

三協Mirai News



2014年夏号 No. 6

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」 プレキャストコンクリート
- 特集 コンクリートの疲労
- 技術ニュース 関連JISの動向
- 日本のコンクリート構造物

■プレキャストコンクリートとは

一般にコンクリート構造物は、建設現場において型枠を設置し、型枠内にコンクリートを打ち込んで作られます。一方、プレキャストコンクリートは、専用工場においてあらかじめコンクリート製品を製造し、現場で部材を接合します。

特徴としては、専用工場で作られるため、天候に左右されることなく安定した品質のコンクリート製品が得られます。また建設現場における負担が軽減されるなどのメリットがあります。

本稿では、主に建築分野におけるプレキャストコンクリートについて述べていきます。



工場で製造されたプレキャスト
コンクリート

■プレキャストコンクリートの歴史

プレキャストコンクリートを構造部材として用いた事例としては、1905年に英国のリバプールで大型パネル状のプレキャスト部材で、3階建ての住宅が建設されたのが初めてといわれています。

日本では、高度経済成長期の住宅不足解消

のために、集合住宅の大量建設の要請が高まり、大型パネル工法の開発が進められました。

最初の試みとして、1955年に日本住宅公団と建築研究所が中心となって、大型プレキャスト版工法の研究が開始されました。この工法はティルトアップ工法といって、建設現場で大型パネルを製造し、このパネルを立て起こして、ジョイントを接合するというものです。しかし、現場製造による製品精度の問題や、生産効率の問題などにより、その後の大型パネル工法の主流にはなりませんでした。

これに取って代わったのが、大型パネルを工場で生産し現場で組み立てるという、PC工法です。PC工場の第一号として、1965年に千葉県作草部に日本住宅公団の移動式PCプラントが造られ、中層フラット住宅496戸が建設されました。この年に、日本建築学会で「壁式プレキャスト鉄筋コンクリート造設計基準」、「JASS10 壁式プレキャスト鉄筋コンクリート工事」が制定されています。

PC工法では、1974年に8階建ての住宅が建設されています。また1970年代には、PC版に鉄骨を内蔵させた、HPC工法（H形鋼プレキャストコンクリート工法）が実用化され、主として11階から14階の高層住宅に用いられています。

一方、1970年頃から、柱、梁を単材としてプレキャスト化し、柱・梁接合部を場所打ちコンクリートとする工法の研究が進められました。最初は低層の建物での実施が多かったのですが、高層建物への適用も検討されるようになりました。1980年代に入ると、高層建物へも試行的に適用され始めました。1989年

には、梁、床、壁をプレキャスト部材とした25階建ての超高層住宅が、1991年にはオールプレキャスト構造の30階建ての超高層住宅が建設されています。

最近では、設計基準強度 200N/mm^2 の超高強度プレキャストコンクリートを用いた、42階建ての超高層建物も建設されるようになりました。プレキャストコンクリートは、コンクリートの超高強度化と相まって今後ともさらに進展していくものと考えられます。



プレキャストコンクリート部材の建込

■プレキャストコンクリートの製造

プレキャストコンクリートの製造では、現場打ちコンクリートとは異なった方法が用いられる場合があります。それらについてご紹介します。

①セメント

セメントは、普通ポルトランドセメントが主に使われていますが、生産性の向上や蒸気養生を行わないことを目的として、早強ポルトランドセメントの使用も増加してきています。

②コンクリート

プレキャストコンクリートは、コンクリート強度が高い場合が多く、現場打ちのコンクリートに比べて水セメント比が小さく、比較的粘性の高い傾向があります。コンクリート

のスランプは2～10cm程度の硬練りが多いのですが、生産性の向上や騒音、振動対策として高流動コンクリートや中流動コンクリートを使う工場も増えています。

③締固め

建築用のプレキャストコンクリート部材は、ほとんどが振動締固めによっています。振動締固めの方法としては、棒形振動機をコンクリート内部に差し込んで行う内部振動機と型枠に振動機を取り付けた外部振動機が用いられています。

また、電柱、杭、ヒューム管などの製造には遠心締固めが用いられています。その他に圧力を加えたり、真空脱気を併用した加圧締固めも加圧コンクリート矢板の製造に用いられています。

