



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimindeki beton özelliklerinin karşılaştırılmalı incelenmesi

Comparison of concrete properties between plant and site in ready mixed concrete industry

Yazar(lar) (Author(s)): Osman ŞİMŞEK¹, Ahmet YARDIMCI²

ORCID¹: 0000-0003-3842-5541

ORCID²: 0000-0003-1629-0172

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Şimşek O., Yardımcı A., “Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimindeki beton özelliklerinin karşılaştırılmalı incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 24(3): 973-981, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.738609

Hazır Betonda Santral Çıkışı ile Şantiye Teslimindeki Beton Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelemesi

Comparison of Concrete Properties Between Plant And Site In Ready Mixed Concrete Industry

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Hazır betonların işlenebilirliğinin analizi (Analysis of the workability of ready-mixed concrete)
- ❖ Hazır betonların basınç dayanımının analizi (Analysis of the compressive strength of the ready mixed concrete)

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Şantiyedeki işlenebilirlik santral çıkışından düşük çıkmıştır. En yüksek beton basınç dayanımı şantiyen alınıp laboratuvarında kür edilen (SNT) numuneler göstermişlerdir (The workability of the construction site was lower than the plant outlet. They showed the highest concrete compressive strength from the construction site and cured in the laboratory (SNT) samples).

Site No	Transport Distance (km)		Transport Time (Minute)		Slump Difference (mm)		Compressive strength difference according to REF (MPa)							
							7. Day				28 Day			
	SNT		SNTB		SNT		SNTB							
	C 20	C 25	C 20	C 25	C 20	C 25	C 20	C 25	C 20	C 25	C 20	C 25	C 20	C 25
1	13	2	14	5	-10	-	1,8	2,1	-3,9	-4,4	-1,1	0,9	-7,6	-2,9
2	2	62	5	90	-	-40	0,4	3,0	-4,4	-2,1	-0,4	1,6	-6,4	-3,0
3	20	22	25	27	-20	-10	0,6	2,6	-3,9	-5,1	0,8	0,6	-5,9	-3,4
4	11	18	22	22	-20	-20	-0,2	4,8	-4,9	-2,3	0,7	0,8	-5,9	-2,9
5	6	70	15	80	-10	-30	0,7	4,3	-3,8	-1,5	1,5	1,2	-5,5	-2,3
6	22		26		-20		2,2		-3,6		1,6		-5,8	
7	53		67		-30		1,9		-3,9		1,2		-5,6	
8	60		65		-30		3,7		-3,8		2,8		-6,1	
9	45		55		-30		2,4		-4,5		3,5		-5,3	
10	58		60		-30		4,1		-2,7		-2,4		-8,6	

Şekil. Beton santral çıkışına göre şantiyedeki çökme ve basınç dayanım değişimi / **Figure.** (Slump and compressive strength changes at the site according to the concrete plant output)

Amaç (Aim)

Hazır betonun, santral çıkışı ile şantiyedeki kalite kontrolü karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir / (The quality control of the ready mixed concrete at the construction site and the plant was compared).

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Betonun çökme özelliği TS EN 12350-2, basınç dayanımları TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır. / (The slump property of concrete has been made according to TS EN 12350-2, compressive strengths according to TS EN 12390-3.)

Özgünlük (Originality)

Hazır betonun, üretimindeki ile kullanımındaki teknik özelliklerinin karşılaştırılması / (Comparison of the technical properties of ready mixed concrete in its production and usage).

Bulgular (Findings)

Beton özelliklerine taşıma mesafesi, hava sıcaklığı ve nemi etkili olmaktadır. Santral çıkışındaki çökme değeri şantiyede genel olarak düşmüştür. Basınç dayanımını çökme değeri ile normal kür koşullarında ters ilişki göstermiştir / (transporter distance, air temperature and humidity are effective on concrete properties. The slump value at the exit of the plant decreased at the construction site. Pressure resistance showed an inverse relationship with slump value under normal curing conditions)

Sonuç (Conclusion)

Santral çıkışında taze betonun çökme kaybı ortalama 10-40 mm arasında olmuştur. Santral çıkışı göre şantiye teslimindeki betonun mukavemeti artmıştır. Santral çıkışına göre şantiyede alınmış şantiye ortamında bırakılan betonda mukavemet azalması söz konusudur / (At the exit of the plant, the slump loss of fresh concrete averaged 10-40 mm. According to the plant output, the strength of the concrete in the delivery of the site has increased. According to the exit of the plant, there is decrease in the strength of the concrete left in the worksite environment taken at the construction site)

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Hazır Betonda Santral Çıkışı İle Şantiye Teslimindeki Beton Özelliklerinin Karşılaştırılmalı İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Osman ŞİMŞEK^{1*}, Ahmet YARDIMCI²

¹Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

²Fen Bilimleri Entitüsü İnşaat Müh(Tek). Ana Bilim Dalı Bölümü, Gazi Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 17.05.2020 ; Kabul/Accepted : 29.06.2020 ; Erken Görünüm/Early View : 30.06.2020)

ÖZ

Bu çalışmada C20 ve C25 sınıfı betonların, beton santrali çıkışı ile şantiye şartlarındaki kalite kontrolünün analizi yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda santralde ve şantiyede taze beton sıcaklığı, çökme (slump) ölçülmüş ve basınç dayanımı için küp numuneler alınmıştır. 7 ve 28 günlük basınç dayanımı için her yaş için santralde 3 adet, şantiyede 6 adet 150 mm küp numune alınmıştır. İşlenebilirliği belirlemede kullanılan çökme testinin şantiyedeki değeri, santralden daha düşük çıkmıştır. Beton basınç dayanımında en yüksek değeri şantiye tesliminde alınan numuneler vermiştir. En düşük basınç dayanımı ise şantiye tesliminde alınıp şantiye ortamında bırakılan numunelerde görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hazır beton, beton santrali, işlenebilirlik, basınç dayanımı.

