

PRC (プレキャスト鉄筋コンクリート) 橋脚の耐震性能に関する試験

○塩井幸武¹・長谷川明²・中井将博³・三浦晋⁴

¹正会員 博士 (工学) 八戸工業大学教授 構造工学研究所 (〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1)

²正会員 工博 八戸工業大学教授 環境建設工学科 (〒031-8501 八戸市大字妙字大開 88-1)

³正会員 工修 ピーエス 開発技術部 (〒170-0004 東京都豊島区北大塚 1-13-17)

⁴正会員 工修 コサカ技研 (〒039-1103 八戸市大字長苗代字上碓田 5 6)

都市内の高架橋などの橋脚の施工では作業空間、施工期間、全体工事費などの点で有利な PRC 橋脚の耐震性を検討するために実施した水平交番荷試験の結果を報告する。試験は主筋を鉄筋と PC より線とした模型と各主筋の定着方法を変えて比較したものである。その結果、耐荷力は現場打ちと同等であるが、変形性能が優れ、PC より線では復元力特性がよいこと、破壊は曲げ破壊が先行するが、主筋に亀裂箇所での応力集中がないこと、減衰定数が大きく地震時のエネルギー吸収のよいことなど、多くの利点が判明した。主筋が鉄筋の場合は従来の設計法が、PC より線では新しい設計法を適用することになる。

Key Words : Precast, PRC, Seismic Resistance, Ductility, Damping Ratio

1. はじめに

都市内の高架橋などの鉄筋コンクリート橋脚の施工では作業空間を制約されたり、工事期間も限定されることが多い。一方、既設道路上などでは工事中、通過交通に多大な障害を与えることになる。

これらの隘路を打開する方法として PRC (図-1) 構造として工場製品のブロックを現場で一夜のうちに組み立てて橋脚とすることが考えられ

る。その場合、ブロックは割高になるが、工期の短縮、交通対策等を考慮すると全体工事費は格安となる。また、工場製品であるのでブロックの壁面も美しく、装飾を施すことも可能である。

その場合、PRC 橋脚が兵庫県南部地震のような設計荷重を大きく超える地震力に対して安全性が得られることを確認しておくために図-2 のような、単体ブロックの PRC 構造の模型で水平交

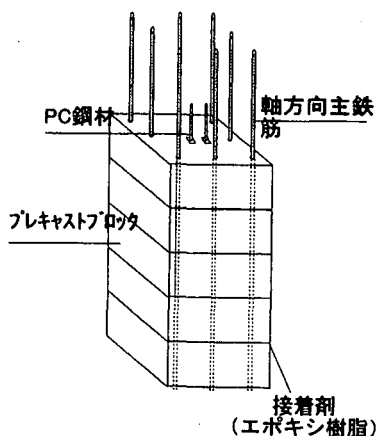


図-1 PRC橋脚の概念

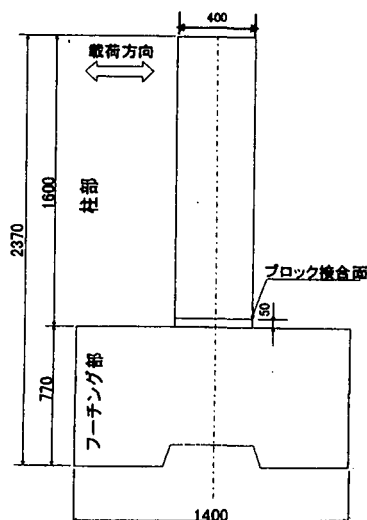


図-2 供試体の基本寸法

番載荷試験を実施した。

ブロックはシースを介して中央のPC鋼棒でフーチングに固定される。その後、主筋の位置のシー스에異形鉄筋またはPCより線を挿入する。そして下端部を定着した後、コンクリートモルタルを注入して主筋とブロックを一体化する。

この工法で橋脚を施工すれば、現場作業は著しく合理化され、短時間で完成できるが、本構造系が従来工法の鉄筋コンクリート（RC）橋脚と比較して力学的性状で劣らないことを立証する必要がある。

2. 水平交番載荷試験

水平載荷試験は図-3の装置で正負交番載荷を行った。用いた供試体は表-1に示すRC1体、異形鉄筋挿入のPRC5体をTCシリーズとし、埋め込みPCより線1体、PCより線PRC2体をYシリーズとした。

