

ÇİMENTO VE KİREÇİN FARKLI ORANLARDA KATILMALARIYLA ÜRETİLEN HAFİF AGREGALI BETONLARIN ÖZELLİKLERİ

E. Ümit TURGUTALP (1)

İbrahim ÖRÜNG (1)

ÖZET : Hafif betonlar, kum-çakıl agregasıyla üretilen geleneksel normal betonlara göre daha düşük birim ağırlığa ve dayanıma sahip olup, üretimlerinde çeşitli yöntemler varsa da genellikle doğal veya yapay hafif agrega kullanılmaktadır.

Bu çalışma, hafif betonların üretimlerinde bağlayıcı olarak çimento ile birlikte kireç kullanılmasının etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır.

Doğal hafif agregayla farklı dozaj düzeyleri içinde, değişik oranlarda çimento ve kireç katılarak, üretilen hafif betonların bazı özellikleri incelenmiştir. Çimento ile birlikte kireç katılarak üretilen betonların, kireç miktarındaki artışa bağlı olarak, birim ağırlık ve dayanımları önemli derecelerde azalmış, buna karşılık su emme miktarının ve kuvvetler etkisindeki deformasyonlarının ise arttığı saptanmıştır.

Sonuçlar, çimento ile birlikte kireç katılarak üretilen hafif betonların da, olumsuz yönde değişen bazı özelliklerinin gözönünde tutulması koşuluyla, çimento ile üretilen hafif betonlar gibi yapısal amaçlı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

SOME PROPERTIES OF THE LIGHTWEIGHT CONCRETES PRODUCED WITH DIFFERENT LEVELS OF CEMENT AND LIME CONTENTS

SUMMARY : This study was carried out to determine the effects of lime itself and with cement in the lightweight concretes. Lightweight aggregates from Sarıkamış Region were used as research materials in this study. Concrete test specimens were prepared at 300 kg/m³, 400 kg/m³ and 500 kg/m³ cement and lime contents. At these levels, different cement and lime percentages such as 0 % + 100 %, 25 % + 75 %, 50 % + 50 %, 75 % + 25 %, 100 % + 0 % were used in concrete

1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum.

mixtures.

Addition lime in concretes, decreases the unit weight and strength properties. On the contrary, water absorption and deformation characteristics were increased.

The results showed that, lime added lightweight concretes could be used for structural purposes instead of normal lightweight concretes, if the required strength properties are provided.

GİRİŞ

Hafif betonlar, normal kum, çakıl agregalarından ince tanelerin çıkarılması, bünyede çeşitli katkı maddeleriyle boşluk yaratılması ve hafif agregaların kullanılmasıyla başlıca üç farklı şekilde üretilebilmektedir (Anon., 1973). Hafif betonların yapımı ve üretimi, hafif agregaların dayanımları, boşluklu olmaları ve su emme özellikleri nedeniyle normal betonlardan farklıdır (Rudnai, 1963).

Hafif betonlar normal betonlara göre daha düşük birim ağırlığa ve dayanıma sahip; ısı ve ses yalıtımları yüksek, kolay çivilenebilme ve kolay kesilebilme özellikleri olan, ateşe karşı daha dayanıklı bir yapı malzemesidir (Spratt, 1975). Hafif betonların birim ağırlıkları, üretimlerinde kullanılan hafif agregaların birim ağırlıklarına göre değişmektedir. Beton bünyesinde oluşturulacak boşluk oranına bağlı olarak, birim ağırlık da yaklaşık bu oranda azalmaktadır. Kullanılan agregası çeşidi ve çimento miktarı ile üretim yöntemine göre değişmekle birlikte, hafif betonların birim ağırlıkları 1850 kg/m^3 'e kadar çıkabilmektedir (Spratt, 1975; Bomhard, 1980).

Yapısal amaçlı kullanılan hafif betonların, normal betonlara göre dayanım/ağırlık oranı yükseldiğinde; yük taşıma kapasiteleri de bağlı olarak artmakta; taşıma ve yapım işlemlerinde ekonomi sağlanmakta ve yapılar daha kısa zamanda tamamlanabilmektedir (Anon., 1973; Dhir, 1987).

Hafif betonların basınç dayanımları, üretim amacına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yalıtım ve dolgu betonlarında $7-70 \text{ kgf/cm}^2$ arasında, orta dayanımlı ve duvar birimleri yapımına uygun olan betonlarda $70-175 \text{ kgf/cm}^2$ arasında ve yapısal amaçlı yerinde dökülen yüksek dayanımlı hafif betonlarda ise 170 kgf/cm^2 'den daha büyük değerler alabilmektedir (Lewis, 1966; Anon., 1967).

Hafif betonların etkili çekme ve eğilme çekme dayanımları genellikle normal betonlardan daha düşüktür (Bomhard, 1980). Baradan (1982)'da yaptığı çalışmada, üretilen hafif betonların yarıma çekme dayanımlarını $2-10 \text{ kgf/cm}^2$ arasında bulmuştur.

Hafif betonların birim ağırlıkları düşük olduğundan, ısı yalıtımları yüksektir.

