



**Teknik Not  
(Technical Note)**

## **Öngermeli Betonlar ve Özelliklerinin Teorik Olarak Araştırılması**

**Mehmet KOZAK**

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları 7. Bölge Yol Müdürlüğü, Afyonkarahisar/TÜRKİYE  
[mehmetkozak@tcdd.gov.tr](mailto:mehmetkozak@tcdd.gov.tr)

### **Özet**

Bu çalışmada öngermeli betonlar ve özelliklerinin teorik olarak araştırılması amaçlanmıştır. Günümüzde betonun değişik alanlarda kullanma ihtiyacının ortaya çıkması, beton teknolojisinde bazı gelişmelerin yaşanmasına neden olmuştur. Bu gelişmelerden birisi de öngermeli betonların üretilmesidir.

Öngermeli betonlar, yüksek dayanımlı beton ile yüksek dayanımı, haddelenmiş, yüksek elastik sınırlı çelik donatıların bir arada kullanılmasıyla elde edilen, çeliğe yapay olarak verilen gerilmenin aderans yoluyla betona iletilmesiyle kesitte oluşacak çekme gerilmelerinin yok edilmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Öngerme sistemi ve tekniği; kimyasal öngerilme, öncekim ve ardçekim olmak üzere üç başlık altında sınıflandırılabilir.

Öngermeli betonlar; yüksek kaliteli çelik ve betonun beraber kullanılmasıyla ağırlığın azaltılarak büyük açıklıkların ekonomik olarak geçilebilmesi, kesitin bütün yüksekliğinin çalışmasını sağlayarak narin ve cazip elemanlar yapmayı, iç kuvvetlerin istenilen durumda olmasını sağlayarak sehimleri istenilen mertebede tutabilmeyi ve çatlama durumuna hakim olabilme gibi bir çok avantaj sağlamaktadır. Öngermeli beton, köprüler, viyadükler, kazıklar, zemin ankrajları, silolar, dini yapılar, barajlar, spor tesisleri, konser salonları, demiryolu beton traversleri, yapı elemanlarında kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Öngerilme, Kimyasal Öngerilme, Öncekim, Ardçekim, Öngermeli Beton, Öngermeli Betonun Özellikleri

## **Investigation of the Prestressed Concrete and Its Features Theorically**

### **Abstract**

In the study, the prestressed concrete and its features are studied theoretically. At present, a need to use the concrete at different areas has come up. Therefore that has caused some developments in the technology of concrete one of these developments is production of the prestressed concrete.

The prestressed concrete may be defined as a process that the tensile stress, will appear on section, annihilated by that stress, which its high strenght are milled by the high strength, made up by using steel equipments with high elastic limit and mixed with the steel as artificial, conducts the concrete by adherence. The system and technic of prestressed are classified under three topics as the chemical prestressed, the pro-tensioned, the post-tensioned.

The prestressed concrete provides many advantanges in that great precisions can closure as economic by reducing the height with using together the high steel and concrete, that slight and convenient are made up by providing working all height of the sections, that deflections can keep at intended level by providing that internal forces are at intended sition, that the split can be prevented. The prestressed concrete is used in constructions as bridges, viaducts, columns, ground anchors, silos, religious constructions, dams, sport complexes, concert halls, railroad ties.

**Key Words:** The Prestressing, The Chemical Prestressig, The Pre-Tensioned, The Post-Tensioned, The Prestressed Concrete and Features of The Prestressed Concrete.