④養生

プレキャストコンクリート部材は、型枠の回転率を上げ、出荷を早めるために、促進養生が多く用いられています。促進養生の方法としては、蒸気養生とオートクレーブ養生があります。

蒸気養生はボイラーで蒸気を発生させて養生槽に通し、蒸気の熱でコンクリートの強度発現を早める方法です。コンクリートの最高温度は 65°C 以下に設定されます。



蒸気養生

オートクレーブ養生（高温高圧養生）は、蒸気養生などの一次養生を行った後に、大型の圧力容器に入れ、高温高圧の飽和蒸気を通して養生を行う方法です。飽和蒸気は 180°C 程度、圧力は10気圧程度が用いられます。

特集 コンクリートの疲労

コンクリートの疲労とは

疲労あるいは疲労破壊とは、材料の静的強度を下回ったレベルの荷重作用を繰り返し受けることにより破壊に至る現象をいいます。コンクリート構造物における疲労破壊は、繰り返し荷重により、鉄筋やP C鋼材、コンクリートにひび割れが発生・進展し、最終的に常時の荷重作用下において部材が破壊に至る現象です。

鉄道橋桁などでは一般に異形鉄筋などの補強鋼材の疲労が主となります。道路橋床版や海洋構造物などではコンクリートの疲労が主な対象となります。建築構造物ではこのような荷重作用を受けることはまれなため、通常は疲労に関する検討は行われません。

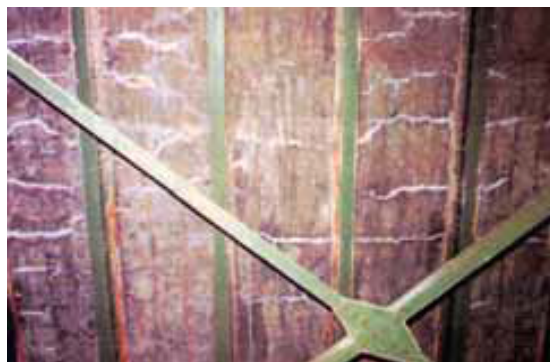
本稿ではコンクリートの疲労という観点から、道路橋の鉄筋コンクリート床版の疲労について述べていきたいと思います。

疲労による劣化過程

道路橋の鉄筋コンクリート床版の疲労劣化は、床版下面のコンクリートのひび割れとして見る事が出来ます。床版下面のひび割れは以下のように進行していきます。

①潜伏期

乾燥収縮や通行車両の載荷により、主筋に沿った、つまり車両進行方向に直角な一方向ひび割れが数本程度確認できる段階です。この段階では鉄筋コンクリート床版としての連続性は保持しているので、耐荷力は低下していません。



潜伏期の一方向ひび割れ

②進展期

通行車両の活荷重によって縦横のひび割れが交互に発生し、格子状のひび割れ密度が増加する段階です。この段階では、外観上のひび割れの増加は著しいのですが、床版の連続性は保持しています。

③加速期

ひび割れの網細化が進み、ひび割れの開閉や、ひび割れ面のこすり合わせが始まる段階です。ひび割れのスリット化や角落ちが生じるようになり、床版のせん断耐力は急激に低下し始めます。



加速期のひび割れの網細化と角落ち

③加速期

ひび割れが貫通して床版の連続性が失われる段階です。押抜きせん断強度が著しく低下するため、押し抜きせん断強度を超える通行車両の荷重により、コンクリートの抜落ちが生じます。



劣化期の床版コンクリートの抜落ち

せん断抵抗力の低下は、水が存在する場合に特に著しくなります。貫通ひび割れから浸透した雨水は、すり磨き現象といって砥石に水を垂らして刃物を研ぐのと同じように、コンクリートの摩耗を促進します。また、浸透する水の影響により鉄筋の腐食が著しくなります。これらは水勾配が小さい箇所や、舗装の轍掘れなどの雨水の滞水しやすい箇所で顕著となります。

