

免震支承取替えによる 3 径間連続鋼箱桁橋の耐震補強設計

藤井 佐規¹⁾、春 和則¹⁾、清水 隆史²⁾、立山 晃²⁾、葛野 敦²⁾

1) 東京都第六建設事務所 補修課 橋りょう維持係 (〒120-0025 東京都足立区千住東 2-10-10)
2) ㈱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 4-9-11)

1. まえがき

本橋は、昭和 41 年に架設された上下線分離構造の河川を跨ぐ橋長 670m の橋である。本橋梁の内、図-1 に示す 3 径間連続ゲルバー式鋼箱桁部は、3 橋脚が河川内に設置されている。このような河川内橋脚を補強する場合、締め切り、仮設構台等の大規模な仮設設備が必要となり、補強工事費用に対して仮設工事費が増大する傾向となる。

本検討においては、既設の鋼製支承を免震支承に取替えることにより、河川内中間橋脚 (P6、P7 固定支承橋脚) の支持する上部構造の重量を端橋脚に分担させるとともに、減衰により地震応答値を低減させることとした。このことにより、河川内中間橋脚の耐震補強量を減少させ、仮設設備を簡略化することができ、全体工事費の縮減及び基礎への負担の低減が可能となった。

ここでは、免震支承に取替えることによる、橋梁全体系の非線形動的解析の解析結果及び補強方法について報告する。

2. 解析対象橋梁

- ・ 橋 格：一等橋
- ・ 上部工形式：鋼ゲルバー箱桁橋
- ・ 下部工形式：壁式橋脚 (ニューマチックケーソン)
- ・ 橋 長：182.800 m
- ・ 支 間 長：53.000m + 76.000m + 53.000m
- ・ 有効幅員：上り、下り共に 9.250m
(車道 7.250m, 歩道 2.000m)

- ・ 平面線形：直橋
- ・ 地盤種別：Ⅲ種地盤

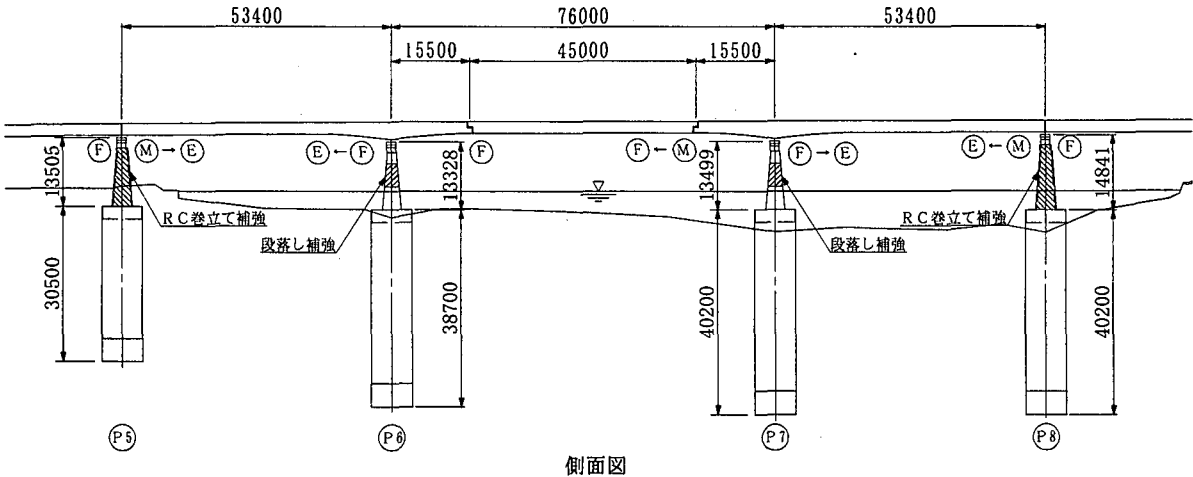
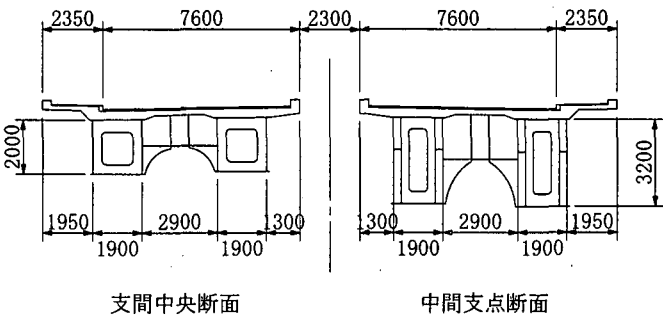


