

SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI KATKILARIN PORTLAND ÇİMENTO HARÇLARININ RÖTRESİNE ETKİSİ

Mehmet UYAN
İTÜ İnşaat Fakültesi
Ayazağa, İstanbul

Mustafa KARAGÜLER
İTÜ Mimarlık Fakültesi
Taşkışla, İstanbul

Sedat YÜCESOY
İnş. Y. Mühendisi
Mersin

ÖZET

Literatürde süperakışkanlaştırıcıların betonun kuruma rötresine etkisi üzerine az ve birbiriyle uzlaşmayan bilgiler vardır. Bu nedenle, bu problemi aydınlatmak üzere bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde; 400, 450 ve 500 kg/m³lük üç ayrı dozaj kullanılmıştır. İşlenebilmeyi sabit tutabilmek için her karışımda su miktarları ayarlanmıştır. Linyosülfonat, melamin ve naftalin esaslı olmak üzere üç ayrı akışkanlaştırıcı, iki farklı oranda olmak üzere, kullanılmıştır. Deneylerde 3, 7, 28 ve 90 günlük rötreye ve ağırlık kayıpları ölçülmüştür. Eğilme, basınç dayanımı ve ultrases hızı tayinleri 7 ve 28. günlerde yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre, genellikle, harçlarda kullanılan katkıların rötreyi artırmaktadır. Yalnız, bir farklılık olarak, melamin esaslı katkı kullanılan karışımların rötresi kendi kontrol karışımlarından az olmaktadır. Daha yüksek miktarda modifiye edilmiş linyosülfonat kullanılan karışımların rötresi diğer katkıların rötresinden daha yüksek değerler vermektedir. Naftalin esaslı akışkanlaştırıcı kullanılan karışımların rötresi çimento dozajındaki değişimlere bağlı olarak bazı farklılaşmalar göstermiştir.

1. GİRİŞ

Beton üretiminde ister şantiyede üretim olsun ister prefabrikasyon veya hazır beton üretiminde olsun önemli miktarlarda süperakışkanlaştırıcı katkı kullanıldığı bilinmektedir. Süperakışkanlaştırıcılar temelde üç genel amaç için kullanılmaktadırlar:

1. Kolay yerleşmeyi sağlamak için daha “akıcı beton” üretmek.
2. Daha düşük su/çimento oranında daha yüksek kalitede beton üretmek.
3. Aynı işlenebilme derecesinde daha az çimento kullanarak kütle betonlarında hidrasyon ısıını düşürmek. Katkının bu şekilde diğer beton türleri içinde kullanılması, aynı zamanda daha ekonomik bir beton üretimi sağlanması anlamına gelmektedir.

Süperakışkanlaştırıcıların betonun basınç dayanımı üzerindeki birincil etkisi su/çimento oranı azaltmasından dolayıdır. Aynı çökme değeri ve çimento dozajı için su miktarı azaltıldığında, su/çimento oranındaki azalmalar, betonun her yaştaki dayanımını önemli derecede artırır (1,2).

Bazı çalışmalara göre, belirli bir su/çimento oranı ve çimento içeriği için süperakışkanlaştırıcıların ilavesinin betonun kuruma rötresini arttırdığı şeklinde bir eğilim çıksa da süperakışkanlaştırıcıların bu yöndeki etkisi tam olarak kesinlik kazanmamıştır (3,4,5,6,7,8).

Bu araştırmada süperakışkanlaştırıcıların türü ve miktarının portland çimento harçlarının kuruma rötresi üzerindeki etkileri belirlenmeğe çalışılmıştır.

2. DENEYSEL İNCELEME

2.1. MALZEMELER

Maksimum agregada dane çapı 8 mm olarak seçilmiştir. Doğal kum ve kırmataş tozu harçların üretiminde agregada olarak kullanılmıştır. Agregaların granülometrisi TS 2717 standardına uygun olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu agregaların granülometrisi ve fiziksel özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Deneylerde PÇ 32.5 Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimento kullanılmadan önce TS 24’e göre fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiş, deney sonuçlarının TS 19’da belirtilen standarda uygun olduğu saptanmıştır.

Tablo 1. Agregaların Granülometrisi ve Fiziksel Özellikleri

Elek Göz Boyutu (mm)	Elekten Geçen Malzeme (%)						Özgül Ağırlık (Kg/m ³)
	0.25	0.50	1.0	2.0	4.0	8.0	
Kum	9.0	81.0	90.0	94.0	97.0	100.0	2650
Kırmataş Tozu	6.0	15.0	29.0	48.5	98.0	100.0	2730
Karışım	7.7	51.4	62.5	73.5	97.5	100.0	-

Deneylerde üç farklı tipte süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır.