疲労により性能低下した床版の補修・補強

床版の疲労による外観上のグレードと標準的な補修・補強工法について土木学会標準示方書では以下のように分類しています。

①潜伏期

床版防水により水の影響を除くことにより疲労耐久性の向上を図る。

②進展期

床版防水、鋼板・FRP接着、上面増厚、下面増厚、増設桁などにより、疲労耐久性

の向上、断面剛性の回復を図る。

③加速期（浸透水の影響有り）

床版防水、鋼板接着、上面増厚、増設桁などにより、疲労耐久性の向上、断面剛性の回復を図る。

③加速期（浸透水の影響なし）

床版防水、鋼板接着、上面増厚、下面増厚、増設桁などにより、疲労耐久性の向上、断面剛性の回復を図る。

④劣化期

供用制限あるいは打替えを行う。

疲労に対する性能向上を図った床版

鉄筋コンクリート床版の疲労の原因に着目し、改善を加え性能向上を図った各種床版が実用化されています。それらについて紹介します。

①ファイバーコンクリート床版

コンクリート中に繊維材を混合し、乾燥収縮に伴う初期ひび割れの低減を図ったもの。

②プレキャスト床版

床版をプレキャスト化し、製造工場で主筋方向にプレストレスを導入したもの。プレキャスト化により、養生期間を十分に確保できるため、乾燥収縮の低減が図れる。また主筋方向のプレストレスで、橋軸方向のひび割れが抑制されるため、疲労耐久性が向上する。

③鋼・コンクリート合成床版

組立鉄筋と鋼製型枠をパネル化することで、現場作業の軽減を図り、床版の品質確保と施工誤差を低減することにより、疲労耐久性を向上させたもの。

④PC合成床版

型枠として用いたプレテンションPC板上に、現場施工の鉄筋コンクリート板を合成したもの。

関連 J I S の動向

2014 年 2 月 25 日に、コンクリートの試験関連規格の制定、改正が公示されました。

[制定]

- (1) A 1 1 5 8 試験に用いる骨材の縮分方法
T S A 0 0 2 6 を J I S 化

[改正]

- (1) A 1 1 0 1 コンクリートのスランプ試験方法（追補）
対応国際規格の廃止・置換
- (2) A 1 1 0 2 骨材のふるい分け試験方法
粗粒率の計算の四捨五入の規定は不要であり削除
- (3) A 1 1 0 3 骨材の微粒分量試験方法
攪拌時間の規定を削除（注に目安の時間を記載）
精度を 2 回の測定値の差から平均値からの差に変更
（規格値 細骨材 0.3% 以下、粗骨材 0.2% 以下）
- (4) A 1 1 1 5 フレッシュコンクリートの試料採取方法（追補）
対応国際規格の廃止・置換
5. 分取試料の採取方法の表記の変更、附属書 1（参考）は一例として示される
- (5) A 1 1 1 6 フレッシュコンクリートの単位容積質量試験方法及び空気量の質量による試験方法
（質量方法）（追補） 対応国際規格の廃止・置換
- (6) A 1 1 1 9 ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの差及び粗骨材量の差の試験方法
はかりの表記の変更、ミキサ内、ホッパ内の立入時の安全措置
- (7) A 1 1 2 2 硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験方法
J I S Z 8 3 0 1 に基づき、注の一部を本文へ移行
- (8) A 1 1 2 8 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法（追補）
対応国際規格の廃止・置換
- (9) A 1 1 3 2 コンクリートの強度試験用供試体の作り方
曲げ強度試験用供試体の断面の高さの許容差を緩和
圧縮強度以外は検定された型枠を用いた場合の寸法測定の省略に関する注を削除
- (10) A 1 1 3 7 骨材中に含まれる粘土塊量の試験方法
J I S Z 8 3 0 1 に基づき、注の一部を本文へ移行
- (11) A 1 1 5 0 コンクリートのスランプフロー試験方法（追補）
附属書に 5 0 0 mm フロー到達速度の参考を追加
（前回改正前は本文中の表記が削除されたが、今回の改正時の調査での要望を受け追加）
- (12) A 1 1 5 6 フレッシュコンクリートの温度測定方法（追補）
引用 J I S の廃止・置換

