ÇELİK LİFLERİN TAZE BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Burak Işıkdağ[1], İlker Bekir Topçu[2], Seyfettin Umut Umu[3]

Özet

Bu çalışmada çelik lifli taze betonlarda (ÇLB) çelik liflerin beton kıvamına etkisi araştırıldı. Deneyler sonucunda beton kıvamında çelik lif kullanımı nedeniyle azalmalar görüldü. ÇLB'de çökme, Vebe ve yayılma deneyleri yapıldı ve deney sonuçları karşılaştırılarak grafikler elde edildi. Taze ÇLB'de çökme, yayılma tablası ve VeBe süreleri arasındaki ilişki araştırıldı. Deneysel sonuçlar kullanılarak şantiyede yapılması zor olan VeBe deneyi ile çökme ve yayılma deneyleri arasında bağıntılar kuruldu.

Anahtar kelimeler: Taze beton, çelik lif, yayılma, çökme, Vebe süresi

EFFECT OF STEEL FIBERS ON FRESH CONCRETE PROPERTIES

Abstract

In this study, the effect of steel fibers on fresh fiber reinforced concrete (FRC) were investigated. The reductions in consistency of FRC were observed at the end of the tests. The slump, VeBe and slump flow tests were conducted and graphics were obtained by comparing experimental results. The relationship between slump, flow table and VeBe time of FRC was investigated. It is hard to conduct VeBe test in site for this reason correlations between VeBe, slump flow and slump were established by using experimental results.

Keywords: Fresh concrete, steel fiber, flow, slump, VeBe time

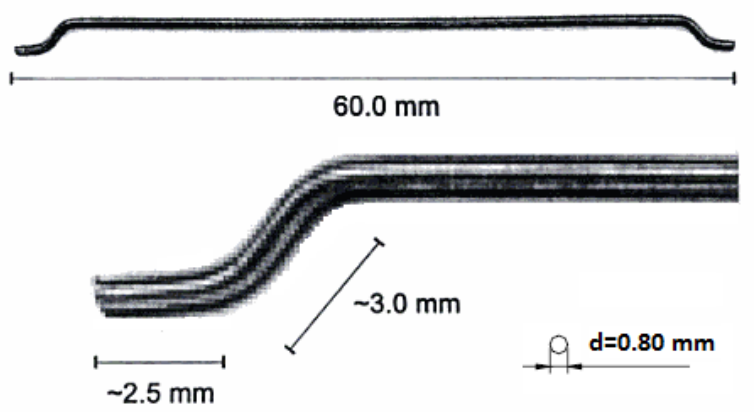
[1] Yrd. Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, bisikdag@anadolu.edu.tr
[2] Prof. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, ilkerbt@ogu.edu.tr
[3] Arş. Gör. Dr., Anadolu Üniversitesi, suumu@anadolu.edu.tr

Giriş

Çelik lifler sertleşmiş betonda tokluk ve dayanımı artırmaktadır. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda liflerin çimento matrisi içerisindeki çatlak oluşumunu geciktirdiği belirlenmiştir. ÇLB içerisinde bulunan liflerin uzama ve matristen ayrılma yeteneği nedeniyle daha fazla enerji emme kapasitesi bulunur. Bu etkiler nedeniyle ÇLB normal betona göre daha yüksek tokluk ve sünek davranış sergiler. Araştırmalara göre, çelik liflerin sahip oldukları boy/çap oranları taze betonda işlenebilirliği etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda liflerin betona ilavesi ile işlenebilirlikte azalmalar gözlenmiştir. ÇLB'de çökme deneyi uygulanamadığı durumlarda VeBe yöntemi kullanılarak kıvam tayin edilebilir. Fakat VeBe yöntemini şantiyede uygulamak zordur (Bayasi ve Soroushian, 1992). Taze betonda çökme ve yayılma deneyleri birbirine benzer deneylerdir (Sahmaran ve Yaman, 2005). ÇLB'de düşük çap ve boyuttaki lifler karışım suyu gereksinimini azaltmakta ve mekanik özellikler lif dağılımından ve taze beton özeliklerinden etkilenmektedir (Özyurt, Mason ve Shah, 2006). Liflerin heterojen dağılımı taze beton karışımında viskoziteyi etkiler ve taze beton gerekenden fazla karıştırılırsa lifler aynı yatay bölgede toplanır (Stahli ve Mier, 2007; Dupont ve Vandewalle 2005). Bu durum uygulanan titreşim süresi ve işlenebilirliğe bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Taze betonda işlenebilirlik liflerin hacminden ve şeklinden etkilenmektedir (Grünewald ve Walraven, 2001).

