

土 木 研 究 所 資 料

昭和54年耐震点検に基づく 既設道路橋の耐震補強事例集

昭和63年10月

建設省土木研究所
地震防災部耐震研究室

Copyright © (1989) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted,
nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

昭和54年耐震点検に基づく 既設道路橋の耐震補強事例集

耐震研究室 室長 川島 一彦
研究員 運上 茂樹
吾田 洋一

要 旨

本報告は、昭和61年から昭和63年にかけて行なわれた建設省技術研究会道路部門指定課題「既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究―耐震性評価法・耐震補強法に関する検討―」の一環として実施された調査研究成果の1つであり、昭和54年の耐震点検に基づいて耐震補強が実施された道路橋の事例調査を行い、この結果をもとに耐震補強事例集としてとりまとめたものである。

キーワード：既設橋梁、耐震点検、耐震補強

目 次

1. 概 要	1
2. 耐震補強事例一覧	2
3. 耐震補強事例	9
3.1 下部工の変状（洗掘）に対する耐震補強事例	9
3.2 下部工の変状（基礎の変位）に対する耐震補強事例	25
3.3 下部工の変状（躯体の強度）に対する耐震補強事例	33
3.4 基礎の型式（RC ラーメン）に対する耐震補強事例	37
3.5 基礎の型式（独立ケーソン）に対する耐震補強事例	57
3.6 基礎の型式（パイルベント）に対する耐震補強事例	63
3.7 躯体の強度に対する耐震補強事例	87
3.8 飽和砂質地盤に対する耐震補強事例	99
3.9 杭の支持力に対する耐震補強事例	107
3.10 土の支持力に対する耐震補強事例	131
4. あとがき	139

1. 概 要

地震による被害を軽減し、震災時に被災地への救援物資、復旧用資機材等の緊急輸送路の確保を図るために、道路整備の一環として道路構造物の耐震化を図る道路震災対策事業が進められてきている。

この震災対策事業の一環として、昭和46年以降、数次にわたり耐震点検を実施し、これに基づき、耐震性が相対的に低いと判断された橋梁に対しては耐震補強が加えられてきている。しかしながら、既設橋梁の耐震補強法については、個々の橋梁の条件を反映してそれぞれ個別に実施されており、どのような構造が耐震補強策として最適かに関する系統的な調査が実施されていないのが実情である。

本資料は、建設省技術研究会道路部門指定課題「既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究－耐震性判定法・耐震補強法に関する検討－」（昭和61年度～昭和63年度）の一環として実施された調査研究成果の1つとしてとりまとめたものであり、昭和54年の耐震点検に基づいて耐震補強が実施された橋梁をもとに耐震補強事例集としてとりまとめたものである。

2. 耐震補強事例一覧

昭和54年耐震点検では、点検総数約35,000橋のうち、約16,000橋に対して何等かの対策が必要とされ、対策はほぼ完了している。

橋梁に対する昭和54年の耐震点検は、図－2.1に示すフローに従って表－2.1に示す調査票を作成することにより、対策項目及び対策工費を算定することになっている。このうち、1次点検の上部工については、支承部の補修、落橋防止装置の設置と比較的簡単な対策のため、その設計、施工に関しては問題が少ない。しかしながら、下部工については、費用が高いこと、設計手法が確立されていないことなどから、対策工法の選定が難しいのが現状である。このため、本資料では、下部工及び地盤の対策が実施された橋梁に着目してその事例を収集し、事例集としてとりまとめた。事例集としてとりまとめた橋梁は、表－2.2に示す合計46橋である。これを各対策項目ごとに分類すると表－2.3のようになる。

