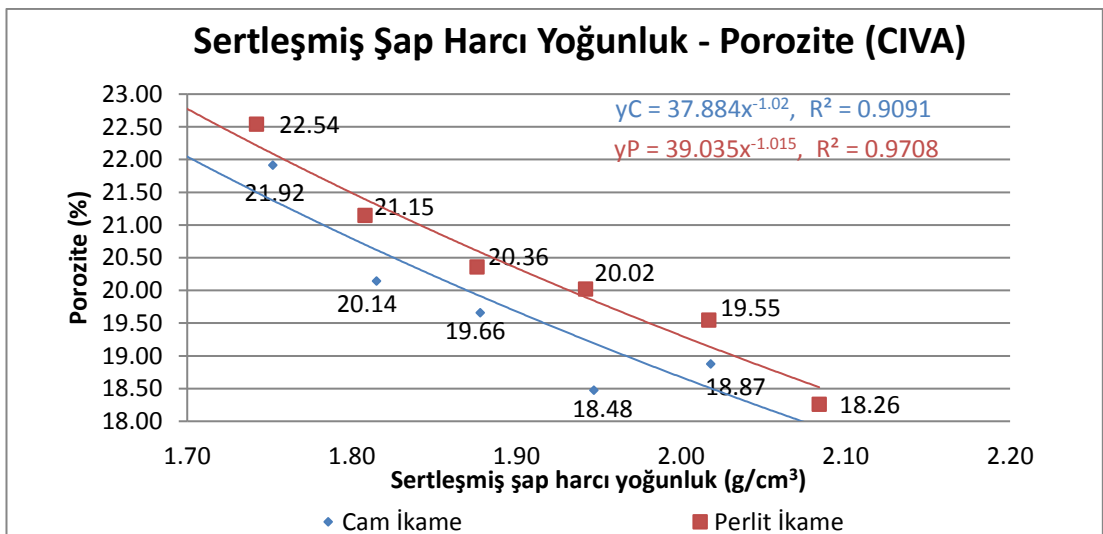
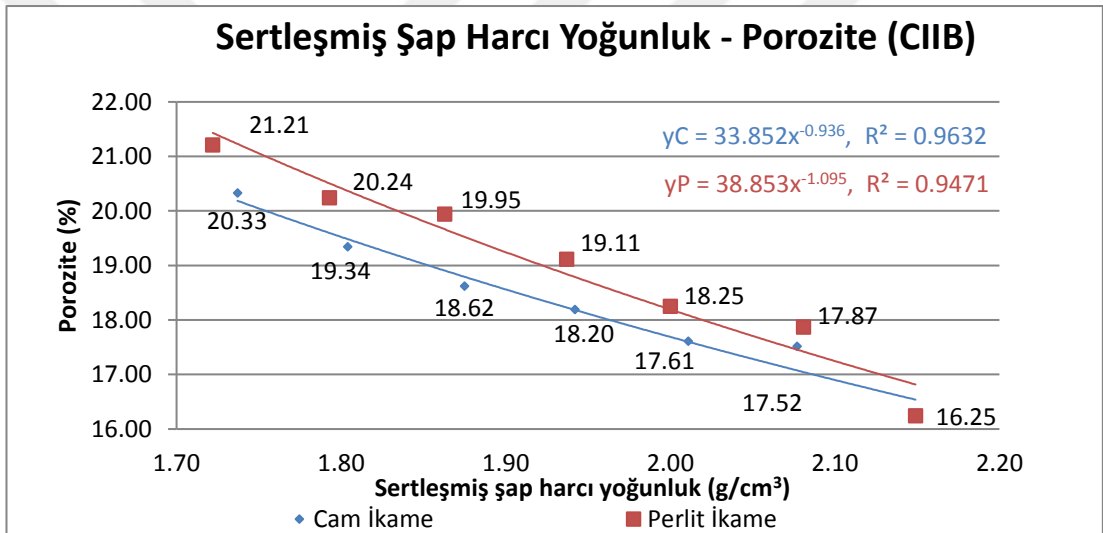
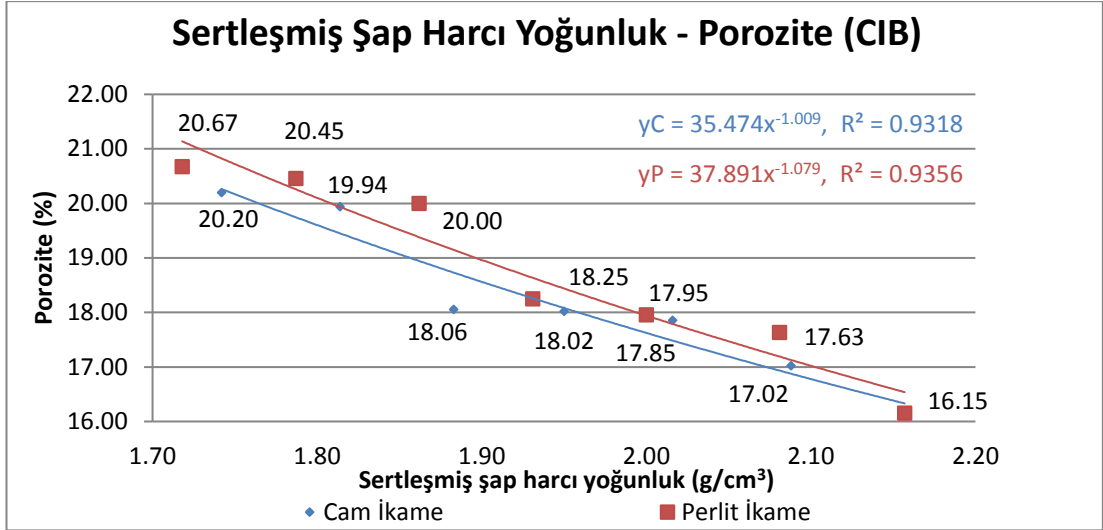


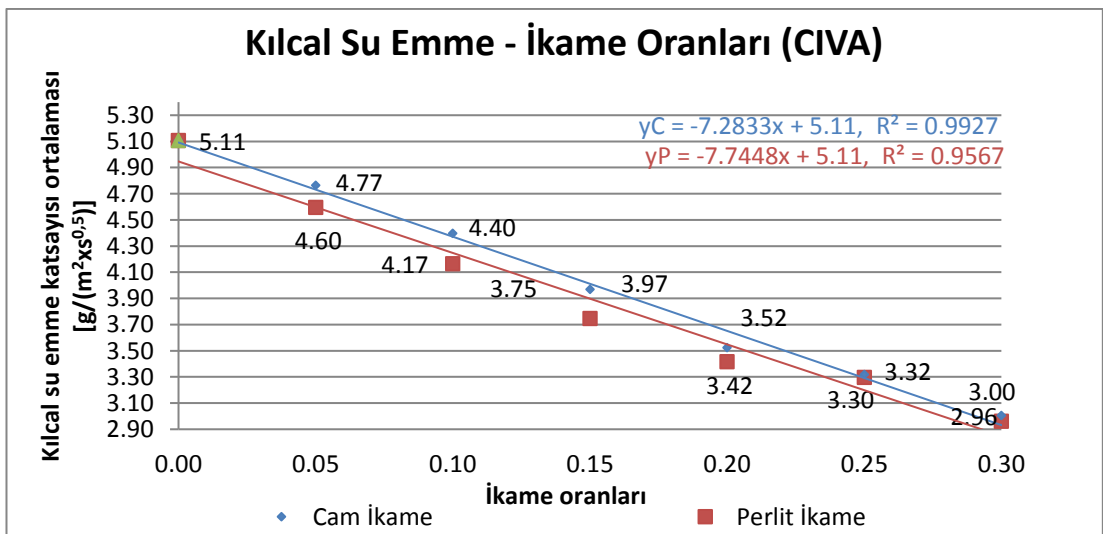
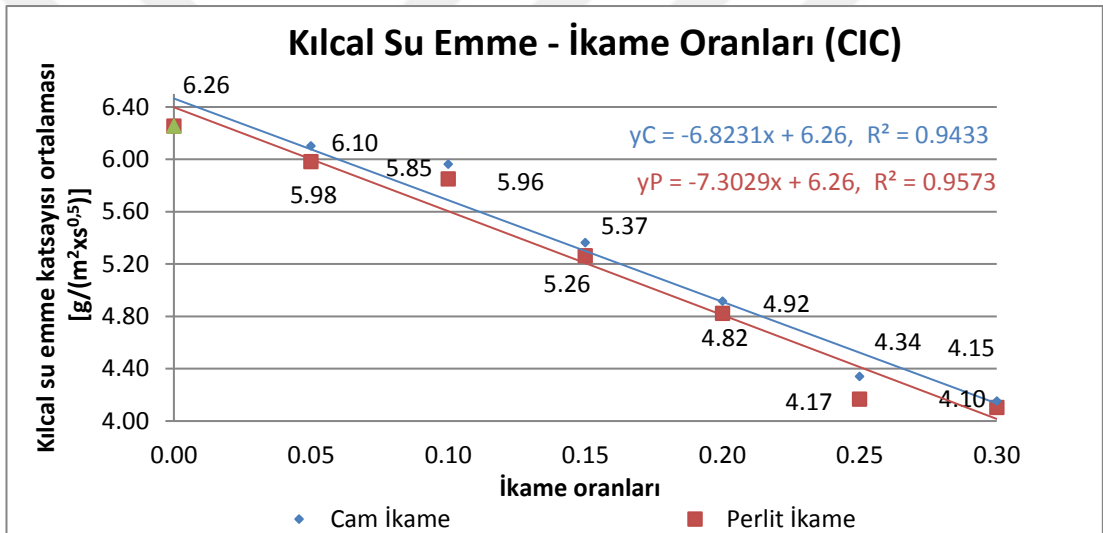
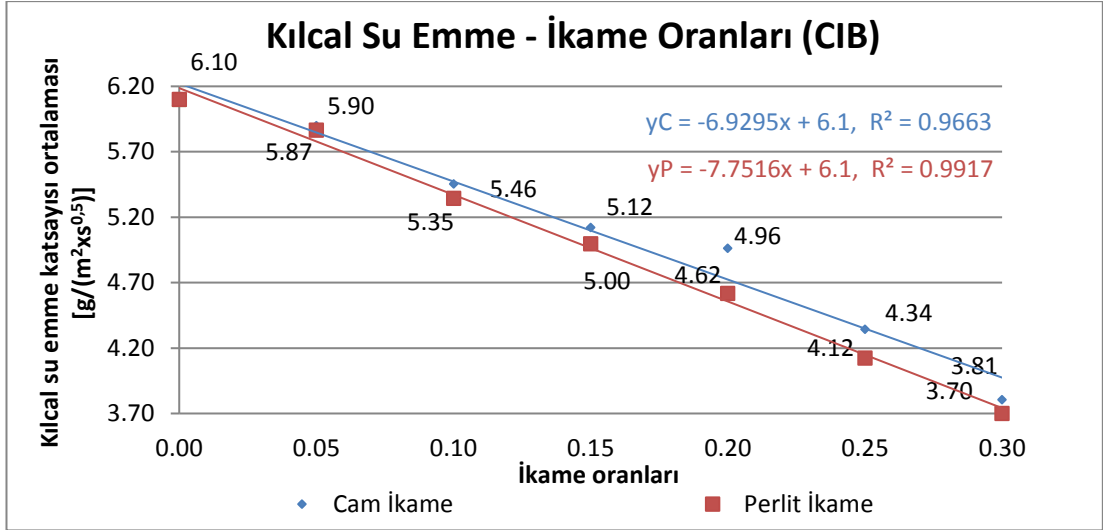
Sertleşmiş Şap Harcı Yoğunluk - Kompasite (CIIB)

