

海上に位置する
3 径間連続 PC 箱桁連続ラーメン橋の耐震補強設計

上田 祐一郎¹⁾、大島 光博¹⁾、清水 隆史²⁾、亀井 与志²⁾

- 1) 横浜市道路局 建設部 交差橋梁課 (〒231-0017 神奈川県横浜市中区港町1丁目1番地)
2) (株)建設技術研究所 東京支社技術第四部 (〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4丁目9-11)

1. まえがき

本橋は昭和55年に建設された3径間連続PC箱桁ラーメン橋であり、下部工形式はφ4000の円形橋脚と基礎が一体となった構造(中空断面)である。また地盤条件としては、河床面付近より以深に第三期層固結シルト(土丹層)が広がっており、基礎がその層に深く根入れされている(図-1参照)。本橋について、橋梁全体系を考慮した非線形動的解析により耐震補強検討を行い、下部構造に対する巻立て補強の検討、補強範囲の検討、および上部構造に対する補強の必要性の検討を行った。解析結果および施工性を考慮した補強方法についてここに報告する。

2. 解析対象橋梁

橋 格	一等橋
橋 長、支 間	上り線 183.9m(63.7m+76.2m+42.4m) 下り線 170.7m(58.9m+70.4m+40.2m)
上部構造形式	3径間連続PCプレキャスト箱桁ラーメン橋
下部構造形式	大口径場所打ち杭(φ4000)
仮 設 工 法	プレキャストブロック片持ち仮設工法
ブロック数	135ブロック(重量40t~50t)
曲 線 半 径	(最小)430m(クロソイド曲線含む)
支 承 条 件	A1、A2ともに可動