事例集の内容としては、以下の項目に関するまとめと対策図を掲載した。

(1) 橋梁の概要

- ① 架橋地名
- ② 架橋地点
- ③ 路線名
- ④ 架設年
- ⑤ 橋梁型式

(2) 昭和54年耐震点検結果

(3) 対策工法の選定

- ① 対策工法選定上の検討項目
- ② 比較検討

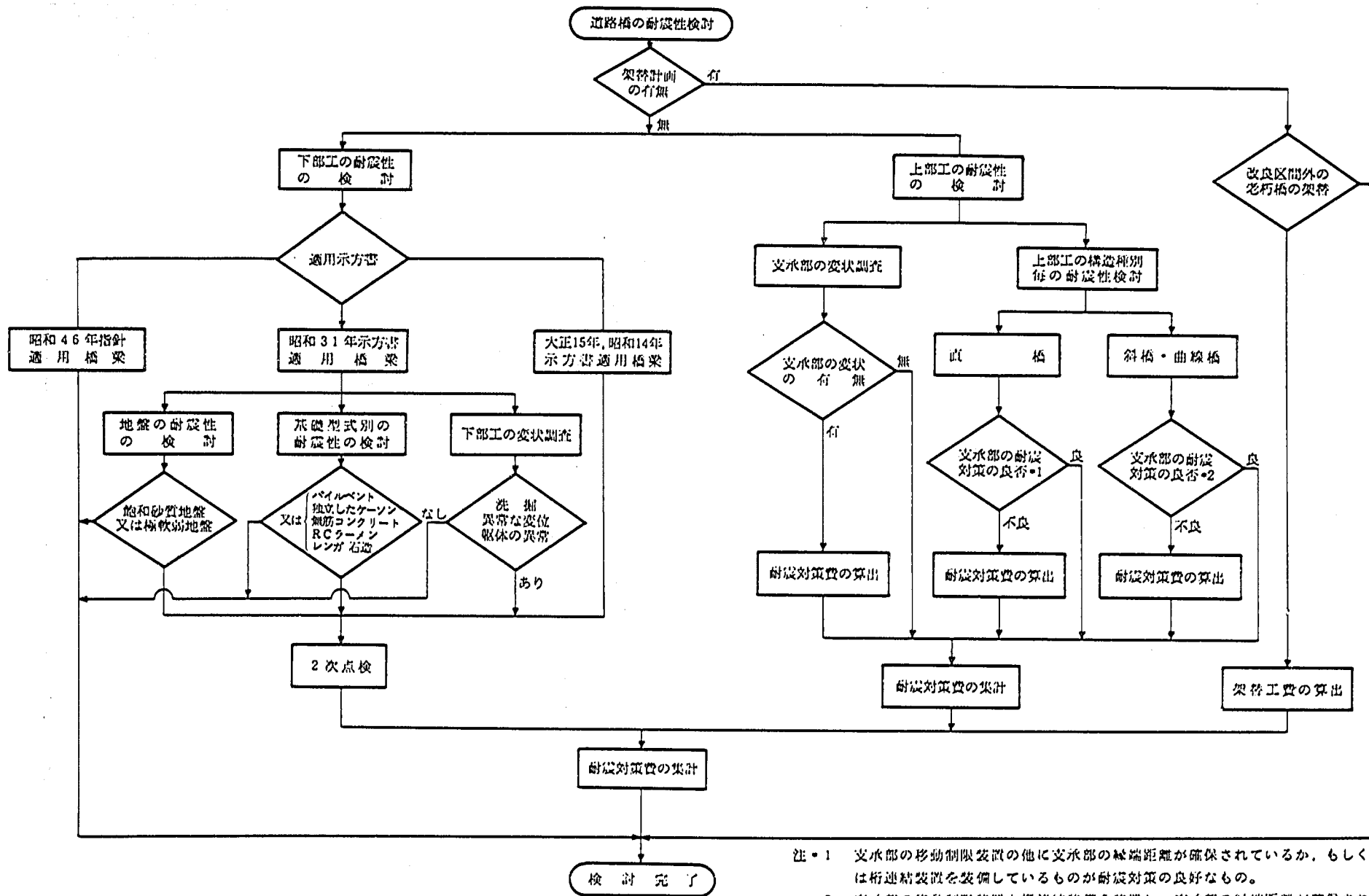
(4) 対策工法の設計

- ① 設計方針
- ② 設計項目

(5) 施工方法（施工機械、杭打設等の特殊施工法、河川締切等）

(6) その他（設計施工上の注意事項）

表－2.3に示した対策項目ごとに分類して以下に示す。



- 注・1 支承部の移動制限装置の他に支承部の終端距離が確保されているか、もしくは桁連結装置を装備しているものが耐震対策の良好なもの。
- ・2 支承部の移動制限装置と桁連結装置を装備し、支承部の終端距離が確保されているものが耐震対策の良好なもの。

図-2.1 昭和54年道路橋耐震点検フロー

表-2.1 昭和54年道路橋耐震調査法

点 検 箇 所			点 検 項 目		工 費			
一 次 点 検	上 部 工 程	支承部の変状	支承の損傷(あり), アンカーボルトの抜出し(あり), 沓座の破損(あり), 異常な変位(あり)					
		支 承 部 の 耐 震 装 置	直 橋	移動制限装置(あり), 沓座の縁端距離(十分), 桁連結装置(あり)				
			斜 橋 曲線橋	移動制限装置(あり), 沓座の縁端距離(十分), 桁連結装置(あり)				
	下 部 工 程	地盤の耐震性	飽和砂質地盤(はいえ), 極軟弱地盤(はいえ)					
		基礎の型式	パイルベント(はい), 独立した基礎(はい), ケーソン基礎(はい), RCラーメン躯体(はい), 無筋コンクリート(はいえ), レンガ造(はい), 石造(はい), 造躯体(はいえ), 躯体(はいえ)					
		下部工の変状	洗掘(あり), 基礎の変位(あり), 躯体の異常(あり)					
	合 計							
二 次 点 検	点 検 箇 所		安 全 度 の 判 定			工 費		
	地 盤	飽和砂質土の層厚	良い(層厚が1.0m以下), 中間(層厚が1.0~10.0m), 悪い(層厚が10.0m以上)					
		土の支持力	良い(A領域) 中間(B領域) 悪い(C領域)					
	下 部 工 程	橋脚躯体の強	良い(A領域) 中間(B領域) 悪い(C領域)					
		基 礎 杭 の 支 持 力	支持杭	良い(安全率2以上), 中間(安全率1.5~2), 悪い(安全率1.5以下)				
			摩擦杭	良い(安全率3以上), 中間(安全率2~3), 悪い(安全率2以下)				
		基礎の型式別の耐震性	パイルベント, 独立したケーソン, RCラーメン, 無筋コンクリート, レンガ造, 石造					
		下部工の変状	洗掘, 基礎の変位, 躯体の異常					
	合 計							
一次点検の特記事項						耐震対策工費の合計		
二次点検の特記事項								