Comparison of Concrete Properties Between Plant And Site In Ready Mixed Concrete Industry

ABSTRACT

In this study, the analysis of the quality control of the C 20 and C25 class concretes in the concrete plant output and construction site conditions was performed. For this purpose, fresh concrete temperature, slumps were measured in the plant and on the construction site and cube samples were taken for compressive strength. For 7 and 28 days of compressive strength, 3 samples of 150 mm cubes were taken at the plant and 6 samples were taken at the construction site for all ages. The value of the slump test used to determine workability was lower at the site than at the plant. Samples taken at the highest construction site delivery in concrete pressure resistance were given. The lowest compressive strength was seen in samples taken at site delivery and left at site environment.

Keywords; Ready mixed concrete, concrete plant, workability, compressive strength.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Türkiye’de hazır beton endüstrisi 1970 yıllarda başlamasına rağmen beton üretiminde kalite kontrol uygulamaları 1990 yıllarında başlanmıştır. Hazır beton üreticisi, santral çıkışında gerekli kalite denetimi yaparken, hazır beton kullanıcıları ise şantiyede yapı denetim aracılığı ile yapmaktadır. Hazır beton süreci santral çıkışından şantiyede kalıba dökülünceye kadar geçen süredir. Bu sürenin kısa olması beton kalitesini olumlu yönünde etkilemektedir.

Türkiye’de hazır beton üzerine ilk bilimsel çalışma Öztekin ve arkadaşları (1994) [1] tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmada hazır betonun santral çıkışı ve şantiye teslimi kalitelerini kıyaslamak için taze beton sıcaklığı, çökme ve basınç dayanımı incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda taze betonun taşıma süresi, hava sıcaklığı ve neminin işlenebilirliği (kıvamı) üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir[1, 2 ve 3].

Çil [2] tarafından yapılan çalışmada 3 farklı beton santrali incelemeye alınmıştır. Bu beton tesislerin santral

çıkışı ile şantiye teslimindeki taze beton sıcaklığı, çökme ve basınç dayanımı özellikleri değerlendirmeye alınmıştır [2].

Son yıllarda hazır beton üretimi ile beraber beton dayanım sınıfı da hızlı bir şekilde artmıştır. Örneğin 2016 yılında üretilen 109 milyon metreküp betonun %74’ü, C25/30 iken %18’i de C30/37 dir [3, 4].

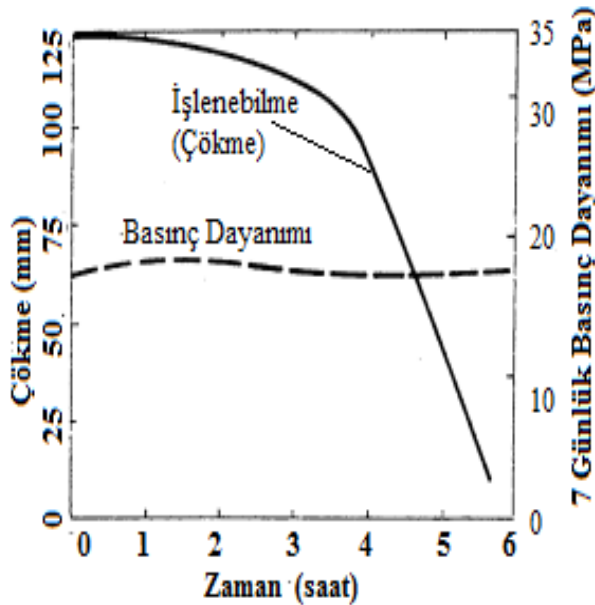
Beton üretim tesislerinde, beton bileşenleri (çimento, agrega, karışım suyu ve katkı maddesi), taze ve sertleşmiş beton, kalite kontrol testleri zorunludur [5]. Hazır betonda işlenebilirlik ve basınç dayanımı temel ölçüttür. Betonunu işlenebilirliği ile basınç dayanımı arasında ilişki vardır. Betonun basınç dayanımı iyi ise gerekli kuralara uyulduğu sürece diğer özellikleri de iyidir.

Taze betonun işlenebilirliği kıvamla ifade edilerek pompalanabilirliği de kapsar. Kıvam, betonun homojenliğini kaybetmeden, karıştırılabilme, taşınma, yerleştirilme ve sıkıştırılma derecesini gösteren önemli bir ölçüttür[5-7].

Taze betonun işlenebilirliğini ve basınç dayanımını etkileyen faktörler[5,8,9];

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : simsek@gazi.edu.tr

- Beton karışımındaki su miktarı, işlenebilirliği önemli ölçüde etkiler. Betonda optimum su ve su/çimento oranı çok önemlidir. Beton karışımında gereğinden %10 fazla su kullanılması basınç dayanımında %20 azalmaya neden olabilir.
- Agregaların boyutları ile karışım suyu miktarı arasında ters ilişki vardır. Başka bir deyişle, tane boyutu küçüldükçe karışım suyu gereksinimi artar ve işlenebilirlik zorlaşır, dolayısıyla basınç dayanımı düşer.
- Agregaların şekli ve yüzey dokusu işlenebilirliği ve basınç dayanımını büyük ölçüde etkiler. Agregaların yüzey alanları, şekli ve boyutu işlenebilirlikle ilişkilidir.
- Katkı maddesi kullanımı betonun işlenebilirliğini ve basınç dayanımını arttırmak için kullanılan en yaygın uygulamalardan biridir. Kimyasal katkı işlenebilirliği yüksek ölçüde artırır. Puzolanik katkı maddelerinden silis dumanı çimento kütlesine göre %2-3 arası kullanılarak beton pompalama yardımcısı olarak kullanılır. Aynı zamanda betonun basınç dayanımı üzerine olumlu etkisi vardır.
- Hava sıcaklığının fazla olduğu ortamlarda taze beton içerisindeki su daha hızlı buharlaşacağı için betonda daha hızlı kıvam kaybına neden olur.



Şekil 1. Beton santrali ile şantiye arasında geçen sürenin işlenebilirlik basınç dayanımı ilişkisi [10, 11]

- Çimentonun inceliği ile karışım suyu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Çimentonun kimyasal bileşiminde ki Al_2O_3 veya C_2S içeriği ile karışım suyu ve hidrasyon reaksiyonu arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir.