Beton bünyesindeki nem artışına bağlı olarak ısı iletim katsayıları artmaktadır. Kuru birim ağırlığı 2320 kg/m^3 olan normal betonların ısı iletim katsayıları $1.03 - 1.45 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ arasında değişirken, pomza ile üretilen ve birim ağırlıkları (kuru), $720-1280 \text{ kg/m}^3$ olan hafif betonlar için saptanan ısı iletim katsayıları ise $0.1-0.3 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ olmaktadır (Anon., 1973).

Boşluklu bünyeleri nedeniyle hafif betonların su emmeleri normal betonlara göre daha yüksektir. Beton yüzeylerinin koruyucu bir tabaka ile kaplanarak, betonların su emmeleri azaltılabilir (Dhir, 1987). Su emme bakımından gerekli önlemler alınarak, yahtım betonları hafif agregalarla üretilebileceği gibi, taşıyıcı hafif ve yarı hafif betonlar da bu agregalarla üretilir. Özellikle soğuk iklimde sahip ve bol miktarda hafif agregaya potansiyeli olan Doğu Anadolu bölgesinde yapı elemanlarının hafif betonlarla yapımı, ısı kaybını azaltabileceğinden, büyük yararlar sağlayabileceği gibi, yapı ağırlığının azalması dolayısıyla da deprem kuşağındaki bu bölge için daha hafif ve güvenli yapılar oluşturulabilir.

Hafif agregalarla beton üretiminde, bağlayıcı madde olarak genellikle çimento kullanılmaktadır. Normal agregalarla özellikleri bakımından, büyük farklılıklar göstermemelerine karşın; doğal hafif agregaların özellikleri çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Buna bağlı olarak da hafif agregalarla çok değişik özelliklere sahip hafif betonlar üretilir. Üretimde çimento yanında, kireç kullanılması da yararlar sağlayabilir.

Bu çalışmada, Sarıkamış Yöresinden sağlanan doğal hafif agregaya (taneli yapıdaki pomza) ile bağlayıcı olarak değişik oranlarda çimento ve kirecin kullanılmasıyla üretilen hafif betonların özellikleri incelenmiş ve bunlar kendi aralarında da karşılaştırılmıştır.

Denemedeki hafif betonların üretimi amacıyla önce hafif agreganın özellikleri belirlenmiş, farklı dozajlarda, değişik oranlarda çimento ve kireç içeren örneklerin karışım oranları saptanmıştır. Üretilen taze betonların ve 28 gün nemli ortamda korunan örneklerin özellikleri deneylerle bulunmuştur.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Deneme betonlarının üretiminde, Sarıkamış Yöresinden sağlanan, doğal yapıdaki taneli pomza agregaları kullanılmıştır. Bu agreganın, ağırlık yüzdesi olarak % 68'i SiO_2 , % 13'ü Al_2O_3 , % 7'si Fe_2O_3 , % 4'ü K_2O ve geri kalanı da CaO , MgO , Na_2O gibi kimyasal bileşiklerden oluşmaktadır (Turgutalp, 1978).

Araştırmada ayrıca, Aşkale Çimento Fabrikasının üretimi olan, katkılı portland çimentosu (KPC 325), fabrikasyon, söndürülmüş toz kireç, karışım suyu olarak Atatürk Üniversitesi içme suyu ve sertleşmiş silindirik beton örneklerin başlıklanmasında ergitilmiş, toz kükürt kullanılmıştır.

Metot

Doğal hafif agregaların, elek analiziyle elde edilen tane dağılımı ve incelik modülü değerleri ile birim ağırlık, bağıl yoğunluk faktörü (specific gravity factor), su emmesi, 0.074 mm elekten geçen miktarı, organik madde, sülfat, kil toprakları miktarlarıyla yanıcı madde miktarı, TS 1114 (1976) ve ASTM C 330, C 331 (1976)'e göre belirlenmiştir.

Hafif agreganın tane dağılımı, TS 1114 (1976)'da beton yapımı için öngörülen sınır değerlere büyük ölçüde uygunluk gösterdiğinden, deneme betonlarının üretiminde, hafif agreganın granulometrisinin ayarlanmasına gerek görülünce, doğal durumuyla kullanılmıştır. Ancak agregaların yapışık tanelerinin birbirinden ayrılmasını sağlamak için, hafifçe tokmaktama işlemi uygulanmıştır. Agreganın % 95'inin en büyük tane boyutu 20 mm ve daha küçük boyutlu tanelerden oluştuğundan; beton karışımlarında kullanılan en büyük tane boyutu olarak, 20 mm alınmıştır.

Çimento ve kireç katkılı olarak üretilen deneme betonları için 300 kg/m^3 , 400 kg/m^3 ve 500 kg/m^3 dozaj düzeyleri (çimento + kireç) seçilmiş (Anon., 1968; Neville, 1973; TS 2511, 1977), çimento ve kireç oranları da, her dozaj düzeyi için, ayrı ayrı olmak üzere, beş farklı şekilde düzenlenmiştir. Bu oranlar ise bağlayıcıların etkisini belirlemek amacıyla, çimento ve kireç miktarlarına göre % 0 + % 100, % 25 + % 75, % 50 + % 50, % 75 + % 25 ve % 100 + % 0'dır.