1. Melamin sülfonat-formaldehit kondansesi, Tip F (ASTM C494)
2. Naftalin sülfonat-formaldehit kondansesi, Tip G (ASTM C 494)
3. Modifiye linyosülfonat, Tip G (ASTM C 494)

Süperakışkanlaştırıcı katkıların özgül ağırlıkları sırasıyla 1.24, 1.22 ve 1.15 kg/dm³ olarak belirlenmiştir.

2.2. HARC KARIŞIMLARI

Karışımlarda agregaların maksimum dane çapı, granülometrisi ve işlenebilme sabit tutulmuştur. Dozajlar sırasıyla 400, 450 ve 500 kg/m³ olarak seçilmiştir. Karışımlarda her dozajda aynı işlenebilme değerini elde edebilmek için farklı su/çimento oranları bulunmuştur. Ayrıca her bir bileşimde üç farklı kökenli süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmış ve kullanılan her süperakışkanlaştırıcıdan iki farklı oranda katkı denenmiştir. Keza, süperakışkanlaştırıcıların relatif etkisini ortaya koyabilmek için her dozaj için kontrol karışımları hazırlanmıştır. Sonuç olarak her dozaj için 7 karışım, toplam olarak 21 karışım üretilmiştir. Harçların karışım oranları, süperakışkanlaştırıcı katkı oranları ve yayılma oranları Tablo 2’de verilmiştir. Bu tabloda; K: kontrol, L: modifiye linyosülfonat katkılı, M: melamin katkılı, N: naftalin katkılı harçları temsil etmektedir. Bu duruma göre; harç türünde birinci indis dozajları, ikinci indis katkı oranlarını göstermektedir. Örneğin, N₂₁ kodu Naftalin katkılı, 450 dozlu ve %1.5 katkı oranlı harcı ifade etmektedir.

2.3. KÜR KOŞULLARI VE DENEYLER

Deney örnekleri 4x4x16 cm'lik çelik harç numunesi kalıplarına dökülmüşlerdir. Kalıplarına yerleştirilen harçlar hava ile temas etmesini önlemek için cam plakalarla kaplanmış ve 1. günün sonunda kalıptan alınmıştır. Üretilen örnekler kalıp içindeyken ve kalıptan çıkarıldıktan sonra deney gününe kadar sıcaklığı $20^{\circ}\text{C} \pm 1$ arasında ve nem oranı $\%60 \pm 5$ olan klima odasında saklanmıştır.

Kuruma rötresi ölçümleri 3,7,28 ve 90. günlerde yapılmıştır. Eğilme, Ultrases hızı ve basınç deneyleri 7 ve 28. günlerde gerçekleştirilmiştir. Eğilme deneyinde orta noktadan tekil yükleme yapılmış ve deneyden arta kalan parçalar üzerinde de basınç dayanımları ölçülmüştür.

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1. KURUMA RÖTRESİ VE AĞIRLIK KAYIPLARI

Tablo 3, kuruma rötresi ölçümlerini göstermektedir. Tipik sonuçların elde edildiği kuruma rötresi-zaman eğrileri Şekil 1, 2 ve 3'de verilmiştir. Şekillerden görülebileceği gibi linyosülfonat katkısının rötresi tüm kontrol karışımlarınınkinden daha büyüktür. Melamin kökenli katkının kuruma rötresi 400 ve 450 doz için kontrol karışımından daha düşük değerler verirken 500 dozlu kontrol karışımı ile benzer değerler vermiştir. Küçük miktarlarda katkı kullanılması halinde, 500 dozlu karışımlarda üç katkı türü içinde kuruma rötresi değerleri 500 dozlu kontrol karışımından daha düşük değerler vermektedir. Naftalin kökenli katkı ile üretilen harçların kuruma rötresi çimento dozajına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Bununla birlikte, bu tip süperakışkanlaştırıcı, genel olarak harçların kuruma rötresini arttırmaktadır.

Özetle, çimento dozajı arttıkça, tüm harçların kuruma rötresi de artmaktadır. Linyosülfonat ve naftalin kökenli katkılar harçların kuruma rötresini arttırırken, diğer yandan melamin kökenli akışkanlaştırıcının etkisi miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Sonuç olarak denilebilir ki, süperakışkanlaştırıcıların kuruma rötresi üzerindeki etkisi, süperakışkanlaştırıcının tipine ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Bu sonuçlar, genelde süperakışkanlaştırıcıların kuruma rötresini arttırdığını öne süren ACI 212.4R komitesinin raporuyla uyum sağlamaktadır (5).