図-1 一般図

表－1 対策工法比較表

対策工法	A案（既設支承）	B案（分散支承）	C案（免震支承）
概要図			
補強概要	・既設支承をそのまま利用 ・全橋脚RC巻立て補強 ・既設支承がタイプA支承なので、変位制限構造が必要	・反力分散支承（タイプB）に交換 ・ゲルバー部を連結化 ・全橋脚RC巻立て補強	・免震支承（タイプB）に交換 ・ゲルバー部を連結化 ・端橋脚RC巻立て補強 ・中間橋脚段落し補強
構造特性	固定支承である河川内中間橋脚の地震時水平力負担が大きい	固定支承橋脚の地震力負担は低減され、可動支承橋脚の地震力負担は増加する。A案より補強量の低減が図れるが、全橋脚RC巻立て補強が必要となる。	固定支承橋脚の地震力負担は低減され、可動支承橋脚の地震力負担は増加するが、減衰により全体の地震応答値は減少する。中間橋脚は段落し補強でよい。
施工方法	・一重締切り工施工：1基(P5) ・二重締切り工施工：3基(P6～P8)	・一重締切り工施工：1基(P5) ・二重締切り工施工：3基(P6～P8)	・一重締切り工施工：1基(P5) ・吊り支保工施工：2基(P6, P7) ・二重締切り工施工：1基(P8)
経済性	1.3	1.4	1.0
総合評価	△	△	○

3. 補強方法

(1) 対策工法

対策工法は、表－1 に示すように既設支承をそのまま利用して全橋脚RC巻立て補強を行うA案に対し、分散支承B案と免震支承C案を検討した。分散支承B案では、固定支承の荷重分担を減少させ、中間橋脚の補強量を検討した結果、A案と同様にRC巻立て補強が必要との結論を得た。また免震支承C案では、分散効果に加え、減衰により地震応答値を小さくし、補強量を更に低減することを検討した。この結果、表－1 の通りC案により設計することとした。

(2) 橋脚補強

免震化による補強設計上のポイントは以下の通りである。

- ①端橋脚へ積極的に荷重を分配するが、端橋脚基礎への負担を過大にしない。
- ②過大な移動量とならないように変位を制限する。
- ③橋梁全体として、基礎への影響を小さくするため応答を減衰させる。

ここで、目標とした各橋脚の補強レベルを表－2 に示す。

表－2 補強レベルの設定

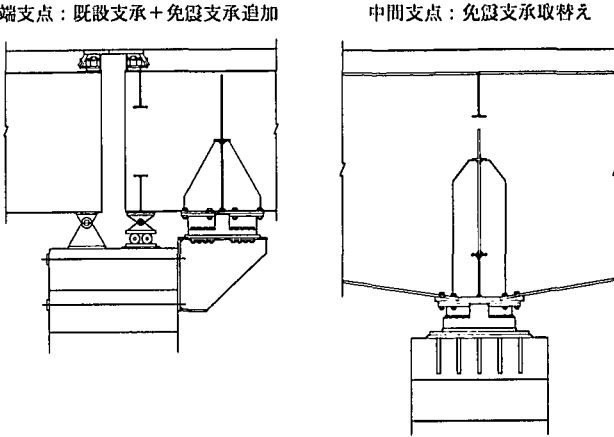
橋脚	補 強 概 要
P 5	RC巻立て補強 (t=25cm) 補強主鉄筋のフーチングへのアンカー無し
P 6	段落し補強
P 7	段落し補強
P 8	RC巻立て補強 (t=25cm) 補強主鉄筋のフーチングへのアンカー無し

当初構造系（A案）で可動支承であった端橋脚は、荷重負担が増えるためA案同様橋脚補強が必要である。

河川内に設置されている端橋脚P 8は、二重締切り工により施工することとなる。中間橋脚であるP 6とP 7の段落し補強は、締切りを行わず、吊り足場等の簡易な仮設で施工が可能である。

(3) 免震支承への取替え

本橋梁付近の上層砂質土層が液状化のおそれがあること、2層目のシルト層が非常に軟弱なことから、道路橋示方書に示される「土質定数を零にする土層」に相当しないことの確認及び、地盤と橋が共振しないことの確認のうえ免震支承（図－2 参照）を採用した。



図－2 免震支承概要図

4. 解析モデル

解析モデルは、地震時挙動が複雑であるため、図－3 に示すように全体系をモデル化した。橋脚のモデル化は、小判型壁式橋脚が変断面であり、塑性ヒンジの範囲が明確でないため、非線形回転バネを与えるM－θモデルでなく、非線形梁要素としてモデル化し、橋脚を高さ方向に20等分してM－φを設定した。