## 1. GİRİŞ

Beton, agrega, çimento, su ve gerektiğinde bazı mineral ve kimyasal katkı maddelerinin birlikte karılmasıyla elde edilen, başlangıçta akışkan olduğu için istenilen kalıbın şeklini kolayca alan, sertleştikten sonra ise yüksek bir dayanıklılık ile belirli bir taşıma gücü için gerekli dayanımı sağlayabilen yapay bir yapı malzemesidir [1]. Beton sahip olduğu özelliklerinden dolayı en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden biridir. Yaşadığımız çevredeki hemen hemen tüm barınma ve alt yapı tesislerinin yapımında kullanılan temel malzeme betondur. Hızla nüfusu artan dünyada önümüzdeki yıllarda da kullanımı, kolay ve basit yapılabilirliğiyle, ekonomikliğiyle ve sahip olduğu teknik özellikleriyle kullanılmaya devam etmektedir [2].

Beton kalitesindeki yükselme, günümüzde kullanılan çağdaş teknolojinin bir parçası olarak dikkat çekicidir. Beton kalitesi yükselmesiyle, sadece yapının genel kalitesine bir katkıda bulunuyor olmakla kalmayıp, daha özel olarak, yapısal direnç artırılmış ve yapı güvenlik mertebesi yükseltilmiş olur [3].

Günümüzde betonun değişik alanlarda kullanma ihtiyacının ortaya çıkması, beton teknolojisinde bazı gelişmelerin yaşanmasına neden olmuştur [4]. Bu gelişmeler doğrultusunda yapı elemanının özelliğine göre üretilen betonlara özel beton denir. Bu betonlar genellikle; betonu meydana getiren bileşenlerin oranlarının değiştirilerek, beton üretim tekniğinde değişiklik yapılarak, betonun üretim sırasında özellik değiştiren katkı maddesi kullanılarak veya bu sayılan yöntemlerden bir kaçının bir arada kullanılmasıyla üretilirler. Bu betonlar; püskürtme, lifli, ferro cement, vakumlu, brüt, derz, geçirimsiz, ankraj, yeşil, endüstriyel, pompa, ısı işlem, perdah, rödresi dengelenmiş, yüksek mukavemetli, yüksek sıcaklığa dayanıklı [5], kütle, kendiliğinden yerleşen, ağır, polimer, hava alanı, yol, ayda ve öngerilmeli beton olarak sınıflandırılabilir [6].

## 2. ÖNGERİLMELİ BETON

Öngerilmeli beton klasik betonarmenin çeşitli yetersizliklerini ve eksiklerini giderebilmek için ortaya çıkan bir teknolojidir. Modern mühendisliğin en önemli gelişmelerinden biri olan öngerilmeli beton bir malzeme aynı zamanda da bir teknolojinin adıdır. Öngerilmeli beton kısa bir zaman içerisinde geleceğin yapı malzemesi olarak süratle ön sırayı almış bulunmaktadır. Bu yapı malzemesi yöntemi; ekonomi, hız, uzun ömürlülük, yangına dayanıklılık, enerji tasarrufu ve mimari esneklik sağlar. Bu nedenle, öngerilmeli beton, inşaatta önemli bir atılımı temsil etmektedir. Öngerilmeli beton, enerji tasarrufu sağlayan izolasyonlu öngerilmeli beton duvar olarak üretiminden, kiriş ve kolonların modüler elemanlar olarak monte edilmesine, ağır sanayi tesislerine ve geniş açıklıklı zarif köprülere kadar çok çeşitli olabildiği gibi, büyük veya küçük her tip binanın yapısal ve mimari gereksinimlerini de karşılayabilmektedir. Öngerilmeli betonun kullanımındaki artış büyük bir hızla devam etmektedir. Bütün belirtiler göstermektedir ki, tasarımcılar, uygulayıcılar veya kullanıcılar beton ve çeliğin bu olağan üstü aderans yeteneğinden henüz yeni istifade etmeye başlamışlardır.