- Beton santrali ile şantiye arasında geçen zaman saat olarak ne az ise işlenebilirlik kaybı o kadar az olur (Şekil 1). Şekil 1'de görüldüğü gibi beton döküm süresi 0-1 saat arası çökme kaybı yok denecek kadar az, 1-4 saate arasında çökmenin azalması yaklaşık 25 mm dir.

Betonda aranan özelliklerin başında işlenebilirlikle birlikte basınç dayanımı gelmektedir. Bu nedenle beton için dayanımdan söz edildiğinde basınç dayanımı anlaşılır ve beton sektöründe beton kalitesi basınç dayanımı ile kontrol edilir [5,10-14]. Betonun basınç dayanımının bilinmesi çekme, eğilme, kesme dayanımları yanında elastisite ve kayma modülü arasında ilişkiler bazı eşitlikler kullanılarak hesaplanabilir. Bunların dışında, su geçirgenliği, hacim değişimi, dış etkilere dayanıklılık ve aşınma özellikleriyle de beton basınç dayanımı ile ilişkilidir [5,8,9].

Basınç dayanımını etkileyen faktörler, çimentonun cinsi, miktarı, inceliği, su/çimento oranı, agreganın granülometrisi, en büyük tane çapı, agreganın yüzey pürüzlülüğü ve katkı maddeleri dir. Bunlara ilave olarak betonun taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve bakımı da beton basınç dayanımı üzerinde etkilidir [5,10, 12, 15,16].

Bu çalışmada, hazır beton tesisinde üretilen puzolanik (uçucu kül) katkı kullanılmayan iki farklı beton sınıfı betonun santral çıkışı ile şantiye şartlarındaki betonun kalite kontrolü karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Araştırmada beton santralının çıkışında taze beton örneği alınarak hava sıcaklığı, taze beton sıcaklığı, çökme (slump) değerleri ölçülmüş ve basınç deneyi için numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra transmikserle şantiyeye gidilerek aynı işlemler şantiyede taze beton üzerinde tekrar edilmiştir. Şantiye teslimi ve şantiye şartlarında bırakılmak üzere basınç dayanımı numuneleri alınmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada, Adıyaman il merkezinde üretim yapan beton santralının betonu kullanılmıştır. Araştırma 5 ay süre ile santral çıkışı ile şantiye şartlarında beton kalite kontrolünün karşılaştırılması yapılmıştır. Kalite kontrol çalışmasında C 20 ve C 25 sınıfları üzerinde çalışılmıştır. Hazır beton tesisinin (santralının) C 20 ve C 25 beton sınıfı için kullandığı beton karışım tasarımları Çizelge 1.'de verilmiştir.

Çizelge 1. Beton karışımında kullanılan malzeme miktarları (Amounts of materials used in concrete mix)

Beton sınıfı	S/C	Beton Bileşenleri (kg/m ³)					
		CEM I 42,5 N	Su	Kimyasal katkı	Kum I (0-4)	Çakıl II (4-16)	Çakıl III (16-22,4)
C 20	0,57	291	165	2,03	960	492	549
C 25	0,42	368	155	2,44	1200	560	598

2.1.1. Kimyasal katkı ve su (Chemical additive and water)

Beton üretiminde Lignin Sülfonat esaslı akışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin yoğunluk 1,15 (gr/ cm³), çimento ağırlığının % 0.7 oranında kullanılmıştır [18,19]. Karışım suyu beton santralının özel kuyusundan kullanılmakta ve içilebilecek nitelikte dir. Karışım suyunun klor %'si 10.5 ve pH 6.9 dur [20].

2.1.2. Agregalar (Aggregates)

Beton üretiminde akarsu yatağından temin edilen doğal şekillenmiş agregalar kullanılmıştır. Agregalar olarak kum I (0-4) %48, çakıl II (4-16) %32 ve çakıl III (16-22,4) %20 oranlarda kullanılmış olup maksimum tane çapı 22,4 mm olmuştur. TS EN 933-1'e göre yapılan elek analizi sonuçları Çizelge 2.'de verilmiştir. Karışımında fuller eşitliğine göre agregalar karışım oranları hazırlanmıştır[17].

Çizelge 2. Tane büyüklüğü dağılımının tayini (Determination of particle size distribution)

Elek Boyutu (mm)	Elekten Geçen (%)			
	I (0-4)	II (4-16)	III (16-22,4)	Hazırlanan Karışım
22,4	100	100	100	100
16	100	100	22,3	84,0
11,2	100	81	8,6	71,0
8	100	35,08	0,10	60
4	87,32	0,152	0	42
2	67,03	0,076	0	30
1	49,28	0	0	21
0,5	31,88	0	0	15
0,25	16,3	0	0	11

2.1.3. İklim verileri (Climate data)

Çalışmada iklim verileri betonun kalitesi üzerinde etkili olduğu için bazı iklim verileri Meteoroloji İl Müdürlüğünden alınmış olup sonuçlar Çizelge 3'de gösterilmiştir[21].

2.2. Yöntem (Method)

Santralde üretilen taze betonun santralde ve şantiyedeki çökmesi, beton sıcaklığı ve şantiye ile tesis arasındaki mesafe kayıt altına alınmıştır. Taze betondan numune alma TS EN 12350-1'e göre[22], çökme deneyi TS EN 12350-2'e göre yapılmıştır [23].

Betondan 7 ve 28 günlük basınç dayanımı için santral çıkışında (SAN), 3 'er adet, Şantiyede alınıp laboratuvarında kür edilen (SNT) 3 'er adet ve Şantiyede alınıp şantiye ortamında bırakılan (SNTB) 3 'er adet 150 mm küp numune alınmıştır. Bu numuneler basınç dayanımları TS EN 12390-3'e göre [24] yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Beton santral çıkışı ile şantiye teslimi arasındaki, çökme ve basınç dayanımı farkı karşılaştırma yapılarak sonuçlar tartışılmıştır.