表-2.2 (1) 耐震補強事例一覧

地方 建設局等	工事 事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法	No
北 海 道	室蘭開発	大 成 橋	下部工の変状 (洗掘)	根固工 (コンクリート打設, フトン籠)	1-1
		弁 辺 橋	下部工の変状 (洗掘)	根固工 (ブロック)	1-2
東 北	仙台工事	梅田川橋	基礎の形式 (RC ラーメン)	橋脚補強	4-1
		大河原橋	基礎の形式 (RC ラーメン)	耐震壁	4-2
		名 取 橋	基礎の形式 (RC ラーメン) 基礎の形式 (独立ケーソン) 下部工の変状 (洗掘)	耐震壁 ケーソン頂部 RC 連結 根固工 (ブロック)	4-3
		あずま橋	躯体の強度 基礎の形式 (パイルベント) 下部工の変状 (洗掘)	枕梁 RC 巻立て RC 巻立て (壁式)	6-1
	山形工事	羽 黒 橋	杭の支持力	地盤改良 (生石灰パイル打設)	9-1
	福島工事	佐 久 間 川 橋	躯体の強度 基礎の形式 (パイルベント)	RC 巻立て (下半分) 各橋脚底版連結	6-2
関 東	宇 都 宮 国 道	矢板新橋	基礎の形式 (パイルベント)	橋脚の鋼板補強	6-3
		那須野橋	下部工の変状 (躯体の異常)	橋台クラック補修 (RC 巻立て)	3-1
	東京国道	四ッ木橋	飽和砂質地盤	増し杭	8-1
		両 国 橋	杭の支持力	PC ウェル	9-2
	甲府工事	栄 久 橋	下部工の変状 (躯体の異常)	樹脂注入	3-2
	大宮国道	綾瀬川橋	基礎の形式 (パイルベント)	増し杭	6-4
	千葉国道	塩 田 橋	基礎の形式 (パイルベント)	増し杭, フーチング拡大	6-5
北 陸	新潟国道	太田川橋	下部工の変状 (洗掘)	根固工 (鋼矢板, タイロッド)	1-3
	高田工事	田 海 橋	躯体の強度	橋脚巻立て	7-1
		洞 川 橋	躯体の強度	橋脚巻立て	7-2
	金沢工事	刈 安 橋	杭の支持力	インバートによる一体化	9-3
		階 楽 橋	杭の支持力	アースアンカー工	9-4
		津幡川橋	杭の支持力	アースアンカー工	9-5
中 部	浜松工事	芳 川 橋 (上り)	基礎の型式 (RC ラーメン) 杭の支持力	RC 巻立て	4-4

表- 2.2 (2) 耐震補強事例一覧

地 方 建設局等	工 事 事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法	No
中 部	浜松工事	弁天大橋	土の支持力	橋台アースアンカー工	10- 1
		中 野 町 誇 道 橋	杭の支持力	橋台カウンターコンクリート工	9- 6
	名古屋 国 道	筏 川 橋	基礎の型式 (パイルベント) 飽和砂質地盤	増し杭, 旧杭の RC 巻立て 橋台一体拡幅	6- 6
	三重工事	町屋大橋	下部工の変状 (基礎の変位) 土の支持力	新設橋台	2- 1
	岐阜国道	相 川 橋	飽和砂質地盤 土の支持力	橋台フーチング拡大	8- 2
近 畿	和 歌 山 工 事	岩 出 橋	杭の支持力 下部工の変状 (洗掘)	増し杭, 底版拡大 根固工 (ブロック)	9- 7
	紀南工事	南部大橋	杭の支持力	増し杭, フーチング拡大	9- 8
	兵庫国道	明 石 跨 線 橋	躯体の強度	橋脚巻立て	7- 3
		軍行橋(旧)	土の支持力	支え棒補強	10- 2
	京都国道	観 月 橋	基礎の型式 (独立ケーソン)	補強フーチング(鋼矢板, 蛇籠) 根固工 (ブロック)	5- 1
	奈良国道	高 田 高 架 橋	躯体の強度 土の支持力	巻立て 増し杭, フーチング拡幅	7- 4
	滋賀国道	野 州 川 大 橋	下部工の変状 (洗掘)	ケーソン補強 根固工 (ブロック)	1- 4
中 国	浜田工事	江 川 橋	下部工の変状 (洗掘)	根固工 (鋼矢板コンクリート打設)	1- 5
四 国	徳島工事	勝浦浜橋	基礎の型式 (RC ラーメン) 基礎の型式 (独立ケーソン)	耐震壁	4- 5
		那賀川橋	基礎の型式 (RC ラーメン) 基礎の型式 (独立ケーソン) 下部工の変状 (洗掘)	耐震壁 根固工 (ブロック)	4- 6
	大州工事	津島大橋	基礎の型式 (RC ラーメン)	RC 巻立て	4- 7
	土佐国道	仁淀川橋	基礎の型式 (独立ケーソン)	ケーソン頂部連結, ウェル基 礎, フーチング拡大, 根固工 (ブロック)	5- 2

表- 2.2 (3) 耐震補強事例一覧

地 方 建設局等	工 事 事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法	№
九 州	佐賀国道	平 野 橋	基礎の型式 (RC ラーメン) 躯体の強度 下部工の変状 (洗掘)	RC 巻立て フーチング拡幅	4 - 8
		久 保 橋	下部工の変状 (洗掘)	根固工 (鋼矢板コンクリート打設)	1 - 6
	長崎工事	島原大橋	基礎の型式 (パイルベント)	アースアンカー工	6 - 7
	宮崎工事	沖 田 橋	土の支持力 基礎の型式 (RC ラーメン)	増し杭, 底版拡大 耐震壁	10 - 3
		細 田 橋	基礎の型式 (RC ラーメン) 下部工の変状 (洗掘)	RC 巻立て 根固工 (ブロック)	4 - 9
沖 縄	北部国道	許 田 橋	下部工の変状 (基礎の変位)	橋台補強	2 - 2
石 川 県		羽昨大橋	基礎の形式 (パイルベント)	増し杭	6 - 8

