

B 52.5 BETONLA ÖNGERİLMELİ
KÖPRÜ KİRİŞİ ÜRETİMİ

Gürkan BALCA
İnşaat Müh.
Pekintaş
Düzce, Türkiye

ÖZET

Bildiride, Kazancı-Gümüşova otoyoluna ait köprü kirişlerinin yapım yöntemi ve üretimdeki beton kalite kontrolü anlatılmaktadır. Projede maksimum 27.344 m. boyunda 978 adet prefabrik öngerilmeli beton kiriş bulunmaktadır. Üretim 2 adet 105 m uzunluğunda, 2140 MPa öngerme kuvveti uygulanmasına imkan verecek şekilde statik olarak dizayn edilen öngerme yatağında gerçekleştirilmektedir. Öngörülen beton sınıf dayanımı 52.5 MPa olup, çökmenin 7 ± 2.5 cm olması şart koşulmaktadır. Beton üretiminde P.Ç.400 Portland çimentosu, yıkanmış, elenmiş dere kumu ve çakılı kullanılmaktadır. Agregada maksimum tane büyüklüğü 20 mm'dir. Çimento dozajı 453 kg/m^3 olan bileşimde w/C oranını 0.36 düzeyinde tutmak için % 1 oranında süperakışkanlaştırıcı katkı kullanılmaktadır. Taze betonun birim ağırlığı 2464 kg/m^3 'dür. Her kirişten 15 cm'lik numune küp alınmaktadır. Örnek olarak Haziran 1990'da alınan 40 kirişe ait numune sonuçlarına göre 28 günlük basınç dayanımının ortalama değeri 68.6 MPa, standart sapması 4.9 MPa, değişkenlik katsayısı % 7.1, % 10 güvenlik derecesine göre sınıf dayanımı 60.6 MPa'dır. Kalıpların seri olarak üretimde bulunması için, transfer mukavemetine en kısa sürede ulaşılması gerekir. Bu amaçla betona buhar kürü uygulanmakta, kür sonunda istenilen mukavemete erişildiğinde teller kesilerek, kirişler stoğa alınmaktadır.

1. GİRİŞ

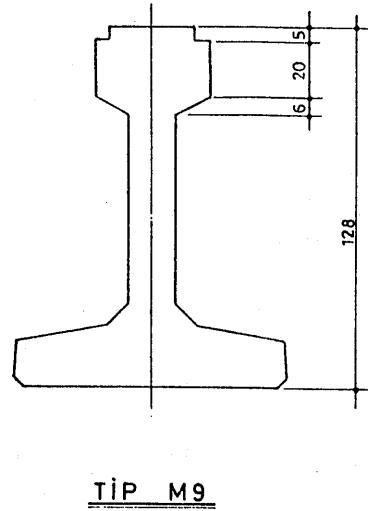
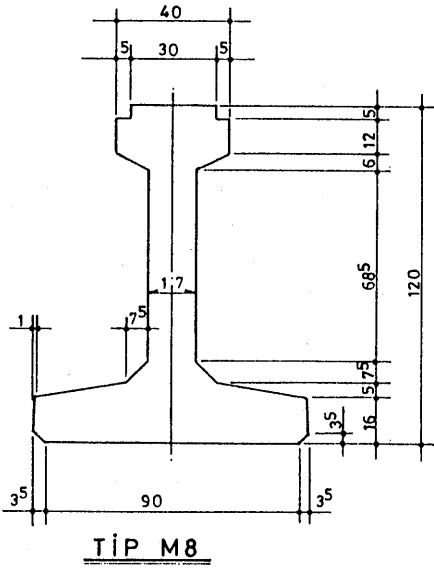
Pekintaş Düzce Prefabrik Sanayii Yapı Elemanları Tesislerinin yıllık beton üretim kapasitesi 30000 m³ civarındadır. Bu üretimin % 80'i prefabrik sanayii yapılara ait kiriş , kolon , aşık, panel, temel gibi elemanlar, % 20'sini ise öngerilmeli köprü kirişi teşkil etmektedir. 120 kişinin çalıştığı bu tesislerde proje, üretim ve kalite kontrol hizmetleri iki İnşaat Mühendisi, bir Mimar, iki Teknisyen, bir Laborantın direktif ve gözetiminde gerçekleştirilmektedir.