3.1. Taze Betonda İşlenebilirlik (Çökme) Özelliğinin Analizi (Fresh concrete Workability (Slump) Properties Analysis)

Araştırma sahasında C 20 beton sınıfı konut ve işyerleri projelerinde kullanılırken, C 25 beton sınıfı resmi bina projelerinde kullanıldığı görülmüştür. Beton santralında ve şantiyede yapılan ölçümler Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Adıyaman'ın aylık meteoroloji verileri (Monthly meteorological data of Adıyaman)

		Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz
Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık (°C)	10,2	16,1	21,3	26,4	32,3
	Max.Sıc.(En Yük.) (°C)	21,4	27,9	33,0	37,2	42,5
	Max. Sıc. Günü (°C)	30	12	22	25	28,0
	Max.Sıc.(En Düş.) (°C)	0,4	2,7	5,7	13,3	18,0
Yağış	Toplam Yağış (m ² /kg)	80,6	25,4	36,5	13,5	-
	Max. Yağış (m ² /kg)	15,6	10,4	20,3	8,3	-
	Yağmur Gün Sayısı	12	9	8	3	-
Rüzgar	Ortalama Rüz.(m/sn)	1,9	1,5	1,7	2,0	1,8
	Max. Rüzgar (m/sn)	19,7	14,3	16,8	16,4	15,2
	Max. Rüzgar Günü	24	18	8	26	11
Nem Ortalaması (%)		52,8	49,2	42,3	31,1	23,6
Güneşlenme Yüzdesi (%)		52,1	61,1	75,4	82,3	88,3
Buharlaşma Ortalaması (%)		-	-	5	7	8,5

Çizelge 4. Beton santralında ve şantiyede yapılan ölçümler (Measurements at the concrete plant at the construction site)

Şantiye No	Taşıma Mesafesi (km)	*Nem (%)	*Rüzgar Hızı (km/s)	**Taze Beton Sıcaklığı (°C)		**Hava Sıcaklığı (°C)		Çökme (mm)	
				SAN	SNT	SAN	SNT	SAN	SNT
C 20 kullanılan şantiyeler									
1	13	36	12,97	19,4	20,9	16	16	150	140
2	2	61	5,56	19,8	20,3	16	15	150	150
3	20	60	11,12	19,8	20,8	19	18	160	140
4	11	36	12,32	19,2	20,5	18	19	150	130
5	6	42	10,52	19,6	21,0	20	22	160	150
6	22	42	16,97	19,4	21,2	22	23	150	130
7	53	40	11,97	27,1	28,8	32	31	170	140
8	60	48	16,68	33,8	35,5	40	42	160	130
9	45	40	18,7	32,3	36,5	38	39	130	100
10	58	40	25,95	34,0	35,2	41	43	150	120
C 25 kullanılan şantiyeler									
1	2	61	5,56	19,8	20,3	7	7	130	130
2	62	60	11,16	19,8	20,6	12	14	150	110
3	22	40	14,52	19,4	20,6	16	16	150	140
4	18	60	11,12	19,6	20,8	19	18	160	140
5	70	42	13,58	19,8	21,1	15	15	180	150
*Metroloji istasyondan alınan o güne ait ortalama değerler									
** Anlık yerinde ölçülen değerler									

Çizelge 4. incelendiğinde hava sıcaklığına ve mesafeye bağlı olarak çökme miktarında azalmalar görülmektedir. Ayrıca rüzgâr hızı ve nem yüzdesi de beton kıvamı üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Şimşek(2016) [5] belirttiğine göre beton sıcaklığı rüzgâr hızı taze betonda belirli oranda buharlaşma olduğunu belirtmektedir. Şekil 2’de görüldüğü gibi 2 nolu şantiyede herhangi bir kayıp görülmez iken 7-10 nolu şantiyelerde çökme kaybı en yüksek 30 mm gözükmektedir. Bu 7-10 nolu şantiyelerin taşıma mesafesi 45 km ve ortalama sıcaklığın 30°C den fazla olduğu görülmektedir. Kısaca şunu söylemek mümkündür; taşıma mesafesi ve taşıma süresi ile çökme kaybı değeri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Çökme kaybına hava sıcaklığının ve rüzgarın da etkili olduğunu söylenebilir. Çil [2]’in yaptığı araştırma sonucuna göre taşıma zamanı ile çökme kaybı ilişkisine paralellik göstermektedir.

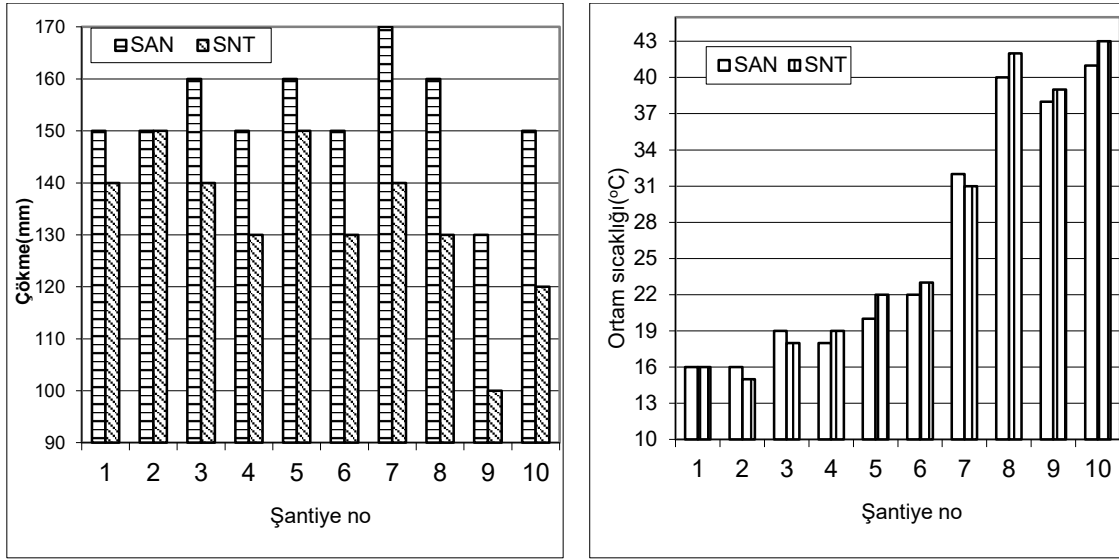
C 20 beton sınıfında taze beton sıcaklığı ortalama santralde 24,4 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 25,9 °C olmuştur. İlkbahar ayları olan Mart ve Nisan aylarında santral ve şantiyede ortalama sıcaklık 20±2 °C arasında değişirken Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında ortalama sıcaklık 34±2 °C arasında değiştiği görülmüştür. Bu sıcaklık TS 1248’e göre[25] anormal hava şartlarına girmektedir.