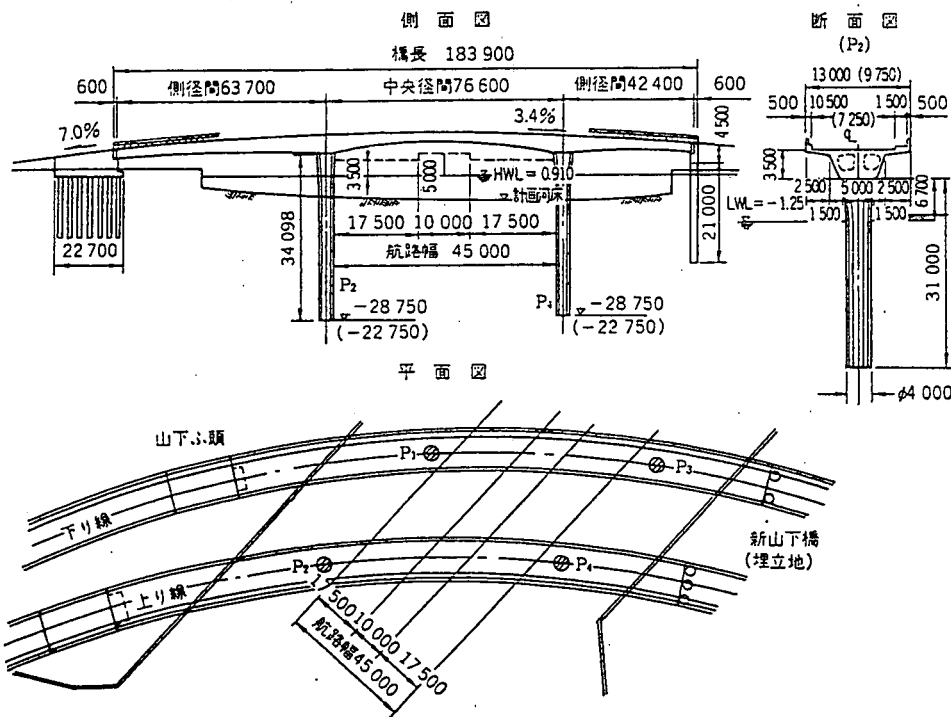


図-1 一般図¹⁾

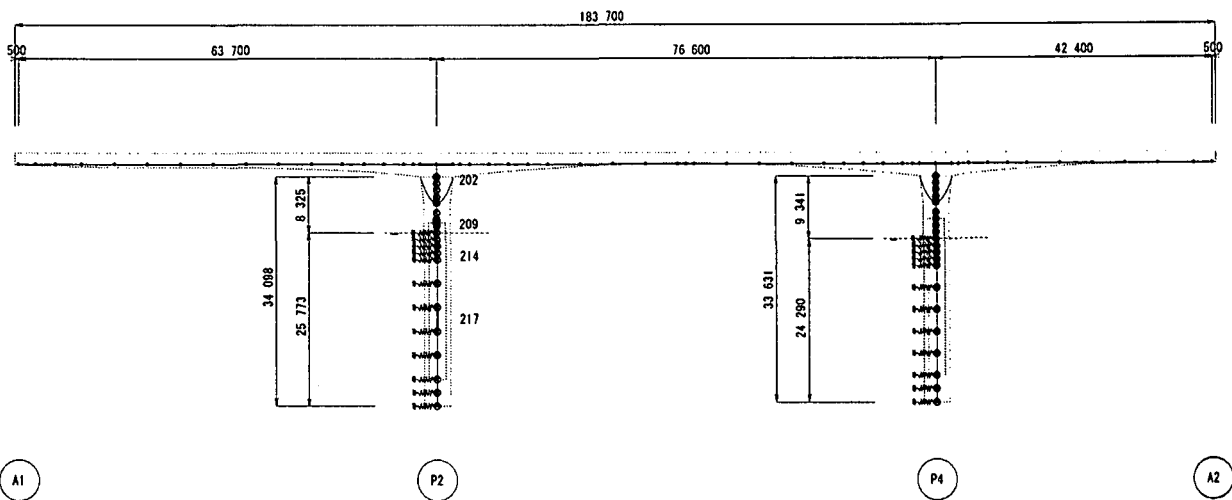


図-2 解析モデル

まず既設部材に対して、タイプⅠ・タイプⅡの地震時の挙動について非線形動的解析により検討し、非線形性の生じる部材の補強方針について検討する。

次に、補強後の断面に対して動的解析により、補強量の照査を実施する。

3. 既設橋梁の照査

非線形動的解析を行うにあたり、既設橋梁の全体系を考慮した解析モデルを図-2に示す。図-2において、塑性ヒンジが形成されると予測される箇所の特定が困難であったため、河床面付近に節点を細かく設けることとした。

本橋については、平成8年度道路橋示方書に準拠し、橋軸方向・橋軸直角方向の動的解析を実施するが、上部構造については弾性部材としてモデル化し、下部構造部材については非線形モデルとしている。ただし、上部工の剛性は降伏剛性を用いている。