Malzemeler ve Yöntem

Beton karışımlarında kullanılan agregaların özellikleri standartlarda verilmiştir (TS 706 EN 12620+A1, 2009). Beton karışımlarında standartlara uygun şehir şebeke suyu kullanıldı ve çelik liflerin azalmasına neden olan çökme değerinin uygun değerlere getirilebilmesi için çimento ağırlığının %1'i kadar süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanıldı. Su/çimento oranı 0.55 olarak belirlendi ve beton üretiminde 75, 100 ve 60 boy/çap oranına sahip olan ZC60/0.8, ZC50/0.5 ve ZC30/0.5 tipteki kancalı çelik lifler kullanıldı. Bu çeşitlerin içerisinde ZC60/0.8 (Şekil 1) ve ZC50/0.5 tipleri genellikle normal betonlarda kullanılırken ZC30/0.5 sadece püskürtme betonlarda kullanılmaktadır. Karışımlarda C1008 düşük karbon oranlı, yüksek gerilmelere dayanıklı, düşük uzama katsayısına sahip çelik lifler ve CEM I 42.5 R Portland çimentosu kullanıldı. Deneylerde kullanılan çimentonun fiziksel ve kimyasal özelikleri tabloda görülmektedir (Tablo 1) (TS EN 197-1, 2012).



Şekil 1: ZC60/0.8 Kancalı Çelik Lif

Tablo 1: CEM I 42.5 R Portland Çimentosu Özellikleri

Oksitli bileşenler, %	Ağırlıkça oran, %	Fiziksel Özellikler	
CaO	63.17	Özgül ağırlık, g/cm^3	3.08
MgO	1.25	Özgül yüzey, cm^2/g	3450
SiO_2	21.24	Basınç dayanımı, MPa	
Al_2O_3	4.96	2 gün	20.2
Fe_2O_3	3.16	7 gün	38.2
Na_2O	0.06	28 gün	49.0
K_2O	0.50	Eğilme dayanımı, MPa	
SO_3	2.35	2 gün	1.9
Cl^-	0.002	7 gün	3.5
Kızdırma kaybı	2.20	28 gün	6.5
Çözünmeyen madde	1.10	Priz süresi, saat.dakika	
		Başlangıç	2.30
Hacimce genleşme, mm	3	Son	3.25

Çelik lifler beton içerisinde karıştırılmadan önce topak halinde bulunurlar fakat karıştırma ve su ilavesi sırasında diğer bileşenler ile oluşan sürtünme sonucunda birbirlerinden ayrılırlar. Deneylerde taze ÇLB için çökme, yayılma ve VeBe değerleri ölçülerek 350 ve 400 dozajlı çimentolardan oluşan 18 farklı karışım üretildi (TS 10514, 2015; TS EN 12350-2, 2010; TS EN 12350-3, 2010; TS EN 12350-5, 2010). Karışımlarda TS 10514'te belirtilen oranlarda çelik lif kullanıldı. Üretilen ÇLB'de çökme, yayılma ve VeBe değerleri bulundu (Tablo 2).