Farklı dozaj düzeyleri ve bağlayıcı içerikleri bulunan deneme betonlarına katılacak su miktarının saptanması ve benzer bir kıvam elde edilebilmesi için, taze betonların çökmesi temel alınmış ve bu amaçla çökmenin tüm örneklerde $6 \pm 1 \text{ cm}$ olması sağlanmıştır.

Üretilen taze betonlar 24 saat sonra, kalıptan çıkarılarak, bağıl nemi % 100'e yakın ve sıcaklığı $20 \text{ }^\circ\text{C}$ dolayındaki bir ortamda 28 gün bekletilmiştir. Bu süre sonucunda, dış yüzeyleri kurutulan örneklerin birim ağırlıkları saptanarak, basınç dayanımı örnekleri, kükürtle başlıklanmıştır. Sertleşmiş silindirik (yüksekliği 30 cm ve çapı 15 cm) beton örnekler üzerinde basınç ve yanılma çekme dayanımı deneyleri yapılmış, belirli bir değere kadar, yükleme ve işlemin yinelenmesiyle de betonların

gerilme-deformasyon değerlerine ilişkin veriler elde edilmiştir. Daha sonra betonların elastikiyet modülleri hesaplanmıştır (TS 2511, 1977; TS 2871, 1977; TS 2941, 1978; TS 3068, 1978; TS 3114, 1978; TS 3129, 1978; TS 3502, 1981; TS 3624, 1981; ASTM C 39, C 117, C 192, C 469, C 496, C 567, C 617, 1976).

Deneme için üretilen betonların fırın-kuru birim ağırlıkları yardımıyla Loudon ve Stacy (1966)'daki ilkeler gözönüne alınarak, ısı iletim katsayıları hesapla bulunmuştur.

Farklı dozaj düzeyleri için değişik çimento ve kireç içeren örnekler üzerinde belirlenen özelliklere ilişkin ortalama değerler çizelgelerde verilerek, bunların karşılaştırılmalı açıklamaları yapılmıştır. Ayrıca denemede kullanılan sertleşmiş betonların, her dozaj düzeyi için, çimento ve kireç oranları ile bazı özellikleri arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla bunlarla ilgili regresyon eşitlikleri çıkarılarak, değişimler şekiller üzerinde gösterilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneme betonlarında kullanılan karışık, doğal hafif agreganın, tane dağılımını belirleyen elek analizi sonuçları Tablo 1'de, bu değerlerle çizilen agrega granulometri eğrisi ile TS 1114 (1976)'da yapısal hafif betonlar için öngörülen granulometri sınır eğrileri de Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hafif agreganın elek analizi değerleri.

Table 1. Sieve analysis of lightweight aggregates.

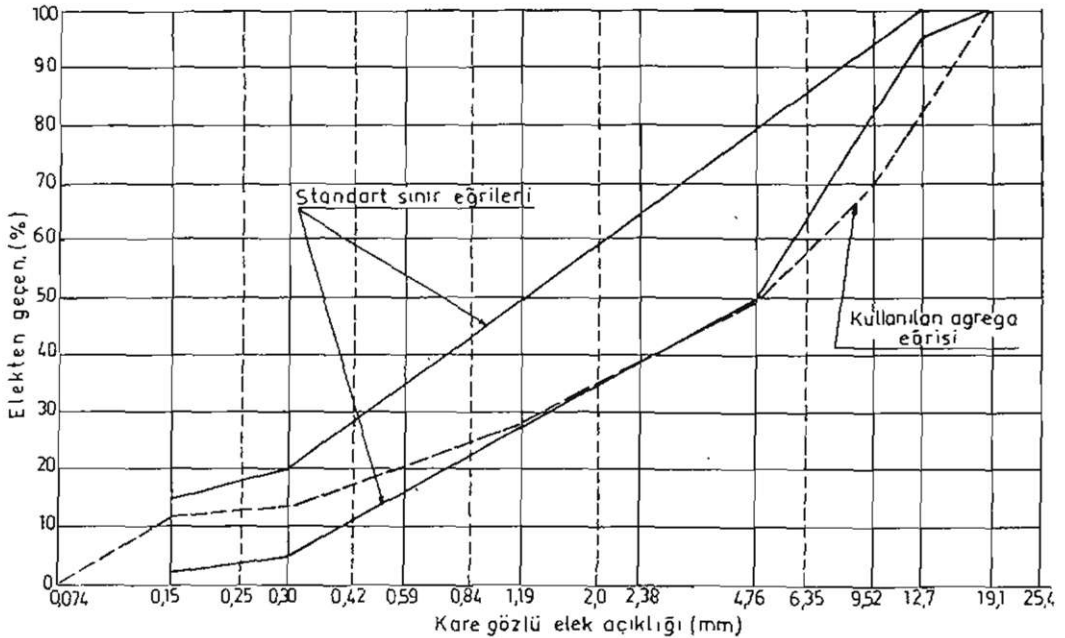
Elek açıklıkları (kare) Sieve sizes (square openings)		Yığılımlı geçen miktar Percentages, passing sieves
İn. - No	mm	%
3/4 İn.	19.10	97.5
1/2 İn.	12.70	80.5
3/5 İn.	9.53	69.5
4 No	4.76	48.0
8 No	2.38	38.0
16 No	1.19	29.5
50 No	0.297	14.5
100 No	0.149	12.5

Agreganın 0.074 mm elekten geçen miktarı % 2.3 olup, fırın-kuru birim ağırlığı 765.6 kg/m^3 , bağıl yoğunluk faktörü ise fırın-kuru ve nemli durumda (% 2) sırasıyla 1.54 ve 1.95'tir. Agreganın su emmesi % 17 olup, organik madde, sülfat, kil toprakları ve yanıcı madde miktarı da sırasıyla % 0.17, % 3, % 0.18 ve % 4 bulunmuştur.