注) 右欄№は、3章の節番号及び節中の橋梁の番号を示す (○節-○番)。

表- 2.3 対策事例橋数

点 検 項 目		橋 数
1	下部工の変状 (洗掘)	12 橋
2	下部工の変状 (基礎の変位)	2 橋
3	下部工の変状 (躯体の異常)	2 橋
4	基礎の型式 (RC ラーメン)	10 橋
5	基礎の型式 (独立ケーソン)	5 橋
6	基礎の型式 (パイルベント)	8 橋
7	躯体の強度	7 橋
8	飽和砂質地盤	3 橋
9	杭の支持力	9 橋
10	土の支持力	6 橋

3. 耐震補強事例

3.1 下部工の変状（洗掘）に対する耐震補強事例

(1-1) 大 成 橋

(1-2) 弁 天 橋

(1-3) 太 田 川 橋

(1-4) 野州川大橋

(1-5) 江 川 橋

(1-6) 久 保 橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北海道開発局	室蘭開発	大成橋	下部工の変状（洗掘）	根固工（コンクリート打設、 布団籠）
(1) 大成橋の概要 本橋は北海道寿都郡黒松内町に位置し、一般国道37号が来馬川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道37号は国道5号分岐の長万部町と室蘭市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和37年に竣工し、昭和31年道路橋示方書で設計された。構造形式は、上部工がPCスラブ橋であり下部工は直接基礎である。				
(2) 耐震点検結果 橋台の洗掘が認められ、根固めが必要と判定された。				
(3) 対策工法の選定 1) 橋台部河床の洗掘には根固めコンクリートを施工。 2) 橋脚部は将来の洗掘防止として布団籠を一部に施工。				
(4) 対策工法の設計 な し				
(5) 施工方法				
(6) その他				

図-1 大成橋一般図

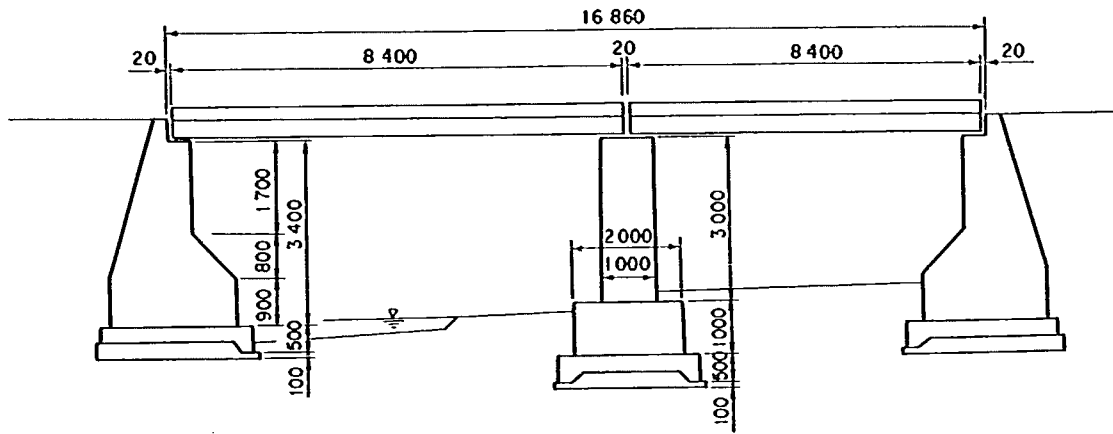
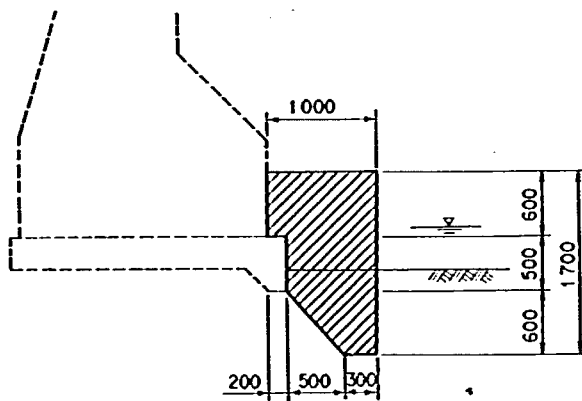
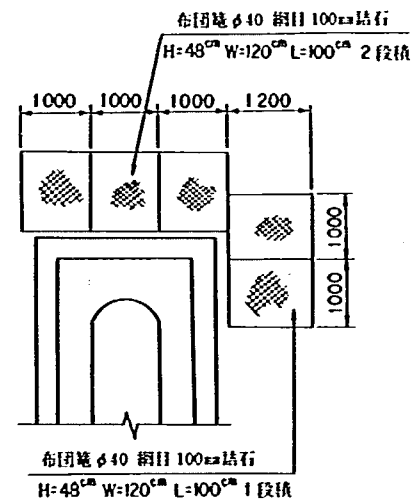


