

一般国道23号一ツ木高架橋の橋脚補強工事 — PC鋼材を使用した橋脚の耐震補強工法 —

宇野 良市*1・久松 幹二*2・岡山 均*3・平 喜夫*4

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様」の準用に関する参考資料(案)(以下、「復旧仕様」)の発刊に伴い、全国で既設橋脚の耐震補強が数多く行われている。

その中で、建設省名古屋国道工事事務所管内の、平成9年度23号一ツ木高架橋下部工補強工事のうちRC橋脚10基において、パイロット事業の一環として、PC鋼材を帯鉄筋として使用した橋脚補強工法(PCコンファインド工法)が採用された。

本稿では、本工事の設計・施工方法について紹介する。

2. PCコンファインド工法とは

PCコンファインド工法とは、橋脚にPC鋼材を巻き付け、プレストレスを導入することを特徴とする既設橋脚の補修・補強工法であり、高強度のPC鋼材を帯鉄筋として使用することにより、少ない補強量で大きな靱性の改善が可能となる。

PCコンファインド工法には、主に

- ① プレキャストパネルを建て込み、PC鋼材を連続的にスパイラル状に配置し、小型特殊ジャッキで連続的にプレストレスを与え、耐力およびじん性の向上が可能なスパイラル方式
- ② PC鋼材を既設橋脚に直接巻き付けて、特殊ジャッキにてプレストレスを与え、じん性の向上が可能なワイヤラップ方式
- ③ 現場打ちコンクリート中にシースを配置して、定着部をブロック化して、施工性を改善し、各段階ごとにプレストレスを与え、耐力およびじん性の向上が可能なフープ方式

がある(図-1)。本橋に関しては、地震時保有水平耐力およびじん性の向上が必要であったこと、現場作業の省力化・工期の短縮および高品質の確保に期待して、プレキャストパネルを用いるスパイラル方式が採用された。

なお、本工法の施工性・力学特性を確認するため、実物大に近い模型を製作し、実験を行っている¹⁾。

3. 構造概要

国道23号線は愛知県豊橋市より、名古屋市を通り三重県伊勢市まで抜ける主要路線である。その中で本橋は、愛知

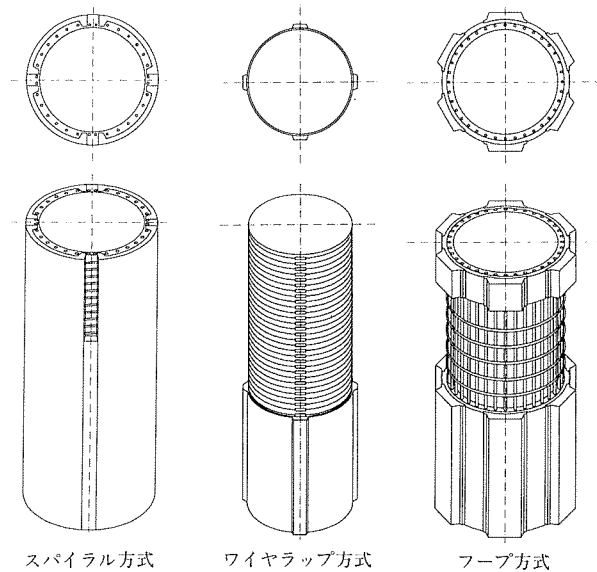


図-1 PCコンファインド概要図

県刈谷市と知立市の境に位置し、国道155号を跨ぐ高架橋である。橋脚は昭和56年～58年に竣工されたRC円柱橋脚である。

工事名：平成9年度23号一ツ木高架橋下部工補強工事
発注者：建設省名古屋国道工事事務所
施工箇所名：刈谷市一ツ木町
上部工形式：3@3径間連結プレテンT桁橋
地盤種別：3種地盤
橋脚形状：図-2参照
補強形状：図-3参照
増し厚：200mm(半径)

4. 設計概要

設計計算は、復旧仕様準じて行った。また、全10基の橋脚の中には、構造条件の極めて近似したものが含まれているため、下記の代表的な5橋脚のみ照査を行った。

- ① P51 固定橋脚 ϕ 2.800m P51, 54の代表
- ② P57 固定橋脚 ϕ 2.500m P57
- ③ P49 可動橋脚 ϕ 2.500m P49, 50, 52, 53, 55の代表
- ④ P56 可動橋脚 ϕ 2.200m P56
- ⑤ P58 可動橋脚 ϕ 2.200m P58