Bildiri konusu olan yüksek dayanımlı betonun gerçekleştirildiği öngerilimli köprü kirişi elemanlarının tip ve kesitleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Ters T kesitli bu elemanların taban genişlikleri 97 cm, yükseklik Tip M8'de 120 cm, Tip M9'da 128 cm'dir. Projede 27 farklı uzunlukta kiriş olup, detaylı bilgi Tablo 1'de kiriş icmal cetvelinde gösterilmiştir. Kirişler nehir geçişlerinde ve otoyoldan önemli yerleşim merkezlerine bağlantı teşkil eden çeşitli sanat yapılarında kullanılmaktadır.

Üretimde temel ilkelerden bir tanesi de % 100 başarı sağlamak, kaliteyi sürekli, rutin bir şekilde devam ettirmektir. Beton can ve mal güvenliği kadar ulusal ekonomi açısından da önem taşıyan bir yapı malzemesidir. 824 kiriş için yapılan 36 yükleme testinde kalıcı deformasyon değerleri % 90 ile % 99.8 arasında tesbit edilmiştir. Sonuçlar müşavir firma tarafından kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır. Böylelikle Haziran 1991'de sona erecek üretimin % 100 başarıyla devam ettiği, atıl kiriş bulunmadığı görülmektedir.

2. KALİTE KONTROL PLANI

Öngerilimli kiriş üretiminde fabrikada uygulanan kalite kontrol planı üretim aşamalarıyla beraber işlenecektir. Ham madde girişlerinden, üretim sonrası elemanların fabrikadan çıkışına kadar geçen süreyi içermektedir.



Şekil-1. Öngerilimli köprü kirişi elemanlarının tip ve kesitleri.

2.1 Kalıp :

Üretim öncesi kalıp projeleri müşavir kuruluşa sunulup, onayı alındıktan 45 gün gibi kısa sürede 2x105 m öngerilmeli köprü kirişi çelik kalıpları hizmete sokulmuştur.

2.2. Teknik Ölçü Aletlerinin Kalibrasyonu :

Müşavir firma tarafından kalibrasyonu istenen teknik ölçü aletleri ve kalibrasyonların yapıldığı merkezler aşağıda belirtilmiştir.

Beton santrali agrega kantarı	Pekintaş
Beton santrali çimento kantarı	Pekintaş
Beton santrali otomatik su sayacı	Pekintaş
Öngerme çekici hidrolik kriko manometresi	İ.T.U. Makina Lab.
Numune küp kırma pres manometresi	İ.T.U. Makina Lab.

Üretim öncesi yapılan bu kalibrasyonlara, üretim sonrası beton santrali agrega, çimento kantarı ve su sayacında iki ayda bir diğer manometreler ise altı ayda bir kez devam edilmektedir.

2.3 Agrega, Çimento, Su :

Kullanılan agregaya doğal kum ve çakıl olup, kaynağı Düzce yakınlarındaki Melen Nehridir. Çimento bölgedeki üretici fabrikadan temin edilmekte, su fabrikanın içme suyunun sağlandığı kuyu suyudur. Agregaya ve çimentoya ilişkin fiziksel ve kimyasal testler İ.T.Ü. Yapı Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiş olup, sonuçlar pozitifdir. Kullanılan suyun içilebilir nitelikte olduğu ilgili makamlarca tesbit edilmiştir.

Kalite kontrol programımız içerisinde agregada haftada bir kez TS 3814'e göre elek analizi, ayda bir kez TS 3526'ya göre özgül ağırlık ve su emme, iki haftada bir kez çamur miktarı, her gün iki kez nem tayini deneyleri yapılmaktadır. Çimento ile ilgili olarak üretici fabrikadan ayda bir kez deney raporu alınmakta, laboratuvar koşullarında harç küpleri hazırlanarak dayanım deneyleri titizlikle gözlenmektedir. Ayrıca fabrikanın kömürlü buhar kazanları için gerekli olduğundan suyun PH kontrolü sürekli yapılmaktadır.

2.4 Betonarme ve Öngerme Çeliği :

Kalite deney raporları betonarme çeliğinde fabrikada teslim alınan her grup araç üzerindeki betonarme çeliği için, öngerme çeliğine ait olanlar ise her öngerme çeliği rulosu için üreticiden temini sağlanmaktadır. Üretimde III (a) sınıfı betonarme çeliği ve 15.21 mm çapında 7 telli öngerme demeti kullanılmaktadır.