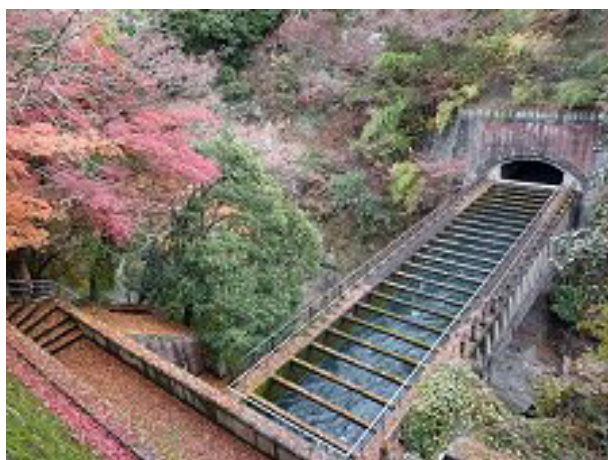
日本のコンクリート構造物

現存する日本最古の水路橋 —猿橋水路橋—

山梨県大月市にある猿橋水路橋（ハッ沢発電所一号水路橋）は、1912 年（明治 45 年）に竣工した、現存する日本最古の鉄筋コンクリートアーチ式水路橋です。橋の長さは 63.63 m、幅 5.45m で、2005 年（平成 17 年）に重要文化財に指定されています。ハッ橋発電所の水路橋はこの一号水路橋のほかに二号、三号、四号の水路橋があり、いずれも煉瓦造ですが、一号水路橋同様に現在も使われています。



猿橋水路橋（鉄筋コンクリート開腹アーチ）



水路橋の両端は水路隧道になっている

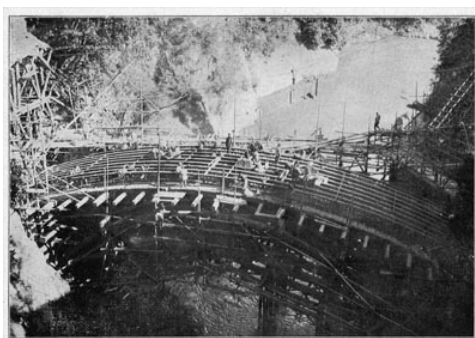


図 一

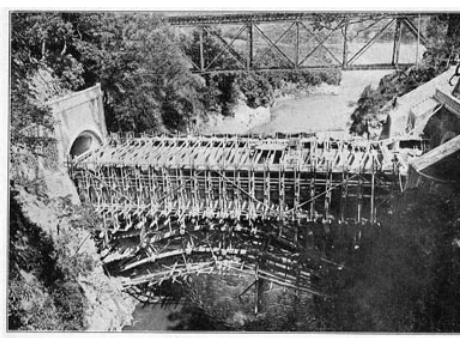


図 三

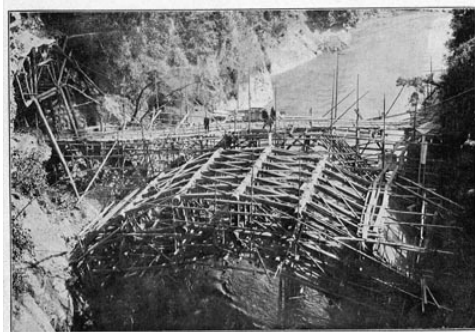


図 二

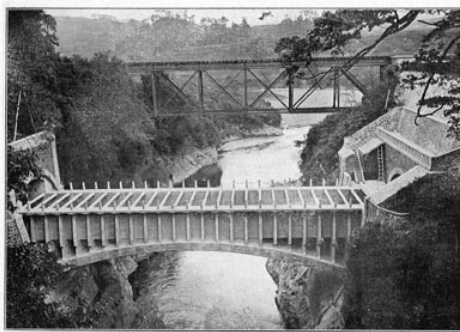


図 四

建設時の写真

土木学会誌

鉄筋混凝土造猿橋水道橋工事報

告書[1915 年（大正 4 年）：創刊号]

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	〒532-0011	大阪市淀川区西中島 4-11-21 (新大阪コパービル) Tel. 06(6885)7575／Fax. 06(6885)7581
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>