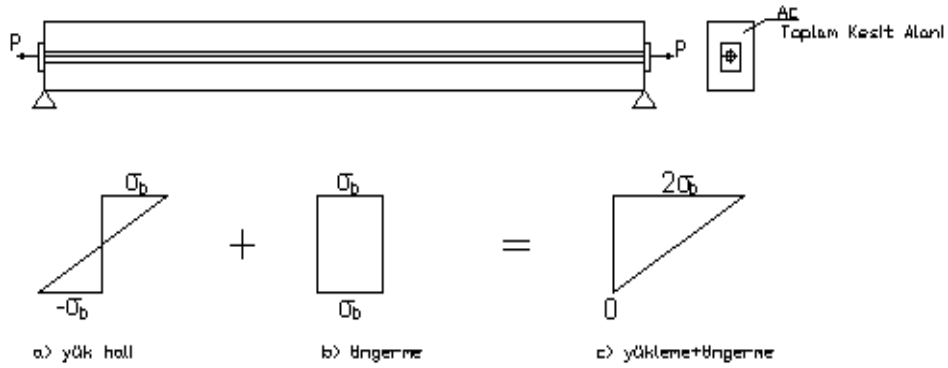
Öngerilmeli beton, bir tarife göre, çeşitli iletme yükleri altındaki davranışını ve dayanımını geliştirmek üzere, bir yapı elemanına bilinçli olarak kalıcı gerilmeler verilmesidir. Bir başka tarife göre, bir yapı elemanında, işletme yüklerinin meydana getirdiği eğilmeye zıt yönde eğme sağlayabilen kuvvetlerin uygulanmasıdır. Daha basit olarak öngerilmeli betonun tanımı; yüksek dayanımlı beton ile yüksek dayanımlı, haddelenmiş, yüksek elastik sınırlı çelik donatıların bir arada kullanılmasıyla elde edilen, çeliğe yapay olarak verilen gerilmenin aderans yoluyla betona iletilmesiyle kesitte oluşacak çekme gerilmelerinin yok edilmesi işlemidir [6].

Betonda çekme etkisi yaratacak kuvvetlerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı betonun gösterebileceği direnme kabiliyetine betonun çekme dayanımı denilmektedir [7]. Beton malzemesinin çekme dayanımının çok düşük olduğu, basınç dayanımının 1/8 – 1/14'ü arasında olduğu bilinmektedir.

Betonda yapay olarak bir ön basınç oluşturduğu takdirde işletme sırasında doğacak çekme gerilmeleri bu basınç gerilmeleriyle yok edilir.

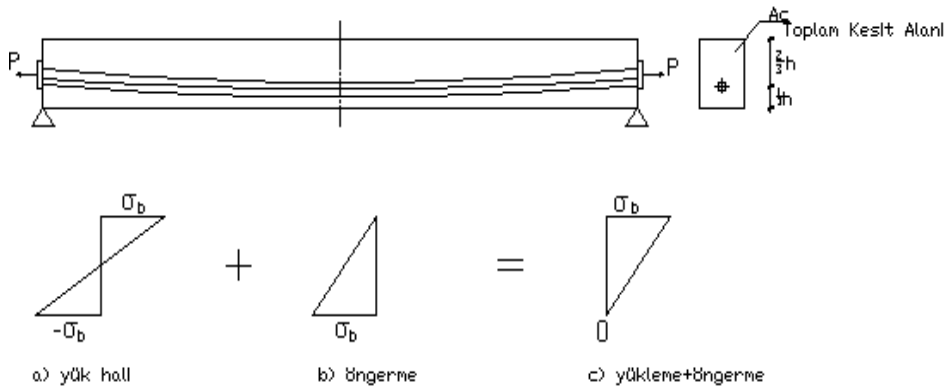
Öngermeli beton, yüksek dayanımlı beton ile yüksek dayanımlı çeliğin aktif olarak çalışmasıdır. Çelik sünektir ve öngerilme sayesinde yüksek gerilme altında kullanılabilir özellikte sahiptir. Oldukça yüksek oranda gerilen çeliğin etkisiyle, yapı elemanında enerji depolanır. Bu enerji, yapı elemanının alt kısmında sıkışma meydana getirir ve hafif ters bir sehim oluşturur. Öngerilme işlemiyle, betonun zayıf olan çekme kapasitesindeki eksiklik yok edilir ve yüksek dayanımlı bu iki malzemenin ideal bir birleşimi sağlanır. Bu şekilde, kirişin kendi ağırlığını taşımak zorunluluğunu ortadan kaldıran yukarı doğru bir kuvvet meydana getirilmiş olur. Kirişin uzunluğu boyunca ortaya çıkan bu kuvvet, kirişe uygulanan yüklere karşı koyar.