Çizelge 4. incelendiğinde 7-10 nolu şantiyelerinde beton döküm zamanı ilkbaharın son ayları yaz mevsiminin ilk aylarına rastlamaktadır. Güneşin etkisiyle ile beton karışım malzemesi ısınmakta bu da taze beton ısısına doğrudan etkili olmaktadır. Taze beton sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir.

C 25 beton sınıfında ise çökme santralde 180 ile 130 mm arasında, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 150 ile 110 mm arasında değişmiştir, santralde ortalama çökme 154 mm olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 134 mm olmuştur, ortalama çökme kaybı 20 mm olmuştur.

Bu inşaatlar Mart, Nisan ve Mayıs ayının başında beton döküldüğünden hava sıcaklığı 15 °C civarında olmuştur.

Hava sıcaklığı 7 °C olmasına rağmen taze beton sıcaklığı 20 °C olması betonda kullanılan priz hızlandırıcı katkı ve çimentonun hidrasyon reaksiyonundan kaynaklandığı söylenebilir

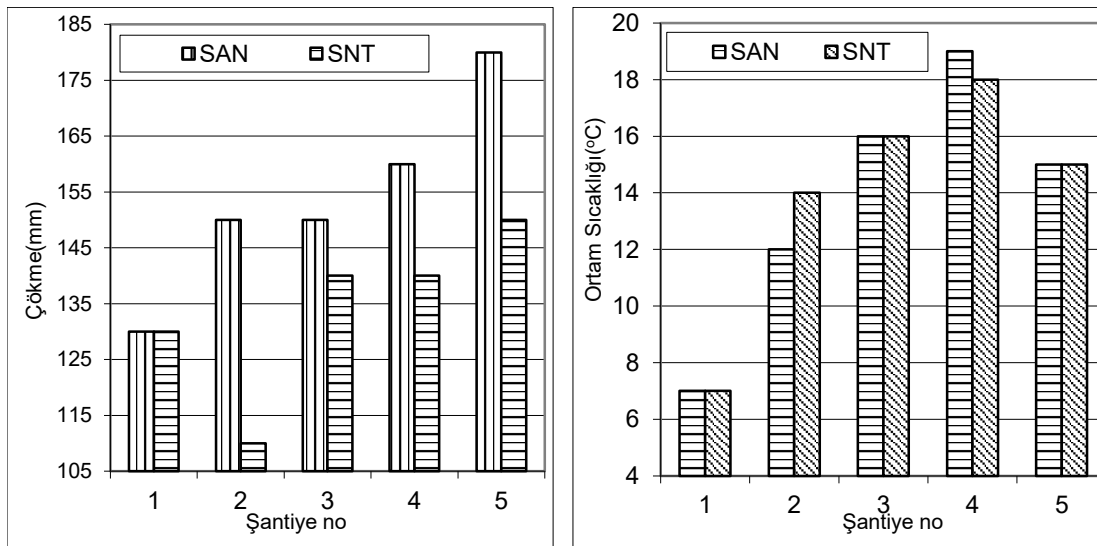


Şekil 2. C 20 sınıfı taze betonun çökme ve hava sıcaklığı karşılaştırması (Slump and atmosphere temperature comparison of C 20 class fresh concrete)

Çökme kaybı irdelendiğinde (Çizelge 4.) çökme kaybı en fazla 2 ve 5 nolu şantiyelerde görülmüştür. Bu kaybın sıcaklık farkından kaynaklandığını söylemek güçtür. Bu 2 nolu şantiye ile beton santrali arası mesafe 62 km ve ulaşma süresi 90 dakika dır. 5 nolu şantiyenin beton santralına olan mesafesi 70 km olmasına rağmen süre olarak yaklaşık 80 dakika sürmüştür. Beton dökümünde beton pompası kullanılmıştır. Pompalanma özeliği göz önüne alınarak çökme santralde 180 mm olmasına rağmen şantiyede 150 mm olmuştur.

4.2. Basınç Dayanım Özelliklerinin ve Değerlendirilmesi (Compressive Strength Properties and Evaluation)

Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneyi numuneler üzerinde yapılmıştır. Kür ortamında ve şantiye şartlarında bırakılan numuneler üzerinde 7. ve 28. günlerde basınç deneyleri yapılmıştır. Şekil 4.'de basınç dayanım sonuçları görülmektedir.



Şekil 3. C 25 sınıfı taze betonun çökme ve hava sıcaklığı karşılaştırması (Slump and atmosphere temperature comparison of C 25 class fresh concrete)