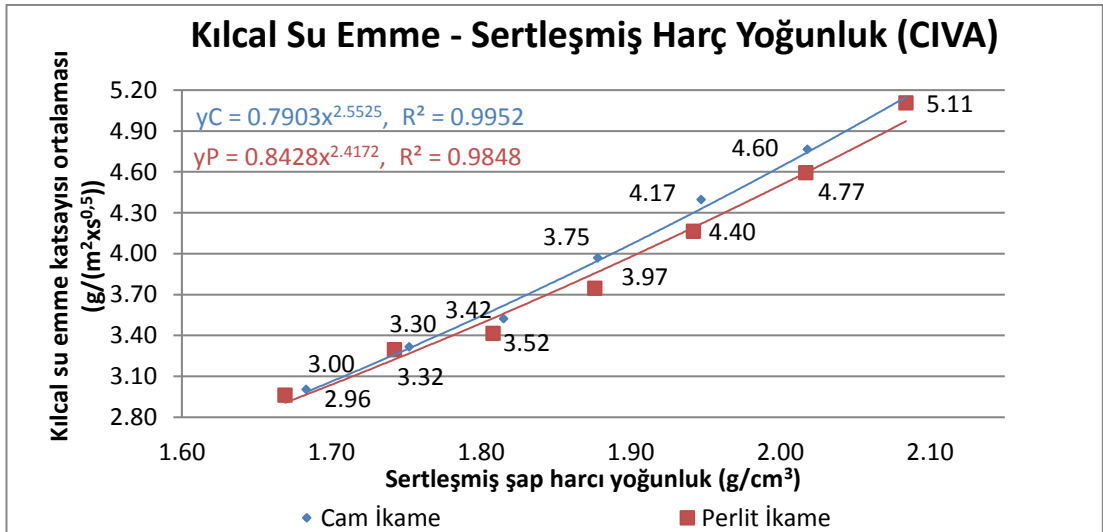
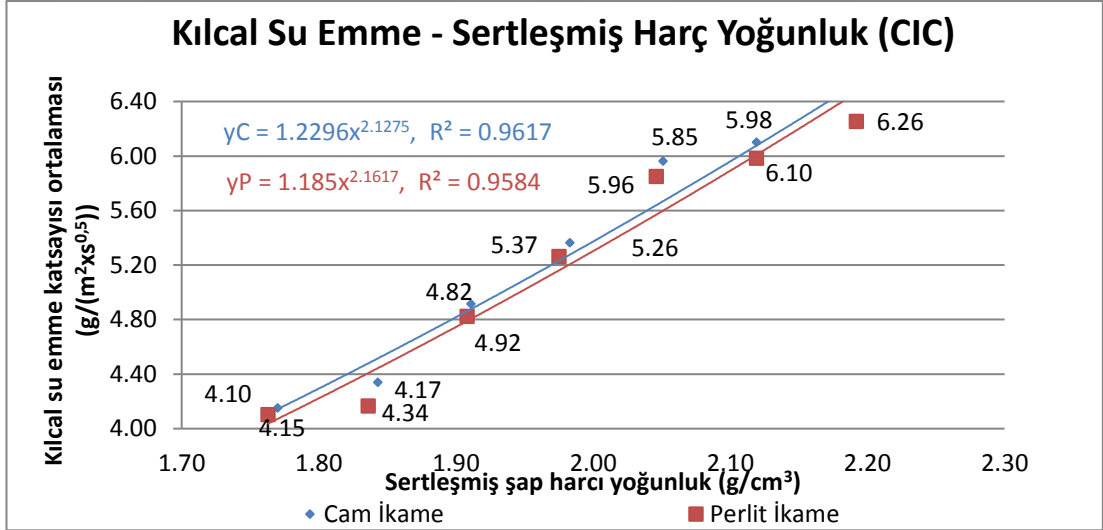
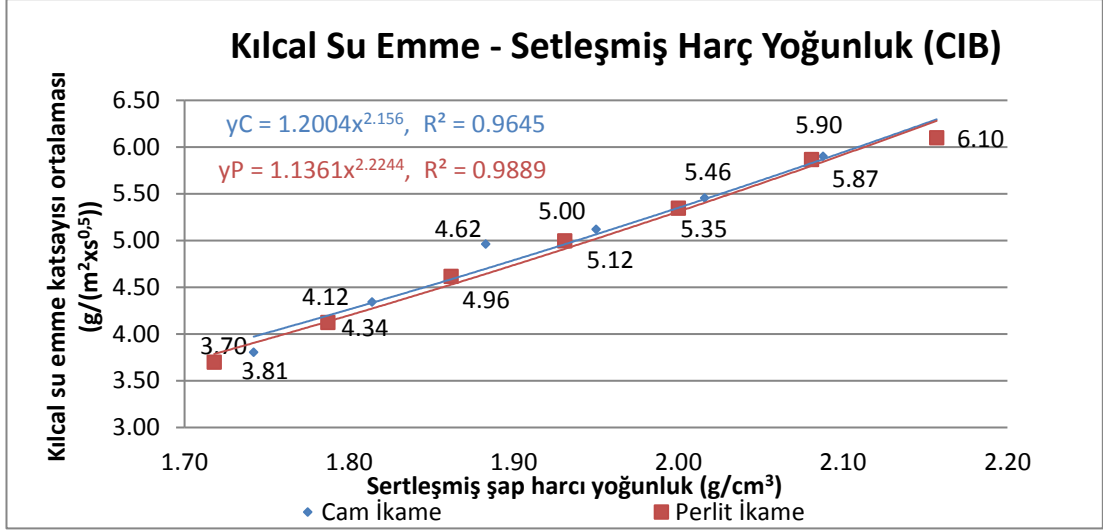


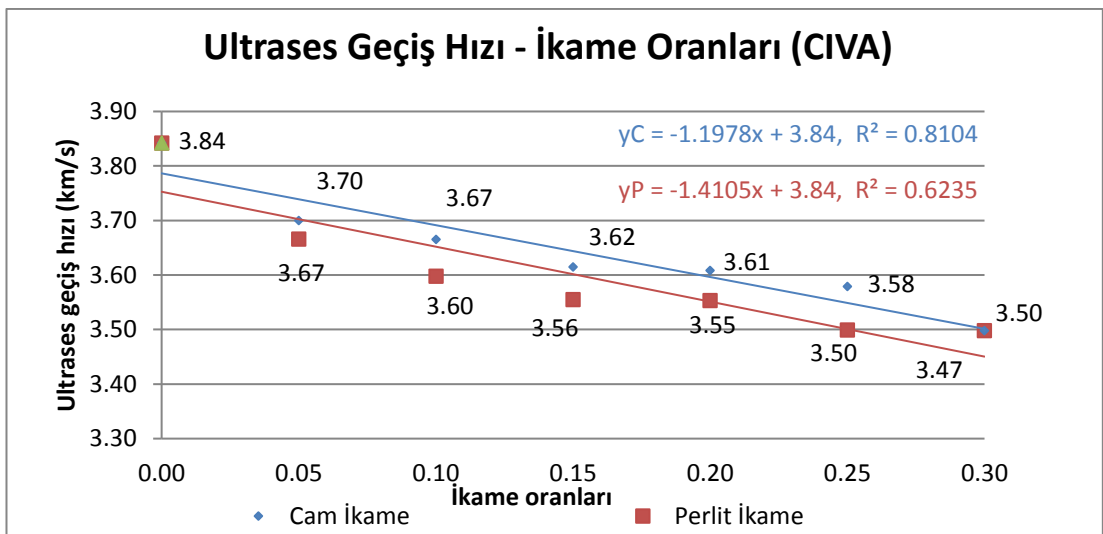
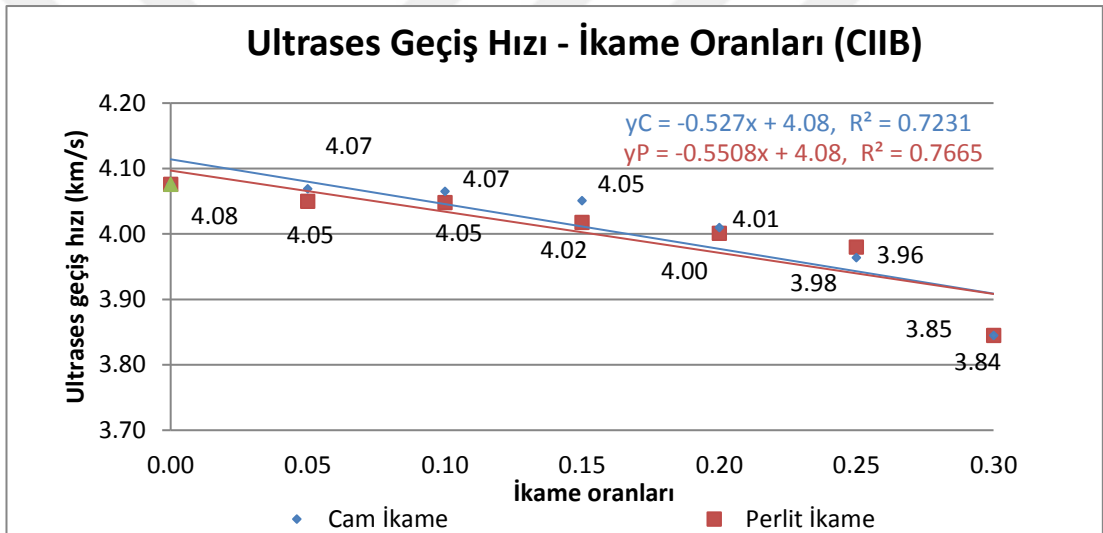
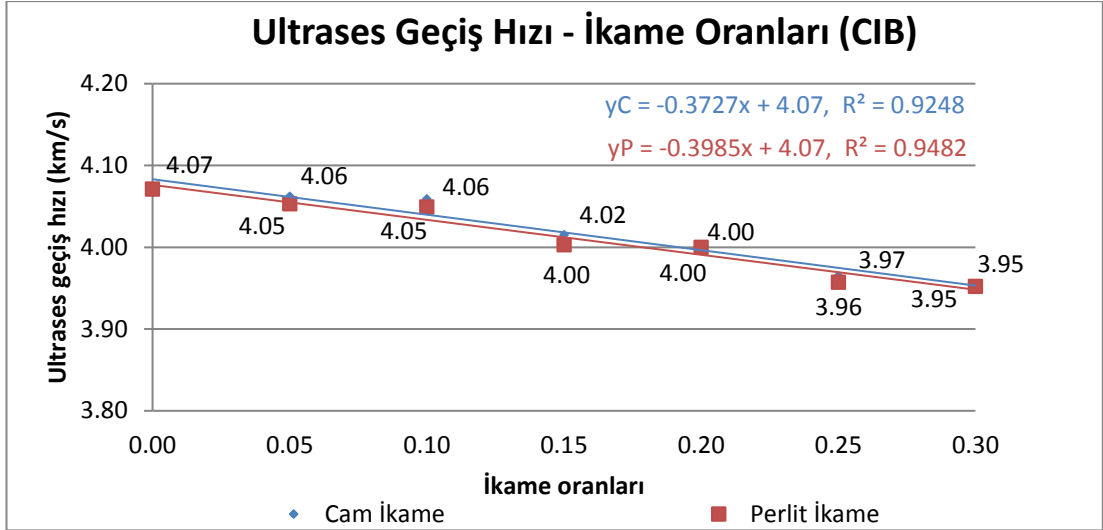
Sertleşmiş Şap Harcı Yoğunluk - Kompasite (CIVA)



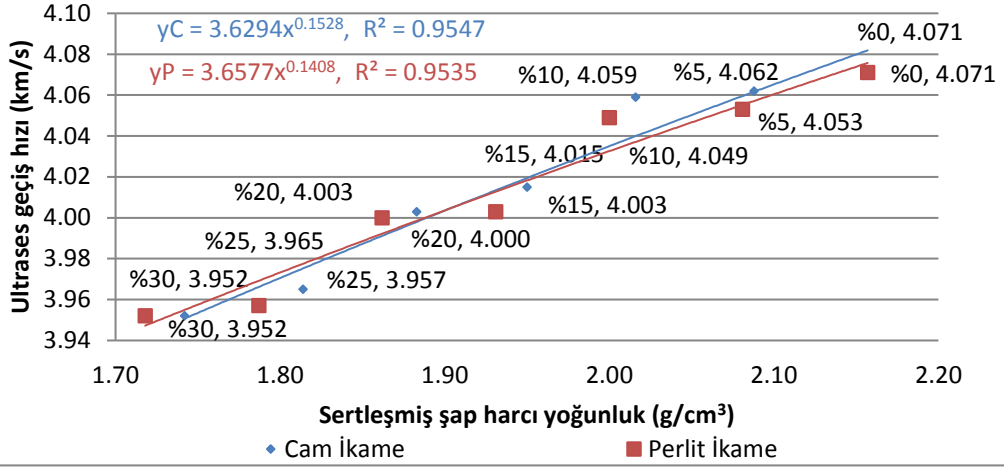




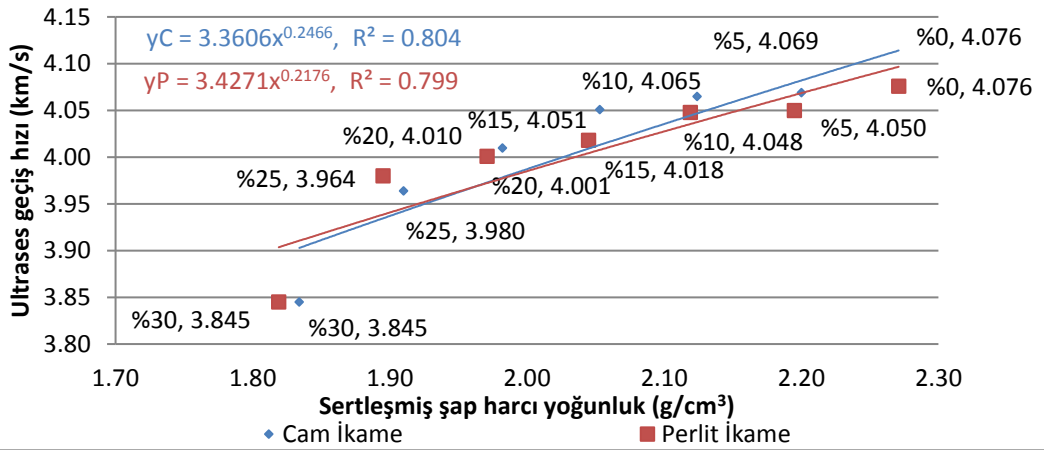




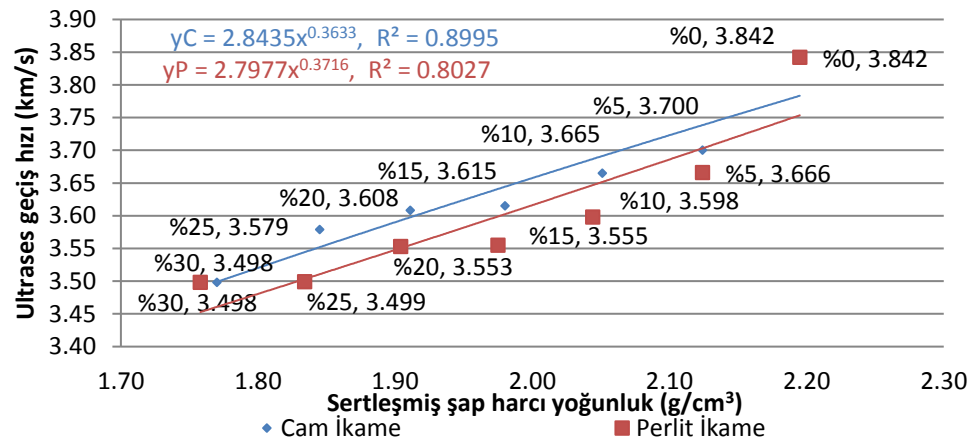
Ultrases Geçiş Hızı - Sertleşmiş Harç Yoğunluk (CIB)