なお、P58橋脚は鋼橋とPC橋との架け違いである。

*1 Ryoichi UNO：建設省名古屋国道工事事務所

*2 Kanji HISAMATSU：(株)クサカ

*3 Hitoshi OKAYAMA：藤城建設(株)

*4 Yoshio TAIRA：(株)ビー・エス 名古屋支店

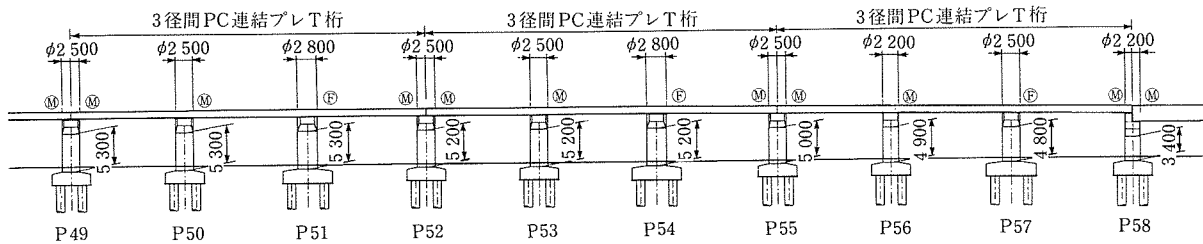


図-2 橋脚形状

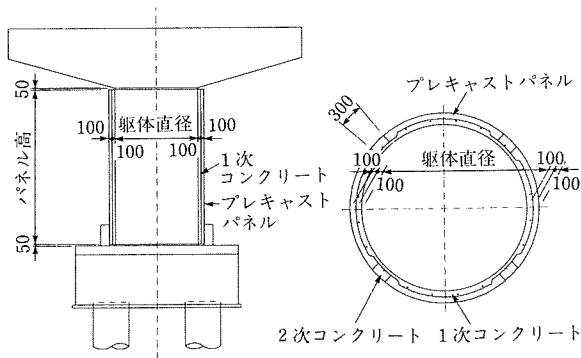


図-3 補強形状

4.1 設計フローチャート

設計フローチャートを図-4に示す。

4.2 計算上の仮定

設計計算は、以下に示すような仮定により、地震時保有水平耐力の照査を行った。

- ① PC鋼材は降伏点強度の高い帯鉄筋として評価し、コンクリートの応力-ひずみ曲線を求める。
- ② 既設橋脚部の鉄筋は軸方向、帯鉄筋とも有効と見なす。ただし、軸方向鉄筋の段落とし部については鉄筋の定着長(=φ35)分下がった位置までを有効とする。
- ③ 柱基部の切欠き部では、45度分布した位置からを有効部材とする(図-5)。

4.3 使用材料

(1) 既設橋脚部

コンクリート： $\sigma_{ck}=210\text{kgf/cm}^2$

鉄筋：SD295A

(2) 補強部

コンクリート：

プレキャストパネル $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$

1次コンクリート $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$

2次コンクリート $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$

(膨張コンクリート)

PC鋼材：SWPR7B 1S15.2

鉄筋：SD295A

4.4 部材形状

プレキャストパネルは運搬上の制約により円周方向に4分割とし、各パネル間の空間(2次コンクリート部)は緊張スペースとなるため、300mmとした。

パネル厚はシースの配置・鉄筋のかぶりを考慮して標準を100mmとし、緊張時のジャッキの支圧やパネルのずれ防止を考慮して、側面小口部のみ150mmに増厚した(部材重量