地盤については、道路橋示方書の地盤反力係数をバネモデル化したものを用い、基礎部材に非線形要素を用いている。

以上の事柄を考慮して、既設橋梁に対する非線形動

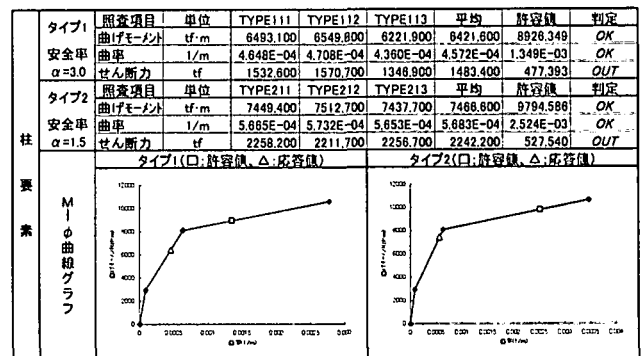


図-4 解析結果（水中部河床面付近:209）

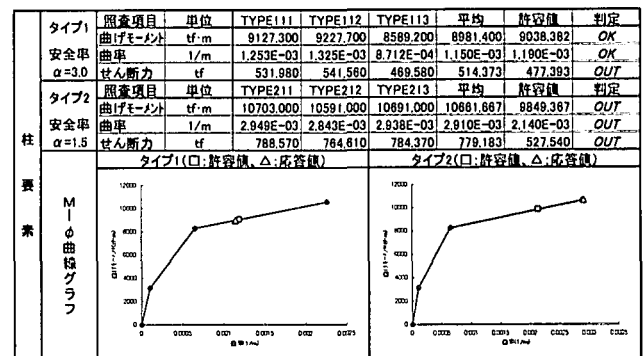


図-5 解析結果（地中部河床面付近:214）

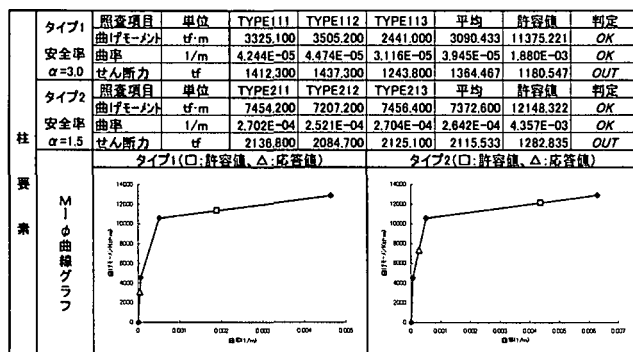


図-3 解析結果（橋脚頭部:202）

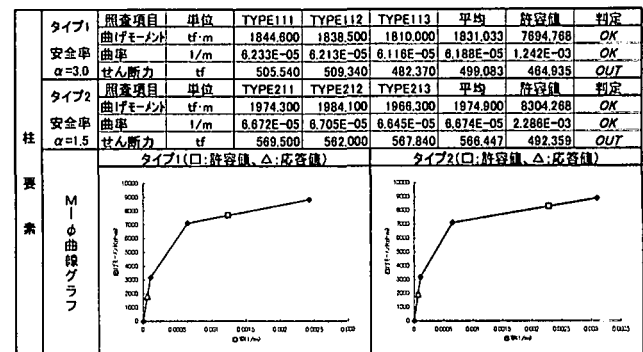


図-6 解析結果（地中部:217）

的解析を行った。

図-3～図-6に、既設下部構造の橋軸方向における非線形動的解析結果を示す。

図より、主な着目点は、橋脚頭部のせん断力と、地中部の曲げモーメントおよびせん断力である。河床面より上部（気中部および水中部）においてはせん断力の応答値が、タイプⅠおよびタイプⅡの地震時において、制御範囲を超過することが判明した。また、地中部においては河床面付近において、曲げモーメントおよびせん断力の応答値がともに許容値を超過しており、その部分で曲げモーメントが最大となることが確認できる。

以上の結果より、タイプⅠおよびタイプⅡの地震動に対する補強検討を行う。

4. 耐震補強方針

既設橋梁の照査の結果、上部構造の分担する地震力が降伏点を超えるものとならないため、耐震補強は下部構造の補強を中心に検討することとした。

本橋は海上に立地するために、海底より以深の基礎部分をどの程度まで補強するかが課題となる。海底部分には、横浜市の基層となる第三期層固結シルト（土丹層）が広がっており、比較的堅固な土層であることから、河床面より1D程度の範囲における掘削を要する補強を実施することとした。