Doğal durumdaki hafif agreganın, tane dağılımı ve belirlenen özellikleri, beton yapımı için uygunluk göstermektedir (TS 1114, 1976).

Hafif agregayla 300 kg/m^3 , 400 kg/m^3 ve 500 kg/m^3 dozaj düzeylerinde ve değişen çimento, kireç miktarlarında üretilen taze hafif betonların karışım oranları ve bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği gibi deneme için üretilen betonların aynı dozaj grubuna giren ve farklı çimento, kireç içeren örneklerinde, karışımdaki çimento oranı artışına bağlı olarak, gerekli karışım suyu azalmakta; ayrıca karışım suyu miktarı dozajla birlikte artmaktadır.

Üretilen taze betonların birim ağırlıkları her dozaj grubunda da, çimento artışı ve kireç azalmasına bağlı olarak artmakta; bu değer 300 kg/m^3 dozajlılarda $1530\text{-}1631 \text{ kg/m}^3$, 400 kg/m^3 dozajlılarda $1527\text{-}1660 \text{ kg/m}^3$ ve 500 kg/m^3 dozajlılar da ise $1511\text{-}1698 \text{ kg/m}^3$ arasında değişmektedir.



Şekil 1. Hafif agrega granulometri eğrileri.

Figure 1. Grading curves of lightweight aggregates.

Table 2. Hafif betonların karışım oranları, çökmelen ve taze birim ağırlıkları.
Table 2. Properties of freshly mixed concretes and mix proportions.

Dozaj (kg/m ³) Cement, lime oranları	300					400					500							
	$\frac{C}{K}$		$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$	
	C	K	0	75	150	225	300	0	100	200	300	400	0	125	250	375	500	
Karışımdeki çimento, kireç miktarı (kg/m ³) Cement, lime con.	0	300	225	150	75	0	300	0	400	300	200	100	0	500	375	250	125	0
Karışımdeki çimento, kireç miktarı (kg/m ³) (C+K) Cement, lime con.	0	300	225	150	75	0	300	0	400	300	200	100	0	500	375	250	125	0
Karışım suyu miktarı (kg/m ³) Mixing water	433	408	396	375	350	500	488	437	406	367	542	539	500	438	383			
Agrega miktarı (kg/m ³) Aggregate	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847	847
$\frac{Su}{Çimento+Kireç}$ Water Cement + Lime	1.45	1.35	1.32	1.25	1.17	1.25	1.22	1.09	1.02	0.92	1.08	1.07	1.00	0.88	0.77			
Çökme (cm) Slump	5.0	6.0	5.0	6.5	6.0	5.0	6.0	5.5	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	6.0	5.5		
Birim ağırlık (kg/m ³), Unit Weight	1530	1552	1592	1598	1631	1527	1571	1600	1607	1660	1511	1537	1604	1622	1698			

Table 3. Serleşmiş beton özellikleri.
Table 3. Properties of hardened concrete specimens.

Dozaj (kg/m ³) Cement and lime content	300					400					500					
	$\frac{C}{K}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$	$\frac{0}{100}$	$\frac{25}{75}$	$\frac{50}{50}$	$\frac{75}{25}$	$\frac{100}{0}$
Karışımdeki çimento, kireç miktarı (%) Cement, lime con.		0	25	50	75	100	0	25	50	75	100	0	25	50	75	100
28 günlük birim ağırlık (kg/m ³) Unit weight at the time of test	1480	1549	1568	1530	1581	1497	1509	1556	1573	1592	1500	1514	1582	1590	1630	
Fırın - kurum birim ağırlık (kg/m ³) Oven-dry unit weight	1131	1241	1326	1347	1443	1146	1222	1324	1392	1462	1085	1177	1352	1405	1509	
Su emme (%) Water absorption	33.7	24.8	18.1	17.2	11.5	33.2	26.7	19.7	13.8	10.9	41.7	29.8	20.0	14.1	8.8	
28 günlük sübütir basınç dayanımı (kg/cm ²) Compressive strength	25.0	28.4	35.0	44.0	90.9	26.5	33.6	39.8	45.5	100.4	28.0	37.5	44.1	54.0	116.5	
Yarılna çekme dayanımı (kg/cm ²), Splitting tensile strength	5.0	6.7	8.6	11.0	14.2	5.2	7.1	9.9	11.6	15.8	6.0	7.5	11.2	13.4	17.4	
Elastisite Modülü (kg/m ²) x 10 ² Modulus of elasticity	-	96	280	460	533	-	135	383	516	633	-	197	420	585	671	
Isi iletkenliği (firm-kuru) (kcal/m h °C) Thermal conductivity coefficient	0.21	0.24	0.27	0.28	0.31	0.22	0.24	0.27	0.29	0.31	0.20	0.22	0.28	0.29	0.33	

Deneme amacıyla üretilen betonların 28 gün sonunda saptanan bazı özellikleri ise dozaj grupları ve çimento-kireç oranlarına bağlı olarak Tablo 3'de verilmiştir.