図-2 耐震補強対策図

側面図



平面図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北海道開発局	室蘭開発	弁辺橋	下部工の変状（洗掘）	根固工（ブロック）
(1) 弁辺橋の概要 ！ 本橋は北海道虻田郡豊浦町に位置し、一般国道37号が貫気別川に架設された橋梁である。国道37号は国道5号線分岐の長方部町と室蘭市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和38年に竣工し、昭和31年道路橋示方書で設計された。 構造形式は、上部工がPCT桁橋であり下部工はケーソン基礎である。				
(2) 耐震点検結果 橋脚基礎工の洗掘が認められ、根固めが必要と判定された。				
(3) 対策工法の選定 河床の長期安定を期し、大型根固めブロックを施工。				
(4) 対策工法の設計 河川計画については明確なものがなく、橋脚の洗掘防止のみを目的とした対策を行った。				
(5) 施工方法 ブロックの施工に際しては、河川の渇水期を選ぶとともに桁下が9.0mと少ないため仮道を作り、河床を均した後にブロック（2t）を布設した。				
(6) その他				

図-1 弁辺橋一般図

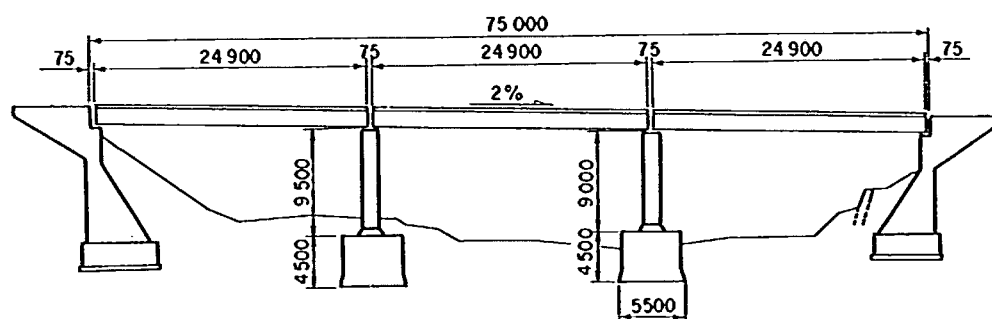
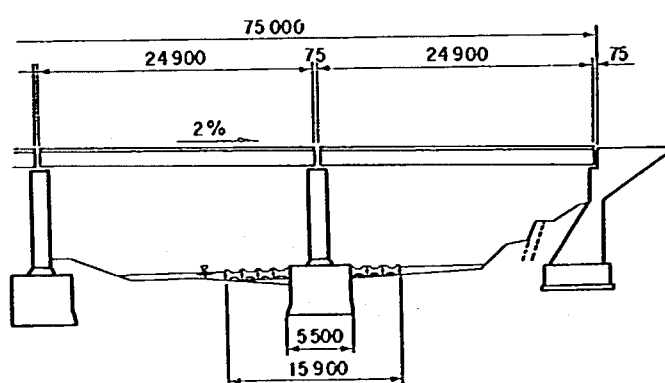
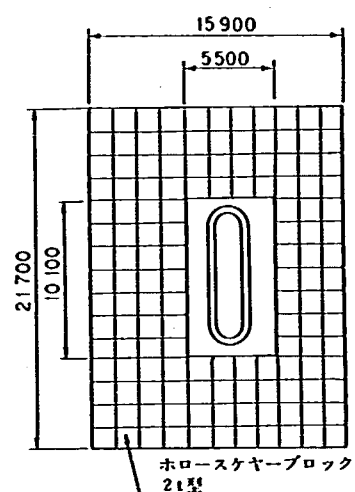


図-2 耐震補強対策図

側面図



平面図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	新潟国道	太田川橋	下部工の変状（洗掘）	根固工（鋼矢板・タイロッド）
(1) 太田川橋の概要 本橋は新潟県新発田市佐々木地内において一般国道7号が太田川を渡河する地点に昭和6年に架設された橋長19.48mの2等橋である。 構造形式は、上部工が支間9.0mのRC単純T桁であり、下部工は橋台がRC逆T式、橋脚はRC壁式で基礎は木杭（径、長さ、本数不明）である。 河床の洗掘が著しく過去に施工された根固コンクリートの一部が損壊転倒しフーチングの一部が河床から浮き上る状況となった。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検の結果、特に変状が観察されないことから現状では安定しているが、木杭が確認されたことと、さらに洗掘が進行した場合に危険な状態となることが予想され洗掘防止対策が必要と判断された。				
(3) 対策工法の選定 洗掘防止対策として、下部工周辺を矢板・連続地中壁等で囲む工法、フトン籠・ブロック等で床固めを行う工法が考えられたが、根固工の確実性、流水による橋台・護岸への影響等を考慮して鋼矢板による根固工を採用した。				
(4) 対策工法の設計 長さ4mの鋼矢板を河床下2mまで打込み、矢板頭部はフーチングの鉄筋に溶接したタイロッドで押え、矢板とフーチングの間にコンクリートを打設する構造とした。 設計条件等の詳細は不明である。				
(5) 施工方法 損壊転倒した既設根固コンクリートを取りこわして、鋼矢板を打込みタイロッドを設置しコンクリートを打設した。 鋼矢板の施工は桁下空間に制約があるため継矢板とし、橋梁外側に打込んだH形鋼で支持したIビームに吊り下げた15KVA級の振動杭打機により打設した。				
(6) その他 昭和61年度に実施した耐荷力調査において基礎構造の詳細が不明のため直接基礎と仮定した上で応力及び安定解析を行った結果十分安全であるとの結論が出されている。				

