

三協Mirai News



2015年秋号 No. 11

三協Miraiからお届けする、技術情報ニュースです



- シリーズ「歴史」プレストレストコンクリート
- 特集 コンクリートの圧縮強度試験
- 技術ニュース コンクリートの品質管理指針・同解説
- 日本のコンクリート構造物

プレストレストコンクリート

■プレストレストコンクリートとは

プレストレスト（PC）コンクリートは、あらかじめ応力を与えられたコンクリートのことです。コンクリートにプレストレス（応力）を与えるためにはPC鋼材と呼ばれる高強度の鋼材を使用します。プレストレストコンクリートを造るためには、コンクリート中にPC鋼材を埋め込み、PC鋼材を引っ張って張力を与えた後にコンクリートと固定します。すると引っ張られたPC鋼材は元に戻ろうとして、コンクリートに圧縮力を与えることとなります。このことにより、コンクリートに引張応力によるひび割れを発生させない構造とすることが出来ます。プレストレストコンクリートは、橋梁や電柱、コンクリートパイプ、貯水用のタンク、卵形消化槽などに使われています。また建築物では梁や床スラブなどにも使われています。



PC橋



卵形消化槽

■プレストレストコンクリートの歴史

19世紀後半に鉄筋コンクリートが発明されて以来、多くの構造物が鉄筋コンクリートで造られてきました。20世紀初期からは橋の材料としても本格的に使われるようになります。

しかし、長いスパンに橋桁を架ける場合、橋桁の重量が大きくなりすぎて構造的に無理が生じます。それを解決したのがプレストレストコンクリートです。

プレストレスの考え方の歴史は古く、1886年にはアメリカのジャクソンがプレストレスの導入方法を発明しています。しかしこのころは引張強度の低い鋼材しかなく、またコンクリートのクリープや乾燥収縮などの性状もよく解っていませんでした。そのため、コンクリートにプレストレスを与えても、プレストレス力が減少してしまい張力を維持することが出来ませんでした。

プレストレストコンクリートを最初に実用化したのは、フランスの技術者フレシネーです。フレシネーは高張力の鋼材や高強度コンクリートを用いるための技術を研究し、1926年にプレストレストコンクリート技術の特許を取得し、1928年に実用化に成功しています。その後1940年代には中央桁間が100mを超えるプレストレストコンクリート橋が架けられるようになります。

日本では1928年にフレシネーがフレシネー工法として日本に特許出願をしています。1951年には国鉄がPC枕木を実用化し、また日本最初のPC橋の長生橋（プレテンスラブ橋、支間3.86m：七尾市）が完成しています。

翌 1952 年には日本最初のプレテンT桁橋の泰平橋が、1953 年には日本最初のポストテン桁の東京駅 6,7 番ホーム橋が完成しています。また 1954 年には本格的な PC 橋の第一号となる、第一大戸川橋梁（国鉄信楽線、L = 30m）が完成しています。1960 年代には東海道新幹線、東名名神高速道路の建設に伴い PC 構造物は急速に普及しました。2000 年代になると橋長 456m の中野地区橋梁（福島県）や 839m の中ノ合高架橋などが完成しています。



第一大戸川橋梁（登録有形文化財）

■プレストレストコンクリートの製造方法

プレストレストコンクリートの製造方法は、プレテンション方式とポストテンション方式の二つがあります。これは、コンクリートを打設する前（プレ）に緊張するか、打設した後（ポスト）に緊張するかによるものです。

・プレテンション方式

プレテンション方式は主に工場で製造する場合の方式で、以下の手順でプレストレスを導入します。

- ①型枠内に PC 鋼材を設置し、型枠両端に設けた反力台の間の PC 鋼線をジャッキで緊張する。
- ② PC 鋼線を緊張したままで、鉄筋を組立て、コンクリートを打設する。

③コンクリートが所定の強度になった後に、両端の PC 鋼線を切断する。このことによりコンクリートに緊張力が導入される。定着力はコンクリートと鋼材の付着により保持される。

・ポストテンション方式

ポストテンション方式は、緊張力を幅広く選ぶことができ、大型構造物への適用が可能な方式です。プレストレスは以下の手順で導入します。

- ①型枠内にダクトを設置し、ダクト内に PC 鋼材を配置する。
- ②コンクリートを打設し、養生後型枠を脱型する。
- ③コンクリートが所定の強度になった後、PC 鋼材を緊張し、定着具で固定する。PC 鋼材の定着力は定着具によって保持される。
- ④緊張後、ダクト内にグラウト材を注入する。