Öte yandan, bazı tip katkılar ve miktarları için kuruma rötresinin azalması su miktarının azalmasındandır. Bu bulgu, daha önce Hattori'nin de belirttiği gibi süperakışkanlaştırıcıların rötre azaltıcı etkisine bağlanamayacağını göstermektedir (9).

Araştırmada tüm dozajlar için ağırlık kayıpları da ölçülmüştür. Süperakışkanlaştırıcıların 28. gündeki relatif ağırlık kayıpları 400, 450 ve 500 kg/m³ için sırasıyla %69-87, %63-80 ve %57-67'dir. Relatif ağırlık kayıpları 28 ve 90. günler arasında az bir artış göstermektedir. Fakat, aynı günler arasında kuruma rötresi miktarları, daha fazla artmaktadır (Bkz. Tablo 4 ve Şekil 4). Bu sonuçlara göre, düşük miktarda linyosülfonat katkılı harçların relatif ağırlık kayıpları tüm dozajlar için diğer süperakışkanlaştırıcılardan daha fazladır (Relatif ağırlık kayıpları 400, 450 ve 500 kg/m³ için sırasıyla %90, %80 ve %67'dir). Genel olarak, sonuçlar göstermektedir ki, süperakışkanlaştırıcı katkı ilavesi kontrol karışımlarına kıyasla ağırlık kayıplarını azaltmaktadır. Bu sonuç, Malhotra'nın vardığı sonucu doğrulanmaktadır (10).

Yukardaki sonuçlara göre relatif ağırlık katsayısındaki artışlar, süperakışkanlaştırıcı katkılı harçların kuruma rötresini arttırmaktadır. Fakat, ileri yaşlarda, ağırlık kaybı az miktarda olurken kuruma rötresindeki artış daha fazla olmaktadır. Genellikle, kuruma rötresinin miktarı, su kaybınınine orantılı olarak artar. Ancak burada, süperakışkanlaştırıcı katkı ilavesi, ağırlık kayıplarını önemli bir miktarda değiştirmeksizin kuruma rötresini arttırdığından, bazı tip katkılarda, rötre arttırıcı etki diğer faktörlere bağlı olabilir, örneğin karışım suyunun yüzey geriliminin değişmesi veya çimento hamurunun mikroyapısının değişmesi gibi (11,12).

3.2. BASINÇ VE EĞİLME DAYANIMI

Basınç dayanımı deney sonuçları Tablo 5 ve Şekil 5,6 ve 7'de gösterilmektedir. Melamin kökenli katkılı harçların 400 ve 450 dozlu karışımlardaki relatif basınç dayanımları diğer

karışımlarınınkinden daha yüksektir. 500 kg/m³ dozaj halinde ise, bir farklılaşma olarak linyosülfonat katkısı en yüksek değeri göstermektedir. Genelde, süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmış karışımların basınç dayanımları kontrol karışımlarınınkinden daha yüksektir. Bu sonuçlar göstermektedir ki, süperakışkanlaştırıcı katkı kullanımı yüksek dayanımlı beton elde etmek için çok önemli ve yararlı olmaktadır. Diğer yandan, Eğilme dayanımı ve ultrases hızı için süperakışkanlaştırıcıların yararlı etkisi basınç dayanımından daha azdır. Eğilme dayanımı ve ultrases hızındaki 28. gündeki artış oranları sırasıyla, %3-48 ve %6-21'dir. Bu sonuçlar ASTM/C494'deki sonuçları doğrulamaktadır (13).