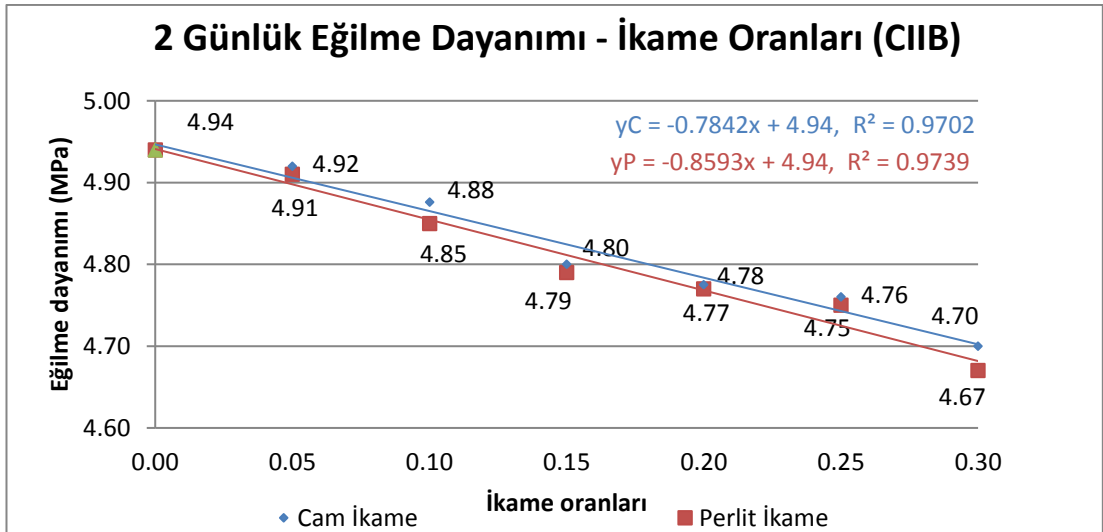
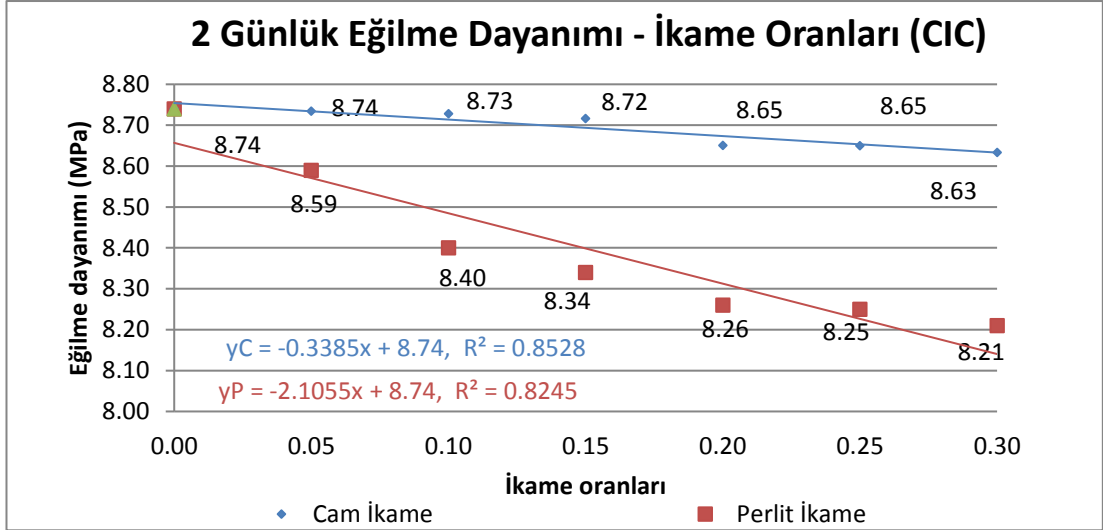
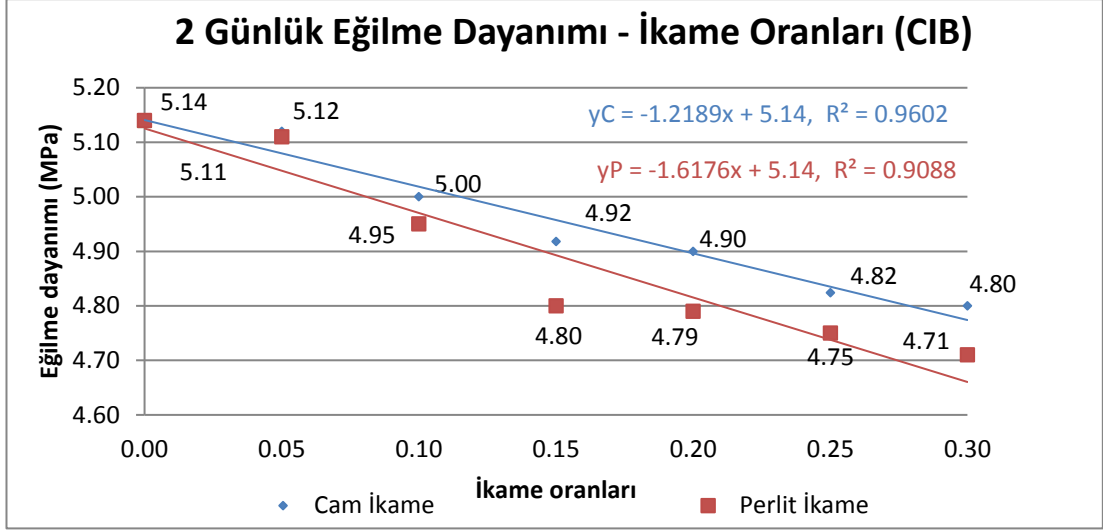


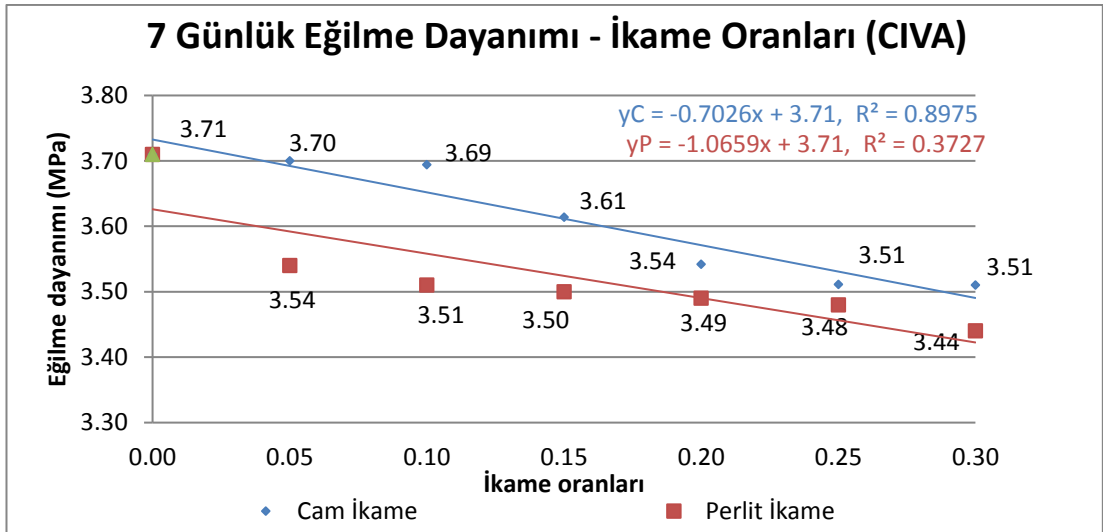
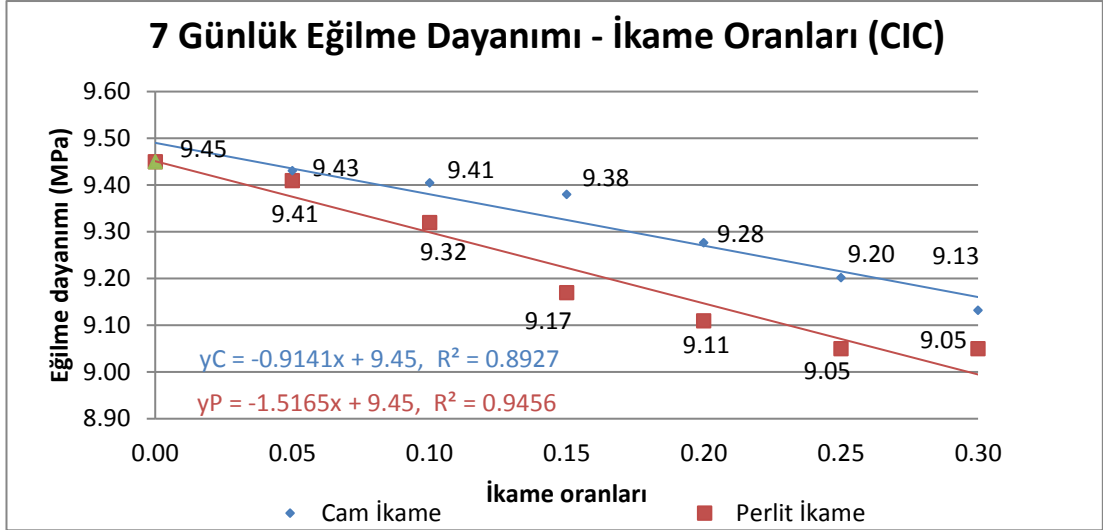
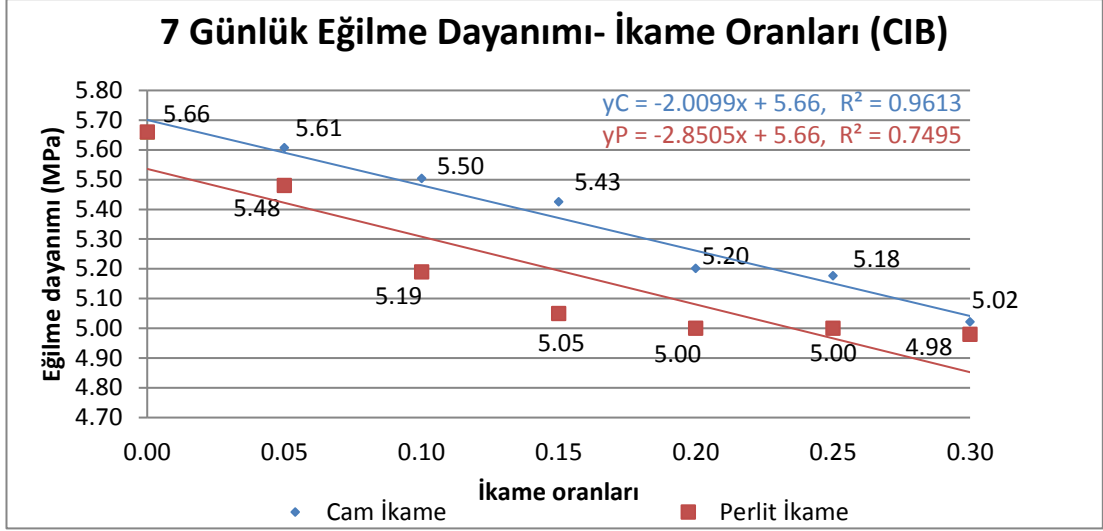
Ultrases Geçiş Hızı - Sertleşmiş Harç Yoğunluk (CIIB)