Tablo 2**:** Beton Karışım Oranları (Çimento dozajının ağırlıkça %1'i kimyasal katkı)

Seri no	Çelik lif boy/çap oranı	Lif kg/m^3	Lif tipi	Malzeme miktarları, kg/m^3				
				Ç	S	Kum (0-4)	Kırmataş (8-16)	Kırmataş (16-32)
E1		0	ZC30/0.5	350	193	880	444	480
E2	60	25	ZC30/0.5	350	193	874	439	473
E3		50	ZC30/0.5	350	193	865	430	466
E4		0	ZC30/0.5	400	220	824	415	450
E5	60	25	ZC30/0.5	400	220	816	411	445
E6		50	ZC30/0.5	400	220	811	407	436
E7		0	ZC60/0.8	350	193	877	442	479
E8	75	20	ZC60/0.8	350	193	872	440	476
E9		40	ZC60/0.8	350	193	866	437	472
E10		0	ZC60/0.8	400	220	820	414	448
E11	75	20	ZC60/0.8	400	220	815	411	444
E12		40	ZC60/0.8	400	220	810	408	441
E13		0	ZC50/0.5	350	193	880	425	449
E14	100	15	ZC50/0.5	350	193	876	422	446
E15		30	ZC50/0.5	350	193	870	419	443
E16		0	ZC50/0.5	400	220	865	414	430
E17	100	15	ZC50/0.5	400	220	860	410	426
E18		30	ZC50/0.5	400	220	854	407	421

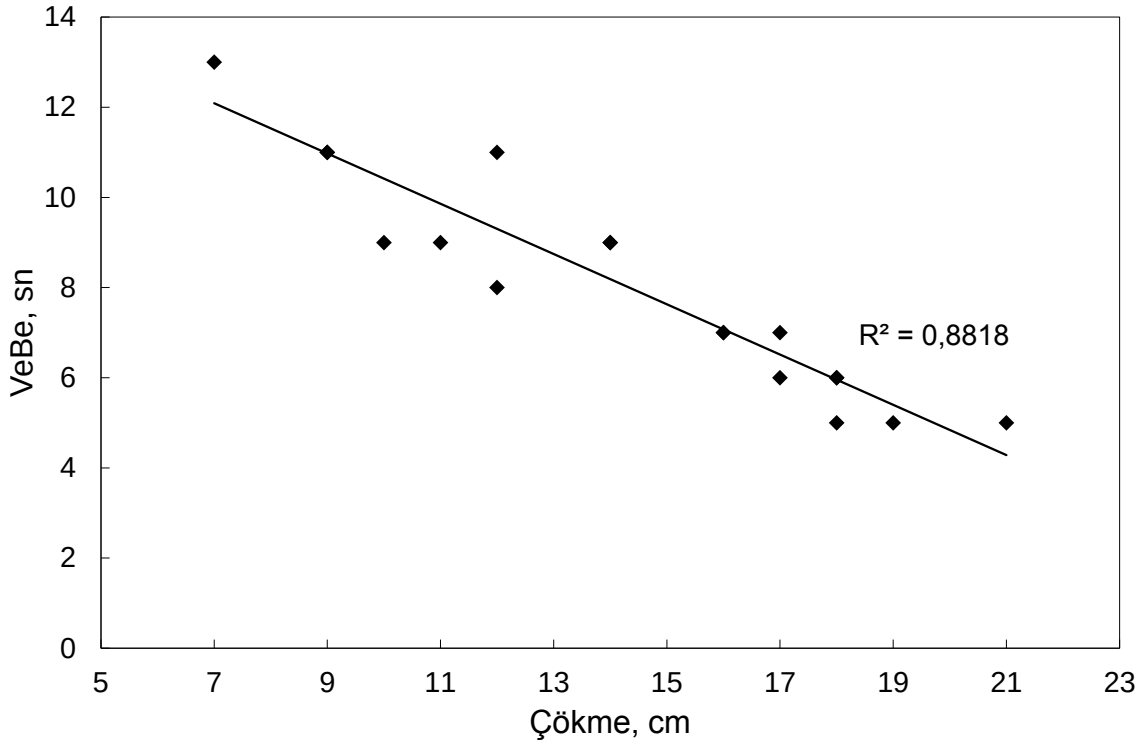
Bulgular

Bu çalışmada, farklı yöntemler ile taze beton özellikleri araştırılarak ÇLB'nin sahip olduğu kıvam araştırıldı. İki farklı çimento dozajında ve üç farklı boy/çap oranında çelik lif kullanılarak üretilen taze beton serilerinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler tabloda görülmektedir (Tablo 3). Taze beton karışımında kullanılan çelik lif miktarı ve boy/çap oranı arttıkça kıvamın azaldığı belirlendi. 400 kg/m3 çimento dozajlı karışımda ölçülen kıvam ve VeBe değerleri 350 kg/m3 çimento dozajlı karışımın sahip olduğu değerlerden daha yüksek olarak bulundu. Bunun nedeni yüksek dozajlı betonda çimento miktarının fazla olması ve su gereksiniminin artması olarak tanımlandı.