4. SONUÇLAR

1. Linyosülfonat kökenli katkılı karışımların kuruma rötresi, tüm dozajlar için kendi kontrol karışımlarınınkinden daha büyüktür. Keza, yüksek miktarda linyosülfonat kökenli katkı kullanılması halindeki kuruma rötresi de diğer süperakışkanlaştırıcılarınınkinden daha büyüktür.
2. Melamin kökenli katkı kullanılarak üretilmiş harçların kuruma rötresi 400 ve 450 dozajlı kontrol karışımlarınınkinden daha azdır.
3. Naftalin kökenli süperakışkanlaştırıcı harçların kuruma rötresinin çimento dozajına bağlı olarak değişiklikler göstermekle birlikte, genel olarak rötreyi arttırdığı söylenebilir.
4. Genelde, bu araştırmada kullanılan süperakışkanlaştırıcılar harçların kuruma rötresini arttırmaktadır.
5. Genel olarak, süperakışkanlaştırıcı harçların ağırlık kayıpları kontrol karışımlarınınkinden daha azdır.
6. Süperakışkanlaştırıcı karışımların basınç dayanımları kontrol karışımlarınınkinden daha yüksektir. Bu ise süperakışkanlaştırıcıların yüksek dayanımlı beton elde etmede yararlı ve önemli olduğunu ortaya koymaktadır.
7. Süperakışkanlaştırıcıların eğilme dayanımını artırıcı yöndeki etkisi basınç dayanımına göre düşük oranda gerçekleşmektedir.

KAYNAKLAR

1. ACI Committee 212, "Chemical Admixtures for Concrete", ACI Materials Journal, May-June, 1989, p.297.
2. NEVILLE, A.M., BROOKS, J.J., "Concrete Technology", Longman Scientific and Technical, 1987, p.155.
3. PAILLIERE, A.M., BEN BASSAT, M., AKMAN, S., "Guide for Use of Admixtures in Concrete", 84-AAC: Application of admixtures in Concrete, Materials and Structures, 1992, 25, p.49.
4. MUKHERJEE, P.K., "Evaluation of Superplasticizers in Concrete", ACI Publication SP-119, p.625.
5. Committee Report ACI 212 4R, "Guide for the Use of High-Range Water-Reducing Admixtures in Concrete", Concrete International, April, 1993, Vol.15, No.4, p.44.
6. BROOKS, J.J., WAINRIGHT, P.J., NEVILLE, A.M., "Time Dependent Behaviour of High Early Strength Concrete Containing Superplasticizers", ACI Publication SP-68, p.81.
7. COLLINS, T.M., "Proportioning High Strength Concrete to Control Creep and Shrinkage", ACI Materials Journal, November-December, 1989, Vol.86, No.6, p.576.
8. KASAMI, T., IKEDA, T., YAMANE, S., "On Workability and Pumpability of Superplasticized Concrete Experience in Japan", ACI Publication SP-62, p.79.
9. HATTORI, K., "Experiences with Mighty Superplasticizers in Japan", ACI Publication, SP-62, p.43.
10. MALHOTRA, V.M., "Superplasticizers: Their Effect on Fresh and Hardened Concrete", ACI Concrete International, May 1981, p.66.
11. SHAH, S.P., KARAGÜLER, M.E., SARIGAPHUTI, M., "Shrinkage-Reducing Admixture Effects on Cracking", ACI Material Journal, May-June 1992, Vol.89, No.3, p.289.
12. SHOYA, M., SUGITA, M., "Application of Special Admixture to Reduce Shrinkage Cracking of Air-Dried Concrete", Hachinohe Institute of Technology, Hachinohe, Japan, pp.1-11.
13. ASTM C494, "Standart Specification for Chemical Admixtures for Concrete", Annual Book of ASTM Standarts, 1991.

Tablo 2. Kontrol ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Harçların (1 m³ için) Bileşimi ve Taze Beton Özellikleri

Doz (kg/m ³)	Harç Türü	Kum (kg/m ³)	Kırma Taş (kg/m ³)	C (kg/m ³)	E (kg/m ³)	E/C	Katkı Oranı (%)	Yayıma Oranı (%)
400	K1	793	669	401	301	0.75	-	111
	L11	800	674	406	264	0.65	1.4	103
	L12	817	688	393	275	0.70	0.8	112
	M11	808	681	399	259	0.65	1.8	103
	M12	810	683	393	275	0.70	0.9	100
	N11	763	643	397	258	0.65	1.5	106
	N12	803	677	400	280	0.70	0.7	115
450	K2	763	643	449	319	0.71	-	106
	L21	786	663	456	251	0.55	1.4	107
	L22	792	668	456	287	0.63	0.6	119
	M21	786	663	456	251	0.55	2.0	120
	M22	794	670	449	283	0.63	0.7	102
	N21	752	534	449	247	0.55	1.5	118
	N22	784	660	451	284	0.63	0.5	117
500	K3	754	636	503	322	0.64	-	114
	L31	782	660	502	241	0.48	1.5	105
	L32	781	658	501	281	0.56	0.5	120
	M31	785	662	504	242	0.48	2.0	110
	M32	787	663	500	280	0.56	0.6	115
	N31	756	637	494	237	0.48	1.3	116
	N32	770	649	503	282	0.56	0.3	119