2.5 Üretim Hazırlıkları, Döküm, Taze Beton Kontrolları :

Beton dökümü öncesi üretimi olan kalıpta boyut ve stabilite tahkikleri yapılmakta, boyut ve tip değişikliklerinde aynı kontroller tekrarlanmaktadır. Çelik telli spiral temizleyici ile kalıbın her yeri silinip, tabanı mineral kalıp yağı ile yağlanır. Öngerme çeliğinin tel sürme makinası ile kalıba sürülmesi esnasında tabandaki kalıp yağının öngerme çeliğiyle temas edip betonla öngerme çeliğinin adanansını zayıflatmaması için tabana naylon serilir. Tabanda 4 cm paspayı imkanı veren spotlarla birlikte kayma donatısı yerleştirilir.

Öngerme çeliğinin kalıba sürülmesi esnasında çelik yüzeylerinde çentik, deformasyon kontrolü yapılmaktadır. Tel sürme ve germe işlemleri bittikten sonra kayma donatıları projeye uygun aralıklarla bağlanıp, boyuna donatı ve kaldırma halatları monte edilir. Kalıpların yan kapakları ile tabanın birleştiği hatta özel conta yapıştırılarak, kalıptaki beton kaçakları önlenmiş olur.

Laboratuvar, döküm öncesi nem tayinini yaparak beton dizaynını hazırlar. Kalıplar kapatılıp, betonun yerleştirilmesinde kullanılan 6000 devir/dakika satıh vibratörleri takılır. Vibratörler kalıbın her iki yanına alt ve üstte olmak üzere üç metre aralıklarla yerleştirilir. Vibrasyon süresi beton kıvamına bağlı olarak mühendisin önerisiyle belirlenir.

Beton santralı 20 m³/saat kapasitesindedir. Beton üretilirken karışıma sırasıyla agrega, çimento, suyun 2/3'ü ise otomatik dispence ile karışıma giren süperakışkanlaştırıcı katkı ile verilir.

Beton sıcaklığının 32°C olduğu durumlarda ısıyı düşürmek için kristal haline getirilmiş buz, soğuk havalarda 5°C olduğu durumlarda ise fabrikadan beton santralına kurulan özel su hattı ile 50°C su karışıma katılır. Beton santralından transmikserler yardımıyla fabrikaya getirilen beton 1 m³ kapasiteli kovalar yardımıyla kalıba dökülür. Döküm sahasına ulaşan her transmikserde TS 2871'e göre çökme testi yapılmakta olup, her giriş için 16 adet numune küp alınmaktadır.

Beton dökümü ve satıh ıslahı bittikten sonra 0.4 mm kalınlığında 2 kat naylon örtülür. 4 saat sonra buhar kuru başlatılıp, 1/2 saatte 10°C artırılarak max. 70°C ısıda 8 saat kure devam edilir. Daha sonra 1/2 saate 10°C azalarak kür sona erdirilir. (Zamana bağlı buhar kuru Tablo 2'de gösterilmiştir.) İki adet numune kırılıp transfer dayanımına ulaşıldığında teller kesilir ve girişler stok sahasına alınır. Yüzey görünümünde kusur bulunanların stok sahasında gerekli onarımları yapıp, 28 günlük dayanımlar proje mukavemetinin üzerinde olduğu takdirde sevkiyata hazır olarak bekletilir.

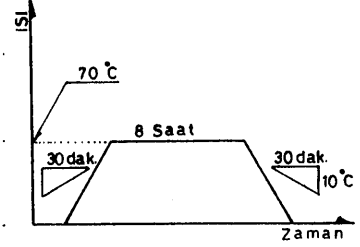
TABLO II KÜR KAYDI.

