

YENİ KUŞAK HİPER AKIŞKANLAŞTIRICI BETON KATKILARI

Ali Dora YILMAZ(*)

Beton kalitesinin, yapı sektöründeki pek çok kişi için örneğin şirket sahipleri, müteahhitler, mühendisler, mimarlar, hazır beton veya prefabrikte üretim yapanlar için ayrı bir anlamı vardır. Son yıllarda beton kalitesinde ve özellikle de yüksek performanslı beton üzerinde artan bir ilgi odağı oluşmuştur. Son yüzyılda taşıyıcı malzeme olarak yüksek performanslı betonun köprü, liman, baraj, öngerilmeli elemanlar, çok katlı binalar gibi nitelikli yapılarda kullanımı hızla artmaktadır. Betonun ucuz, kolay işlenebilir, fiziksel ve kimyasal etkilere dayanıklı, şekil verilebilme özelliğine sahip olması yapılarda kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Bir çok ülkede projelerdeki tasarım değerlerinin yükselmesi, yüksek basınç mukavemetli betonların kullanımına olanak sağlamaktadır. Yapı derecelerinin ve kalitesinin yükselmesi neticesinde yapıların daha dayanıklı olmaları gerekmektedir. Nitelikli beton ise en başta düşük su/çimento oranı istemektedir ve bunu da kimyasal beton katkısı kullanmadan elde etmek mümkün olmamaktadır.

Günümüzde dayanıklı betonlar genellikle süper akışkanlaştırıcılar kullanarak üretilmektedir. Süper akışkanlaştırıcılar, yüksek oranda su indirgeyiciler olarak da bilinir. 1970'lerde Naftalen Sülfonat Formaldehit (NSF) esaslı süper akışkanlaştırıcılar Japonya'da Melamin Sülfonat Formaldehit esaslı süper akışkanlaştırıcılar (MSF) Batı Almanya'da üretildi. Aniyonik uzun zincir moleküller, çimento parçacıklarını (partikülleri) sararak elektrik şarjı ile yüklediler. Böylelikle çimento partikülleri birbirini iterek, topaklaşmadılar. Betonun akışkanlığı ve işlenebilirliği arttı. Tüm olumlu özelliklerine rağmen NSF ve MSF bazlı süper akışkanlaştırıcılar ilk 30-60 dakika arasında hızlı bir çökme kaybına uğruyorlardı. İlk zamanlar bu sorun şantiyede ekstra katkı ilave ederek veya priz geciktici yan etkili süper akışkanlaştırıcı beton katkıları ile çözülmeye çalışıldı. 1986 yılında ise Japonya'da uzun süre işlene-

bilirliği koruyan yeni kuşak hiper akışkanlaştırıcılar geliştirildi. Polikarboksilat bazlı süper akışkanlaştırıcıların yüksek akışkanlık ve yüksek segregasyon direnci bulunduğu ayrıca işlenebilirliğinin uzun süre devam ederek işlenebilir kayıplarının azaltılabileceği görüldü.

Beton endüstrisinden gelen özel istekler istenen performansları verecek polimerlerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. GLENİUM bu istekleri karşılamak için piyasaya sunulmuş, modifiye polikarboksilik eter bazlı yeni kuşak yüksek performanslı hiper akışkanlaştırıcıdır. Glenium şu anda geniş kullanım alanına sahip olan YKS beton katkılarından Pozzolith, Rheobuild, Melment serisi akışkanlaştırıcılara oranla betonda daha yüksek oranda su azaltmakta, daha fazla akışkanlık sağlamakta ve kıvamı 90 dakikaya kadar korumaktadır.

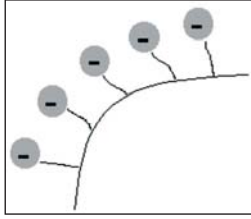
Yeni yüksek performanslı hiper akışkanlaştırıcılar, düşük çimento dozlarına rağmen, çok düşük su/çimento (S/Ç) oranlarını (<0.4) ve çok akıcı kıvamları (22 cm'den yüksek çökmeli) mümkün kılar. GLENİUM'un yüksek performansı ile oluşturduğu bu akışkanlık yapıların üretiminde büyük kolaylık sağlar.