Tablo 3. Rötire Değerleri (μ/m)

Doz	Harç Türü	E/C	3. Gün	7. Gün	28. Gün	90. Gün
400	K1	0.75	60 (12)	250 (62)	500 (100)	690 (138)
	L11	0.65	140 (29)	310 (50)	520 (104)	770 (154)
	L12	0.70	120 (24)	250 (42)	520 (104)	670 (134)
	M11	0.65	120 (24)	210 (62)	390 (78)	520 (104)
	M12	0.70	140 (28)	310 (50)	620 (124)	730 (146)
	N11	0.65	140 (28)	250 (50)	500 (100)	670 (134)
	N12	0.70	80 (16)	250 (50)	560 (112)	770 (154)
450	K2	0.71	60 (12)	250 (50)	560 (112)	750 (150)
	L21	0.55	140 (28)	330 (56)	640 (129)	860 (172)
	L22	0.63	120 (24)	290 (58)	610 (122)	750 (150)
	M21	0.55	120 (24)	270 (54)	540 (108)	670 (134)
	M22	0.63	120 (24)	270 (54)	580 (116)	830 (156)
	N21	0.55	120 (24)	270 (54)	610 (122)	830 (166)
	N22	0.63	120 (24)	250 (52)	580 (116)	770 (154)
500	K3	0.64	80 (16)	260 (52)	580 (116)	790 (158)
	L31	0.48	170 (34)	330 (56)	640 (128)	920 (184)
	L32	0.56	80 (16)	250 (50)	560 (112)	810 (162)
	M31	0.48	140 (28)	290 (58)	610 (122)	790 (158)
	M32	0.56	120 (24)	290 (58)	560 (112)	810 (162)
	N31	0.48	190 (38)	330 (66)	620 (124)	880 (176)
	N32	0.56	80 (16)	210 (42)	560 (112)	790 (158)

Parantez içindeki değerler 400 dozlu numunelerin 28. gündeki rötire değerlerine göre yüzdelileridir.

Tablo 4. Ağırlık Kaybı Değerleri (%)

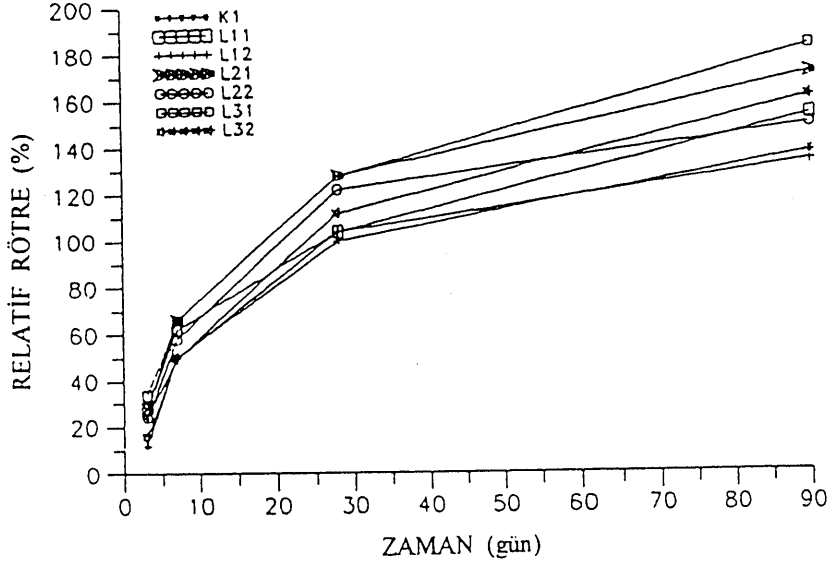
Doz	Harç Türü	E/C	3. Gün	7. Gün	28. Gün	90. Gün
400	K1	0.75	4.9 (70)	6.0 (86)	7.0 (100)	7.0 (100)
	L11	0.65	4.2 (60)	4.8 (69)	5.6 (80)	5.8 (83)
	L12	0.70	4.2 (60)	5.2 (74)	6.3 (90)	6.4 (91)
	M11	0.65	3.8 (54)	4.2 (60)	4.8 (69)	4.9 (70)
	M12	0.70	4.0 (57)	5.0 (71)	6.0 (86)	6.0 (86)
	N11	0.65	4.0 (57)	4.8 (69)	5.6 (80)	5.6 (80)
	N12	0.70	3.9 (56)	5.0 (71)	6.1 (87)	6.1 (87)
450	K2	0.71	4.7 (67)	6.0 (86)	7.2 (103)	7.3 (104)
	L21	0.55	3.4 (49)	4.3 (61)	5.3 (76)	5.5 (79)
	L22	0.63	3.1 (44)	4.3 (61)	5.6 (80)	5.8 (83)
	M21	0.55	2.7 (39)	3.6 (51)	4.4 (63)	4.6 (66)
	M22	0.63	2.8 (40)	4.1 (59)	5.4 (77)	5.7 (81)
	N21	0.55	2.4 (34)	3.5 (50)	4.6 (66)	4.9 (70)
	N22	0.63	2.6 (37)	3.9 (56)	5.1 (73)	5.4 (77)
500	K3	0.64	3.6 (51)	4.7 (67)	6.1 (87)	6.3 (90)
	L31	0.48	2.5 (36)	3.2 (46)	4.3 (61)	4.7 (67)
	L32	0.56	2.5 (36)	3.4 (49)	4.7 (67)	5.2 (74)
	M31	0.48	2.5 (36)	3.1 (44)	4.0 (57)	4.4 (63)
	M32	0.56	2.4 (34)	3.2 (46)	4.5 (64)	5.0 (71)
	N31	0.48	2.2 (31)	2.8 (40)	4.0 (57)	4.5 (64)
	N32	0.56	2.4 (34)	3.2 (46)	4.5 (64)	5.0 (71)