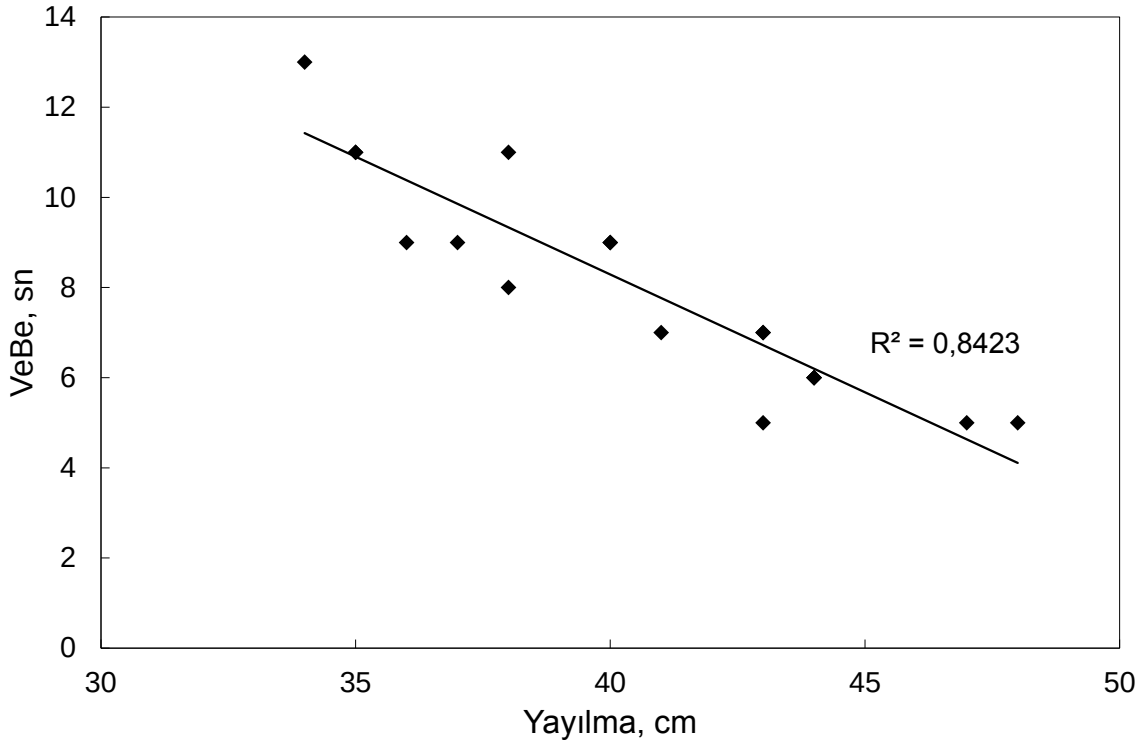
Tablo 3: Taze ÇLB Deney Sonuçları

Seri No	Çelik lif boy/çap oranı	Çimento dozajı	Lif kg/m^3	Lif tipi	VeBe saniye	Çökme cm	Yayılma cm
E1		400	0	ZC30/0.5	5	18	43
E2	60	400	25	ZC30/0.5	7	16	41
E3		400	50	ZC30/0.5	9	10	36
E4		350	0	ZC30/0.5	5	19	48
E5	60	350	25	ZC30/0.5	6	17	44
E6		350	50	ZC30/0.5	8	12	38
E7		400	0	ZC60/0.8	6	18	44
E8	75	400	20	ZC60/0.8	9	14	40
E9		400	40	ZC60/0.8	11	9	35
E10		350	0	ZC60/0.8	5	21	47
E11	75	350	20	ZC60/0.8	7	16	43
E12		350	40	ZC60/0.8	9	11	37
E13		400	0	ZC50/0.5	7	17	43
E14	100	400	15	ZC50/0.5	11	12	38
E15		400	30	ZC50/0.5	13	7	34
E16		350	0	ZC50/0.5	6	18	44
E17	100	350	15	ZC50/0.5	9	14	40
E18		350	30	ZC50/0.5	11	9	35