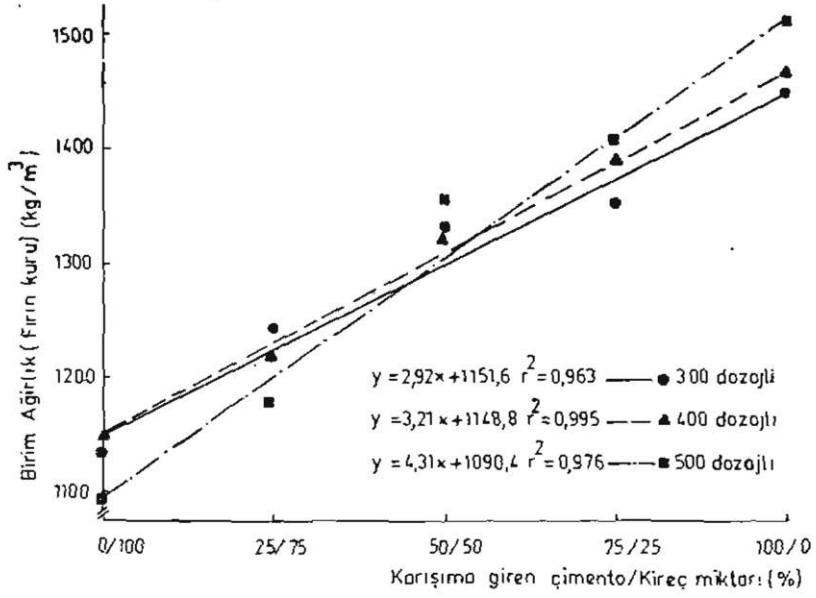
Sertleşmiş betonların 28 gün sonucundaki belirlenen birim ağırlıkları her dozaj grubunda da çimento artışındaki orana bağlı olarak artmakta, bu değer yukarıda belirtilen dozaj grubu sırasına göre 1480-1581 kg/m³, 1497-1592 kg/m³ ve 1500-1630 kg/m³ arasında değişmektedir. Sertleşmiş betonların birim ağırlıkları Tablo 3'ten de görülebileceği gibi karışımdaki kireç oranının artışına bağlı olarak, azalmaktadır.

Fırın-kuru birim ağırlıklardaki değişim de aynı olup, bu değer 300 kg/m³, 400 kg/m³ ve 500 kg/m³ dozaj grupları için sırasıyla 1131-1443 kg/m³, 1146-1462 kg/m³ ve 1085-1509 kg/m³ arasındadır. Her dozaj düzeyindeki, değişen çimento, kireç oranlarıyla fırın-kuru birim ağırlıklar arasındaki ilişki ise Şekil 2 a'da gösterildiği gibi, her dozaj düzeyinde başka olmakla birlikte, doğrusaldır.

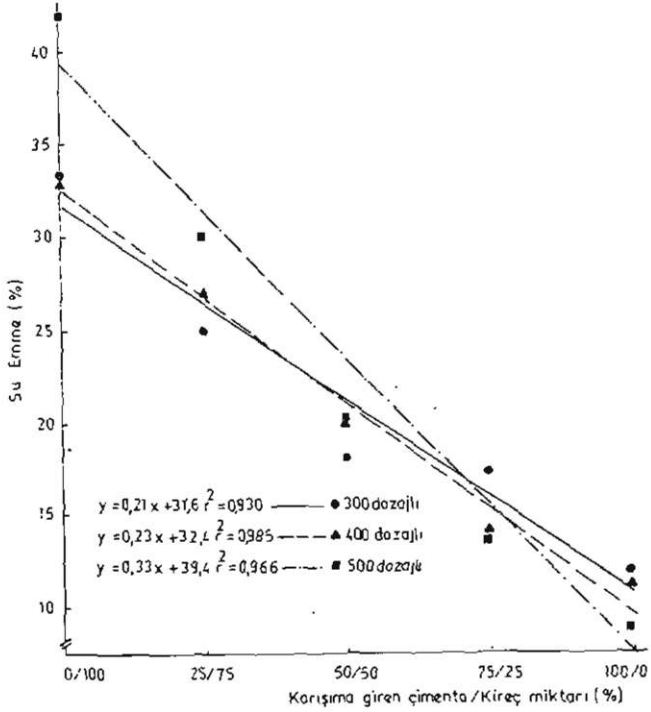
Sertleşmiş deneme betonlarının fırın-kuru ağırlıklarına göre su emme miktarları, dozaj ve karışımdaki kireç oranının artışına bağlı olarak, artmıştır. Nitekim, yukarıda belirlenen dozaj düzeyi sırası, gözönüne alınırsa, betonların su emme değerleri % 33.7-11.5; % 33.2-10.9 ve % 41.7-8.8 arasında değişmektedir. Karışımdaki çimento, kireç oranı ve su emme değerleri arasındaki ilişki Şekil 2 b'de görüldüğü gibi doğrusal olup, her dozaj düzeyinde farklıdır.