TARİH _____ :12/04/1991 İSTENEN ISI DEĞİŞMESİ

BETONUN YERLEŞTİRME ZAMANI: 1540

KİRİŞ NO _____ M8/19/26

ÇEVRE ISISI _____ :18 °C



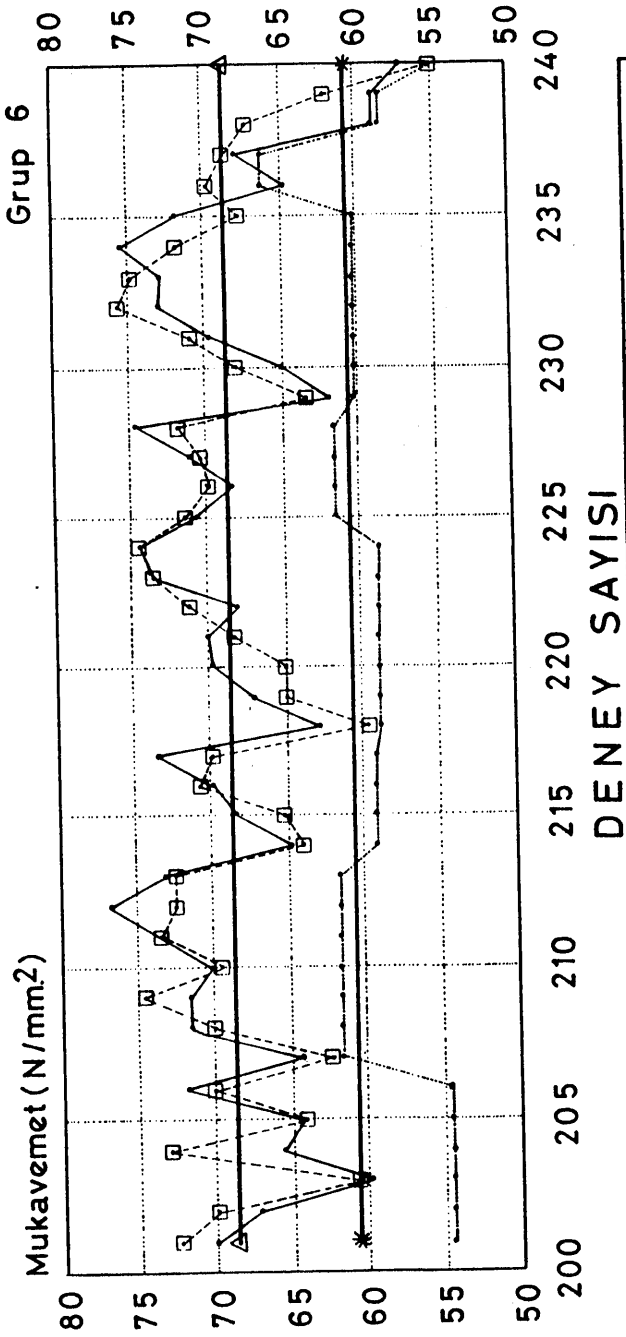
Zaman	İstenen ısı	Hakiki ısı	Notlar
A + 4 Saat	18	18	
A + 4 1/2	28	28	
A + 5	38	37	
A + 5 1/2	48	50	
A + 6	58	58	
A + 6 1/2	68	70	
A + 8	68	70	
A + 9	68	69	
A + 10	68	69	
A + 11	68	70	
A + 12	68	68	
A + 13	68	67	
A + 14	68	69	
A + 15	68	70	
A + 16 1/2	38	38	
A + 17	28	25	
A + 17 1/2	18	14	
A + 18			
A + 18 1/2			
A + 19			

TABLO III

52.5 N/mm² Beton mukavemet sonuçları-Grup: 6

NUMUNE NO.	BASINÇ MUKAVEMET(N/mm ²)			DÖKÜM TARİHİ
	7 GÜN	28 GÜN (Buh.)	28 GÜN (Su)	
201-M8/40-18	54.5	72.3	70.0	02/06/1990
202-M8/7-10	54.5	69.9	67.1	"
203-M8/22-11	54.5	60.6	59.7	05/06/1990
204-M8/22-12	54.5	72.9	65.6	"
205-M8/22-13	54.5	64.1	64.3	"
206-M8/22-14	54.5	70.0	71.7	"
207-M8/40-19	61.5	64.1	62.2	06/06/1990
208-M8/40-20	61.5	69.9	71.4	"
209-M8/40-21	61.5	74.4	71.4	"
210-M8/40-22	61.5	69.3	69.9	"
211-M8/40-23	61.5	73.3	73.3	"
212-M8/40-24	61.5	72.3	76.5	"
213-M8/7-11	61.5	72.3	72.9	"
214-M8/22-15	59.0	64.0	64.7	09/06/1990
215-M8/22-16	59.0	65.2	68.3	"
216-M8/22-17	59.0	70.6	69.7	"
217-M8/22-18	59.0	69.7	73.3	"
218-M8/40-25	58.7	59.4	62.7	11/06/1990
219-M8/40-26	58.7	64.9	67.0	"
220-M8/40-27	58.7	65.0	69.7	"
221-M8/40-28	58.7	68.2	69.9	"
222-M8/40-29	58.7	71.1	67.9	"
223-M8/40-30	58.7	73.5	73.8	"
224-M8/7-12	58.7	74.4	74.1	"
225-M8/22-19	61.5	71.3	70.6	12/06/1990
226-M8/22-20	61.5	69.7	68.2	"
227-M8/22-21	61.5	70.3	70.9	"
228-M8/22-22	61.5	71.8	74.5	"
229-M8/40-31	60.2	63.4	61.8	15/06/1990
230-M8/40-32	60.2	67.9	65.0	"
231-M8/40-32	60.2	70.9	69.6	"
232-M8/40-34	60.2	75.6	73.0	"
233-M8/40-35	60.2	74.8	72.8	"
234-M8/41-1	60.2	71.8	75.4	"
235-M8/41-2	60.2	67.7	71.8	"
236-M8/22-23	66.2	69.7	64.7	16/06/1990
237-M8/22-24	66.2	68.6	67.8	"
238-M8/22-1	58.4	67.1	58.8	"
239-M8/22-2	58.4	62.0	58.8	"
240-M8/40-36	54.6	55.1	56.9	19/06/1990