Öngermeli taşıyıcı elemanın davranışını en basit şekli ile tanımlayabilmek için basit, ortası çelik tellerin geçmesi için boş olan izostatik bir kiriş düşünülebilir (Şekil 1.). Taşıyıcı kiriş elemanının üzerinde yük bulunması durumunda oluşacak gerilme dağılımı Şekil 1.a'da görüldüğü gibi olacaktır. En dışlardaki liflerde  $\sigma_b$  (basınç) ve  $-\sigma_b$  (çekme) gerilmeleri oluşacaktır. Şekil 1.b'de ise P kuvveti ile gerilmiş ve düzgün bir gerilme dağılımı elde edilmiş olan öngermeli tellerdeki gerilme dağılımı görülmektedir. Bu iki sistem birleştirilip toplandığında ise Şekil 1.c'deki gerilme dağılımı bulunmuş olur. Şekilde 1.'de görüldüğü gibi çekme gerilmeleri yok edilerek kesitin çatlaması engellenebilmektedir [6].



Şekil 1. Merkezden gerdirilen öngermeli basit kiriş [6]

Pratikte bu uygulama farklı olarak gerçekleştirilir. Zira bu uygulamadan da görülebileceği gibi sistemde çekme gerilmeleri yok edilmesine karşın basınç gerilmeleri 2 katına çıkarılmıştır. Betonun zamana bağlı şekil değiştirmelerinden olan sünme yüksek basınç gerilmeleri altında daha da artacağından sistemin biraz daha iyileştirilerek bu soruna çözüm bulunması gerekmektedir. Germe kabloları kiriş merkezinde alt çekirdek noktasından geçirilecek olursa beton basınç gerilmeleri azalır (Şekil 2.) bunun yanında öngerilme kuvveti de azalmış olur [6].



Şekil 2. Dış merkezli gerdirilen öngermeli basit kiriş [6]

Öngerilmeli betonda kullanılabilir çimento, agrega, su ve katkı maddeleri için TS 3233'de verilen standartlara uyulması gerekmektedir. Öngerilmeli betonun yüksek dayanımlı olması gereklidir. En düşük beton sınıfı C 30 olmalıdır. TS 3233'e göre bu dayanım en az C 25 olarak belirtilmiştir [6].

### 3. ÖNGERİLMELİ BETON MALZEMELERİ

**Çimento:** Normal Portland çimentosu öngerilmeli betonda kullanılabilir. Öngerilmeli betondan yapı elemanlarında en az 300 kg/m<sup>3</sup> çimento bulunmalıdır. Öngerilmeli beton yapılarda bu değerler normal Portland çimentosu kullanılıyorsa 500 kg/m<sup>3</sup> ve uçucu kül ya da öğütölmüş yüksek fırın cürüflü çimentosu kullanılıyorsa 550 kg/m<sup>3</sup> değerlerine kadar çıkabilir [8].

**Agrega:** Öngerilmeli betonda yıkanmış, temiz, dayanıklı ve yuvarlak tüvenan agrega kullanılmalıdır. Uygun agrega temini zor ise yıkama, eleme ve uygun granölometrenin sağlanması gibi özel koşulları yerine getirmek koşuluyla kırma taş da kullanılabilir.