TİP AZALTMASI	DOZAJ (Çimento Ağırlığının%'si)	SU
Pozzolith serisi normal akışkanlaştırıcılar	0.2-0.8	%10'a kadar
Rheobuild serisi süper akışkanlaştırıcılar	0.8-2	%25'e kadar
Melment serisi süper akışkanlaştırıcılar	1-3	%25'e kadar
Glenium serisi yeni kuşak hiper Akışkanlaştırıcılar	0.5-1.5	%40'a kadar

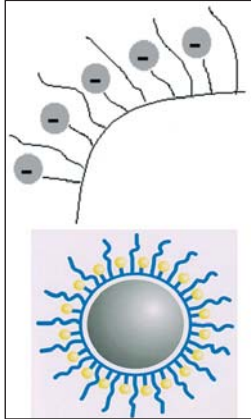
Bu katkıların çalışma mekanizması süper akışkanlaştırıcılar gibi çimento tanecikleri tarafından emilen polimer esaslı katkılar olmalarıdır. Bu katkılardaki polimerler beton karıştırma işleminin en erken

(*) YKS Yapkim Yapı Kimya Sanayi A.Ş.

Süper Akışkanlaştırıcı'ların dağılım etkisi



GLENİUM'un elektrostatik ve sterik etkisi



aşamasında çimento tane-ciklerinin yüzey alanlarının çevresini kuşatırlar. Polimer zincirlerinin sulfonik grup-ları çimento taneciklerinin yüzeylerinin negatif yükünü artırır ve tanecikleri elekt-riksel itme ile dağıtırlar. Bu elektrostatik meka-nizma çimento hamurunun dağılmasına neden olur ve bunun olumlu sonucu da belirli bir beton işlenebilir-liğinin daha az su karışımı ile elde edilmesini sağlar.

Glenium yeni kuşak hiper akışkanlaştırıcıların süper akışkanlaştırıcı beton kat-kılarına göre değişik bir kimyasal yapısı vardır. Bu katkıların dağılım meka-nizması çimento tanecikleri arasında iki farklı tip itme kuvvetine bağlıdır. Bunlar elektrostatik ve sterik itme etkileridir. Elektrostatik itme karboksil grupların verdiği negatif yükün varlığına,

sterik itme etkisi ise uzun kenarlı polimerlere bağlı olarak oluşur.

Glenium'un etki mekanizması

GLENİUM MOLEKÜLÜ

Glenium farklı uzunluklarda fonksiyonel zincir grup-larından meydana gelen bileşik ve esnek bir mole-küldür.

Çimentonun hidratasyonu

Suyun çimento ile karışması kimyasal bir reaksi-yon başlatır (hidratasyon). Su kısmen çimento gra-nulleri tarafından emilir. Bu yüzeydeki granulleri çabucak yumuşatır. Granullerin çevresindeki ince jel tabakaları büyür. Zamanla jel tabakaları katılaşıp hidrat ve katı çimento hamuru haline gelir.

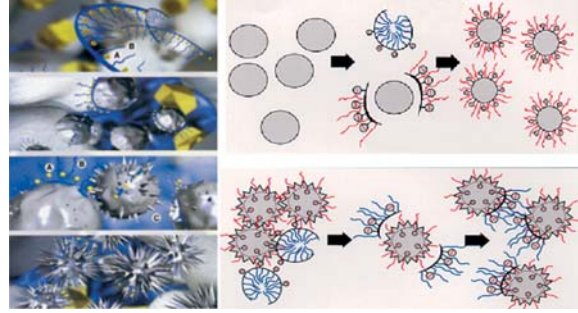
Dağılım Etkisi (A)

Glenium molekülleri, yumuşak çimento granulleri tarafından çekilir ve ve karıştırma sırasında çimen-tonun etrafına sarılırlar. Bu oluşum, çimento par-tiküllerinin yüzeydeki negatif yüklerini artırır ve elektrostatik itmeye neden olur. Çimento granulle-rinin çok miktarda dağılımı bunun sonucudur.

Bu, su içeriğinin azlığına rağmen betonun çalışabi-lirliğinin, önemli ölçüde artışına yol açar

Sterik etki (B)

Glenium molekülleri uzun kenerlı zincirlere sahip-tir(B). Bunlar sterik bir engel oluşturur. Bu da çimento partiküllerinin birbirine olan uzaklığını koruma yeteneğini artırır (C), böylece, mükemmel bir dağılım etkisini mümkün kılar.