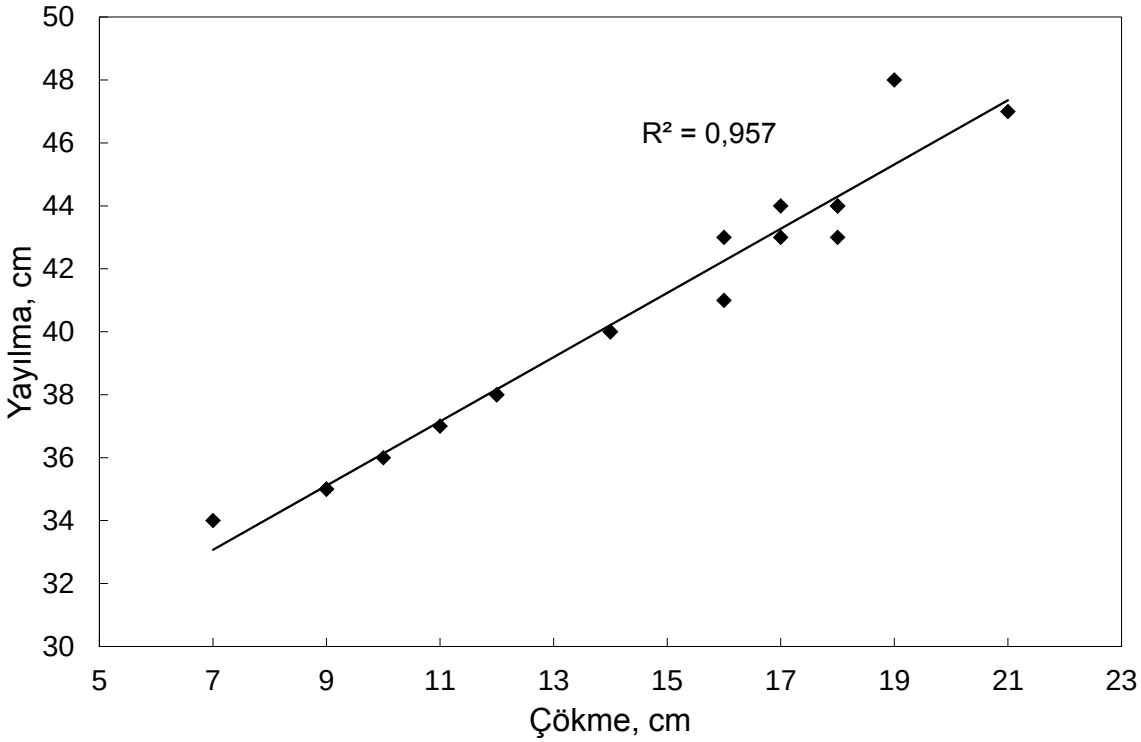
Deney sonuçlarına göre taze betonda çelik lifler kancalı ve uzun yapıları nedeniyle kıvamı olumsuz yönde etkilerken betonun sıkıştırılması zorlaştı. Bu durum yüksek lif oranlarında daha belirgin olarak görüldü. ÇLB'de lif içeriği arttıkça çökme değerlerinde azalmalar belirlendi. 350 kg/m3 çimento dozajlı betonlarda çökme değerleri 400 kg/m3 çimento dozajlı betonlara göre daha yüksek olarak görüldü. Tüm çimento dozajları ve çelik lif oranlarında elde edilen VeBe, yayılma ve çökme değerleri arasındaki ilişkiler aynı grafik üzerinde regresyon doğruları oluşturularak gösterildi (Şekil 2-4). Taze betonda kullanılan çelik lif hacminin ve boy/çap oranının artması ile VeBe süresi artmakta ve çimento dozajının artması ile VeBe süresinin % 10-15 civarı arttığı belirendi. Deneylerde, 400 kg/m3 dozajlı betonlarda yayılmanın 350 kg/m3 çimento dozajlı betonlardaki yayılmadan daha düşük olduğu belirlendi. VeBe-çökme, VeBe-yayılma, yayılma-çökme ilişkileri şekillerde görülmektedir (Şekil 2-4). VeBe süresi, yayılma ve çökme değerlerinin çelik lif oranlarına göre karşılaştırılması şekillerde görülmektedir (Şekil 5-7). Grafiklerde, VeBe süresi-çelik lif ilişkisinin zayıf olduğu, yayılma-çelik lif ve çökme-çelik lif ilişkisinin ise 0.80 ve 0.84 değerleri aldığı hesaplanan R2 değerlerinden görülmektedir.