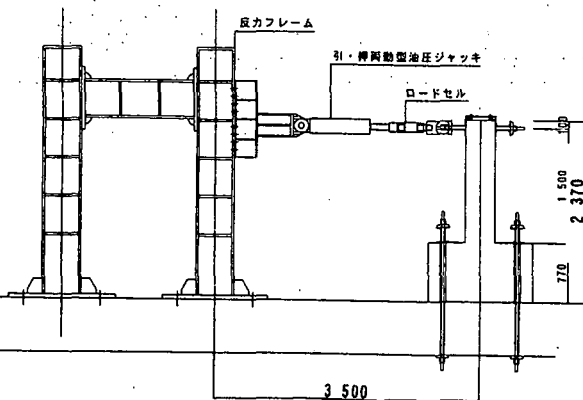


図-3 水平載荷試験装置

をYシリーズとした。

各供試体のコンクリート強度はフーチング 50N/mm²、橋脚部 45N/mm² で、ヤング係数は 3.0 ~ 3.3x10⁴N/mm² である。モルタル強度は 45 ~ 48N/mm² に分布する。Yシリーズの終局耐力は設計上、TCシリーズと一致するように配筋した。各供試体には中央のPC鋼棒を介して鉛直荷重に相当する 300kN の圧縮力を導入した。

計測項目は水平、鉛直荷重、橋脚の水平、鉛直変位、フーチングの水平、鉛直変位、主筋、PC鋼棒の歪み、帯筋の歪みである。

3. 試験結果

交番載荷の荷重と変位の関係の代表例を図-4に、最終荷重と回転角を表-2に、最終荷重時の写真を写真-1に示す。図-4のTC、YCは異形鉄筋、PCより線をコンクリートの中に直接埋め込んだものである。TMKK、YMKKは主筋を底面に平板とナットで固定したものである。TCは橋脚の曲げせん断で、YCはPCより線の伸びによる曲げ破壊で終局状態を迎えている（図-5）が、TMKK、YMKKは圧縮側のコンクリートの圧壊が進行して変位量は大きくなっているものの、耐力の低下は少ない。TC以外は曲げ破壊の形態となっている。

載荷に伴う主筋の歪みの変化を測定した結果、

表-1 PRC供試体一覧

供試体名	主筋の種類	主筋の定着	固定方法	PC鋼棒の定着	備 考
TC	鉄筋 (SD345, D13)	コンクリート		アンボンド	プロトタイプ
TMKK		モルタル	完全固定		下端定着体設置 ¹⁾
TMFK			付着固定		定着長 50D
TMSK			支圧固定		主筋端部ナット設置 ²⁾
TSKK		セメントペースト	完全固定	ボンド	下端定着体設置
TMKB		モルタル			
YC	PC鋼より線 (SWPR7A, 1T9.3)	コンクリート		アンボンド	プロトタイプ
YMKK		モルタル	完全固定		下端定着体設置
YSKK		セメントペースト	完全固定		下端定着体設置

- 1) 付着長が十分に確保できることを前提に、フーチング下端にプレートを設置し主筋端部を外側よりナットで固定したものである。
- 2) 付着固定で不十分な場合の改善策で、主筋下端にナットを設置しその支圧によって固定するものである。