Hafif betonların beş farklı çimento ve kireç miktarına bağlı olarak, Tablo 3'ten de görülebileceği gibi 28 günlük silindir basınç dayanımları (çimentonun artış oranına göre), 300 kg/m³ dozajlılarda 25.0 kgf/cm², 28.4 kgf/cm², 35.0 kgf/cm², 44.0 kgf/cm², 90.9 kgf/cm²; 400 kg/m³ dozajlılarda 26.5 kgf/cm², 33.6 kgf/cm², 39.8 kgf/cm², 45.5 kgf/cm², 100.4 kgf/cm² ve 500 kg/m³ dozajlılarda ise 28.0 kgf/cm², 37.5 kgf/cm², 44.1 kgf/cm², 54.0 kgf/cm², 116.5 kgf/cm²'dir. Basınç dayanımı ile karışımdaki çimento ve kireç miktarı arasında, Şekil 3 a'daki gibi bir ilişki olup, karışımlardaki kireç oranlarının artışına bağlı olarak, betonların basınç dayanımının önemli ölçüde düştüğü, kireç oranının azalmasına bağlı olarak ise, dozaj düzeyleri arasındaki basınç dayanımı farkının arttığı görülmektedir.

Üretilen betonların 28 günlük silindir, yarılma çekme dayanımları, belirtilen dozaj düzeyleri için, değişen çimento ve kireç miktarlarına göre 5-14.2 kgf/cm²; 5.2-15.8 kgf/cm² ve 6-17.4 kgf/cm² arasındadır. Örneklerin yarılma çekme dayanımları basınç dayanımında olduğu gibi karışımdaki kireç miktarının artışına bağlı olarak azalmaktadır (Tablo 3). Ayrıca betonların basınç dayanımı ile yarılma çekme dayanımı arasındaki ilişki Şekil 3 b'de verilmiş olup, kireç katkılı betonlar için, her



Şekil 2 a. Betonların çimento, kireç içeriği ile birim ağırlıklarının değişimi



Şekil 2 b. Betonların çimento, kireç içeriği ile su emme değerlerinin değişimi

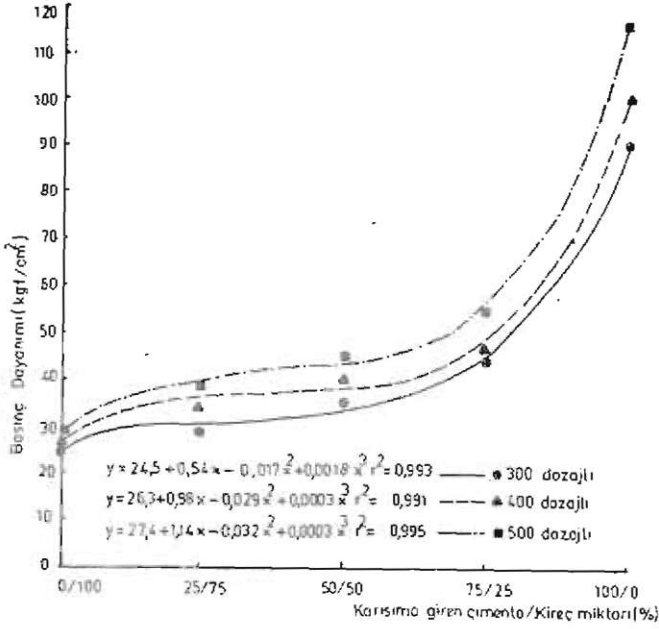
dozaj düzeyinde önemli fark bulunmamakta, sadece çimento ile üretilen betonlarda ise önemli fark görülmektedir.

Deneme betonlarının 28 günlük silindirik örneklerinin basınç etkisinde bırakılmasıyla, elde edilen veriler yardımıyla hesaplanan gerilme - deformasyon değerleri ile çizilen eğriler Şekil 4'de verilmiştir. Farklı dozaj grubuna ilişkin değişik çimento ve kireç içeren betonların elastikiyet modülleri de Tablo 3'de görülmektedir. Her dozaj grubuna ilişkin, sadece kireç içeren örneklerin, basınç kuvveti etkisinde büyük deformasyonlar göstermesi ve bunların kalıcı olması nedenleriyle gerilme, deformasyon değerleri deneysel olarak saptanamamış ve elastikiyet modülleri hesaplanamamıştır. Ancak çimento katkılı betonların, çimento artışına bağlı olarak, elastikiyet modülleri 300 kg/m³ dozajlılarda 9600 kgf/cm², 28000 kgf/cm², 46000 kgf/cm², 53000 kgf/cm²; 400 kg/m³ dozajlılarda 13500 kgf/cm², 38300 kgf/cm², 51600 kgf/cm², 63300 kgf/cm² ve 500 kg/m³ dozajlılar da ise 19700 kgf/cm², 42000 kgf/cm², 58500 kgf/cm², 67100 kgf/cm²'dir. Bu değerlere göre karışımdaki çimento miktarı artışı, hafif betonların elastikiyet modülü değerlerini artırmaktadır.