Betona katılan çimentonun hidratasyonu için bu çimentonun ağırlığının %25'i kadar suya ihtiyaç vardır. Ancak uygun işlenebilme için bu su miktarı yetersizdir. Pratikte betona daima çok fazla su katılmaktadır. Oysa suyun hidratasyon için gerekli olanından fazlası beton sertleştikten sonra buhar-laşır ve arkasında boşluk bırakır. Beton kalitesinin yüksek olması için boşluk oranının düşük olması gerekir. Daha az su , daha az boşluk ve daha güçlü bir yapı demektir. Bu durum betonun dış etkilere karşı daha dayanıklı (durabil) olmasını sağlar.

Süper akışkanlaştırıcı katkıları, taze betonun kiva-mını veya işlenebilirliğini geliştirmekte kullanılmak-tadır. Süper akışkanlaştırıcıların kullanılması, aynı su/çimento oranında çok daha yüksek işlenebi-lirlik veya aynı işlenebilirlikte çok daha düşük su/çimento oranı dolayısıyla daha yüksek muka-vemet daha yüksek dayanıklılık sağlamaktadır. Glenium'un suyu olağanüstü azaltma yeteneği,be-lirli bir işlenebilirliği şimdiye kadar ulaşamayan su/çimento oranlarında elde etmeyi mümkün kılmaktadır.Böylece çok düşük su/çimento oranına sahip sertleşmiş betonun daha az boşluğa sahip olması daha az geçirimli olmasını sağlamaktadır.

Betonarme bir yapıda betonun görevi basınç yükle-rini karşılamak ve içindeki çelik donatıları korumak-tır. Betonun basınç dayanımı su/çimento oranına göre değişir. Örneğin betonun m³'üne 10 lt fazla su ilave edilmesi basınç dayanımının yaklaşık %10 azalmasına yol açar. Glenium olağanüstü su azalt-ması ile elde ettiği düşük su/çimento oranı ve mükemmel işlenebilme ile yüksek basınç dayanı-mına sahip yüksek performanslı beton elde edil-mesini mümkün kılar.

Su geçirimsizliği çoğu kez betonun dayanıklılığını gösteren bir parametre olarak kabul edilir.Betonun

geçirirliğinde, içindeki boşluklar etkilidir ve bu nedenle su/çimento oranı önem kazanır

Zaman ve döküm kolaylığı gibi faktörler betonarme yapıların maliyetine etki edebilir. Glenium ile üretilen yüksek kaliteli betonun mükemmel işlenebilirliği dökümü çok kolay hale getirir. Betonarme zaman zaman çok sık donatı içerse de Glenium ile üretilen betonların kohezyonu betonu sıkıştırma süresinin azalmasına önemli ölçüde yardımcı olur. Ayrıca kalıp aralarından beton şerbetinin sızması ortadan kalktığı için daha düzgün ve estetik yüzeyler elde edilmesi sağlanır.

Glenium tipi yeni kuşak hiper akışkanlaştırıcılar bileşenleri özel olarak hazırlanmış beton karışımına çok akıcı bir kıvam ve gerekli tasarım ile kendiliğinden yerleşen beton özelliği kazandırır.

Glenium katkıları, inşaat piyasasına sayısız teknik kolaylıklar sağlamakta ekonomiye katkıda bulunmakta, yepyeni ufuklar açmaktadırlar. Beton katkı teknolojisindeki yeni gelişmeler hazır beton endüstrisinin geleceğine yön vermektedir. Bu gelişmelerin sonucu olarak kendiliğinden yerleşen betonun sağlayacağı yararlar kısaca şöyle özetlenebilir.