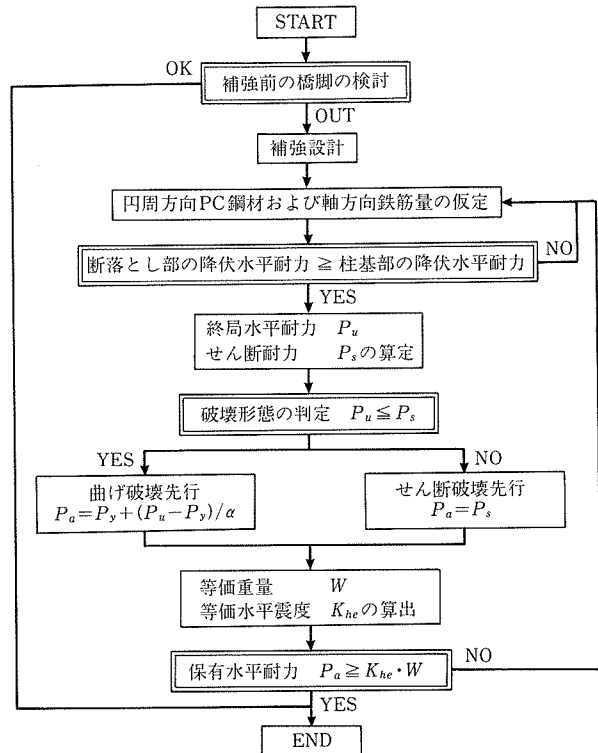


図-4 設計フローチャート

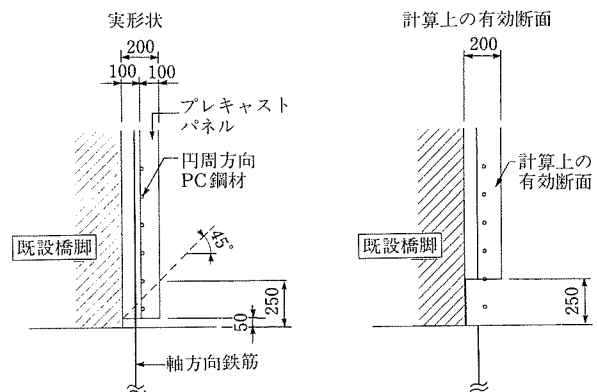


図-5 柱基部の有効断面

1.5tf~3.0tf)。

また、既設部とプレキャストパネルの間に100mmの場所打ち部(1次コンクリート部)を設けて、必要な軸方向鉄筋を配置しフーチングに定着することとした。

高さ方向には、必要以上に曲げ破壊耐力を上げないこと、既設の段落とし部の先行降伏を避けることを目的として、橋脚基部の補強断面を調整した。

PC鋼材配置は高さ方向に150mm間隔とした。

4.5 照査結果

補強前、補強後の水平力-水平変位の関係 (P51橋脚) を図-6に、照査結果一覧を表-1に示す。

また、横拘束筋による拘束効果を考慮したコンクリートの応力-ひずみ曲線 (P51橋脚) を図-7に示す。

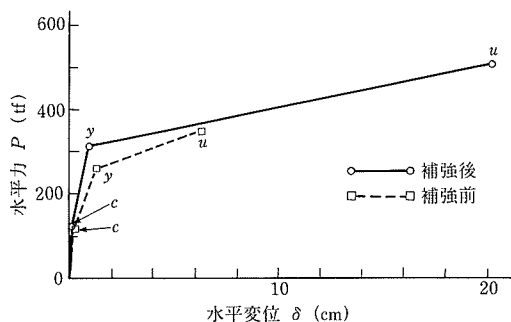


図-6 水平力P-水平変位δの関係(P51)

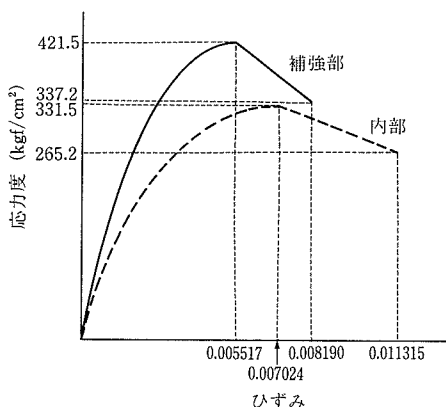


図-7 応力-ひずみ曲線(P51)

照査結果として、次のことが挙げられる。

- ① 全橋脚にわたって先行降伏断面が段落とし部から基部に移行した。
- ② 全橋脚にわたって許容塑性率が上限値8.000となり、等価水平力が50%程度低減された。これは補強後の終局時水平力・水平変位の増大が顕著であることに起因する。
- ③ 地震時保有水平耐力が、軸方向鉄筋補強を行った固定橋脚に関して15%程度向上した。断面増し厚および横拘束鋼材補強のみで、保有水平耐力が等価水平力を上回る橋脚については、軸方向筋補強は不必要とした。