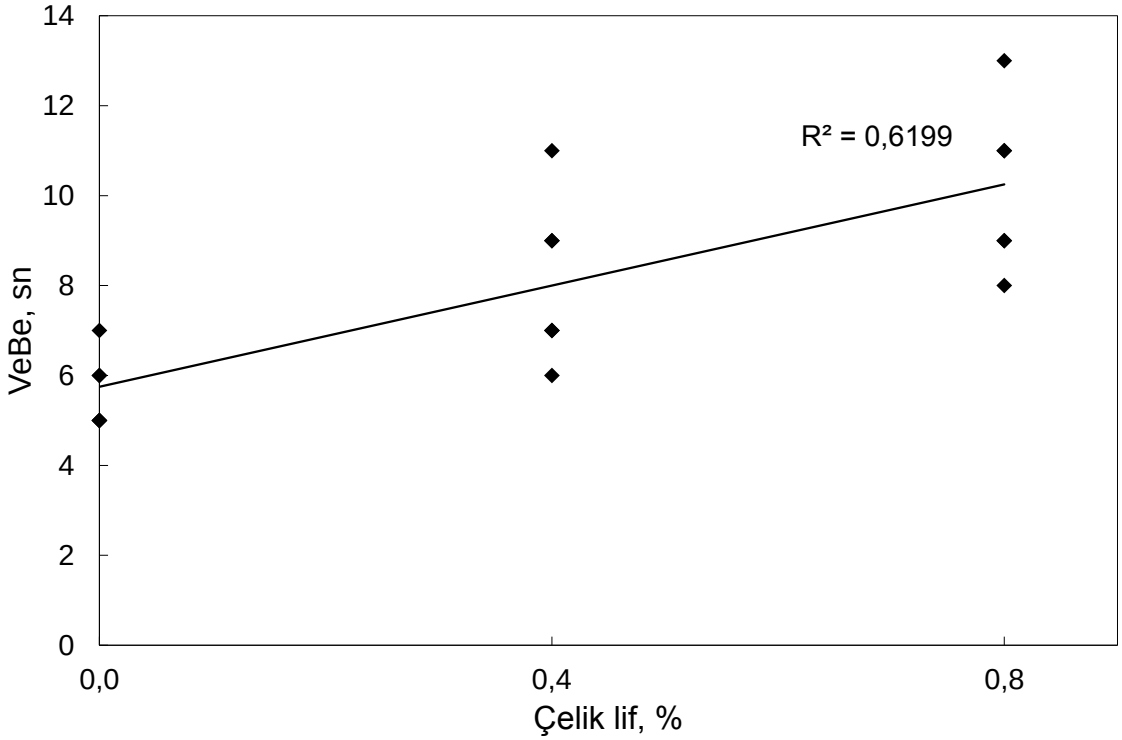
Şekil 2: Vebe Süresi ve Çökme Deneysel Verileri Arasındaki İlişki