図-1 太田川橋一般図

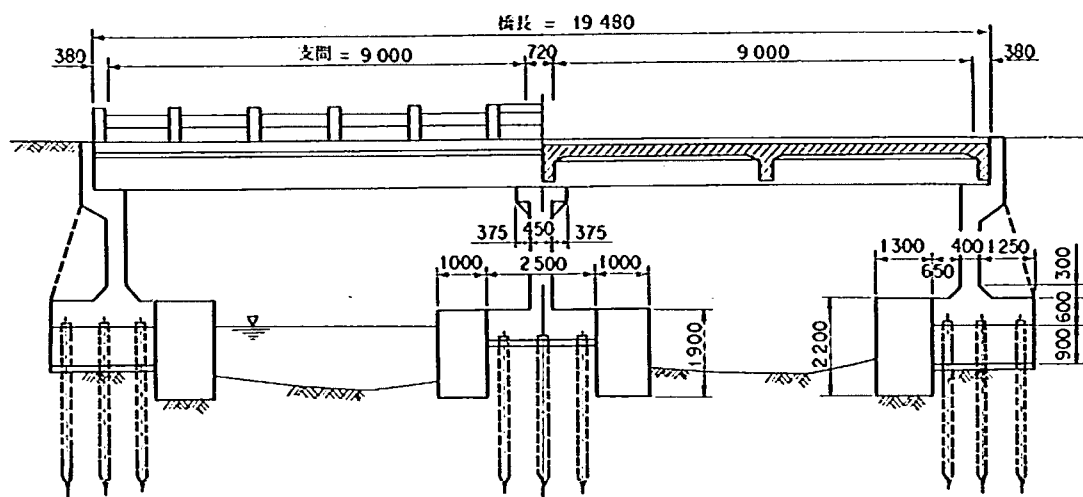
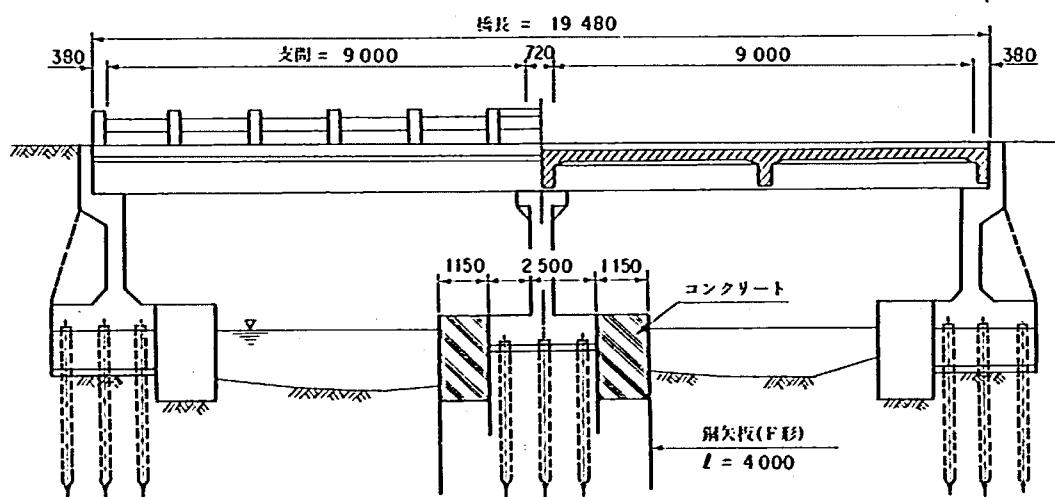


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	滋賀国道	野洲川大 橋	下部工の変状（洗掘）	ケーソン補強 根固工（ブロック）
(1) 野洲川大橋の概要 本橋は滋賀県野洲郡野洲町三上～同県栗太郡栗東町出庭に位置し一般国道8号が野洲川を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道8号は当橋梁付近において約33,000台/日の交通量があり、関西～北陸、中京地域を結ぶ重要交通路である。 本橋は昭和31年に架設された橋梁であり、構造形式は上部工が橋長$L=413.6\text{ m}$（$2@19.3+15@25$）、巾員$W=8\text{ m}$のRCゲルバーT桁橋である。下部工はRCパイル（$L=5\text{ m}$, $\phi 250$, $N=59\text{ 本/基}$）からなる橋台と$W=3.8\text{ m}$, $L=10.9\text{ m}$, $H=8\text{ m}$なるケーソン上に設置された橋脚16基からなる。				
(2) 耐震点検結果 点検では、橋脚のケーソン基礎が$2\sim 3^\circ$程度傾斜しており補強が必要と判定された。				
(3) 対策工法の選定 補強対策として、①既設ケーソンの周囲にフーチングコンクリートを施工し基礎の底面積拡大により水平抵抗を増す直接基礎工法、②既設ケーソン周囲に鋼管矢板を打ち込みケーソンと鋼管矢板に挟まれた部分をコンクリートと鉄筋で結合する鋼管矢板ケーソン基礎工法、鋼管矢板の代りに連続地中壁を施工する連続地中壁ケーソン基礎工法、ケーソン周囲にベノト杭を打ち、柱列壁を形成しケーソンとする柱列壁ケーソン基礎工法、橋梁巾員外に杭基礎を設けケーソンの水平安定のために両側杭基礎間に梁を設ける弾性梁支持基礎工法の4工法を総称した群杭基礎工法が検討された。 上記直接基礎工法・群杭基礎工法の2案について検討した結果、直接基礎工法においては基礎根入れ・ケーソン部結合において既設ケーソン壁厚やコンクリートの状態により一体化に無理があるため群杭基礎工法が選定された。群杭基礎工法における杭の種類については鋼管杭、PC杭、場所打杭、H型钢等を検討し、桁下空間条件により鋼管杭・PC杭・場所打杭は不適と判断され、H型钢杭を使用する群杭基礎工法が選定された。また今後の河床洗掘防止のため根固工として護床ブロックも検討された。				
(4) 対策工法の設計 補強設計においては、既設ケーソンに外力の負担をかけず新部材のみで負担させる構造として計算を行った。現状では死荷重が作用しているため、鉛直力のみは既設ケーソンで負担させるように考えた。 計算手法を要約すれば鉛直力のみ既設ケーソンで負担させ、地震時の水平力・モーメントを補強後の全体構造に支持させるようにした。 設計検討項目及び概要を表-2に示す。				
(5) 施工方法 仮設工として建設機械進入路の造成を行い、河川増水期施工ではあるが増水・コンクリート打設時に支障があるため河川の付替えを行った。H鋼杭打込については桁下空間が制限されているため$L=4\text{ m}$を1本とし現場溶接継手を行い打ち込んだ。またH鋼杭はフーチング内においてコンクリートとH鋼の付着性等考慮し各隣接H型钢杭をL型钢で連結した。フーチングとの剛性を高めるためH型钢杭に鉄筋を溶接しフーチング内に埋込んだ。既設ケーソンとフーチングとの結合部においてチップングを行い、差し筋（$D25$ 埋込長$l=300\text{ mm}$）を打ち込み既設ケーソンと結合させた。フーチングコンクリート打設後、周囲に根固用ブロック（2t）を設置した。				
(6) その他 対策工の施工は全て河川内施工のため現道交通の通行規制は一切行わず施行を行った。				