■プレストレストコンクリートに使われる材料

プレストレストコンクリートでは以下のような材料が使われます。

- ① PC 鋼材：PC 鋼材はプレストレストコンクリートに緊張を与える緊張材です。緊張材には PC 鋼線、PC 鋼棒、PC 鋼より線などがあります。
- ②ダクト：ダクトはポストテンション方式で PC 鋼材を設置する管で、シーストとも呼ばれます。
- ③グラウト：グラウトはダクトと PC 鋼材の空隙に充填するセメントミルクです。グラウトを注入することにより PC 鋼材、ダクトとコンクリートの一体化を図るとともに、PC 鋼材を腐食から保護する役割もあります。
- ④定着具：PC 鋼材の端部をコンクリートに定着するための器具で、くさび方式、ねじ方式などの種類があります。

特集 コンクリートの圧縮強度試験

コンクリートの圧縮強度試験方法

コンクリート構造物の圧縮強度を推定するための試験方法について、以下の6つの試験方法についてご紹介します。

- ・破壊試験：コンクリートコアによる強度試験
- ・微破壊試験：ボス供試体による強度試験、小径コアによる強度試験
- ・非破壊試験：反発度法、衝撃弾性波試験、超音波試験

コンクリートコアによる強度試験

コンクリートコアによる圧縮強度試験は、実際の構造物からコア供試体を切り取って直接的に構造体コンクリートの強度を確認する方法です。供試体の切り取りはコアドリルを用いて、円柱形のコアを採取します。コアを採取するにあたっては、コンクリートの打継面や型枠際を避け、鉄筋を切断しない位置で行います。コアの直径は粗骨材の最大寸法の3倍を超える寸法、高さとの比は1.90～2.10とし、どのような場合にも1.0以下にならないようにします。高さとの比が1.90より小さい場合は、試験で得られた圧縮強度に補正係数を乗じて強度を補正します。

ボス供試体による強度試験

ボス供試体による試験は、コンクリート打設前に型枠の外側にあらかじめボス型枠を取り付けておき、コンクリートを打設します。コンクリート硬化後にボス型枠を割り取り、供試体を取り出し、圧縮強度試験を行います。

ボス供試体は、打設されたコンクリートとほぼ同様な環境・施工条件で作製されるためコア供試体と同様な強度試験結果が得られます。ボス供試体による圧縮強度試験は、圧縮強度が 130N/mm^2 以下、粗骨材の最大寸法が40mm以下、スランプが8cm以上のコンクリートに適用できます。



ボス型枠の取り付け



ボス供試体

小径コアによる強度試験

小径コアによる強度試験は、直径20mm程度の小径コア供試体の圧縮強度から、実験式を用いて補正することによって、コンクリートの圧縮強度を推定する方法です。小型の機械でコアが採取でき、採取跡の補修も容易にできます。またコアの径が小さいため、鉄筋量の多い部位でも、鉄筋を切断することなく供試体の採取ができます。小径コアによる強度試験は、既存構造物を対象としており、コンクリートの実強度が 80N/mm^2 程度まで適用が可能です。



φ100mmのコアと小径コア

反発度法

反発度法はコンクリートの表面をリバウンドハンマーによって打撃し、その反発度から強度を求める方法で、シュミットハンマーが代表的な測定器です。構造物に損傷を与えずに簡便に測定することができますが、測定精度はやや低く、コア強度に対して±20%程度とされています。またコンクリートの湿度や表面の粗さなどにより、測定結果が影響を受けるほか、厚さの薄いコンクリートでは正確な測定ができないことがあります。測定可能なコンクリート強度の範囲は使用する測定器によって異なりますが、およそ 10~60 N/mm²とされています。



リバウンドハンマーによる測定

衝撃弾性波試験

衝撃弾性波試験は、同一配合のコンクリートの場合、弾性波伝播速度と圧縮強度が良い相関を示すという性質を利用して、コンクリート構造物の圧縮強度を推定する方法です。弾性波速度は、コンクリートの表面をインパクト（鋼球）で軽く打撃し弾性波を発生させ、センサーで測定します。一般にコンクリートの弾性波伝播速度は、強度が高いほど速くなります。