X	: 59.4	68.7	68.5 N/mm ² (Ortalama)
S.S.	: 2.9	4.6	4.9 N/mm ²
X-1.64 • S.S.	:		60.5 N/mm ²
7/28	: 0.87		



MUKAVEMET

* X-1.64.S.S.

—△— Ort. Su.

---□--- 28-G Buh.

—●— 28-G Su.

---●--- 7-G Su.

Şekil-2. 52.5 N/mm² Beton sonuçları grafiği

3. NUMUNE KÜP BAKIM VE BASINÇ DAYANIM SONUÇLARI

Üretimde her kiriş için 4 adet tel kesme, 3 adet 3 günlük, 3 adet 7 günlük, 6 adet 28 günlük kırılmak üzere numune küp alınmaktadır. Bu küplerden 7 adedi kirişle aynı şartlarda buhar kürüne alınmaktadır. Kür sonunda gerekirse 4 adedi tel kesme dayanımını elde etmek için kırılmakta, geriye kalan 3 adedi ise 28 günde kırılmak üzere 22°C'deki su tankında saklanmaktadır. Buhar kürüne alınmayan 9 numune ise 20°C sıcaklıkta laboratuvar odasında üzeri naylon örtülü olarak 15 -18 saat bekletildikten sonra 3,7,28 günde kırılmak üzere su kürüne alınmaktadır.

7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları Tablo 3 ve Şekil 2'de olduğu gibi 40 kirişe ait gruplar haline getirilmekte, böylelikle kalite kontrol günlük takip edilmektedir. Örnek olarak Grup 6'ya ait istatistik sonuçlar ;

7 Gün Aritmetik ortalama : $\bar{x} = 59.4 \text{ N/mm}^2$

28 Gün Aritmetik ortalama : $\bar{x} = 68.5 \text{ N/mm}^2$

Standart sapma : $S = 4.9 \text{ N/mm}^2$

Değişme katsayısı : $S/\bar{x} = \% 7.15$

olarak hesaplanmıştır. % 10 güvenlik derecesine göre sınıf dayanımı

$$X_{min} = \bar{x} - 1.64 \cdot S = 68.5 - 1.64 \cdot 4.9 = 60.5 \text{ N/mm}^2$$

olarak bulunmakta, B 52.5 sınıfı beton için şart olan minimum 52.5 N/mm²'lik sınırın sağladığı görülmektedir.

4. SONUÇ

Yüksek dayanımlı betonu kaliteli bir şekilde üretmek, ciddi yaklaşım, iyi organize olmuş bilgili ekip, çok sıkı kalite kontrol şartları, beton santrali kullanıp, fabrikasyon koşulları altında gerçekleştirilebilir.

Bilinçli, ne yaptığını bilen kadrolar, yeterli laboratuvar şartları ekonomik açıdan faydalı ve başarılı üretimler yapılmasına imkan vermektedir. 19 aylık bir üretim sürecinde 824 kirişte zayıf olmaması kalite kontrolde tavize yer verilmesinin, teorik bilgilerin pratiğe minimum hata ile taşınmasının sonucudur.