図-1 野洲川大橋一般図

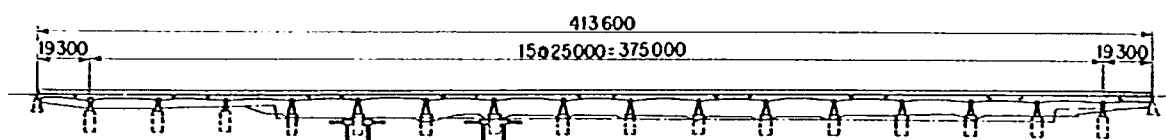


図-2 耐震補強対策図

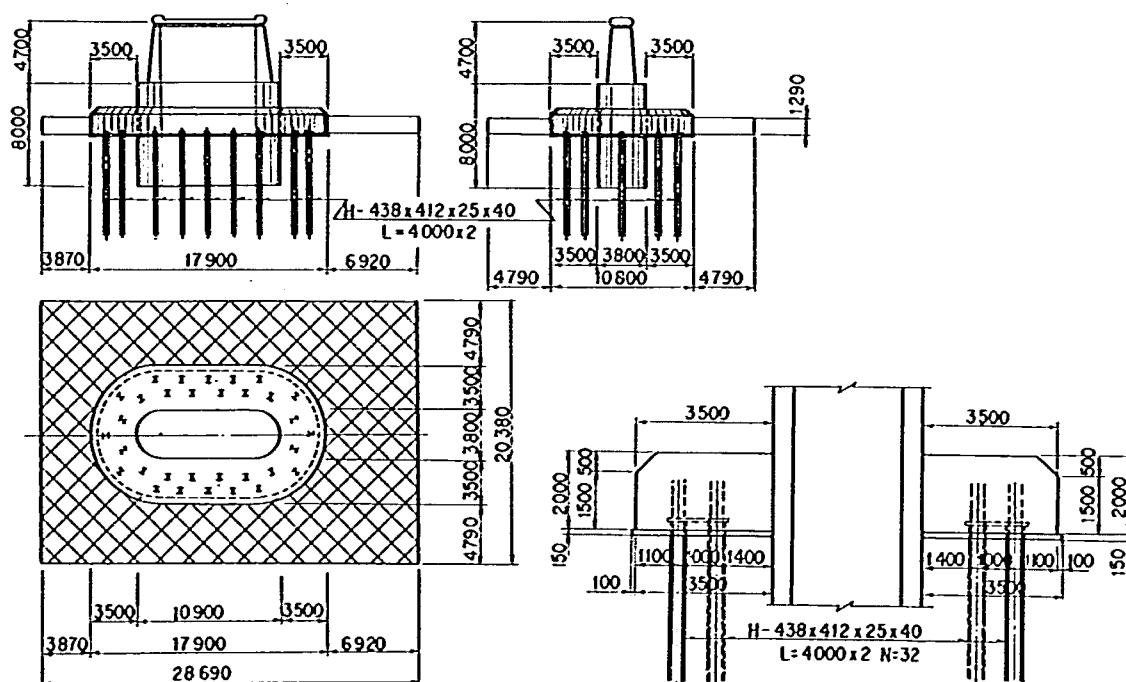


表-1 野州川大橋の工法の比較

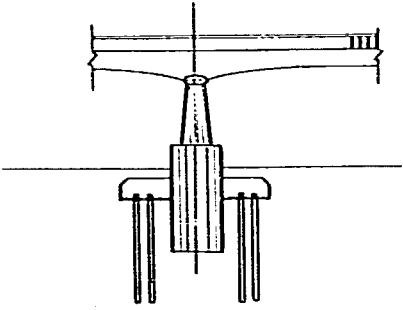
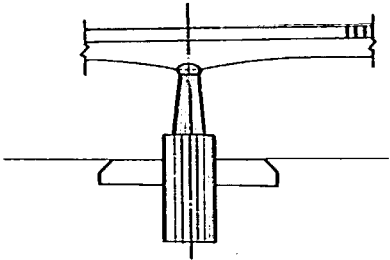
工 法		① 群 杭 基 礎 工 法	② 直 接 基 礎 工 法
概 念 図			
工 法 の 概 要		既設ケーソンの周囲にH型钢杭を打ち込み上方にコンクリートフーチングを設け既設フーチングと結合させる工法。	既設ケーソンの周囲にコンクリートフーチングを設け基礎底面積拡大により水平抵抗を増す工法。
設計上の留意点		・ 既設ケーソン及び新設フーチングに作用させる荷重の組合せ方法 ・ 群杭杭種の選定（施工性等考慮） ・ 既設・新設結合部における無理のない方法	・ 既設・新設結合部における無理のない方法 ・ 河床変動に伴う洗掘の考え方
施工上の留意点	交通規制	全て橋面下（河川内）施工のため交通規制は一切行わない	同 左
	作業空間	桁下空間により制約を受けるため杭打ち施工時一本当り杭長が制限される。	杭打ち施工を行わないため問題はない。
	締切工	河川満水期施工を原則とするが平常水脈が対象橋脚部を流下するため河川付替及び釜揚排水が必要である。	同 左

表-2 野州川大橋設計検討項目

検討項目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h = 0.2$ 「耐震設計指針」日本道路協会
	許容応力度	既設コンクリート $\sigma_{ca} = 60 \text{ kg/cm}^2$ $\tau_{ca} = 3.3 \text{ kg/cm}^2$ 既設鉄筋 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$
		新設コンクリート $\sigma_{ca} = 70 \text{ kg/cm}^2$ $\tau_{ca} = 3.6 \text{ kg/cm}^2$ 新設鉄筋 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$
安定計算	荷 重	ケーソン天端（仮想、天端）に作用する断面力を常時・地震時又Fix, Mov 別の N （軸力）, H （水平力）, M （モーメント）を算定し作用荷重とする
	フーチングの設計	H型钢杭の一重配列を考慮し作用力はフーチング天端に作用するものとし、既設ケーソンと新設フーチングの結合はピン結合と考えケーソンは剛体であるものと設定し部材断面力を検討する。断面計算は複鉄筋長方形断面にて解析する。