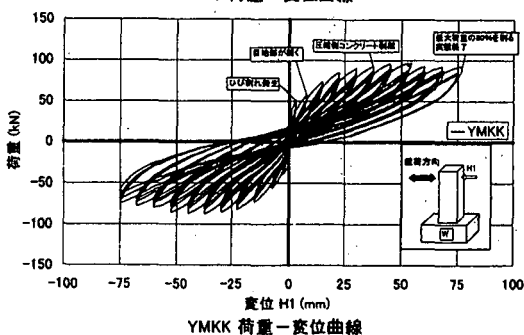
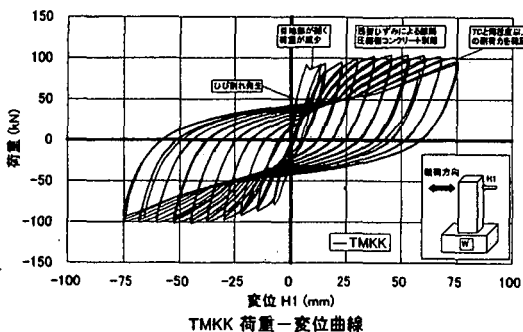
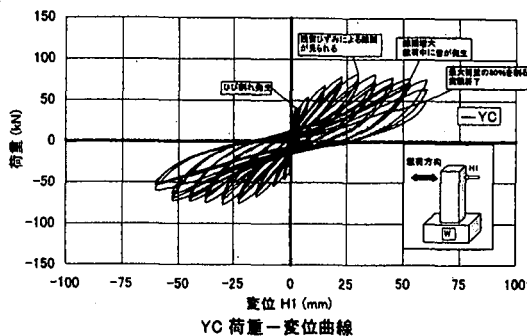
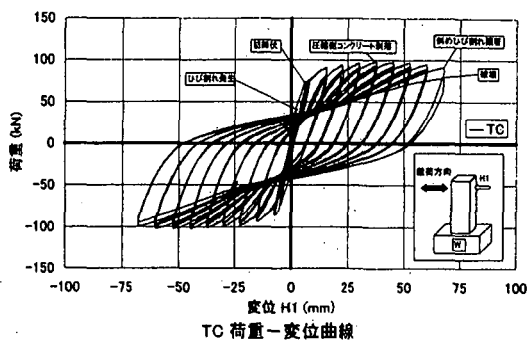


図-4 Tシリーズ、Yシリーズの荷重変位曲線の代表例

表-1 変形性能と破壊要因

	最大荷重 (kN)	破壊時回転角 (rad)	破壊の要因
TC	102.5	9/200	コンクリートの剥離・剥落、主筋の座屈
TMKK	103.9	12/200	目地部コンクリートの圧壊
TMFK	105.0	12/200	目地部コンクリートの圧壊
TMSK	105.2	12/200	コンクリートの剥離・剥落、主筋の座屈
TSKK	99.9	12/200	目地部コンクリートの圧壊
TMKB	103.8	12/200	目地部コンクリートの圧壊
YC	82.9	8/200	PC 鋼より線の引抜けにより徐々に低下
YMKK	97.2	10/200	目地部コンクリートの圧壊
YSKK	86.6	10/200	目地部コンクリートの圧壊

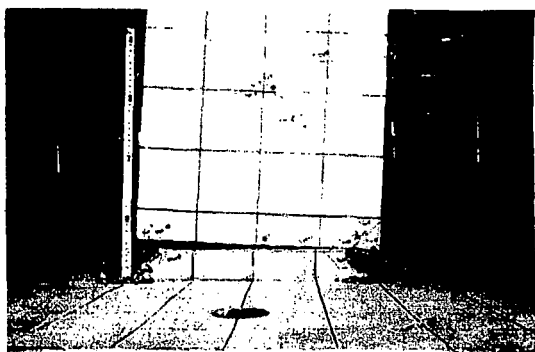


写真-1 Tシリーズの継ぎ目部の破壊

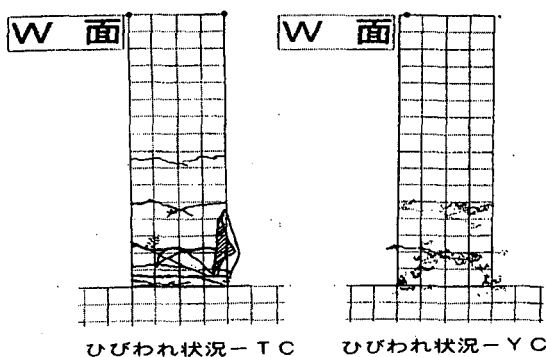
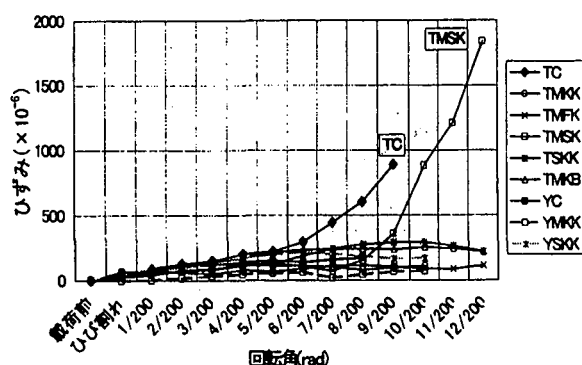