全体的に、約1.2倍の耐力の向上と、大きな変形性能(じん性)の向上が見られた。

5. 工事概要

本工事の、軸方向鉄筋建込みから根巻きコンクリート(養生含む)までの本体工事は、1基につき20~25日のサイクルで施工を行った。

5.1 施工フローチャート

施工フローチャートを図-8に示す。

5.2 架設概要

- ① プレキャストパネルが標準100mmと薄いため、コンクリート打設後の脱枠・仮置き・運搬・建込みの各施工段階を考慮して、H鋼や特製ジグを用いて補強を行った。
- ② 既設橋脚の補強のため、とくに高さ方向に作業スペースが制約されるため、パネルの建込みはクレーンにより一方向から行い、回転スライド用ローラーにて円周方向に横移動を行った(写真-1, 2)。
- ③ 1次コンクリート打設用のスペースが狭いため、プレ

表-1 照査結果

補 強 前						PCコンファインド補強後							
橋脚番号	P51	P57	P49	P56	P58	橋脚番号	P51	P57	P49	P56	P58		
支持条件	固定	固定	可動	可動	可動	支持条件	固定	固定	可動	可動	可動		
照査方向	橋軸	橋軸	橋軸直角	橋軸直角	橋軸直角	照査方向	橋軸	橋軸	橋軸直角	橋軸直角	橋軸直角		
水平力	P_c tf	116.3	98.1	70.3	55.2	68.1	水平力	P_c tf	120.3	101.7	71.3	56.3	68.7
	P_y tf	257.9	295.0	97.1	94.6	158.0		P_y tf	310.6	324.1	96.0	99.0	171.4
	P_u tf	348.9	425.2	123.0	123.4	212.9		P_u tf	503.6	543.6	139.7	148.3	263.3
変位量	δ_c cm	0.20	0.20	0.28	0.31	0.32	変位量	δ_c cm	0.13	0.12	0.17	0.17	0.20
	δ_y cm	1.30	1.59	1.11	1.54	2.03		δ_y cm	0.95	1.13	0.36	0.50	1.54
	δ_u cm	6.36	9.37	9.08	7.60	9.14		δ_u cm	20.23	16.88	9.89	9.41	33.98
	先行降伏断面	段落とし部	段落とし部	段落とし部	段落とし部	段落とし部		先行降伏断面	基部	基部	基部	基部	基部
せん断耐力 P_s tf	541.6	450.1	314.9	257.6	378.4	せん断耐力 P_s tf	1056.3	927.8	891.1	764.6	804.3		
破壊形態	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊	破壊形態	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊	曲げ破壊		
許容塑性率 μ	3.596	4.265	5.776	3.615	3.334	許容塑性率 μ	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000		
等価重量 W tf	1069.5	1053.3	411.2	397.3	536.0	等価重量 W tf	1081.3	1063.0	422.0	406.3	542.1		
等価固有周期 T_{eq} sec	0.458	0.472	0.419	0.495	0.513	等価固有周期 T_{eq} sec	0.359	0.381	0.241	0.276	0.431		
等価水平震度 K_{he}	0.57	0.53	0.41	0.60	0.63	等価水平震度 K_{he}	0.31	0.32	0.24	0.26	0.35		
等価水平力 P_e tf	609.6	558.2	168.6	238.4	337.7	等価水平力 P_e tf	335.2	340.2	101.3	105.6	189.7		
保有水平耐力 P_a tf	318.6	381.8	114.4	113.8	194.6	保有水平耐力 P_a tf	377.2	434.8	107.5	118.3	202.0		
安全度 P_a/P_e	0.52	0.68	0.68	0.48	0.58	安全度 P_a/P_e	1.13	1.28	1.06	1.12	1.06		
判定	N.G	N.G	N.G	N.G	N.G	判定	O.K	O.K	O.K	O.K	O.K		