- Çok akıcıdır.
- Kalıba çabuk ve kolayca yerleşir, vibrasyon gerektirmez.
- Vibrasyon olmadığından gürültü sorunu yaratıp çevreye zarar vermez.
- Ayrışmaya uğramaz.
- Prefabrike üretimde buhar kürünü ortadan kaldırır.
- Daha az tesviye işlemi gerektirir.
- Daha kısa sürede daha çok miktarda betonun yerleştirilmesini sağlayarak verimi artırır.
- Daha iyi görüntü elde edilmesini sağlar.
- Durabilitesi daha yüksek betonlar elde edilir.
- Daha az işçilik gerektirir.
- Ekonomi sağlar

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON

Hazır beton üreticileri ve tüketicileri için beton dökümü, yerleştirilmesi ve sıkıştırılması inşaatlarda çoğu zaman zor bir iş olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel beton için yerleştirme, zaman kaybı ve etkili olmayan bir sıkıştırma olmaktadır. Çoğu zaman da vibratör ile betonu sıkıştırmak yorucu bir iş olmakta ve çevreye çok gürültü yayarak zarar vermektedir. Vibratörlerin girişinin engellenmesi halinde ve kesitin doğru bir şekilde doldurul-

masını sağlamak için yeterli sıkıştırma ve dökülen betonun homojenliğini sağlamak için kaliteli işçilik ve sıkı kontrol gerekmektedir. Beton dökümlerinde istenen işlenebilirlik inşaatın tipine, seçilen yerleştirme ve sıkıştırma yöntemlerine, kalıbın karmaşık şekline ve donatının sıklık derecesini etkileyen yapısal tasarım dataylarına bağlıdır. Bu şartları sağlamak için çok akıcı kıvamlı, kendiliğinden yerleşen betonların kullanımına olan gereksinim gittikçe artmaktadır.

Kendiliğinden yerleşen beton kendi ağırlığı altında istenen yere yayılabilen, iç ve dış vibrasyon gerektirmeksizin ayrışma ve terlemeye bağlı kusurlar göstermeksizin iyi sıkışma elde edebilen çok akıcı kıvamlı betondur.

Son yıllarda, kendiliğinden yerleşen beton geniş ve yüksek yapı inşaatlarında yüksek performanslı beton olarak kullanılmaya başlandı. Kendiliğinden yerleşen beton kullanımı 1980 yılı sonlarına doğru Japonya'da sıkıştırmanın pratik olmadığı kısıtlanmış yerlerde betonun yerleştirilmesi ve sık donatılı elemanların dökümü için geniş kabul görmüştür.

Japonya'da 1983 yılından itibaren beton yapıların dayanıklılığı problemi büyük bir ilgi odağı haline geldi. Dayanıklı yapılar gerçekleştirebilmek için üretilen yüksek performanslı betonda usta işçiler tarafından yeterli vibrasyon ve sıkıştırma gerek-mekteydi. Bununla birlikte Japonya inşaat endüstrisinde usta işçilerin sayısında sürekli azalma da bu konuda çözüme yönelik araştırmaların başlamasına neden oldu. Gelecekte dayanıklı yapıları garanti etmek için kendiliğinden yerleşen betonun geliştirilmesi şart oldu. Kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili farklı inşaat alanlarında kullanmanın yararlarını ve avantajlarını görmek için değişik araştırmalar yapıldı. Karışım tasarımı yöntemleri ve kendiliğinden yerleşebilirlik deney yöntemleri için araştırmalar kendiliğinden yerleşen betonu standard beton haline getirdi.

Betonun yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri malzemenin ve hammaddenin düşük maliyetli olması ve inşaat safhasında işçiliğin yüksek maliyet gerektirmesidir. Bu yüzden betonun kullanıldığı alanlarda kendiliğinden yerleşen betonun getirdiği teknolojik gelişmeler iki sınıfa ayrılabilir. İnşaat hızı ve betonun dayanıklılığıdır. Son gelişmeler arasında en dikkat çeken çalışmalardan bir tanesi yeni kuşak hiper akışkanlaştırıcıların geliştirilmesi ile kendiliğinden yerleşen beton üreterek yüksek performanslı betonlar üretmektir. Betonun akışkanlığını, işlenebilirliğini arttırmanın bu katkılarla sağlanması dolayısıyla düşük su içeriğine sahip yüksek mukavemetli betonların