免震支承には、表-3 に示す諸元を有する鉛プラグ入り積層ゴムを採用した。支承のモデル化は、鉛直方向は拘束、回転方向は自由として、水平方向に対してはバイリニア型の非線形バネ要素としてモデル化した。

表-3 免震支承諸元

			P5	P6	P7	P8
せん断弾性係数		kN/mm ²	1.2	1.0	1.0	1.2
設計寸法	橋軸方向	mm	950	950	950	950
	直角方向	mm	950	950	950	950
ゴム厚	一層厚	mm	18	22	22	18
	層数	層	7	8	8	7
	総ゴム厚	mm	180	749	749	180
鉛プラグ	プラグ径	mm	160	115	115	160
	本数	本	4	4	4	4

ただし、支承バネ値を軟らかくしすぎると、上部工変位量が大きくなるため、桁端部を改良して確保し得る最大遊間量 350mm 以下に収まるようにした。

6. 解析結果

(1) 橋脚応答値

本橋梁は基礎地盤条件が異なるもののほぼ対象の解析結果であったため、P 5 橋脚と P 6 橋脚の柱基部における動的解析の結果を表-4、5 に示す。端橋脚である

P 5 橋脚は、応答曲げモーメントにより、中間橋脚である P 6 橋脚はせん断力により支承構造および橋脚補強量が決定された。

表-4 P 5 橋脚解析結果

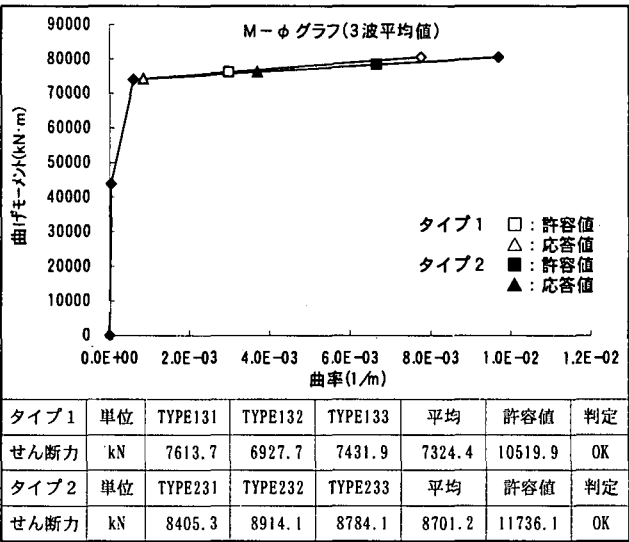


表-5 P 6 橋脚解析結果

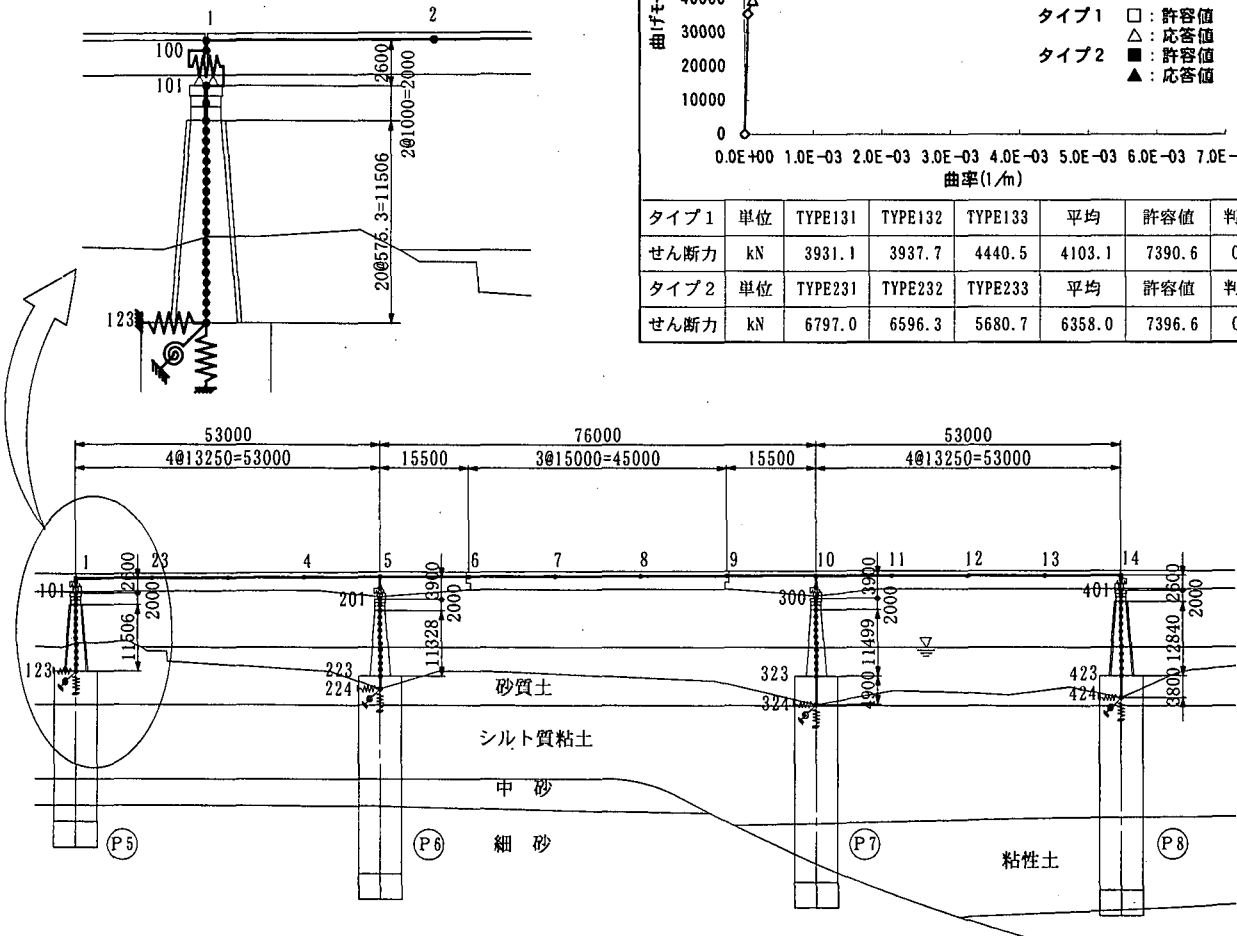
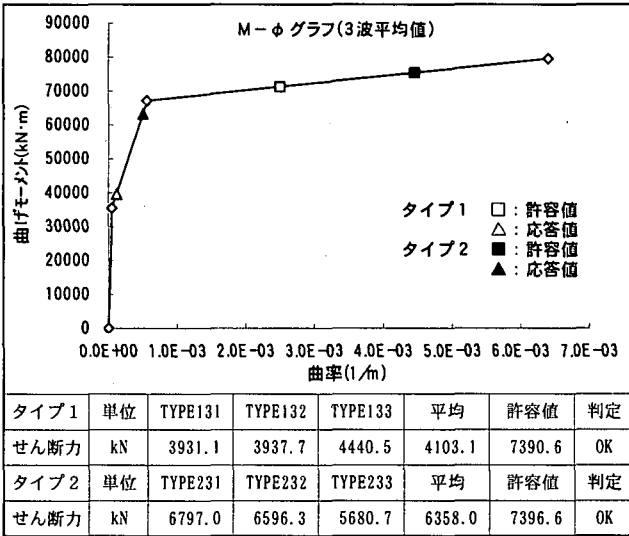


図-3 解析モデル図

(2) 支承応答値

解析の結果、図-4 に示すように各橋脚の支承とも、許容変位量に収まっていることが確認できた。ここで、許容変位量はゴム支承本体に生じるせん断ひずみ量 250%とした。