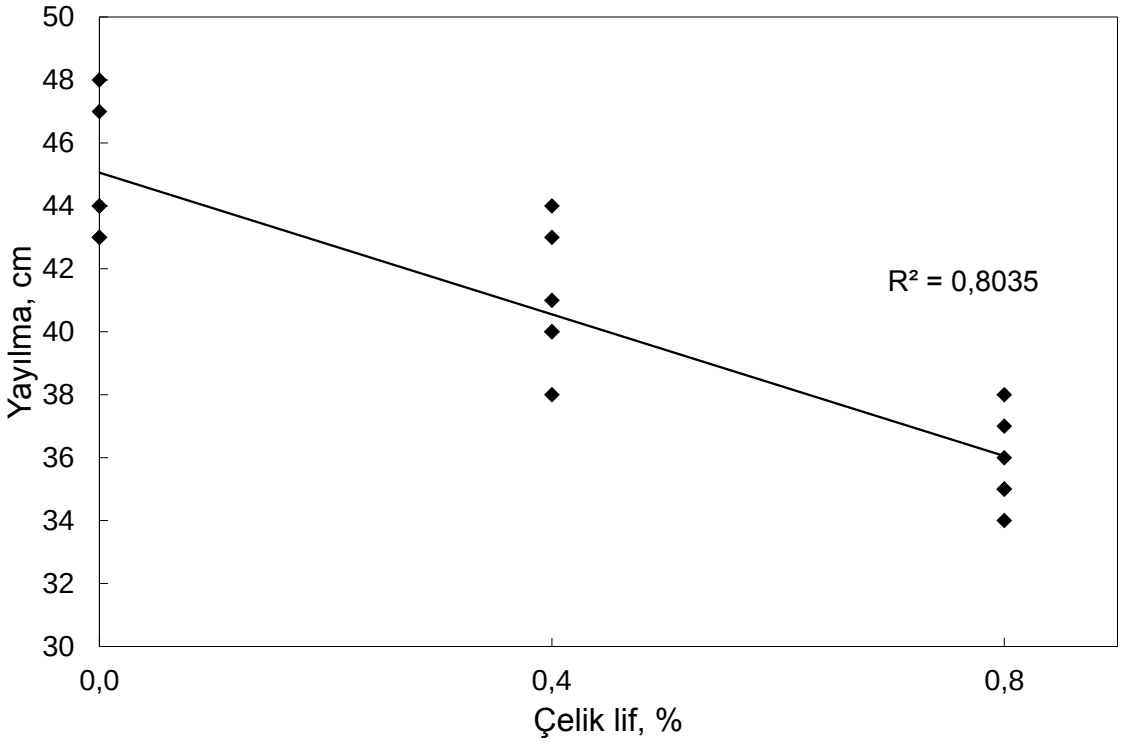
Şekil 3: Vebe Süresi ve Yayılma Deneysel Verileri Arasındaki İlişki



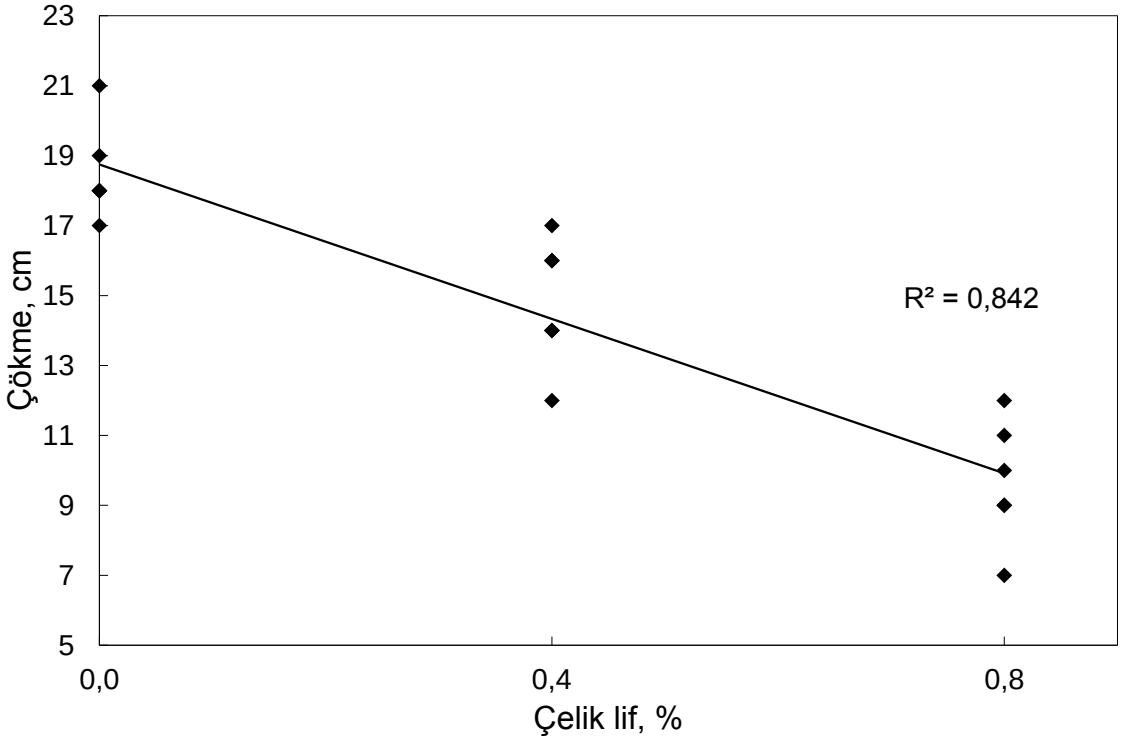
Şekil 4: Yayılma ve Çökme Deneysel Verileri Arasındaki İlişki