Kendiliğinden Yerleşen Beton Tipik Karışım Reçetesi

	YKS	İtalya	Tavsiye Edilen Değerler
İnce Miktarı < 0.149 mm	600	616 kg/m ³	500-600 kg/m ³
Kum Miktarı > 0.149 mm (Harç Hacminin %'si)	285 Doğal Kum 375 Kırma Kum	766 (%42)	Yaklaşık olarak harç hacminin % 40'ı
Kaba Agrega Miktarı D _{maks} = 15 cm (Gerçek Birim Ağırlığının %'si)	910 D _{maks} = 12 mm	768 (%54)	Yaklaşık olarak görünen birim ağırlığının % 50'si
Uçucu Kül Miktarı (Çimento + uçucu kül hacminin yüzdesi)	200	150 (%33)	Yaklaşık olarak çimento + uçucu kül miktar hacminin %40'ı
Çimento Miktarı	350 PÇ 42.5	400 CEM I 52.5 R	-----
Katkı Tipi ve Sarfiyatı	Glenium 27 %1.2 (Ç + UK)	Glenium 27 %1.3 (Ç + UK)	-----
Vizkozite Değiştirme Ajanı	-----	%0.1 (Ç + UK)	-----
Su Hacimsel olarak Su/ İnce Malzeme oranı	190	190 lt/m ³ (%0.87)	Su/İnce Malzeme oranı hacimsel olarak 0.9-1.0
Çökme-Yayılma			65 ± 5 cm
V-Funnel			10 ± 2 s veya 13 ± 2 s
U-Box			H > 30 cm
Fill-Box			Komple Dolması Gerekir.

elde edilmesi kolaylaşmıştır. Düşük su içeriği ile yüksek performanslı betonların daha az boşluk, yüksek dayanım özelliklerini yerine getirmiştir.

Kendiliğinden yerleşen beton ilk olarak 1988 yılında dayanıklı yapılar yapabilmek için geliştirildi. Böylece yerleştirme sırasında işçilik kusurlarına rağmen ve sıkıştırma gerektirmeden karmaşık yapıların beton dökümünü ve yerleştirmesini kolaylaştırdı. Akashi-Kaikyo Köprüsü, Yokohama Landmark Kulesi, Osaka Gaz LNG tankları gibi nitelikli yapılarda kullanılarak bir çok yararlar sağladı.

Kendiliğinden yerleşen beton için yapılan araştırmaların sonuçları bazı şartların kabul görmesini sağladı. Bazı deneysel yöntemler geliştirilerek daha kolay test edilmesi için sağladılar.

DENEYSEL YÖNTEMLER

Laboratuvar şartlarında kendiliğinden yerleşen betonun testi için gerekli deneyler dünyada kullanılmaktadır. Bu deneyler taze betonun akışkanlığını, ayrışmasını, yerleşmesini ve sıkışmasını test ederler. Bu deney aletleri çökme-yayılma tablası (Slump-Flow Table), V-Funnel, U-box ve L-fill box'dır.

Slump-Flow (Çökme-Yayılma Deneyi): Bu deney

betonun, laboratuvarında ve şantiyede çalışma ve kullanım kolaylığı açısından çökmenin 24 cm'den fazla olduğu yerlerde betonun kıvamını ölçmek için kullanılan en popüler deney yöntemlerinden birisidir. Bu betonun akışkanlığını ölçmek için geniş çapta kullanılan geleneksel bir yöntemdir.

V-Funnel Testi: Kendiliğinden yerleşen beton aynı zamanda betonun sıkıştırılmasının sınırlı olduğu sık donatılı yerlerde ve bazı şehir merkezlerinde önemli olabilecek döküm süresinin yapı maliyetlerini ve gürültüyü azaltması istendiği karmaşık olmayan yapıların dökümünde, şantiyeye gelen betona su katılma riski olan yapılarda, betona vibrasyonun yapılmadığı yapılarda kullanılabilir. Yapıda derin kesitlerinde betonun ayrışma ve terleme riski olmaksızın daha az sayıda partide dökümünü mümkün kılar, bu da inşaat süresinin ve işçilik gereksiniminin azaltılmasını olanak sağlayarak verimi artırır.

Mekanik özellikleri ve ayrışmayı ve terlemenin sebep olacağı dayanıklılığı azaltmaksızın inşaatın süresini hızlandırmak için sık donatılı olmayan kesitlerin doldurulması amacıyla da kullanılır.