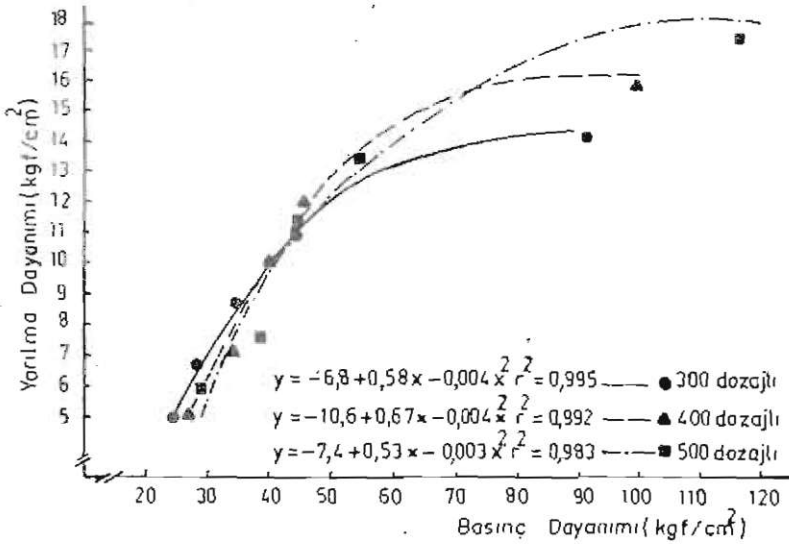
Betonların fırın-kuru birim ağırlıkları temel alınarak, Loudon ve Stacy (1966)'e göre hesaplanan ısı iletim katsayıları, her dozaj grubu için, değişen çimento ve kireç miktarlarına göre 0.21-0.31 kcal/m h °C, 0.22-0.31 kcal/m h °C ve 0.20-0.33 kcal/m h °C arasında değişmektedir. Bu değişim Tablo 3'ten de görülebileceği gibi, dozaj düzeylerinde pek farklı olmamakla birlikte, kireç artışına bağlı olarak, ısı iletim katsayısı da azalmaktadır.

Denemede kullanılan doğal hafif agregalara, sadece kireç katılması, sadece çimento katılmasına göre, üretilen betonların basınç dayanımları, yaklaşık dört kat azalmıştır. Kirecin çimento ile bağlayıcı amacıyla hafif betonlara katılması dayanım artışına, çimento kadar olumlu bir etkide bulunmamaktadır. Bu durum, kirecin çimentoya göre daha zayıf bir bağlayıcı olmasının sonucudur. Ancak çimento yanında kireç katılması, betonların birim ağırlıklarını düşürmekte, ısı yalıtımını ise artırmaktadır. Ayrıca kireç katkısı oranına bağlı olarak hafif betonların yük etkisindeki deformasyon değerlerinin büyük olması da, bazı uygulamalarda yararlar sağlayabilir.

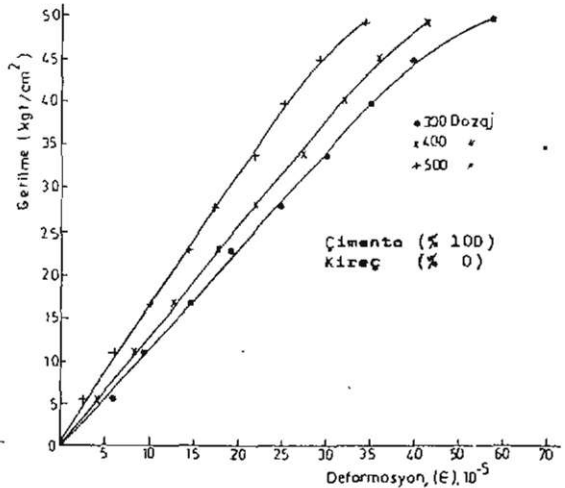
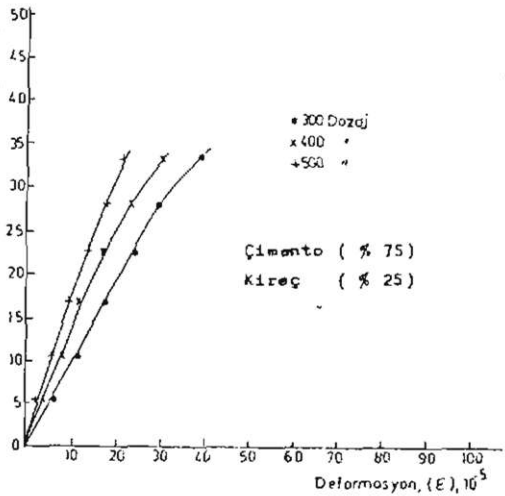
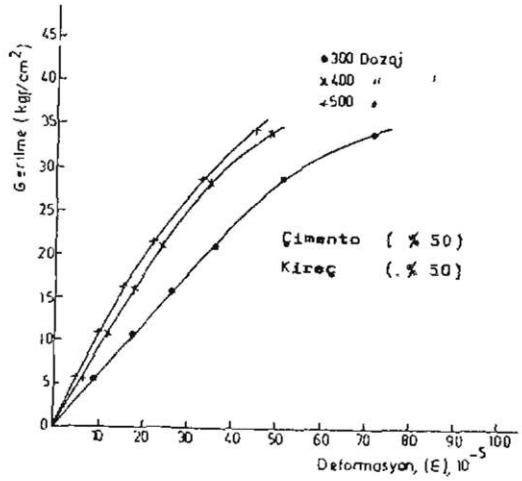
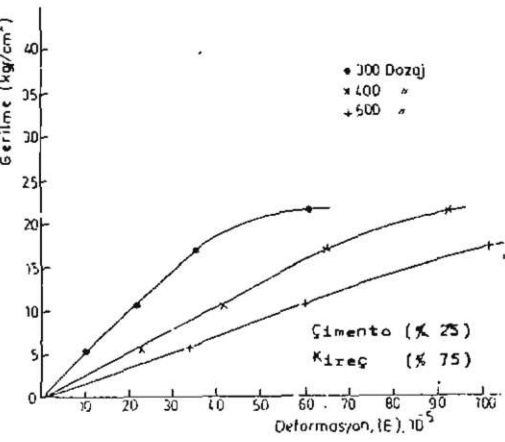
Kireç katkılı hafif betonların fazla dayanım gerektirmeyen ancak birim ağırlık ve ısı yalıtımı faktörlerinin önem taşıdığı bazı yapı elemanlarında kullanılması düşünülebilir.