Parantez içindeki değerler 400 dozlu numunelerin 28. gündeki ağırlık kaybına göre yüzdeleridir.

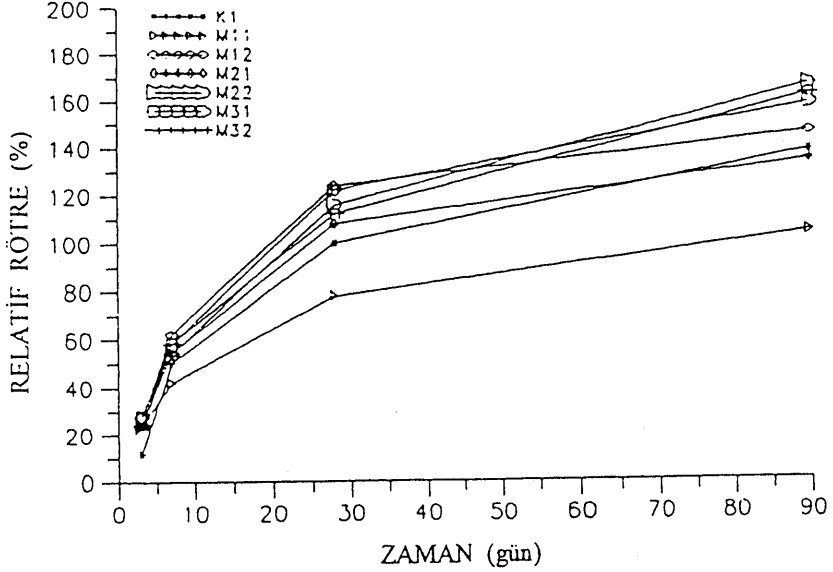
Tablo 5. Basınç Dayanımı Değerleri (N/mm²)

Doz	Harç Türü	E/C	7. Gün	28. Gün
400	K1	0.75	17.9 (89)	20.1 (100)
	L11	0.65	20.6 (102)	29.8 (148)
	L12	0.70	19.8 (98)	28.2 (140)
	M11	0.65	20.8 (102)	28.2 (140)
	M12	0.70	21.4 (106)	30.5 (152)
	N11	0.65	19.9 (99)	25.4 (126)
	N12	0.70	19.8 (98)	24.2 (120)
450	K2	0.71	19.7 (98)	24.1 (120)
	L21	0.55	30.5 (152)	34.4 (171)
	L22	0.63	27.0 (134)	29.6 (147)
	M21	0.55	29.7 (148)	37.5 (187)
	M22	0.63	28.5 (142)	30.4 (151)
	N21	0.55	27.6 (137)	30.6 (152)
	N22	0.63	28.1 (140)	31.1 (155)
500	K3	0.64	24.1 (120)	28.7 (143)
	L31	0.48	32.1 (160)	35.5 (177)
	L32	0.56	29.4 (146)	33.6 (167)
	M31	0.48	31.6 (157)	33.2 (165)
	M32	0.56	30.9 (154)	33.6 (167)
	N31	0.48	30.9 (154)	34.5 (172)
	N32	0.56	28.3 (141)	34.3 (171)