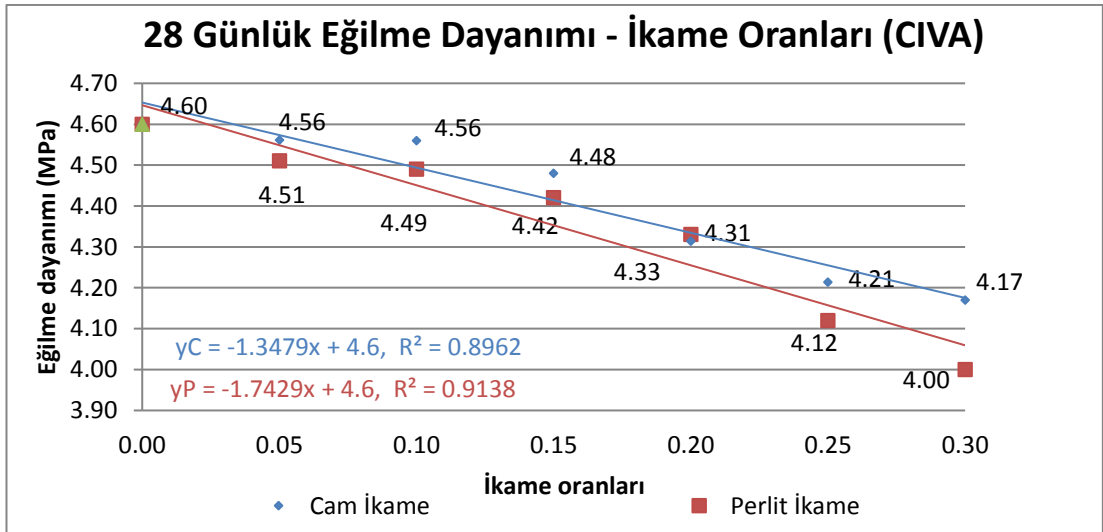
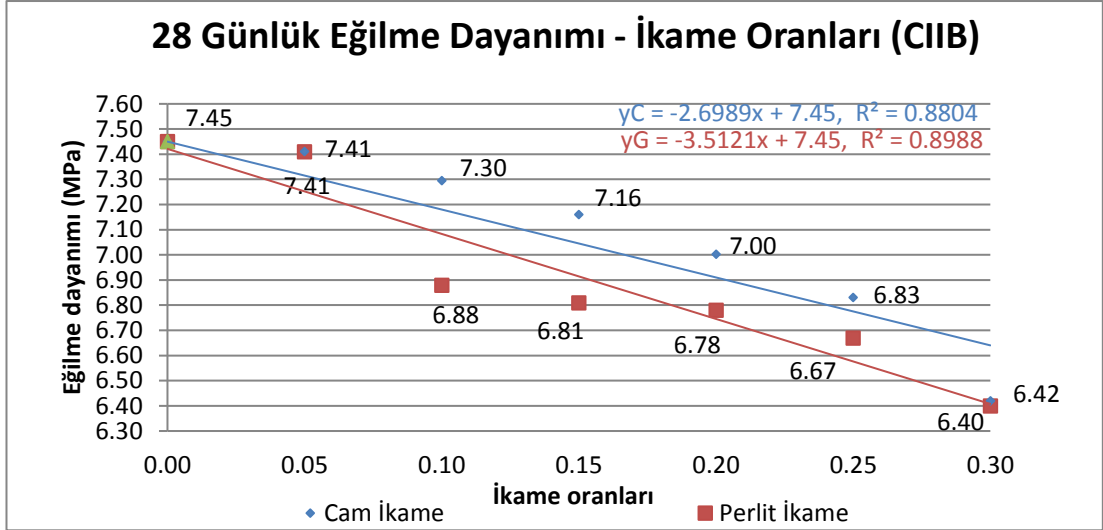
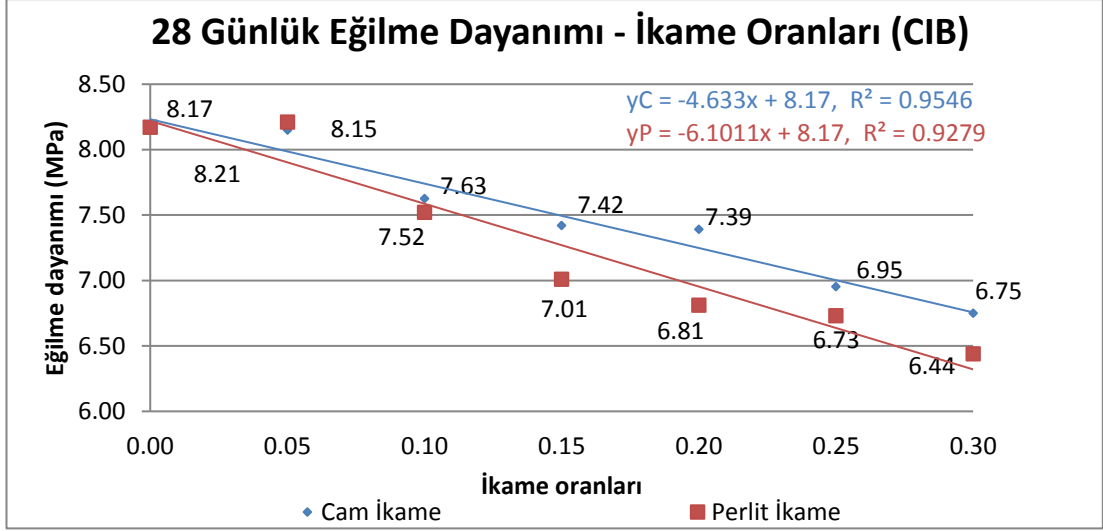


Ultrases Geçiş Hızı - Sertleşmiş Harç Yoğunluk (CIVA)

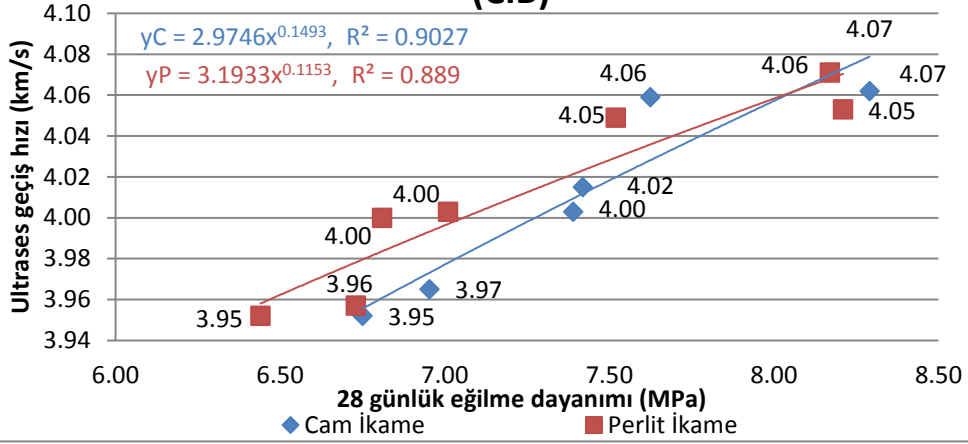




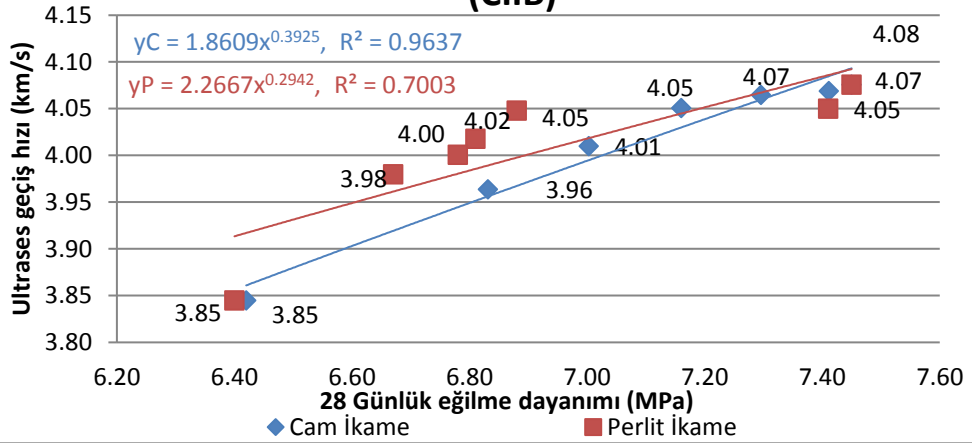




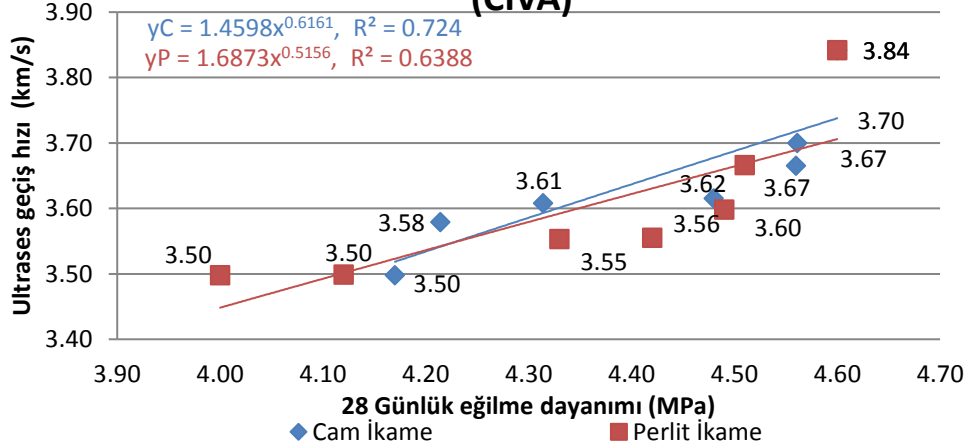
28 Günlük Eğilme Dayanımı - Ultrases Geçiş Hızı (CIB)



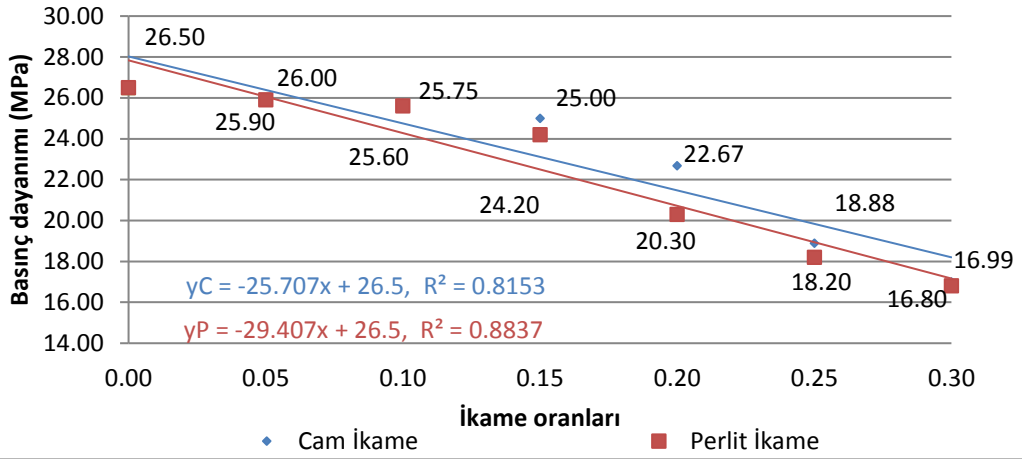
28 Günlük Eğilme Dayanımı - Ultrases Geçiş Hızı (CIIB)



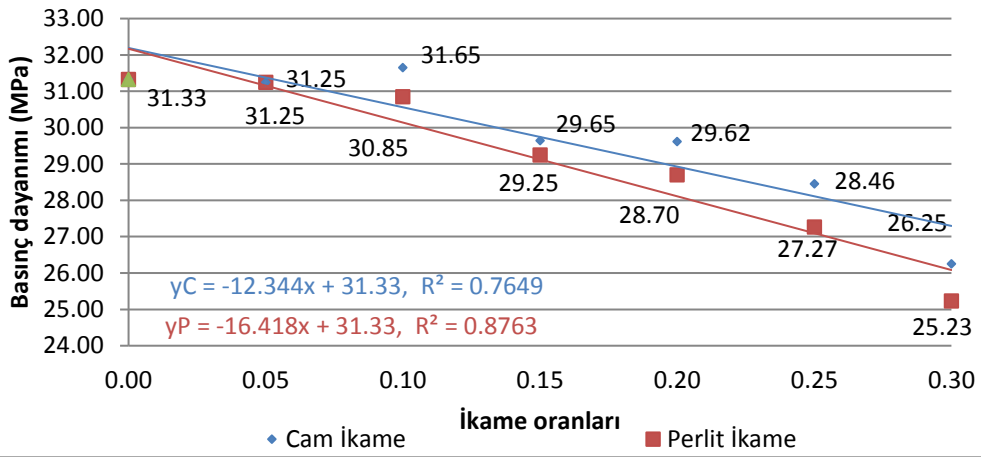
28 Günlük Eğilme Dayanımı - Ultrases Geçiş Hızı (CIVA)



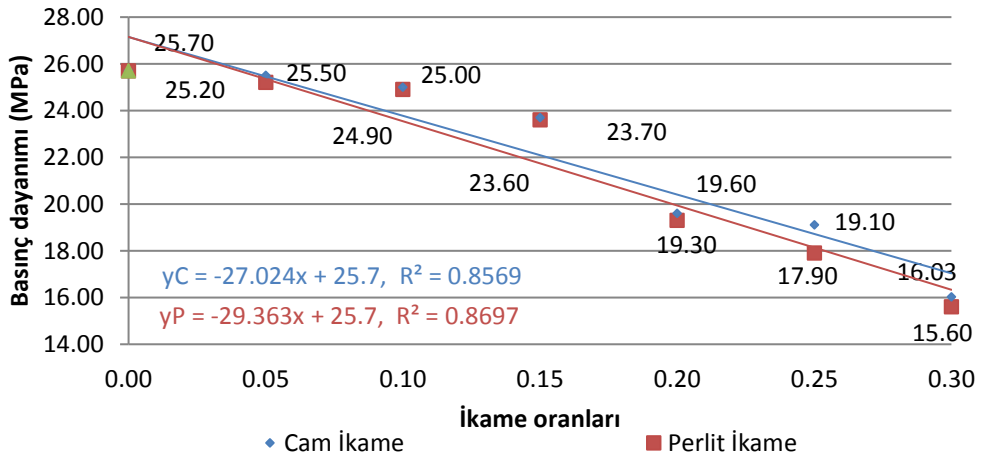
2 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIB)