ÖNGERİLMELİ LNG DEPOLAMA TANKLARINDA YÜKSEK MUKAVEMETLİ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON UYGULAMASI

Dünyanın en büyük LNG depolama tanklarından olan 180.000 m³ kapasiteli öngerilmeli beton Osaka Gaz LNG tankları, yüksek mukavemetli kendiliğinden yerleşen beton teknolojisi ile yapılmıştır. fck=60 N/mm²

Öngerilmeli beton tank çapı 84.2 m, yüksekliği 38.4 m ve duvar etkililiği 0.8 m²'dir. Bu projede 12 000 m³ kendiliğinden yerleşen beton, su geçirimsizliği, durabilite şartları, inşaat süre ve maliyetine getirdiği faydalardan dolayı kullanılmıştır.

Beton duvar 4.4 m yüksekliğinde 10 eşit parçaya bölünerek dökülmüştür. Her bir ano 267 m uzunluğunda olup bir seferde 1000 m³ beton sürekli olarak dökülmüştür. Bir anonun dökümü yaklaşık 5 saat sürmüştür. Döküm süresini kısaltma amacı ile 5 adet beton santrali kullanılmıştır. Beton santralleri kendi kalite kontrol ve yönetimlerinde üniform

Tablo 1 - Kendiliğinden Yerleşen Beton Özellikleri

Maksimum Agregada Dane Çapı (mm)	Şartname Mukavemeti (N/mm ²)	Doldurma Yüksekliği (cm)	Yayılma (cm)	V-Funnel Zaman (sn)	Hava Miktarı (%)	Klor Miktarı (kg/m ³)
20	60	≥30	65	10	4,5	≤0,25

Tablo 2 - Karışım Miktarları

W/P (%)	W/C (%)	S/A (%)	Birim Miktar (kg/m ³)						
			SU W	Çimento C	Genleştirici katkı Ex	Taş Unu LS	İnce Agregada S	Kırma Taş Agregada C	Süper Akışkanlatıcı SPA
29.2	33.0	49.0	175.0	515.0	15.0	70.0	737.0	789.0	9.0

kendiliğinden yerleşen beton imal etmişlerdir.

Sahada ayrıca beton dökümünden önce testler yapılmış ve dökülen betonların kontrolü bir sene içerisinde 10 defa denetlenmiştir. Beton üretimindeki kalite artışı beton duvar kalınlıklarında bir azalma ve ekonomi getirmiştir.

Bu tip monoblok tek seferde dökülen kütle betonlarında en önemli problemlerden birisi de hidrasyondan oluşan rötre çatlaklarıdır.

Kendiliğinden yerleşen beton ile kullanılan malzemeler ve polikarboksilik eter esaslı katkıları ile beton üretiminde karşılaşılan tüm negatif etkiler bertaraf edilip ,teknolojik yapılar için istenen şartlara uygun betonlar yapılabilir. Bu projede kullanılan beton özellikleri ve karışım ile bilgiler Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir. Beton dökümünde vibratörsüz döküm ve hızlı yerleştirme ile ekonomi sağlanmıştır.

1) Beton döküm anoları 14’den 10’a düşmüştür

2) Beton işçileri 150’den 50’ye düşmüştür.

3) İnşaat süresi 22 aydan 18 aya düşmüştür.

Kendiliğinden Yerleşen Beton Uygulamaları

İlk kendiliğinden yerleşen beton Haziran 1990 yılında Japonya’da bina inşaatında kullanıldı.1991 yılında eğik askılı köprü inşaatı kulelerinde kullanıldı. 1992 yılında yine

eğik askılı bir köprünün kirişlerinde kullanıldı.Buna göre kendiliğinden yerleşen betonun kullanımında getirdikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1- İnşaat süresinin kısalması
- 2- Beton kompaksiyonun zor olduğu, sık donatılı yerlerde.
- 3- Vibrasyondan dolayı oluşan gürültüyü azaltmak için.

1998 Nisanında açılan dünyanın en uzun asma köprüsü olan (1991 m) Akashi-Kaikyo köprüsünde iki ankraj bağlantı bloklarında kendiliğinden yerleşen beton kullanılmıştır.

Beton şantiye yakınlarında beton tesisinde üretilip 200 m pompalanmıştır. Sonuç olarak kendiliğinden yerleşen beton ile inşaat süresinde %20 bir kısalma olmuştur. İnşaat süresi 2.5 seneden 2 seneye düşmüştür.