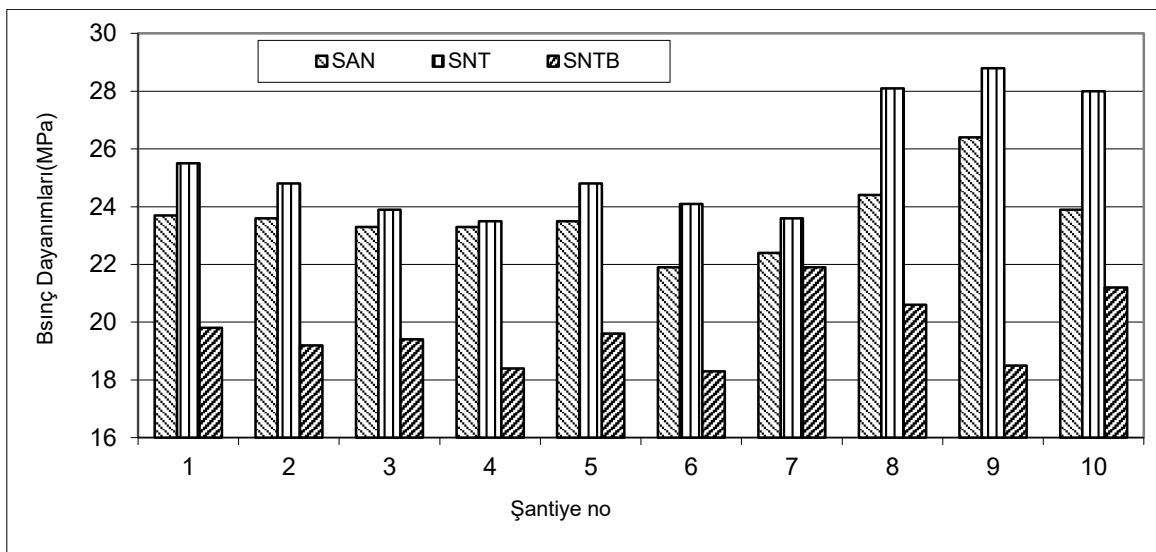
C 25 beton sınıfında hava sıcaklığı santralde 13,8 °C olurken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 14 °C olmuştur. Hava sıcaklığı değişimleri Şekil 3.'de gösterilmiştir. C 20 beton sınıfı kullana şantiyelerin taşıma mesafesi 2 ile 60 km arasında değişirken, C 25 beton sınıfı kullana şantiyelerin beton santralına olan taşıma mesafesi 2 km ile 70 km arasındadır.

7 günlük ile 28 günlük birbirine paralellik göstermektedir. Beton santral çıkışında alınan beton numunelerinin 7 günlük dayanımları 23 MPa civarında olurken şantiyede alınan ve beton santral laboratuvarına getirilen numunelerin basınç dayanımları yaklaşık olarak 24 MPa olduğu görülmektedir (Şekil 4). Bu aradaki farkın çökme kaybindan kaynaklandığı, yani karışımdaki

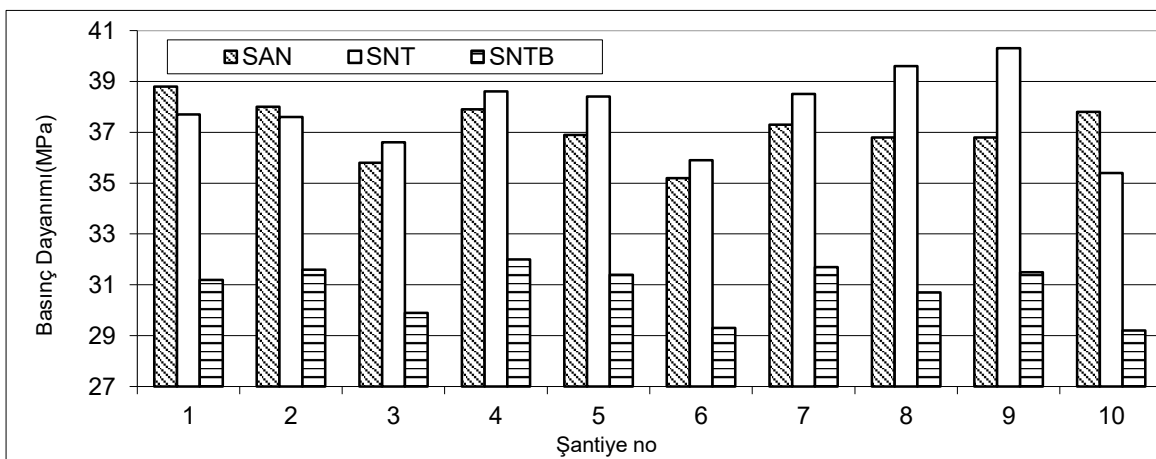
suyun bir kısmının buharlaşma nedeniyle azalması neticesinde su/çimento oranındaki değişikliğe bağlı olarak arttığını söylemek olasıdır. Aynı numunelerin şantiye ortamında bırakılan ve şantiyenin özelliklerini taşıyan beton numunelerinde ise ortalama olarak basınç dayanımları 19 MPa civarında olduğu görülmüştür. Bu değerler hem beton santral çıkışından hem de şantiyeden alınan numunelerden daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni ise; betonun korunması ve olgunlaştırılmasından kaynaklandığı söylenebilir. Aynı durum Şekil 5 incelendiğinde 28 günlük dayanımlar içinde geçerlidir. 28 günlük beton basınç dayanımı santralde 38,8 MPa ile 35,2 MPa arasında çıkarken, şantiye tesliminde alınan numunelerde ise 40,3 MPa ile 35,4 MPa arasında dır. Şantiye şartlarında bırakılarda

numunelerin basınç dayanımları 32,0 MPa ile 29,2 MPa arasındadır. Numunelerin ortalama basınç dayanımı santralde 37,1 MPa, şantiye tesliminde 37,9 MPa ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 30,8 MPa olmuştur. Basınç dayanım değişimleri Şekil 5. 'de görülmektedir.