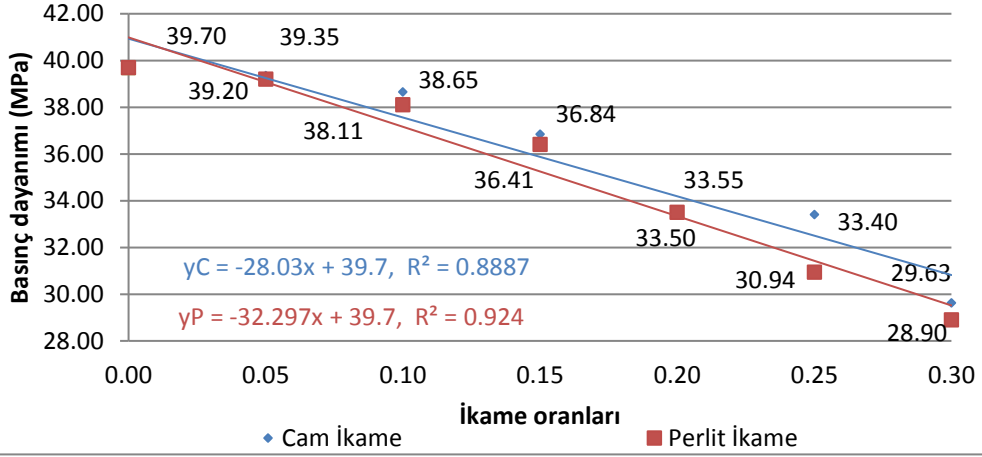
2 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIC)



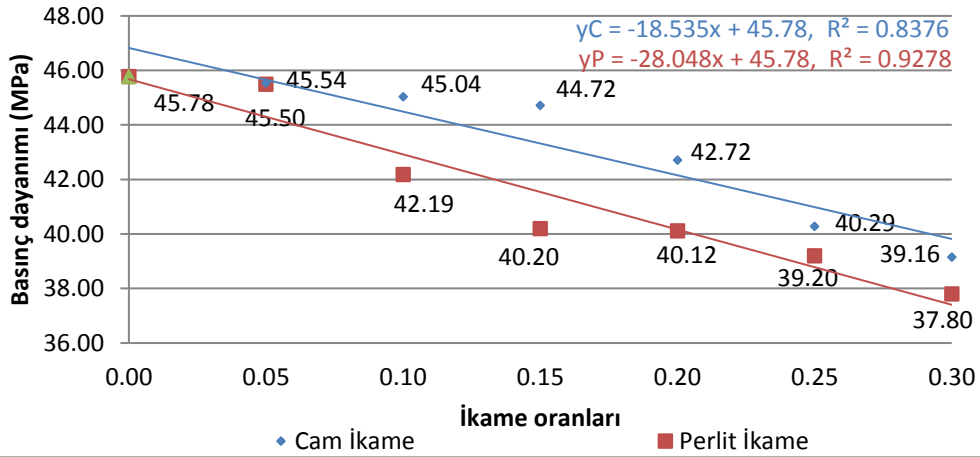
2 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIIB)



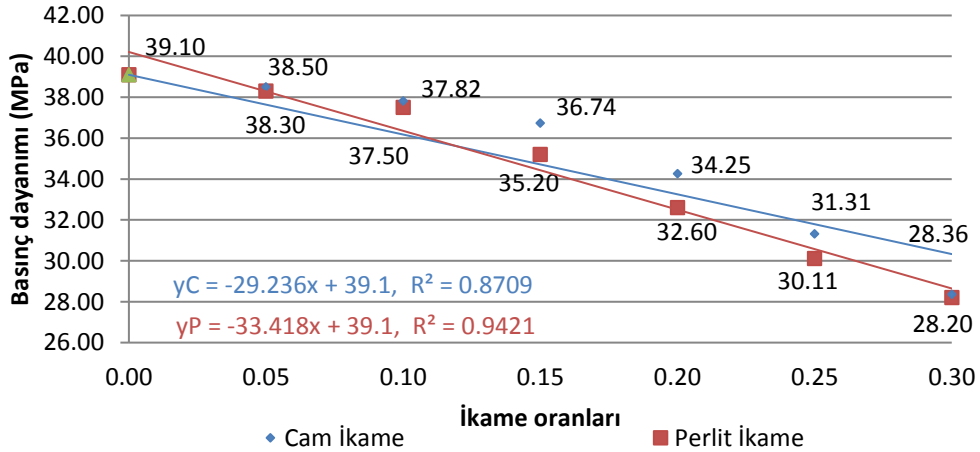
7 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIB)

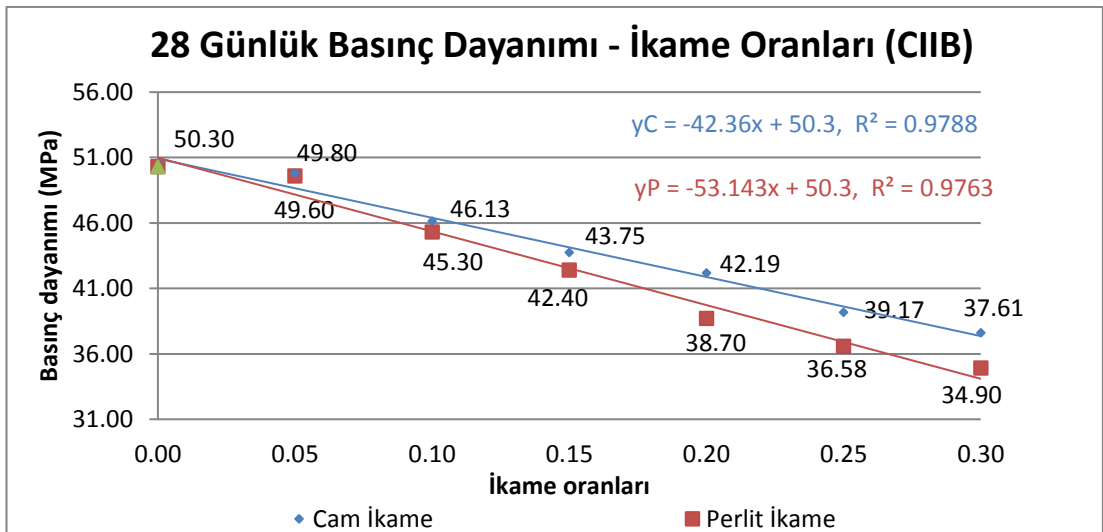
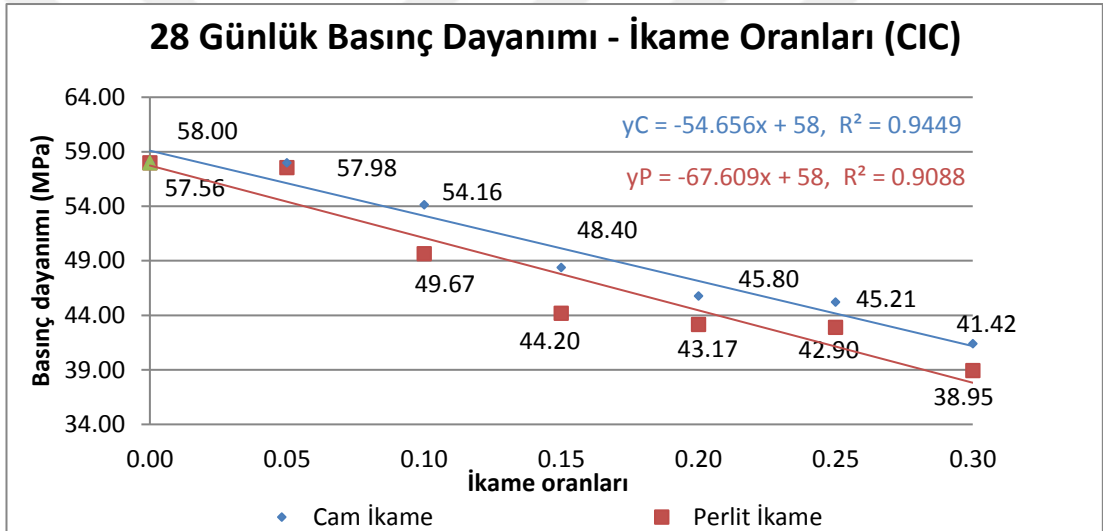
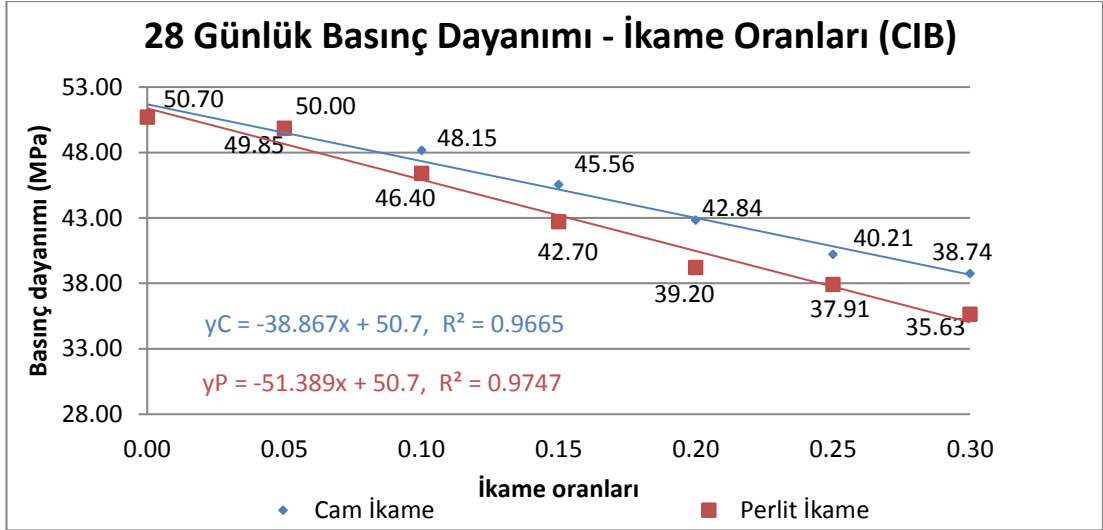


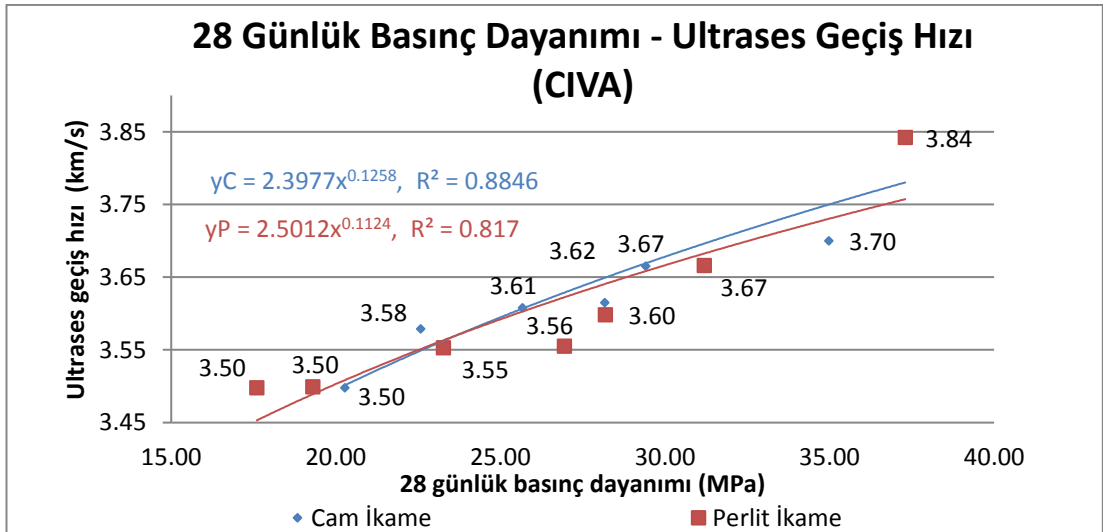
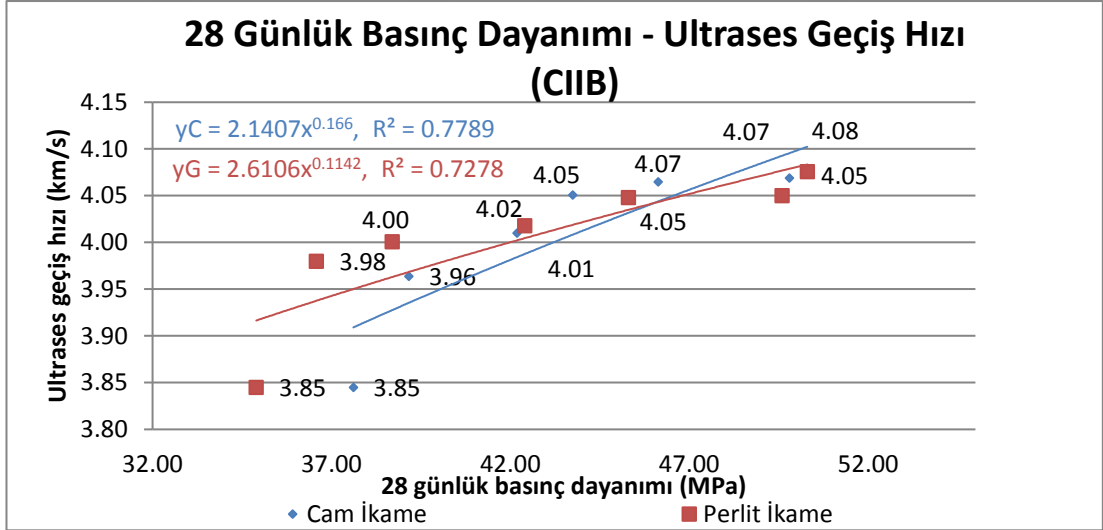
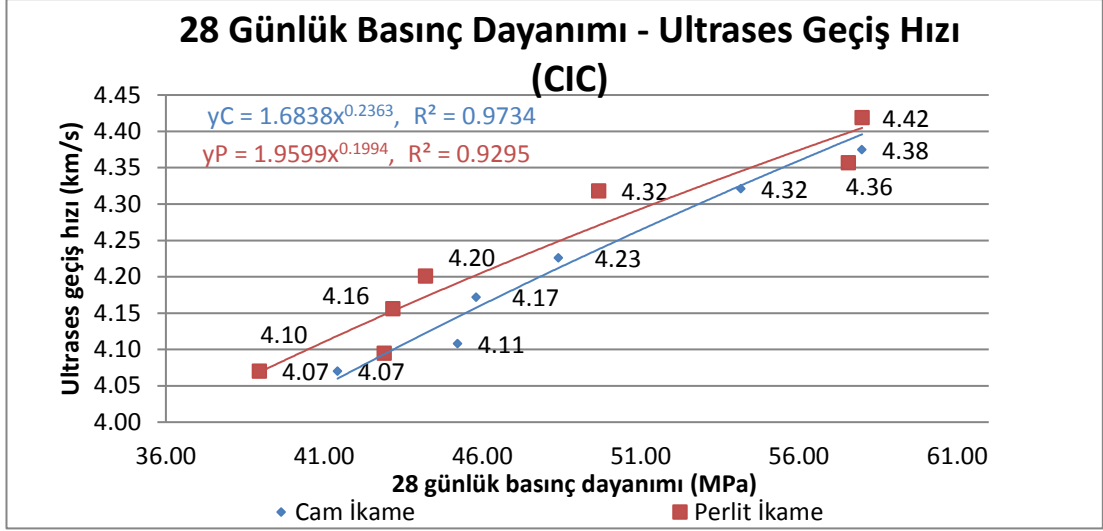
7 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIC)