**Su:** İçilebilir nitelikteki her su uygundur.

**Katkı Malzemeleri:** Öngerilmeli betonda katkı malzemelerini kullanmamak gerekir. Eğer katkı maddesi kullanılması gerekiyorsa, özellikle su depolarında deneysel karışımlarla uygunluğu tespit edilmelidir. Plastikliği artırıcı, viskoziteyi düzenleyici ve genleştirici özelliği olan bazı katkı maddeleri kullanılabilir. Katkı maddelerinde korozyon oluşturabilecek maddeler ile sertleşme sürecini hızlandırıcı maddeler bulunmaması gerekir [9].

### 4. ÖNGERME SİSTEMİ VE TEKNİĞİ

Günümüzde birçok öngerme sistemi ve tekniği geliştirilmiş, öngerilmeli beton tekniği yaygın olarak kabul görmüş ve uygulanmaktadır. Kimyasal öngerilme, önçekim ve ardçekim olmak üzere üç başlık altında sınıflandırılabilir.

**Önçekim:** Önçekim metodunda, öngerilme donatıları önceden belirlenen bir gerilme miktarınca gerilerek sabit kütlelere ankrajlanırlar. Beton bu gerilen donatıların etrafına yerleştirilmiş kalıpların içine dökölür, bakımı yapılır ve yeterli dayanımına ulaşınca donatılar serbest bırakılır. Beton ile donatılar arasındaki aderans donatıların kılmasına direnç gösterir ve böylece beton basınç gerilmesi ile yüklenmiş olur. Burada önçekim kelimesindeki "ön" eki beton sertleşmeden önce donatıların çekme gerilmesi ile yüklendiğini ifade etmektedir. Öngerilme donatılarını germek için genellikle hidrolik krikolar kullanılmaktadır.

Önçekim metodu ile üretilen elemanlarda, beton ile donatı arasındaki aderansın mümkün olduğunca fazla olmasını sağlamak için öngerilme donatılarının çapının küçük seçilmesinde fayda vardır.

Önçekim metodu fabrikasyon için büyük potansiyeller sunduğundan daha çok tercih edilmektedir. Uzun hat üretim tekniğiyle oldukça uzun miktardaki öngerme teli tek seferde gerilerek peş peşe sıralanan birkaç kalıba aynı anda beton dökölür, birden fazla öngerilmeli kiriş bir çekme işlemi ile üretilebilmektedir. Önçekim mekanizmasının daha ekonomik kullanımı maksadıyla öngerilmeli kiriş betonunun kürü çok iyi yapılmalı ve mümkün olan en kısa sürede betonun gerekli mukavemeti kazanması sağlanarak aktarma işlemi yapılmalıdır.

**Ardçekim:** Ardçekim metodunda beton dököldükten ve yeterli mukavemeti kazandıktan sonra öngerilme donatıları gerilir ve beton elemanın uç noktalarına ankraj edilir.

Kılıf denilen ince cidarlı borular beton dökülmeden önce eleman boyunca yerleştirilir. Donatılar bu kılıflar içine beton dökülmeden önce serbest bir şekilde veya beton dayanımını kazandıktan sonra yerleştirilebilirler. Donatılar gerildikten ve ankrajlandıktan sonra, kılıflar ile donatılar arasındaki boşluk sonradan sertleşen özel bir harç ile doldurulur. Bu harç sayesinde, donatı ile onu çevreleyen betonun aderansı sağlanmış, öngerilmeli elemanın çatlamaya karşı direnci artırılmış ve donatılardaki korozyon riski azaltılmış olur.

Yukarda anlatıldığı şekliyle kılıflar ile donatılar arasındaki boşluk harç yerine yağ ile doldurulması durumunda, donatı boyunca aderans kaldırılmış olacak ve donatıdaki gerilme betona sadece uç noktalardeki ankrajlardan aktarılacaktır. Aderanssız öngerilme donatıları genellikle yağ yada bitümlü malzemelerle kaplanıp, su geçirmez malzemelerle sarılarak yada esnek plastik boruların içine sokularak beton dökülmeden önce kalıp içine yerleştirilirler.