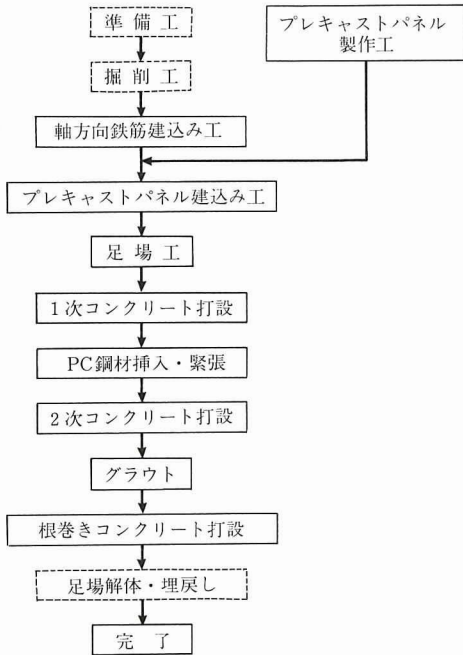


図-8 施工フローチャート

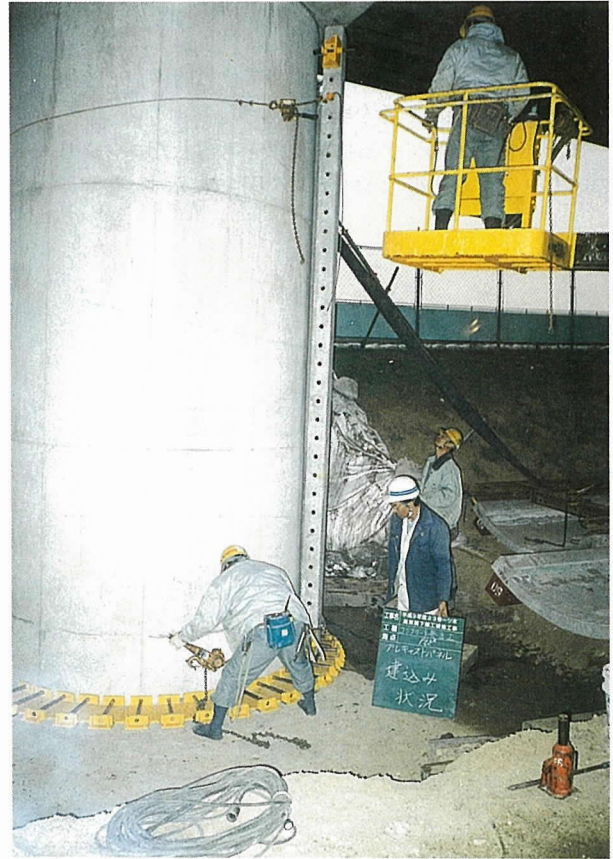


写真-2 パネル横移動状況



写真-1 パネル建込み状況

キャストパネル上部に打設孔として切欠きを設けておき、そこからコンクリートポンプ車にて打設を行った(写真-3)。

5.3 緊張概要

PC鋼材の緊張は、新旧コンクリートの一体性を確保することを主目的として行うものである。

- ① PC鋼材は挿入能力の制約から7段ごとに挿入・切断し、緊張時にカプラーにて接続した(写真-4)。
- ② PC鋼材の緊張は2台の小型特殊ジャッキを用いて、半周ごとに緊張・解放を繰り返し、最下段から1段ごとに行った(写真-5, 6)。

以下に緊張手順を示す(図-9)。

- 【手順1】 最下段の鋼材端を固定端とし、180度対称位置にある目地①でジャッキ①にて緊張。
- 【手順2】 そこから180度対称位置にある目地②でジャッキ②にて緊張。
- 【手順3】 ジャッキ①を解放し、同目地内で1段上にジャッキ①を盛り替えて、緊張。