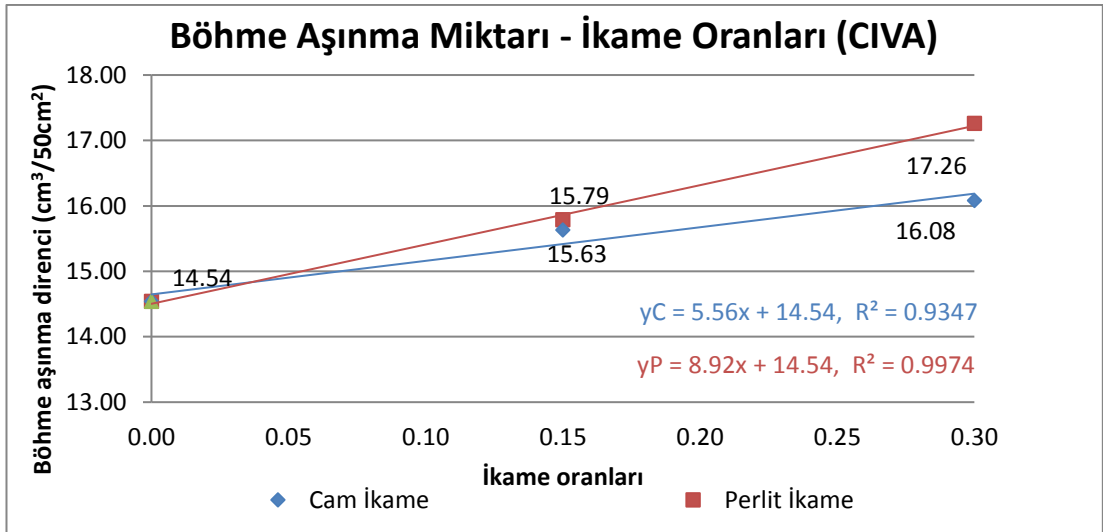
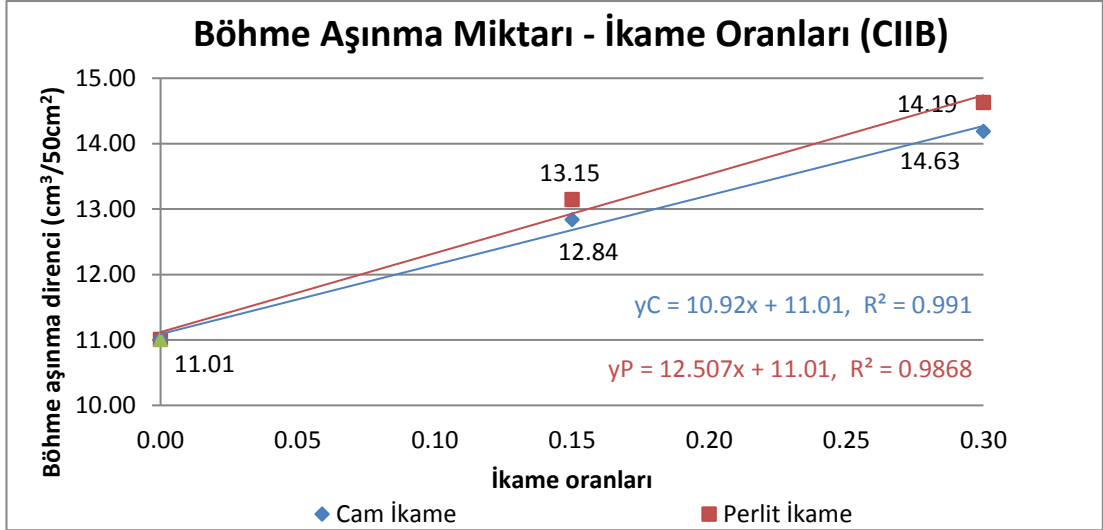
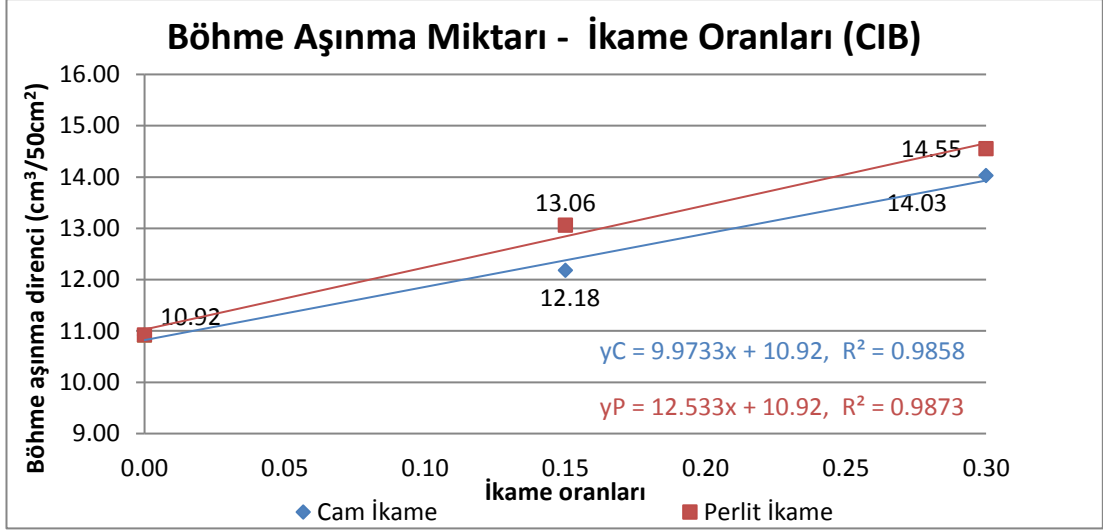


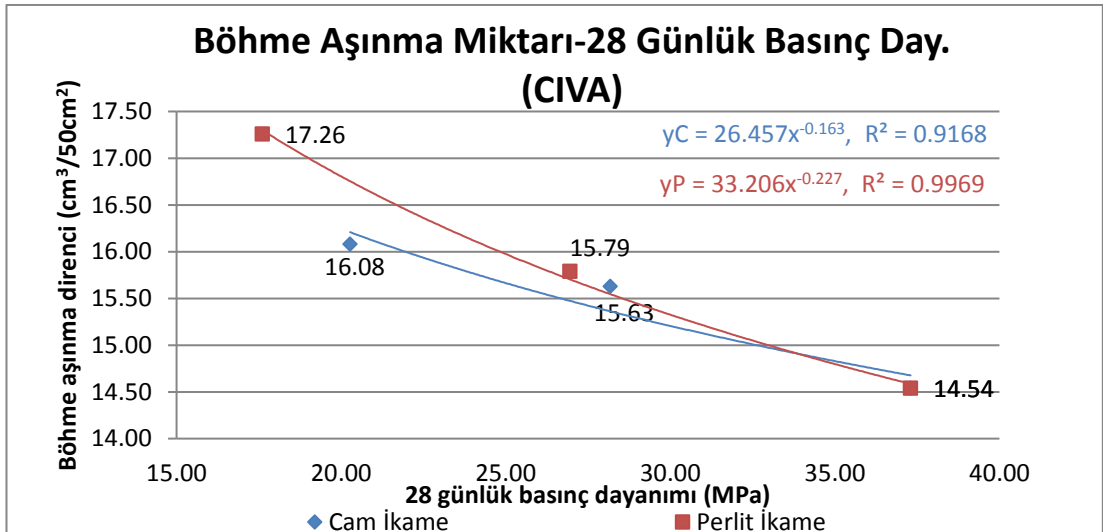
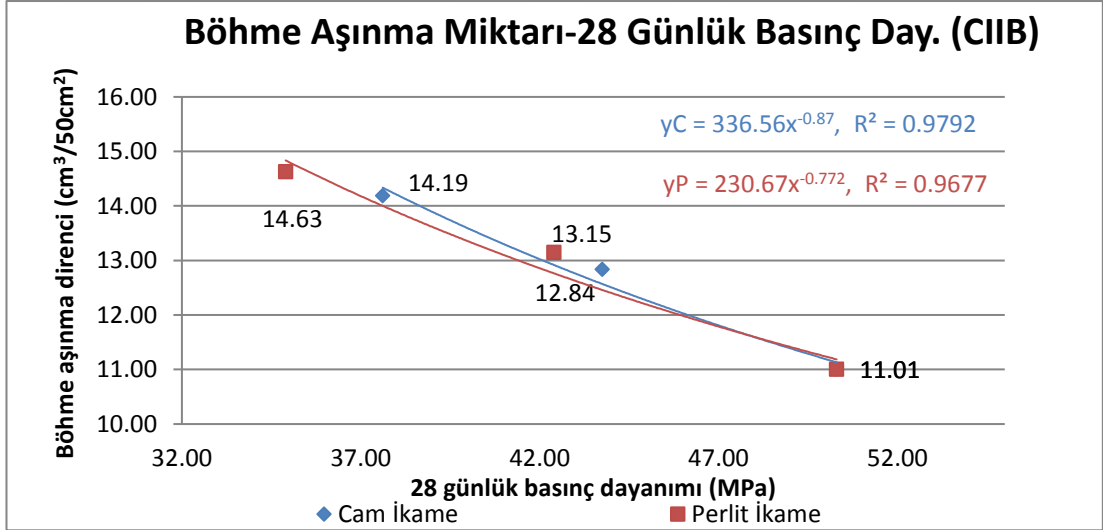
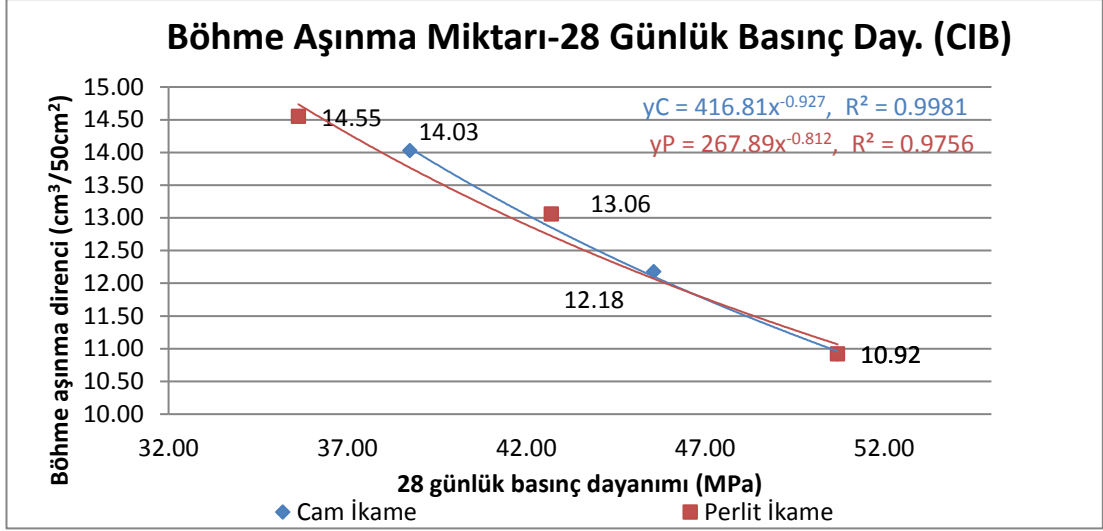
7 Günlük Basınç Dayanımı - İkame Oranları (CIIB)