Ardçekim metodu prefabrike elemanlarda da kullanılmasına rağmen, yerinde dökme elemanlar için çok daha yararlı olarak kullanılmaktadır. Özellikle boyutu itibariyle taşınması mümkün olmayan elemanların ardçekim metoduyla öngerilme vermek suretiyle yerinde dökme olarak üretilmesi çok daha verimli bir yöntemdir.

**Kimyasal Öngerme:** Kimyasal öngerme de öngerme donatıları gerilmeden kalıp içine yerleştirilirler ve beton dökülür. Kullanılan özel genleşen çimentolar sayesinde beton, kürünün ardından sertleşme süresi boyunca büzölmek yerine genleşmeye çalışır. Ancak donatı ile beton arasındaki aderans nedeniyle, betonun, öngerme donatısı yerleştirilmiş olan bölümleri genleşemeyerek donatıda çekme ve betonda ise basınç gerilmesi oluşması sağlanır. Burada betonun genleşmesinin kontrol edilmemesi ve öngerme verilecek yönün dışında da genleşme oluşması gibi sakıncalar nedeniyle kimyasal öngerme henüz uygulamada pek kullanılmamaktadır [10].

## 5. ÖNGERME DONATILARI

**Öngerme Teli:** Yüksek dayanımlı, çeşitli çaplarda düz ve kıvrık çelik tellerdir.

**Öngerme Toronu:** Bir telin etrafında bir veya birden fazla telin veya en az iki telin birbirine sarılmasıyla elde edilmiş örgüdür.

**Öngerme Çubuğu:** Yüksek dayanımlı çeşitli çaplarda üretilmiş özel alaşımlı çelik çubuktur.

**Öngerme Kablo:** Öngerme tel, toron veya çubukların grup olarak kullanılmasıdır. Bu kablolar ard çekme yöntemlerinde kullanılır.

**Öngerme Çeliği:** Öngerme donatısı, öngerilmeli elemanlarda donatı olarak kullanılan, tel, toron, çubuk veya bunlardan oluşan kablodur.

**Kılıf:** Sonradan germeli elemanlarda, betonun içinde öngerme donatısını geçeceği yörüngede boşluk bırakmak için kullanılan metal yada plastik borulardır.

**Ankraj Kilidi:** Öngerme kablosunu kesme işleminden sonra içeri kaçmasına izin vermeyecek şekilde üretilmiş ve yerine konmuş aytıttır.

**Öngerilme Verme Aytıtı:** Öngerilme verme işleminde kullanılan çekme aytıtlarıdır bu aytıtlara veren ya da jak da denir. [9].

## 6. SONUÇLAR

Basınç dayanımı karşısında çekme dayanımı düşük olan betonun donatı takviyesi ile betonarmeye dönüşümünün ileri aşaması olan öngerilmeli beton teknolojisi taşıyıcı sistemlerin daha ekonomik, daha estetik ve daha kullanışlı bir seviyeye gelmesini sağlamıştır. En çok kullanılan taşıyıcı sistem malzemesi olan betonarmeye karşı yeni teknolojiler ortaya çıkana kadar mevcut durumun iyileştirilmesi adına geliştirilmiş olan öngerilmeli beton teknolojisi mühendislik ihtiyaçlarını karşılamakta ve gelişen teknoloji ile daha da ileri noktalara ulaşacaktır [11].