Şekil 3 a. Betonların çimento, kireç içeriğiyle basınç dayanımlarının değişimi



Şekil 3 b. Betonların basınç dayanımları ile yarıma çekme dayanımları arasındaki ilişki



Şekil 4. Dozajlarda 300 kg/m³ , 400 kg/m³ ve 500 kg/m³ olan değişik çimento ve kireç içerikli hafif betonların gerilme-deformasyon eğrileri

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1967. Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete, ACI J., 64: 433-469.
- Anonymous, 1968. Recommended Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete, ACI 65, 1-19.
- Anonymous, 1973. Manufacture and Application of Lightweight Concrete, Overseas Building Notes, No. 152.
- Anonymous, 1976. Hafif Agregalar (Beton için), TS 1114. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1977a. Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesapları, TS 2511. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1977b. Taze Beton Kıvam Deneyi, TS 2871. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1978a. Taze Betonda Birim Ağırlık, Verim ve Hava Miktarının Ağırlık Yöntemiyle Tayini. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1978b. Laboratuvarda Beton Deney Örneklerinin Hazırlanması ve Bakımı, TS 3068. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1978c. Beton Basınç Dayanımı Deney Yöntemi, TS 3114. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1978d. Betonda Yarımada Çekme Dayanımı Tayini, TS 3129. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1981a. Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini, TS 3502. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1981b. Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayini, TS 3624. Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.
- ASTM Standards, Part 14, 1976. Concrete and Mineral Aggregates, American Society for Testing and Materials, Philadelphia.
- a) C 39, Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
 - b) C 117, Materials Finer Than No. 200 Sieve in Mineral Aggregates by Washing.
 - c) C 192, Making and Curing Concrete Test Specimens.
 - d) C 330, Lightweight Aggregates for Structural Concrete.
 - e) C 331, Lightweight Aggregate for Masonry Units.

- f) C 469, Static Modulus of Elasticity and Poisson Ratio of Concrete in Compression.
- g) C 496, Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens.
- h) C 567, Unit Weight of Structural Lightweight Concrete.
- i) C 617, Capping Cylindrical Concrete Specimens.

Baradan, B., 1982. Kula Volkan Cürufundan Hafif Beton Agregası , Olarak Yararlanma Olanaklarının Araştırılması, Ege Üni. İnş. Fak. Derg., 6: 1-7.

Bomhard, H., 1980. Lightweight Concrete Structures Potentialities, Limits and Realities, Journal of Lightweight Concrete, 2 (4): 193-209.

Dhir, R.K., 1987. Durability Potential of Lightweight Aggregate Concrete, Concrete, 4 : 10-11.

Lewis, D.W., 1966. Lightweight Concrete and Aggregates, ASTM Special Technical Publication, 169 : 359-375.

Loudon, A.G., and Stacy, E.F., 1966. The Thermal and Acoustic Properties of Lightweight Concretes, Structural Concrete, 3 (2): 58-95.

Neville, A.M., 1973. Properties of Concrete, John Wiley and Sons.

Rudnai, G., 1963. Lightweight Concretes, Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.

Taşdemir, M.A., 1984. Taşıyıcı Hafif Agregalı Betonların Deformasyon Yeteneğine Hafif Agregalı Boyutunun Etkisi, Kuzey Doğu Anadolu İ. Ulusal Deprem Sempozyumu, Erzurum.

Turgutalp, E.Ü., 1978. Sarıkamış Yöresi Doğal Hafif Agregasıyla Üretilen Hafif Betonların Tarımsal Yapılarda Kullanılabilir Olanakları Üzerine Bir Araştırma, (Doçentlik Tezi Basılmamış).