図-5 TC、YCの側面のひび割れ

T Cは橋脚ブロックの継ぎ目部分とフーチング上面のひび割れに主筋の歪みが集中し、ひび割れは斜め上方に進展している。YMKKは継ぎ目を中心にブロック上方とフーチング内部まで歪みが広まり、最大値は 60.000μ に達している。Y Cは

継ぎ目を中心に歪みの範囲は上下方向に相当の広がりを示し、最大値は 5.000μ 程度である。YMKKは同様の傾向を示すが、歪みは上方に広がりを見せ、最大値は 10.000μ 程度である。

継ぎ目部付近に設置した帯鉄筋の歪みはTシリ



図一 6 圧縮側帯鉄筋の歪み一回転角曲線

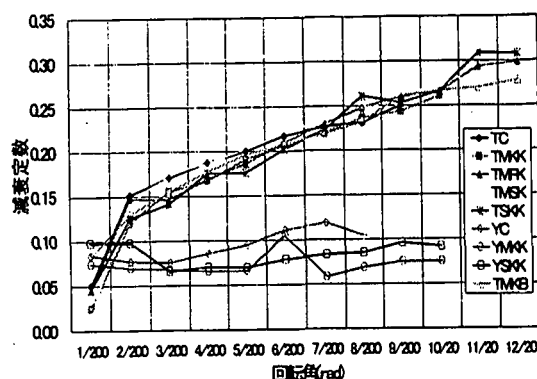
一ズで測定した。結果を図一 6 に示す。TC が回転角 5/200 で、TMSK が 8/200 で降伏し始めている。TMSK はナットのついた鉄筋を挿入したもので継ぎ目部の主筋の歪みも早い段階から急増している。この 2 体以外の供試体の帯鉄筋で降伏しているものは見られない。

4. 考察

載荷試験を通じて PRC 橋脚は優れた耐震性を有すると考えられる。

従来工法に相当する TC は T シリーズでの比較で主筋の定着方法に関わらず、耐荷力は同等で、変形性能は格段に良いことが図一 4 等から判明した。Y シリーズの耐荷力の低下は終局耐力を T シリーズと合わせたために鋼材量が不足したことによるが、復元力特性は極めて良いことが判る。双方とも変形性能では優れた特性を有する。

破壊の形態は既存の RC 橋脚に見られる曲げせん断破壊を TC に生じたが、それ以外は曲げ破壊で圧縮側のコンクリートの圧壊が終局状態を支配している。引張り側の鉄筋はシースの中でモルタルとのずれが推察され、歪みが分散された結果、大きな回転角に追従できたものと考えられる。Y シリーズでは PC より線のコンクリートとの付着が悪く、撓りも戻ることが変形性状、歪み分布などから推定される。このような引張り側鋼材の大きな伸びとせん断力の伝達不良から曲げ破壊先行の理由となったものと考えられる。この現象は TMSK を除く T シリーズの供試体の帯鉄筋の応力



図一 7 橋脚の回転角と減衰定数の関係

の増加のなかったことにも現れている。TMSK ではシースと鉄筋の一体性が原因と考えられる。

シース内のモルタルと鋼材の剥離等を調べるためにはつりだしたシースを剥がし、赤インクを用いる”後藤クラック”の手法で剥離とひび割れを調べた。その結果、異形鉄筋については継ぎ目を鉄んで 40cm 区間にインクが付着し、モルタルに輪切り状のひび割れが連続していた。PC より線では輪霧状のひび割れは少ないものの鋼線沿いにインクの痕跡が連続していた。

次に荷重変位曲線から減衰定数を算定した結果を図一 7 に示す。T シリーズは初期に 5 % 程度のものが降伏荷重以降は変位とともに 30 % 程度まで増大する。Y シリーズは変位に関わらずにほぼ 7 % 程度の値となっている。双方とも各構造特性を反映した合理的な減衰を与えるものとなる。

5. 結論

PRC 橋脚の耐震性能について載荷試験から次のような結論を導くことが出来る。

- (1) 耐荷力は従来工法とほぼ同等で、変形性能では優れている。特に Y シリーズは復元力特性が良い。
- (2) PRC 構造は曲げ破壊形になるので T シリーズには現行設計法を適用できる。
- (3) シースの中に主筋が入るので応力集中も緩和され、大きな減衰が得られる。
- (4) 主筋を PC より線にするにはその特性を反映した設計法の確立が必要である。