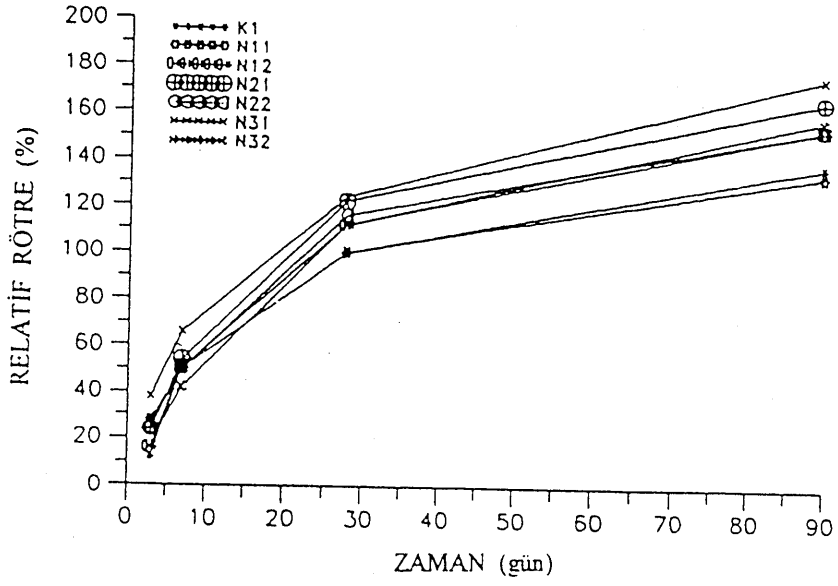
Parantez içindeki değerler 400 dozlu numunelerin 28. gündeki basınç dayanımlarına göre yüzdeleridir.



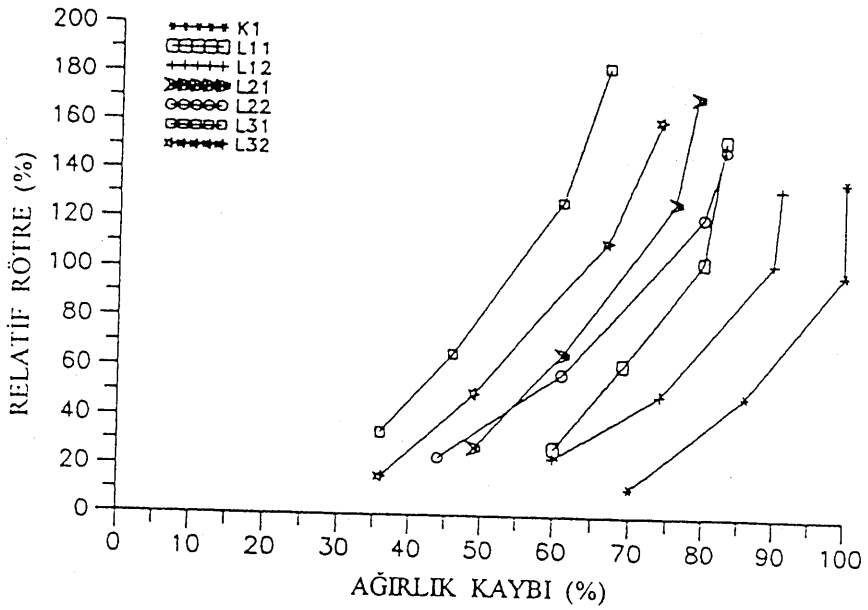
Şekil 1. Linyosülfonat Katkılı Harçların Rötre-Zaman Değişimi



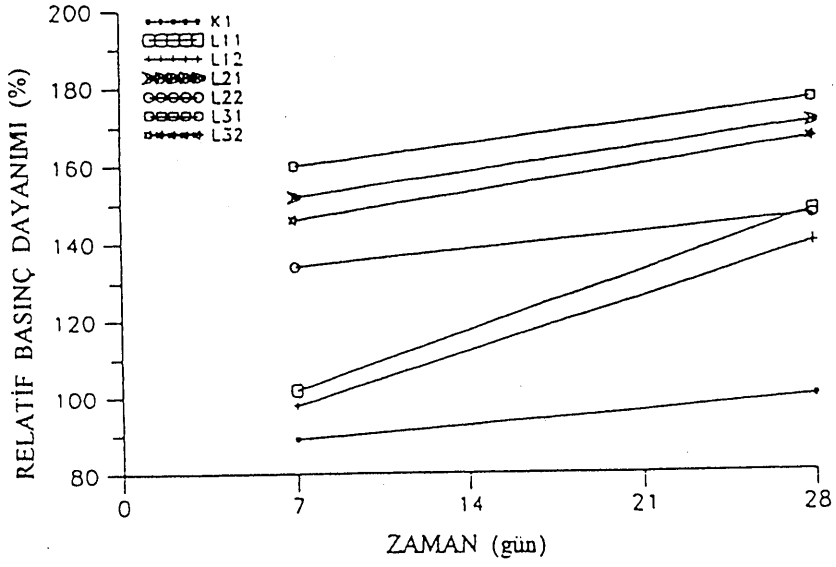
Şekil 2. Melamin Katkılı Harçların Rötre-Zaman Değişimi