ここで、本橋下部構造は中空断面であるため、地中部の深い位置のせん断補強として、中空部をコンクリートで充填することとした。

下部構造の巻立て補強工法としては、本橋下部構造が海上部の橋脚であることから、仮設を含めた工事費および今後のメンテナンス等を考慮する必要がある。

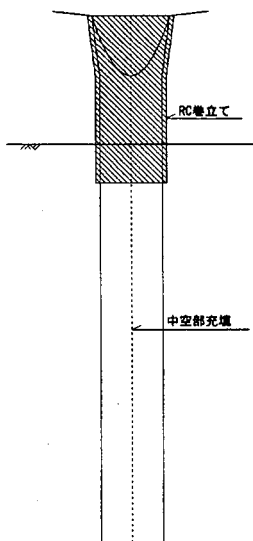


図-7 下部工補強概要図

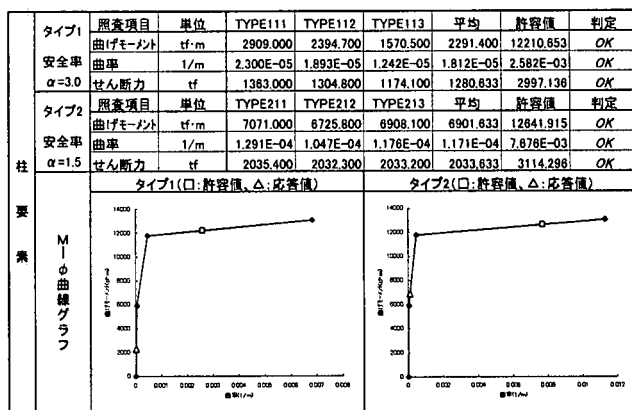


図-8 解析結果（橋脚頭部:202）

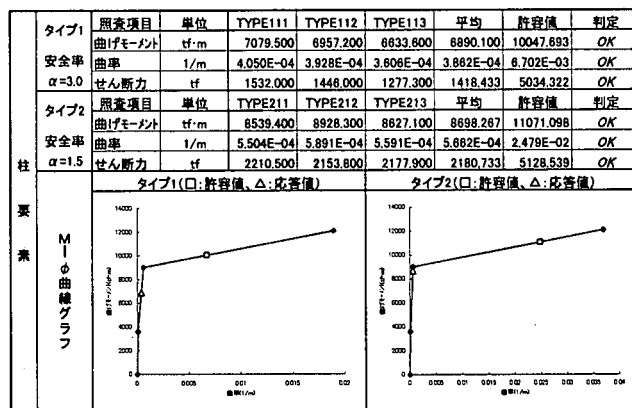


図-9 解析結果（水中部河床面付近:209）

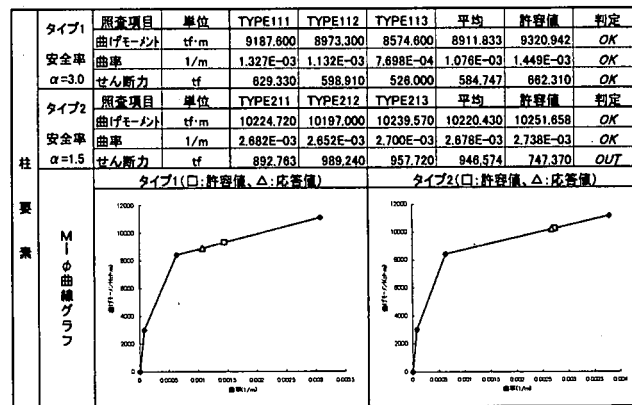


図-10 解析結果（地中部河床面付近:214）

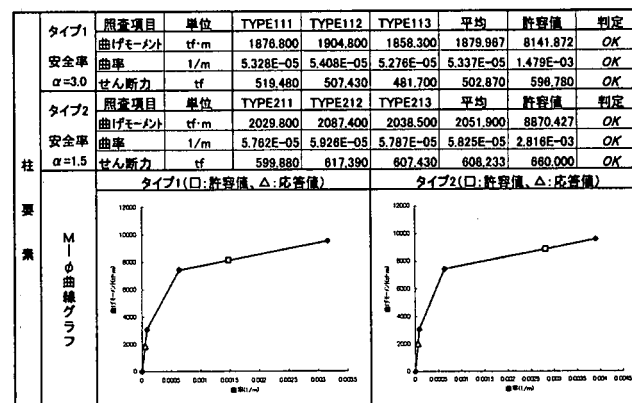


図-11 解析結果（地中部:217）

またアンカー一定着が困難なため、じん性向上を目的とした補強が必要となる。したがって本橋については、水中に型枠を設置し水中不分離性コンクリートを打設する、RC 巻立て補強を採用することとした。図-7 に下部工補強概要図を示す。