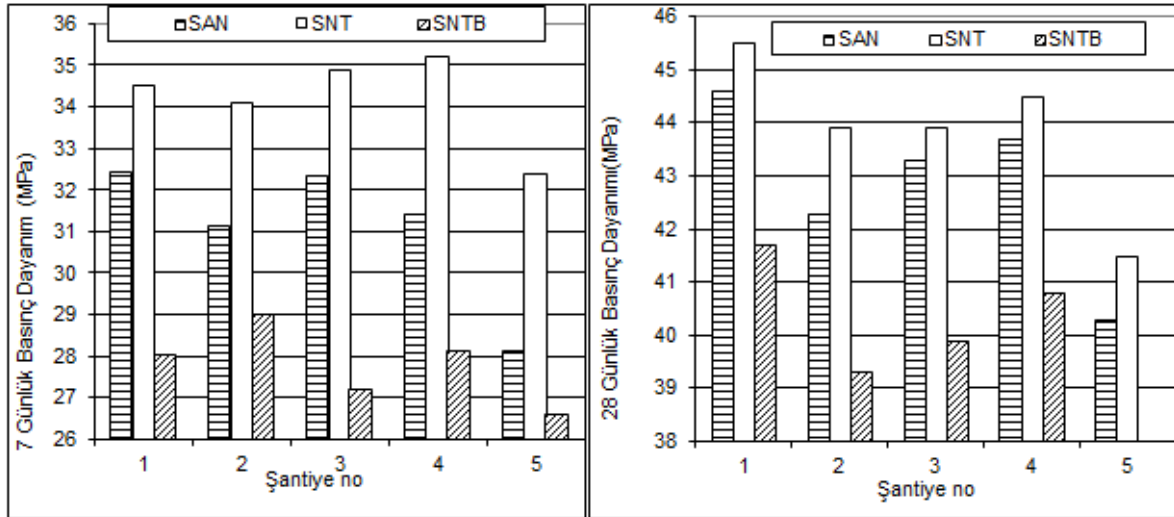
C 25 beton sınıfında genel olarak beton basınç dayanımı 7 günlük ile 28 günlük birbirine paralellik göstermektedir (Şekil.6). Beton santral çıkışında alınan beton numunelerinin 7 günlük dayanımları 31 MPa civarında olurken şantiyede alınan ve beton santral laboratuvarına getirilen numunelerin basınç dayanımları yaklaşık olarak 34 MPa dır. Bu aradaki farkın çökme kaybindan kaynaklandığı ve böylece su/çimento oranına bağlı olarak arttığı söylenebilir.



Şekil 4. C 20 sınıfı betonun 7 günlük basınç dayanımı (7-day compressive strength of C 20 class concrete)



Şekil 5. C 20 sınıfı betonun 28 günlük basınç dayanımı (28-day compressive strength of C 20 class concrete)



Şekil 6. C 25 sınıfı betonun 7 ve 28 günlük basınç dayanımı (7 and 28 days compressive strength of C 25 class concrete)

Aynı numunelerin şantiye şartlarında bırakılan beton numunelerinde ise ortalama olarak basınç dayanımları 28 MPa civarındadır. Bu değerlerin hem beton santral çıkışından hem de şantiyeden alınan numunelerden daha az basınç dayanımına sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bunun nedeni ise; numunelerin şantiye şartlarında muhafaza edilmesinden kaynaklanmaktadır. 28 Günlük

beton basınç dayanımı santralde 43,7 MPa ile 40,3 MPa arasında çıkarken, şantiye tesliminde 45,5 MPa ile 41,5 MPa arasında çıkmış ve santral çıkışından daha yüksektir. Şantiye şartlarında bırakılan numunelerin basınç dayanımları 41,7 MPa ile 38,0 MPa arasındadır. Şantiye ortamının da kalan numunelerin basınç dayanımları en düşüktür

Çizelge 5. Santral betonuna (SAN) göre şantiyedeki çökme ve basınç dayanım değişimi (Slump and compressive strength changes on the construction site according to plant concrete (REF))

Şantiye No	Taşıma Mesafesi (km)	Taşıma Süresi (dakika)	Çökme farkı (mm)	SAN göre basınç dayanımı farkı (MPa)			
				7 Gün		28 Gün	
				SNT	SNTB	SNT	SNTB
C 20							
1	13	14	-10	1,8	-3,9	-1,1	-7,6
2	2	5	-	0,4	-4,4	-0,4	-6,4
3	20	25	-20	0,6	-3,9	0,8	-5,9
4	11	22	-20	-0,2	-4,9	0,7	-5,9
5	6	15	-10	0,7	-3,8	1,5	-5,5
6	22	26	-20	2,2	-3,6	1,6	-5,8
7	53	67	-30	1,9	-3,9	1,2	-5,6
8	60	65	-30	3,7	-3,8	2,8	-6,1
9	45	55	-30	2,4	-4,5	3,5	-5,3
10	58	60	-30	4,1	-2,7	-2,4	-8,6
C 25							
1	2	5	-	2,1	-4,4	0,9	-2,9
2	62	90	-40	3,0	-2,1	1,6	-3,0
3	22	27	-10	2,6	-5,1	0,6	-3,4
4	18	22	-20	4,8	-2,3	0,8	-2,9
5	70	80	-30	4,3	-1,5	1,2	-2,3

Betonların basınç dayanımı ortalamalarını kıyaslarsak santralde 42,8 MPa, şantiye tesliminde 43,9 MPa ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 39,9 MPa olmuştur. Basınç dayanım değişimleri Şekil 6.'da görülmektedir.

Çizelge 5.'de görüldüğü gibi C 20 beton sınıfında santralle şantiye arasında çökme farkı şantiye ile beton santrali arasındaki mesafe ve taşıma süresinden kaynaklanmaktadır. Bu mesafe arttıkça, dolayısıyla taşıma süresi arttıkça çökmedeki farkın artmıştır. Fakat buradaki çökme farkındaki bazı farklılıklar hava sıcaklığından ve rüzgar hızından kaynaklandığı söylenebilir. Şantiyede elde edilen basınç dayanım değerleri santral basınç dayanımlarından yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni taze betonun taşıma esnasında karışım suyunun buharlaşması (çökme kaybı) dolayısıyla s/ç oranındaki değişimdir. Şantiye şartlarında bırakıldan numunelerin basınç dayanımı en düşük çıkmıştır. Bunu nedeni ise şantiye şartlarında bırakılan numunelerinin yeterli kür şartlarının sağlanmamasıdır.