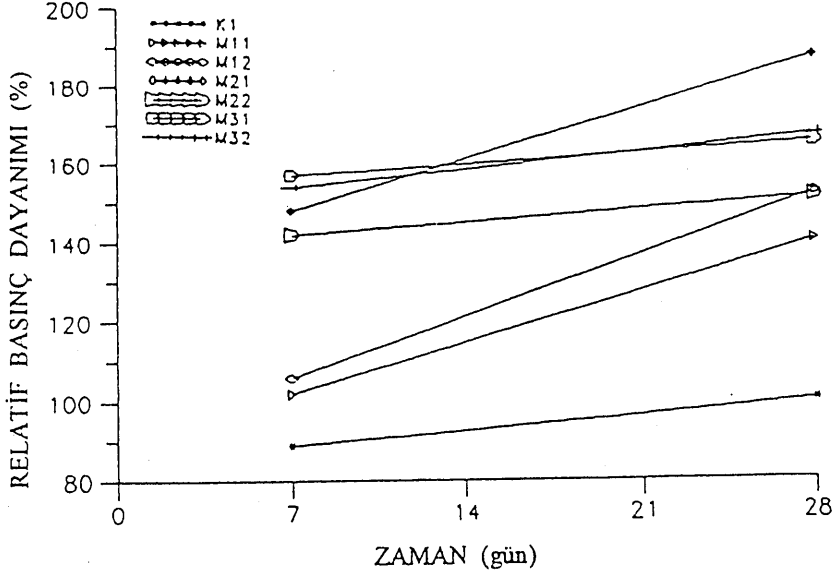
Şekil 3. Naftalin Katkılı Harçların Röt-re-Zaman Değişimi



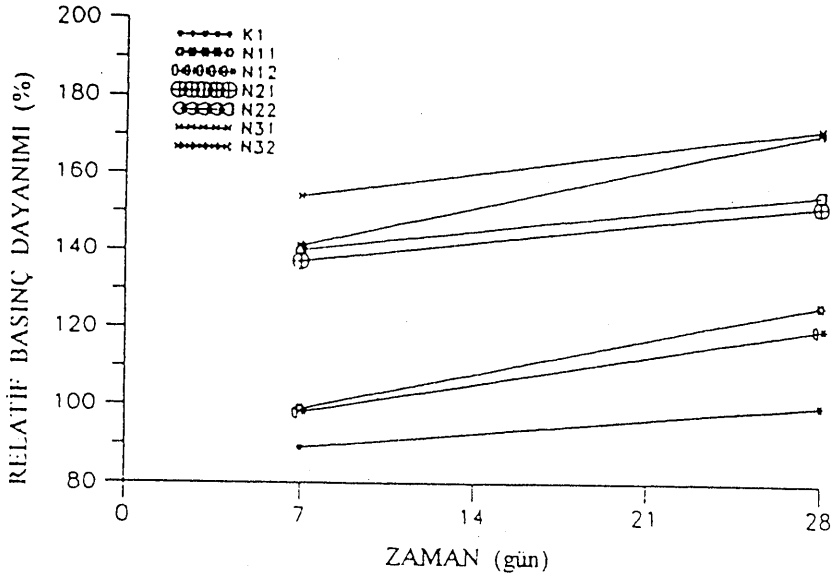
Şekil 4. Linyosülfonat Katkılı Harçların Röt-re-Ağırlık Kaybı Değişimi



Şekil 5. Linyosulfonat Katkılı Harçların Basınç Dayanımı-Zaman Değişimi



Şekil 6. Melamin Katkılı Harçların Basınç Dayanımı-Zaman Değişimi



Şekil 7. Naftalin Katkılı Harçların Basınç Dayanımı-Zaman Değişimi