また、橋脚部分への負担力を安全側に考えて、両端部の橋台を可動条件として解析を進めることとした。

5. 補強後の照査

補強後の非線形動的解析の結果を図-8～図-11 に示す。

これより、RC 巻立て補強の効果として、橋脚のじん性向上としての適切な補強量を求めることができたが、せん断力については、土中部分において照査を満足しない結果となった。そこで、両端橋台の拘束バネを考慮して、中間橋脚のせん断力負担の低減効果を調べることにした。

また両端部分においては、ジョイントプロテクター等の緩衝機能が付帯されることが望ましいとされ、こうした場合の両端部のバネ特性をパラメータにして橋脚の負担力の変動を検討した。

ここで拘束バネ値 k は、道路橋示方書Ⅳ編下部構造編より、突出杭の水平力と杭頭変位の関係より算出することとした。なお拘束バネ値 k は、橋台相当の拘束バネ値であり、緩衝材等を考慮したものについては、拘束バネ値 k の 10 分の 1 の値を用いることとした。

図-12 にせん断力の比較結果を示す。

図より、緩衝材等を考慮した比較的柔らかいバネを用いた場合、可動条件の応答値に比して若干量ではあるが低減されることが確認できるが、地中部においてせん断耐力を超過する結果となっている。それに対し、橋台相当の拘束バネを見込んだ場合、橋脚の全節点において、せん断耐力に対して、満足する結果となった。したがって本橋においては、せん断耐力の補強を地盤深部まで実施しなくても、橋台相当の拘束バネを考慮することにより、解析モデルにおける補強範囲で十分であると判断できる。

6. まとめ

本橋の耐震補強設計を、橋梁全体系を考慮した非線形動的解析により実施した。

海上施工に際しては、仮設栈橋・締切り等の仮設費用の占める割合が大きいが、ドライな状態ではなく水中施工によりコスト削減を実現するとともに、本検討で考慮したような橋台部における拘束バネを考慮する

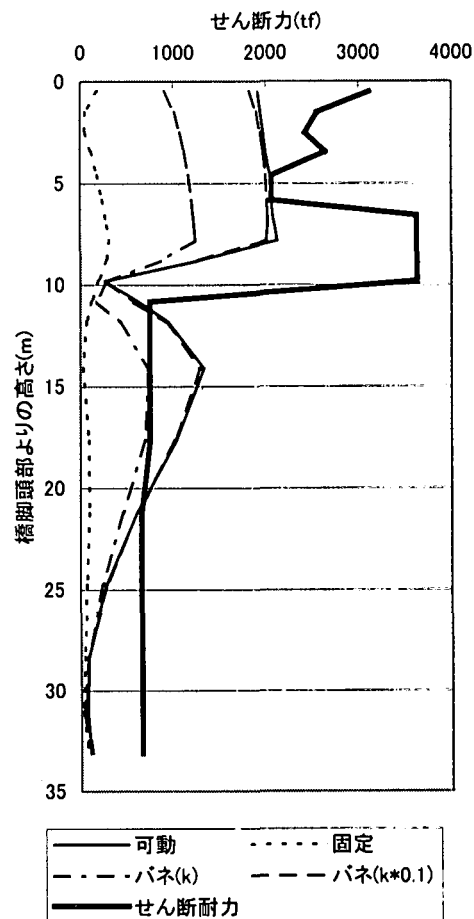


図-12 せん断力の比較

ことにより、合理的な既設橋梁の耐震補強計画が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 布施川文生, 土本宣生, 一樹久允, 武田幸宏, 馬上信一: 新山下橋の設計・施工, プレストレスト コンクリート vol. 22, No. 2, 1980. 4
- 2) (社) 日本道路協会: 道路橋の耐震設計に関する資料, 1998. 1