Şekil 5: Vebe Süresinin Çelik Lif Hacmi ile Karşılaştırılması



Şekil 6: Yayılmanın Çelik Lif Hacmi ile Karşılaştırılması



Şekil 7: Çökmenin Çelik Lif Hacmi ile Karşılaştırılması

Sonuçlar ve Öneriler

- Çelik liflerin beton karışımına ilavesi taze betonda işlenebilirlik, sıkıştırma ve taşınabilirlik olumsuz olarak etkiler.
- Liflerin kancalı, uzun ve ince yapısı nedeniyle betonda çökme ve yayılma değerleri azalır, VeBe süresi ise artar.
- Çelik lifler taze betonda ayrışmayı önler.
- Çimento dozajı azaldıkça taze ÇLB'de ayrışma artar.
- Çelik lif hacmi arttığında çökme ve ayılma değerleri azalırken VeBe süresi artar.
- Benzer su/çimento oranları ve çökme değerlerine sahip taze ÇLB'de yapılan farklı kıvam deney sonuçları benzer davranışlar sergiler, bu çalışmada elde edilen grafiklerden taze ÇLB'de kıvam ile ilgili yaklaşık tahminler yapılabilir.

Kaynakça

Bayasi, Z. and Soroushian, P. (1992). Effect of steel fiber reinforcement on fresh mix properties of steel fiber reinforced concrete. *Journal of ACI*, 89, 824–828.

Dupont, D. and Vandewalle L. (2005). Distribution of steel fibres in rectangular sections. *Cement and Concrete Composites*, 27, 391–398.

Grünewald S., and Walraven J.C. (2001). Parameter-study on the influence of steel fibers and coarse aggregate content on the fresh properties of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 31, 1793–1798.

Sahmaran, M. and Yaman, I.O. (2005). Hybrid fiber reinforced self-compacting concrete with a high-volume coarse fly ash. *Construction and Building Materials*, 21, 150–156.

Stahli P. and Mier, G.M. (2007). Manufacturing, fiber anisotropy and fracture of hybrid fiber concrete. *Engineering Fracture Mechanics*, 74, 223–242.

Özyurt, N., Mason, T.O. and Shah, S.P. (2006). Correlation of fiber dispersion, rheology and mechanical performance of FRCs. *Cement and Concrete Composites*, 29, 70–79.

TS EN 197-1 (2012). Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.

TS EN 12350-2 (2010). Beton-Taze beton deneyleri-Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.

TS EN 12350-3 (2010). Beton-Taze beton deneyleri-Bölüm 3: Vebe deneyi. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.

TS EN 12350-5 (2010). Beton-Taze beton deneyleri-Bölüm 5: Yayılma tablası deneyi. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.

TS 706 EN 12620+A1 (2009). Beton agregaları. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.

TS 10514 (2015). Beton-çelik tel takviyeli-çelik telleri betona karıştırma ve kontrol kuralları. Ankara, Çankaya: *Türk Standartları Enstitüsü*.