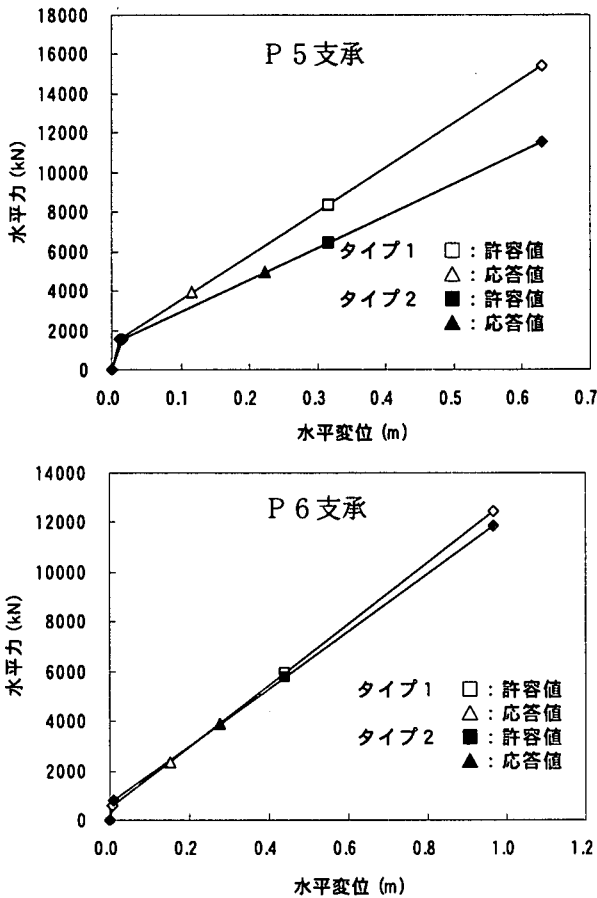


図-4 P 5, P 6 支承解析結果

(3) 上部工移動量

上部工移動量においては、移動量の大きいタイプ 2 地震動に対する解析結果を図-5 に示す。最大移動量の 3 波平均値は 32cm と、設計目標値を満足する結果となった。

(4) 結論

本検討の結果、既設支承を免震支承に替えることにより、河川内中間橋脚を段落し補強程度とすることができ、経済的な補強方法を提案することができた。

7. まとめ

河川内橋脚の補強方法としては、本検討のように免震化により軽微な補強とする案のほかに、簡易的に締め切りを行う方法やプレキャスト巻立て・鋼板巻立て等水中で巻立て接合が可能な方法や、水中で鉄筋組立・コンクリート打設を行う方法も考えられる。

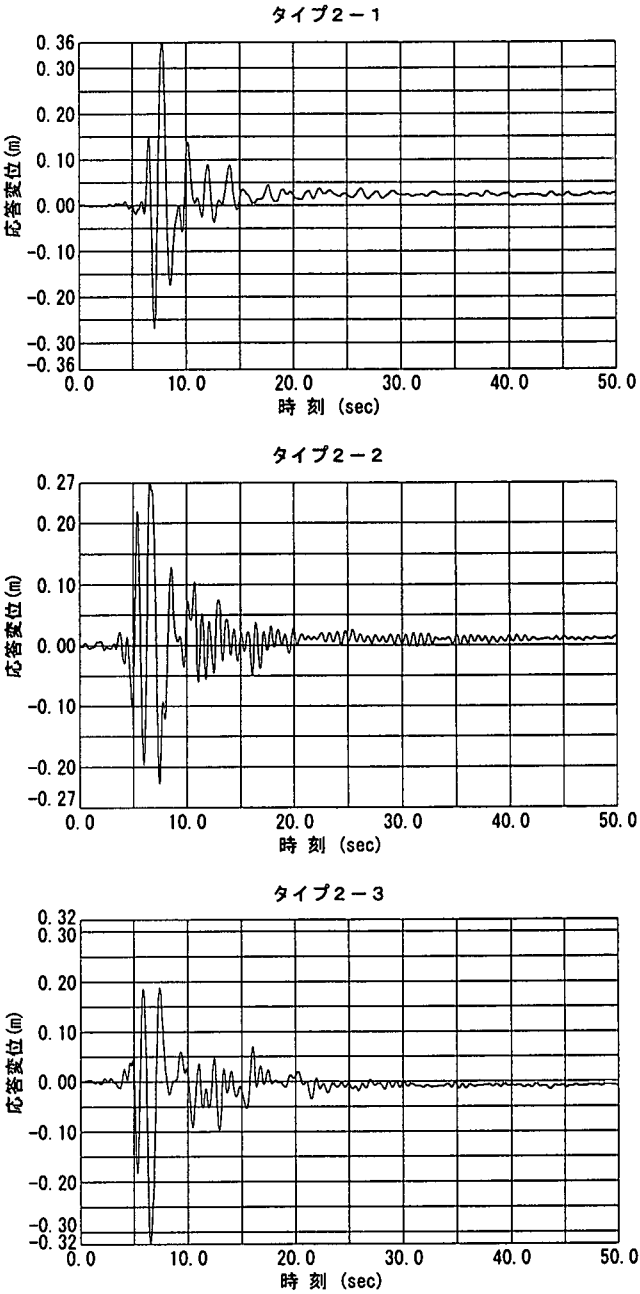


図-5 タイプⅡ地震時上部工移動量

本橋梁の場合、河川内橋脚が固定支承であったこと、橋脚基数が少ないこと、施工性及び経済性から免震支承案を採用することとなった。河川内橋脚の耐震補強は、種々の条件が厳しくまだ行われていない箇所が多い。今後これらの工法がさらに普及し経済的になれば、河川内橋脚補強方法の選択肢の幅が広がってくるものと思われる。

参考文献

1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成 8 年 12 月
2) (社) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，平成 9 年 3 月