Öngerilmeli beton, köprüler, viyadükler, kazıklar, zemin ankrajları, silolar, dini yapılar, barajlar, spor tesisleri, konser salonları, demiryolu beton traversleri, yapı elemanlarında kullanılmaktadır [12]. Öngerilmeli betonun avantajları aşağıda belirtilmektedir;

- Öngermeli beton elastik bir malzemedir, yükler kaldırıldığında ilk durumuna döner bu nedenle dinamik etkiler altında kalacak yapılar için uygundur,
- Öngermeli beton homojen ve çatlaksız olduğundan su geçirmez,
- Öngermeli elemanların en kesitleri küçülür böylece çelik ve beton sarfiyatından tasarruf sağlanır. Bunun sonucu olarak yapı hafifler temeller küçülür [13],
- Yüksek kaliteli çelik ve betonun beraber kullanılmasıyla ağırlığın azaltılarak büyük açıklıkların ekonomik olarak geçilebilmesini sağlar,
- Kesitin bütün yüksekliğinin çalışmasını sağlayarak narin ve cazip elemanlar yapmayı sağlar,
- İç kuvvetlerin istenilen durumda olmasını sağlayarak sehimleri istenilen mertebede tutabilmeyi ve çatlama durumuna hakim olabilmeyi sağlar [14],
- Prefabrike olarak kullanıldığında kalıptan tasarruf edilebilmektedir,
- Akma dayanımı yüksek çelik kullanıldığı için öngerilmeli beton elemanlarında daha az donatı kullanılmaktadır,
- Yüksek mukavemetli beton ve çelik kullanılması ile ağırlık azaltılarak büyük açıklıkların ekonomik olarak geçilebilmesi sağlanmaktadır,
- Çatlaklar tamamen ortadan kaldırılarak yapıların daha emniyetli bir hale gelmesi sağlanmaktadır [15],
- Hız, uzun ömürlülük ve enerji kaybının önlenmesini sağlar [16].

## 7. KAYNAKLAR

1. Baylavlı, H., 2008, “Lastik Agregalı Kendiliğinden Yerleşen Taze Beton Özelliklerine Farklı Katkıların Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
2. Yazıcı, Ş., İnan Sezer, G., 2008, “Çelik Lifli Betonların Darbe Direncine Agreganın Maksimum Boyutunun Etkisi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 14, Sayı 3, Sayfa 237-245

3. Arıöz, Ö., Yıldız, D., Nalçacı, M., Karaesmen, E., Erkay, C., 2004, “Betonarme-Öngermeli Beton Taşıyıcı Sistemlerde Beton Kalitesi Yükseltilmesi Olayının Ekonomik Boyutu”, Beton 2004 Kongresi, 131-140, İstanbul.
4. Kozak, M., 2010, “Beton Travers Üretiminde Agreg a Türü (Bazalt-Kalker) ve Çelik Lifin Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
5. Şimşek, O., 2000, “Yapı Malzemeleri II”, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
6. Topçu, İ. B., 2006, “Beton Teknolojisi”, Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir.
7. Erdoğan, T. Y., 2007, “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara.
8. Caferov, O., 2005, “Öngerilmeli Betondan Boşluklu Plak Köprülerin Yapay Sinir Ağları ile Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
9. Kemal Ali, M., 2010, “Öngermeli Betonarme Köprü Kiriş i Modellenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.
10. Aydın Z., 2006, “Öngerilmeli Beton Kiriş li Köprü Üstyapılarının Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı”, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
11. Ünal, O., Kürklü, G., 2007, “Öngerilmeli Beton Teknolojisi”, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Sayı 2, Sayfa 26-35
12. Özden, K., Eren, İ., L. Trupia, A. L., Öztürk, T., 1998, “Öngermeli Beton”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
13. Ayaydın, Y., 1989, “Büyük Açıklı Prefabrike Betonarme Yapılar”, MSÜ, İstanbul.
14. Yanık, S., 2007, “Betonarme U Kesitli Sisteme Monte Edilecek Kiriş li ve Kirişsiz Öngerilmeli Prefabrik Elaman Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Samsun.
15. Oflazoğ lu, M. Z., 2007, “Öngerilmeli Beton Kolonların Analiz ve Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
16. Oğuz, S., 1989, “Ön Gerilmeli Beton”, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.