写真-3 1次コンクリート打設状況



写真-4 PC鋼材挿入状況

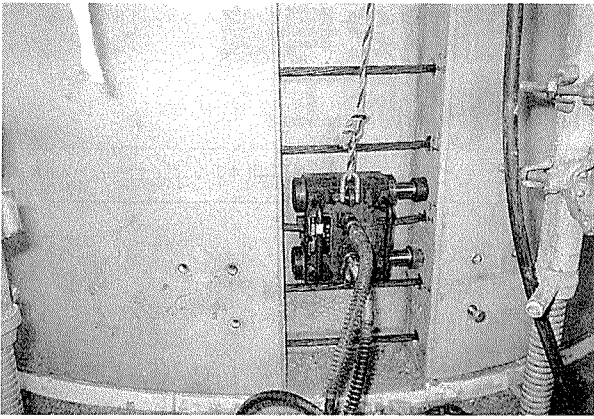


写真-5 小型特殊ジャッキ

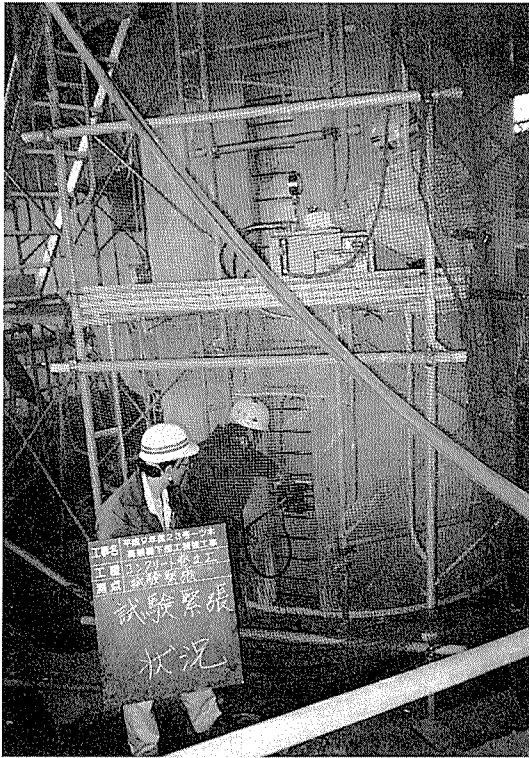


写真-6 緊張作業

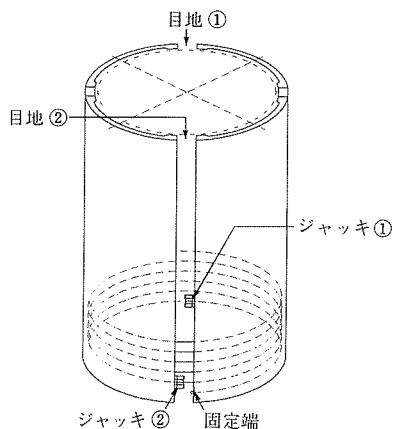


図-9 緊張概要

【手順4】 ジャッキ②を解放し、同日地内で1段上にジャッキ②を盛り替えて、緊張。

【手順5】 最上段まで、手順3, 4の作業を鋼材段数回繰り返す。

6. おわりに

以上、23号一ツ木高架橋橋脚補強工事で施工されたPCコンファインド工法の設計・施工について報告を行った。

結果として、耐力とじん性のバランスのとれた補強が可能で、とくにじん性が大きく向上した。

施工においても、既設構造物の補強のため作業スペースの確保という点で苦労があったが、橋脚1基あたりの本体工工程は、同工区内の鋼板巻立て工法のそれよりも20日程度短縮され、現場作業の省力化による工期短縮という大きなメリットを示した。

最終的な仕上がりも、コンクリート部材である上下部工によく馴染んだものとなった(写真-7)。

今後、本工法は鋼板巻立て工法、RCコンクリート巻立て工法と並んで有力な橋脚耐震補強工法となることが期待され、とくに急速施工が要求される場合や、確実な防錆処理の必要な河川内での施工などに対して有効であると思われる。

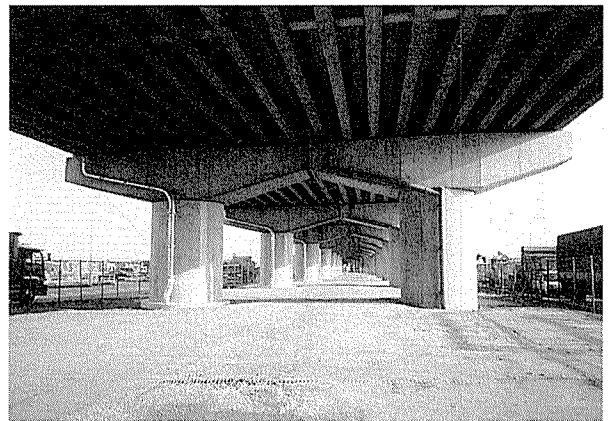


写真-7 完成写真(左側橋脚が補強後)

最後に、本工事が無事終了したことに對して、関係各位の皆さまに深く感謝の意を表して本報告の終わりとする。

参考文献

- 1) 張, 森: PC鋼材を帯鉄筋に用いた円柱コンクリートの応力-ひずみ関係, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.2, pp.315~320, 1997

【1998年8月10日受付】