Çizelge 5.'dedeki C 25 beton sınıfı analiz edilip incelendiğinde santralle şantiye arasında taşıma mesafesi ve süresine arttıkça çökme farkı artmaktadır. Bu farklar arasında taşıma mesafesi ve zaman dışında hava sıcaklığı ve rüzgâr hızı bu farkı etkilediği bilinmektedir. Çizelge 5'den anlaşılacağı üzere çökme farkına paralel olarak basınç dayanım farkları da paralellik göstermektedir. Şantiyede elde edilen 28 günlük basınç dayanım esas alınır 90 dakikalık taşıma süresinde, santral basınç dayanımlarından farkı en yüksek 1.6 MPa artış olur iken 80 dakikalık taşıma süresinde 1.2 MPa basınç dayanım artışı meydana gelmiştir. Bu artışlar buharlaşmadan dolayı meydana gelen çökme kaybı dolayısıyla s/ç oranındaki değişime, şantiye şartlarında bırakılan numunelerdeki basınç dayanımındaki azalmalar ise şantiye ortamına bağlayabiliriz.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Santral ve şantiyede alınan numunelerde iki örnekleme arasındaki mesafe taşıma mesafesi olarak değerlendirilip çökme, taze beton sıcaklığı, hava sıcaklığı, basınç dayanımı gibi parametreler karşılaştırılmıştır.

C 20 beton sınıfında çökmeler santralde 130-170 mm aralığında, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında 100-150 mm aralığında olması taşıma mesafesi ve süresi boyunca taze betondaki su kaybından kaynaklanmıştır.

C 25 beton sınıfının santralde çökme miktarı 130-180 mm aralığında iken, şantiye teslimi ve şantiye şartlarında ölçülen çökme miktarı 110-150 mm arasındadır. Santral çıkışı ile şantiye arasında taze betonun çökme kaybı 10-40 mm arasındadır.

C 20 beton numuneleri için 28 günlük ortalama basınç dayanımı santralde 37,1 MPa, şantiye tesliminde 37,9 MPa ve şantiye şartlarında bırakılarda ise 30,8 MPa'dır.

C 25 beton sınıfı 28 günlük basınç dayanımı ortalaması santralde 42,8 MPa, şantiye tesliminde 43,9 MPa ve

şantiye şartlarında bırakılarda ise 39,9 MPa bulunmuştur.

Sonuç olarak taşıma mesafesi ve taşıma süresinin esnasındaki karışım suyu kaybı işlenebilirliği sağlamak şartıyla beton basınç dayanımına olumlu katkıda bulunmuş ve basınç dayanımını artırmıştır. Genel olarak her iki beton sınıfında en yüksek basınç dayanımı şantiye teslimi numunelerde elde edilmiştir. En düşük dayanım ise şantiye teslimi aynı zamanda şantiye ortamında kür edilen numunelerden elde edilmiştir.

Öneriler

Taze betonun çökmesi beton santrali ile şantiye arasındaki mesafe ve taşıma süresi dikkate alınmalıdır. Şantiyedeki işlenebilirliği sağlamak için yerel metroloji verilerine dikkat edilmeli. Şantiyede betonun korunmasında / kürlenmesinde sulama metodu yeterli gelmemektedir. Ayrıca rüzgârda buharlaşmayı engelleyici önlemler alınmalıdır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Araştırmada yardımcı olan Adıyaman il merkezinde üretim yapan ÇİMKO beton santralının yöneticilerine teşekkür ediyoruz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Osman ŞİMŞEK: Sonuçların analizi ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

Ahmet YARDIMCI: Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Öztekin, E., Sümer, M., "Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslim kalitelerinin karşılaştırılması incelenmesi", *3. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, (1994).
- [2] Çil, İ., "Hazır betonda santral çıkışı ile şantiye teslimi kalitelerinin karşılaştırılması incelenmesi ve İstatiksel kalite kontrol", *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2000).
- [3] THBB, Dünyada ve Türkiye'de Hazır Beton, Sektöre ilişkin veriler, *THBB yayını*, İstanbul, (2003).
- [4] Canova, F.S., "Hazır beton üretiminde kalite kontrol yöntemleri", *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2000).

- [5] Şimşek, O., “Beton ve Beton Teknolojisi”, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, (2016).
- [6] Neville, A.M., Brooks, J.J., “Concrete Technology”, *John Wiley*, Newyork, (1987).
- [7] Şensöz, Ö., Yalçın, S., Çimento ve Beton, “Özellikler, Standartlar ve Terimler”, *TÇMB yayını*, İzmir, (2000).
- [8] Özışık, G., Gökçe, F., “Euro-Norm Beton” , *Birsen Yayınevi*, İstanbul, (2005).
- [9] <https://engineeringdiscoveries.com/> ulaşım tarihi 14.05.2020
- [10] Munday, J., G., L., Transportation Effects on Concrete Workability. *The First International Conference on Ready-Mixed Concrete* Held at Dundee University, (1975).
- [11] Uyan, M., Gülseren, H., Diker, B., Hazır betonda üretim- yerleştirme süresinin beton mukavemetine etkisi. **3. Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, (1994).
- [12] Erdoğan, T., “Beton”, *ODTÜ Vakfı*, Ankara, (2004).
- [13] THBB, Her yönüyle hazır beton, *THBB yayını*, İstanbul, (2001).
- [14] THBB, Beton kullanıcıları için teknik bilgiler kılavuzu, *THBB yayını*, İstanbul, 12 (2004).
- [15] TS EN 206: 2013+A1 “Beton - Özellik, performans, imalat ve uygunluk”, **Türk Standart Enstitüsü yayını**, Ankara, (2017).
- [16] TS 13515 “TS EN 206’nın uygulanmasına yönelik tamamlayıcı standart”, (2019).
- [17] TS EN 933-1 “Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi”. (2012).
- [18] TS EN 934-2+A1. “Kimyasal katkılar - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme”, (2013).
- [19] ASTM C494/C494M-17 “Standard specification for chemical admixtures for concrete, (2017).
- [20] Adıyaman belediyesi su ve kanalizasyon müdürlüğü, (2005).
- [21] Adıyaman metroloji il müdürlüğü, (2005).
- [22] TS EN 12350-1, “Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 1: Numune alma ve yaygın kullanılan aygıtlar”, (2019).
- [23] TS EN 12350-2, “Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi”, (2019).
- [24] TS EN 12390-3 “Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayin”, (2019).
- [25] TS 1248 “Betonun hazırlanması, dökümü ve bakım kuralları - Anormal hava şartlarında”, (2012)