衝撃弾性波試験による強度推定は以下の手順で行います。

①打設するコンクリートで円柱供試体を複数

作製し、材齢ごとに弾性波速度と圧縮強度試験を行う。

②弾性波速度と圧縮強度の測定値から、圧縮強度推定式を求める。

③コンクリート構造物の表面をインパクトで打撃し弾性波速度を測定する。

④測定された弾性波速度と圧縮強度推定式から圧縮強度を求める。

衝撃弾性波試験では、おおむね±15%以内の誤差で強度推定が可能とされています。



衝撃弾性波試験状況

超音波試験

超音波試験も衝撃弾性波試験と同様に弾性波法に分類される方法で原理的には同じものです。衝撃弾性波試験では 20kHz 以下の周波数帯を使用しますが、超音波法は 20kHz 以上の超音波域と呼ばれる周波数帯を使用します。

測定は発信子から発射された弾性波を受信子で測定し、超音波伝播速度を算定します。強度推定の手順は衝撃弾性波試験の場合と同様です。



超音波試験状況

日本建築学会・コンクリートの品質管理指針・同解説

2015年2月、日本建築学会は「コンクリートの品質管理指針・同解説」を改定しました。上記指針の主要な改定点をお知らせします。

(1) コンクリートの種類

コンクリートの種類が次の3種類に分類された。

- ① JIS マーク表示製品：JIS A 5308 への適合を性能評価機関から認証されたコンクリート。
- ② JIS マーク表示製品でないもの：JIS A 5308 に適合するが、性能評価機関からの認証を受けていないコンクリート。
- ③ 国土交通大臣の認定を受けたもの：JIS A 5308 に適合しないが、法第37条に基づき指定性能評価機関から認証され、国土交通大臣が認定したコンクリート。

(2) 設備工事に係る事項

設備配管をあと施工する際に鉄筋が切断される問題があるため、設備工事に係る事項が追加された。

(3) レディーミクストコンクリート工場の選定

要求条件に適合する材料が得られない工場は選定対象から除外することを趣旨として、最初に材料の調査および選定を行った後に工場の調査を行うよう改められた。

(4) JIS A 5308 に定められていない性能

乾燥収縮率やヤング係数などが設計図書で要求された場合の、生コン工場の選定やコンクリートの性能の確認方法が追加された。

(5) レディーミクストコンクリートの発注

国土交通大臣の認定を受けたコンクリートを発注する際の指定事項が新たに追加された。

(6) コンクリートの圧縮強度の検査

構造体コンクリート強度用の供試体の養生を標準養生とする場合は、受入検査用の供試体と併用することが、工事監理者の承認のもとで可能となり、併用する場合の規定が追加された。

- ・ A法：構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用しない場合（従来からの方法と同じ）
- ・ B法：構造体コンクリート強度の検査と受入検査を併用する場合

日本のコンクリート構造物

木製補剛トラスを持つ日本有数の長大橋 —桃介橋—

長野県南木曾町にある桃介（ももすけ）橋は、電力王と呼ばれた福沢桃介（諭吉の娘婿）が読書（よみかき）発電所建設の資材運搬用トロッコのために、1922年（大正11年）に完成させたものです。この橋は木製補剛トラスをもつ多径間吊橋としては日本有数の長大橋です。橋の全長は247m、幅2.7mで、下部は石積み、上部は鉄筋コンクリートの主塔が3基あります。一時は老朽化が進み通行止めとなり取り壊しも検討されましたが、住民から保存の声があがり1993年（平成5年）に復元され、生活道路、観光資源として活用されています。1994年（平成6年）に近代化遺産として国の重要文化財に指定されています。



全景



鉄筋コンクリート製の主塔 橋の中央にトロッコのレールを模した板が敷かれている



中央主塔から中州へ降りる石段



渡り初め式 後列左 桃介、右 貞奴

三協M i r a i 株式会社

本 社	〒105-0013	東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル) Tel. 03(3431)8266/Fax. 03(3434)5422
大阪支店	〒541-0059	大阪市中央区博労町 3-3-7 (O R E 本町南ビル) Tel. 06(6252)7075/Fax. 06(6252)7076
仙台営業所	〒980-0023	仙台市青葉区北目町 2-39 (東北中心ビル) Tel. 022(266)4662/Fax. 022(266)4663
福岡営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東 2-4-17 (第六岡部ビル) Tel. 092(481)3265/Fax. 092(481)3266



発行 三協M i r a i 株式会社
東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル)
U R L : <http://www.sankyomirai.co.jp>