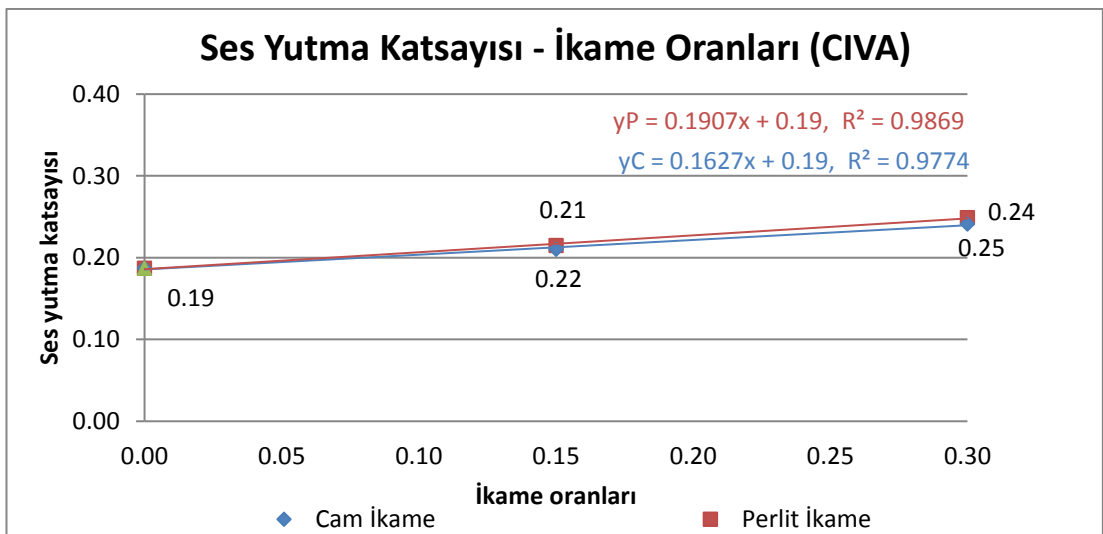
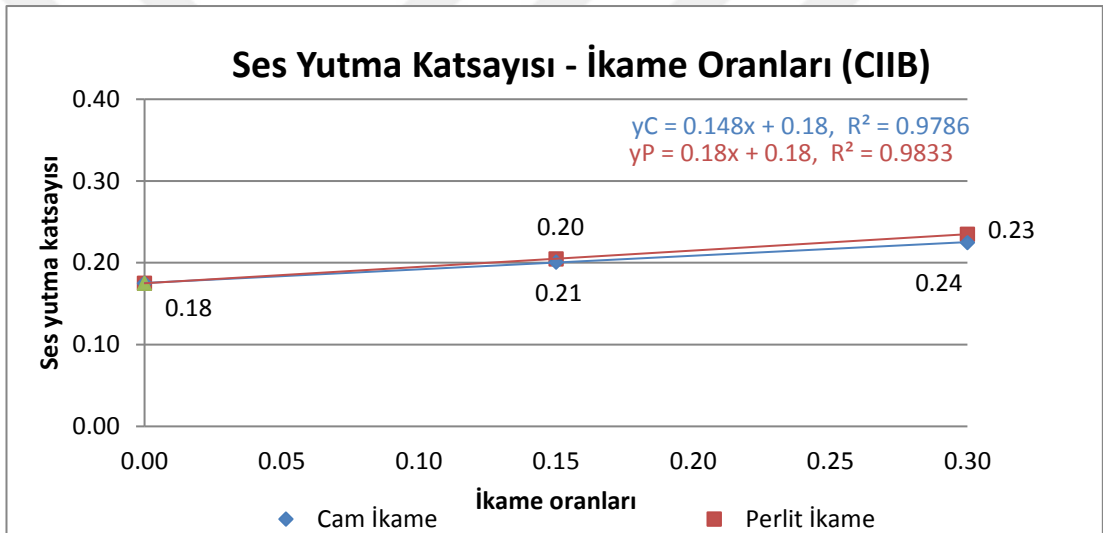
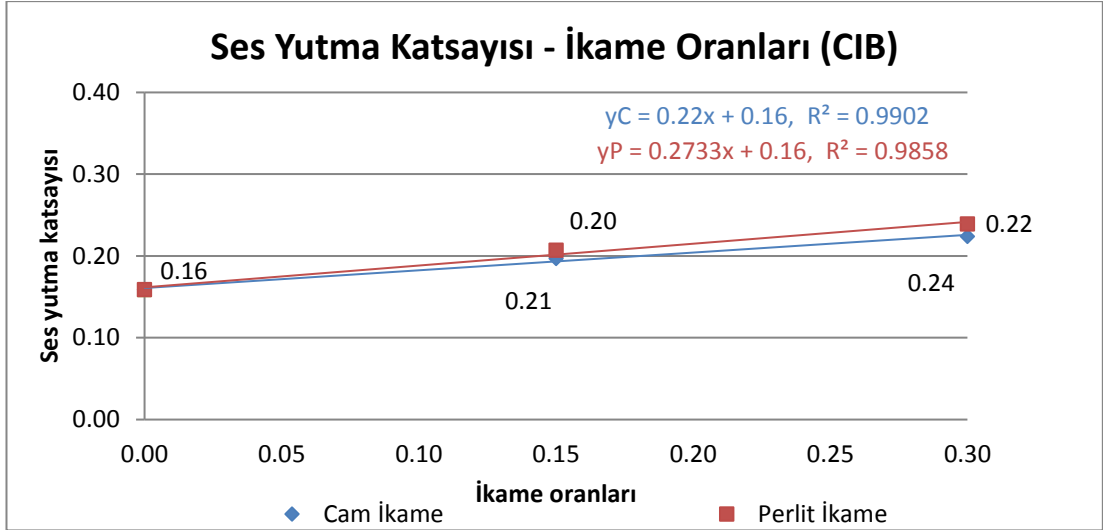


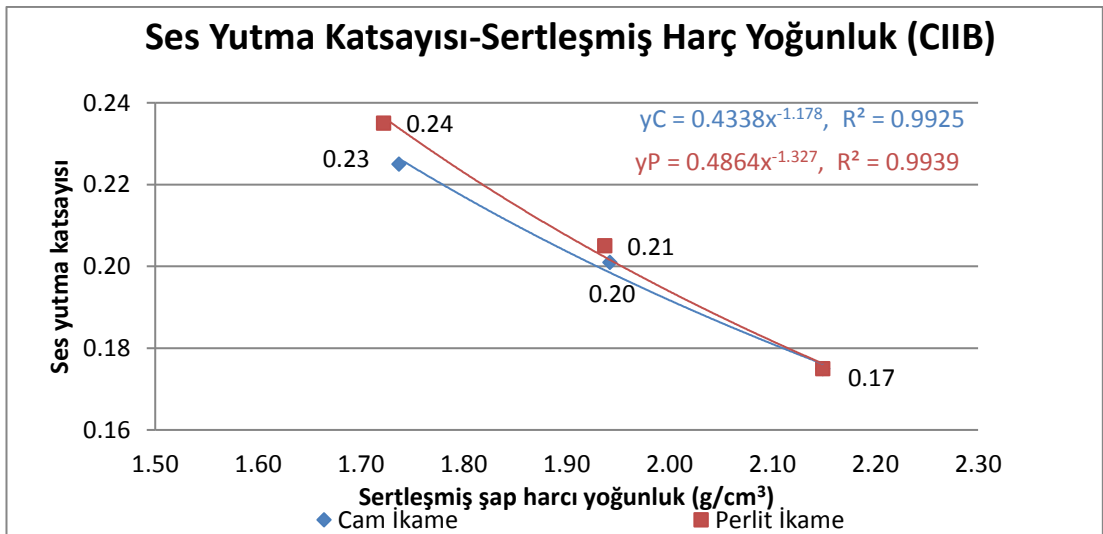
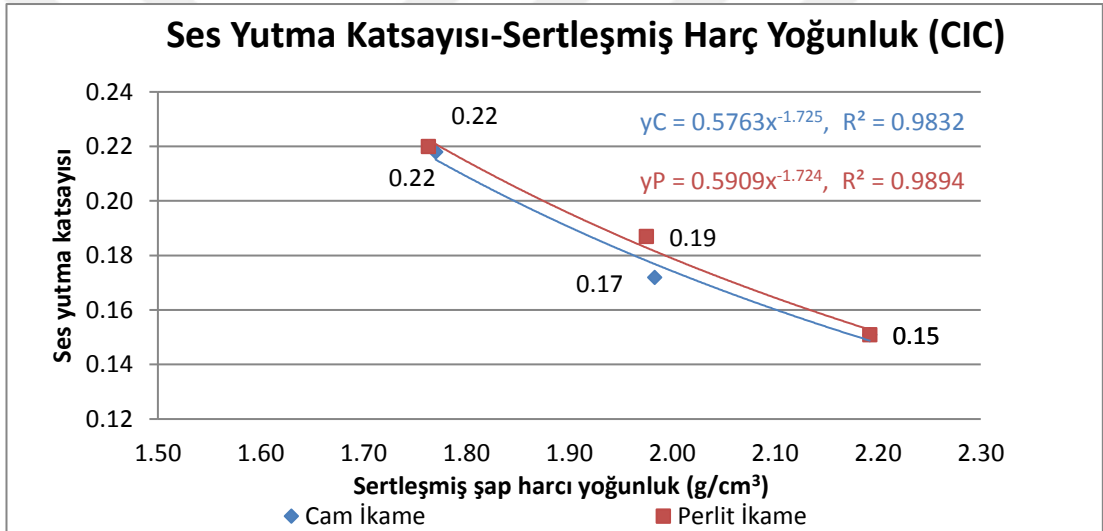
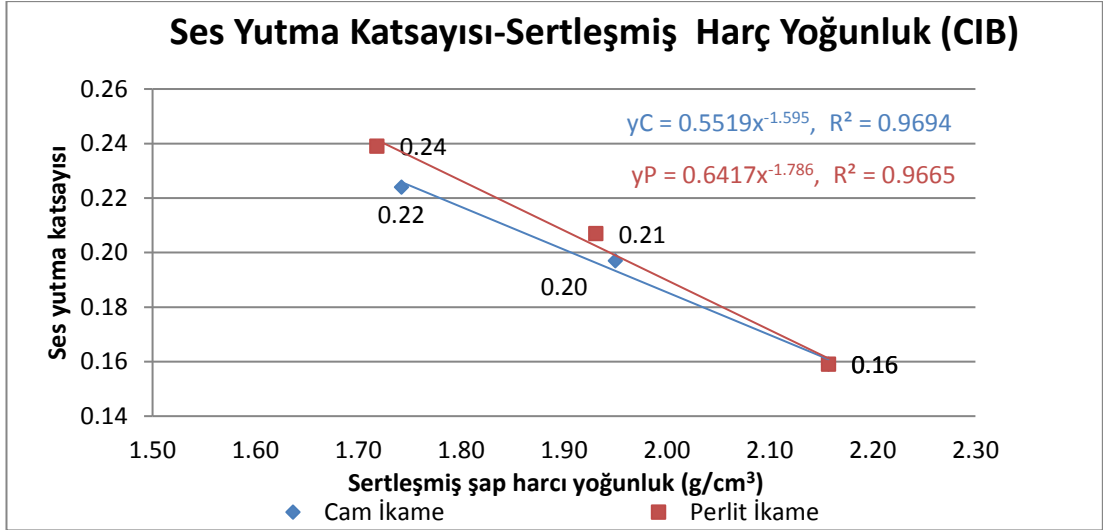


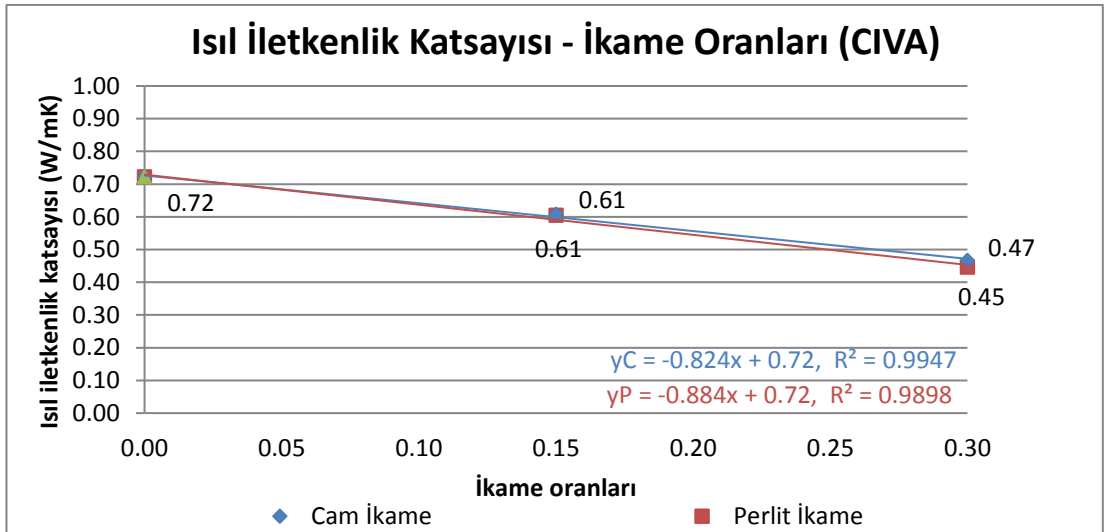
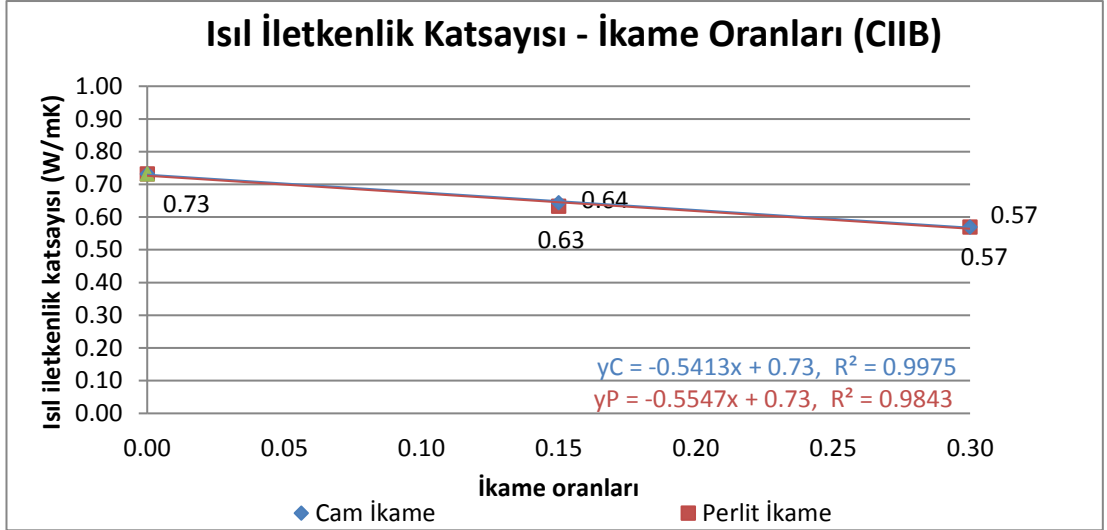
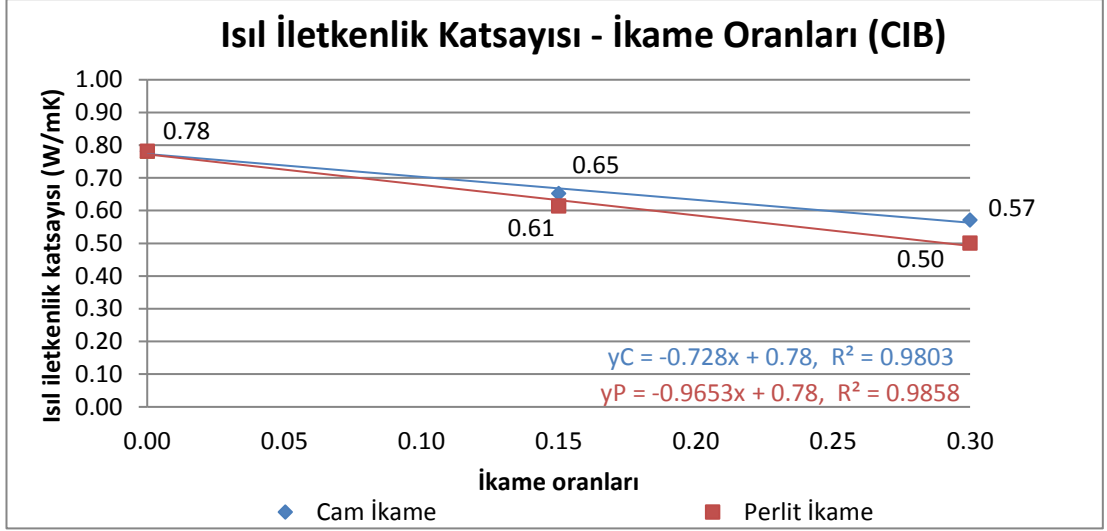


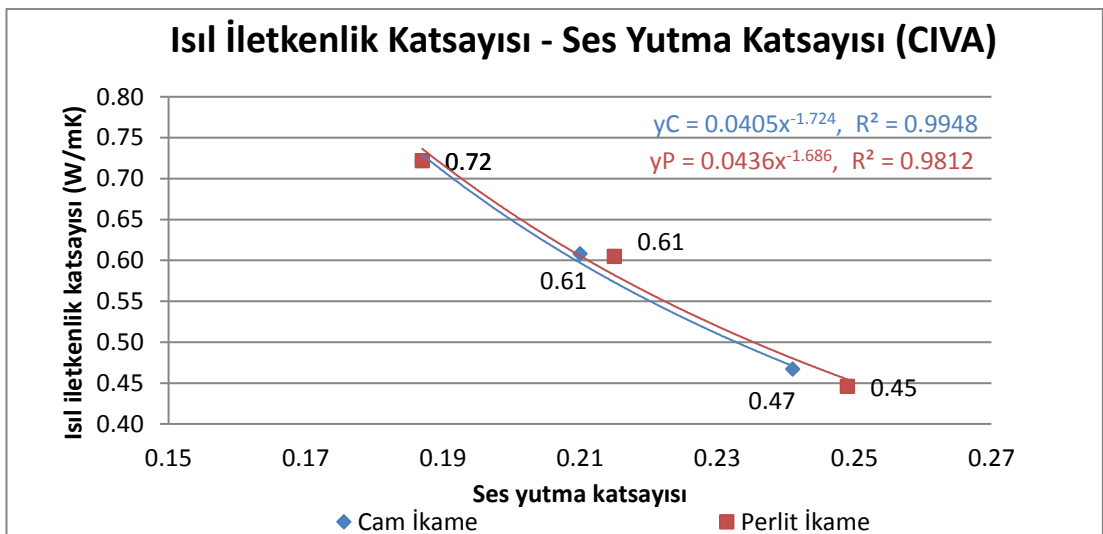
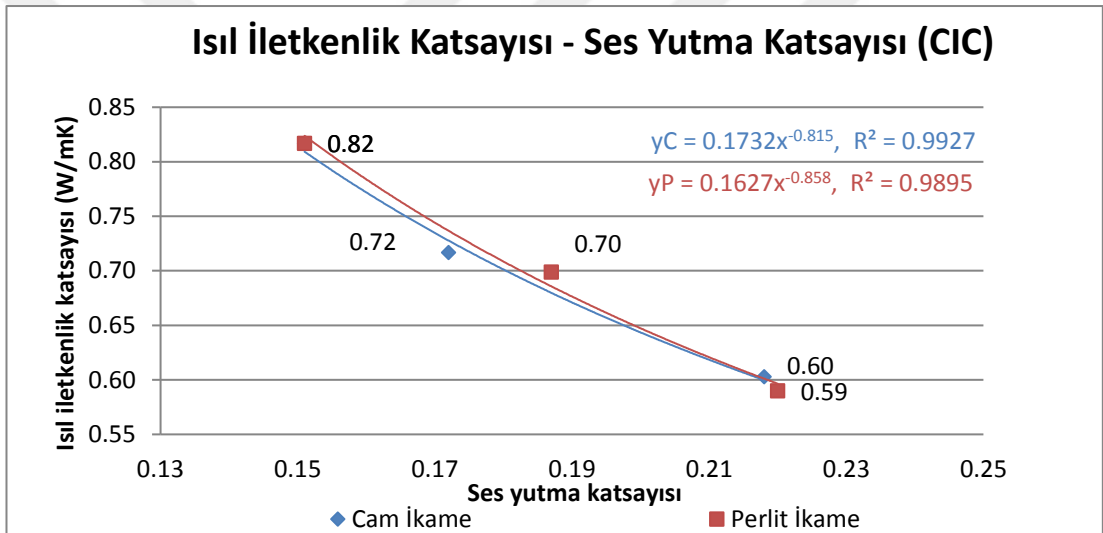
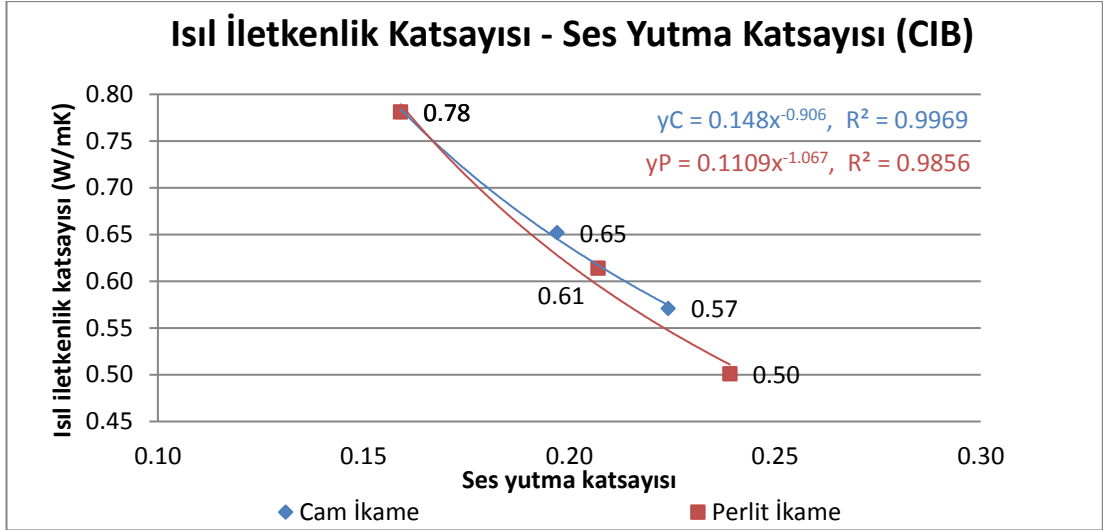












ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yusuf Tahir ALTUNCI
Doğum Yeri ve Yılı : Serik, 1983
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yusufaltunci@isparta.edu.tr



Eğitim Durumu

Lise : Antalya Endüstri Meslek Lisesi, Yapı Ressamlığı Böl. (2000)
Lisans : SDU, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Öğretmenliği (2005)
SDU, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği (2019)
Yüksek Lisans : SDU, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı (2009)

Mesleki Deneyim

SDÜ Eğirdir MYO 2009-2009
Tunceli Üniversitesi Tunceli MYO 2009-2013
SDÜ Atabey MYO 2013-2018
ISUBÜ Atabey MYO 2018-..... (halen)
MAKÜ Mühendislik Mimarlık Fak. 2018-..... (halen)

Yayınlar

Gönen T., Onat O., Cemalgil S., Yilmazer B. ve Altuncu Y.T., “ A Review On New Waste Materials For Concrete Technology”, Electronic Journal of Construction Technologies, Vol: 8. No: 1. Page: 36-43. 2012.

Altuncu, Y. T., 2015. “ Binaların Depreme Karşı Güçlendirilmesi”, 4. Uluslararası Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, Cilt 2. Sayfa 53-58. 21-23 Mayıs, Yalova, 2015.

Altuncu, Y. T., Salman, C. ve Doğan, Z. M., 2009. “Mesleki Eğitim Sorunları ve Yeni Model Arayışları”, TMMOB 2009- 1. İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, Sayfa 315-318. 6-7 Kasım, Antalya, 2009.

- Altuncu, Y. T. ve Acar, S., 2010. "Akademisyenlik Etiği", Cumhuriyetimizin 100. Yılına Doğru Üniversite Vizyonumuz Sempozyumu, Sayfa 331-335. 16-18 Nisan, Ankara, 2010
- Altuncu, Y. T., Başyigit, C. ve Erol, U., 2010. "Batı Akdeniz Bölgesindeki Bazı Yığma Okul Binalarının Deprem Güçlendirmesinin Araştırılması", MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Sayfa 1-5. 21-22 Ekim, Düzce, 2010.
- Başyigit, C., Altuncu, Y. T. ve Erol, U., 2010. "Betonarme Bir Okulun Deprem Güçlendirmesinin İDE-CAD Programı İle Araştırılması - Isparta-Keme İlköğretim Okulu Örneği", MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Sayfa 1-10. 21-22 Ekim, Düzce, 2010.
- Başyigit, C., Altuncu, Y. T. ve Erol, U., 2010. "Betonarme Bir Okulun Deprem Güçlendirmesinin STA4-CAD Programı İle Araştırılması - Isparta-Selahattin Şeçkin İlköğretim Okulu Örneği", MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Sayfa 1-7. 21-22 Ekim, Düzce, 2010.
- Altuncu, Y. T., Salman, C. ve Erol, U., 2010. "8 Mart 2010 Elazığ Depreminde Meydana Gelen Yapı Hasarları", MYO-OS 2010- Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, Sayfa 1-6. 21-22 Ekim, Düzce, 2010.
- Altuncu, Y. T., 2011. "İş ve İşçi Verimliliği Üzerine Düşünceler", TMMOB 2011- 3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu, Sayfa 305-311. 21-23 Ekim, Çanakkale, 2011.
- Onat O., Gönen T., Polat B., Cemalgil S. ve Altuncu Y.T., 2012. "Sürdürülebilir Beton Teknolojisi İçin Kullanılabilecek Yeni Atık Malzemeler Üzerine Bir İnceleme", Ekoloji 2012 Sempozyumu, Sayfa 355. 3-5 Mayıs, Kilis, 2012.