	杭本体の設計	1) H型钢杭杭頭部の応力解析 2) H型钢杭は桁下制限を受けるため2本継ぎでないと施工困難であるので継手部の検討を行う（溶接及び添接板）
杭とフーチング結合部の設計		フーチングコンクリートの垂直・水平支圧応力及び押し抜きせん断応力の検討を行う。フーチングと既設ケーソン部の結合部においては、フーチング中央（ $H/2$ ）部における点に作用する引張力（軸力）及びせん断力を算出し差し筋の径・埋込長・フーチング内への定着長を算出する

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 国	浜田工事	江川橋	下部工の変状（洗掘）	根固工 （鋼矢板コンクリート打設）
(1) 江川橋の概要 本橋は、島根県江津市に位置し一般国道9号が一級河川江川を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道9号は、京都市と下関市とを結ぶ総延長668kmの幹線道路である。 本橋は、昭和25年に竣工し、昭和14年鋼道路橋設計示方書で設計された。 構造形式は上部工が71.8mの鉄筋コンクリートT桁と416.0mの鋼ゲルバー桁からなり、また下部工は、橋台が重力式の直接基礎、橋脚が小判形のオープンケーソン基礎（$P_5 \sim P_{17}$）である。また、側道橋が上流側に添架されている。				
(2) 耐震点検結果 本橋は、一級河川江川の河口に位置し、常時は比較的河床勾配が緩かで水量も多い河川である。架設後40年近く経過し、自然環境、洪水等によりケーソン基礎天端はほぼ水面と同じ位置となっており、過去の調査時より河床低下が確実に進行していることが判明した。 調査結果の数値をもとに、現行示方書により安定計算を行った結果、地震時における許容支持力をかなり大きく越え、特に橋軸直角方向の水平支持に対する安定が40%以上も不足している結果を得た。				
(3) 対策工法の選定 本橋のようにケーソン基礎を補強した例としては、場所打ち杭及び既製杭工法、根固め工法（洗掘防止）、鋼管矢板井筒工法、連続地中壁工法があるが、現場条件がa)河川巾が広く河口に近い（船舶の使用は可）、b)水深は3～5m、c)干満の差はほとんどなく、流速は1m/sec程度、d)地盤は河床から6～7mは砂礫層でN値15前後、それ以下はN値20前後である。以上の条件をふまえ表-1のように4案が検討された。 ① 水中コンクリートによる鋼管杭基礎工法 ② 鋼矢板による根固めコンクリート（水中コンクリート） ③ 場所打ち杭基礎工法（水中コンクリート） ④ 周辺地盤改良及び根固めブロック併用工法 検討した結果、補強効果が確実であること、杭打設の特殊機械の必要性と困難性、現ケーソンへの影響、環境汚染への可能性を考慮するとともに、最も経済的であることから第2案が選定された。				
(4) 対策工法の設計 地震時、水平地盤反力度が許容値を越えることから、この許容値を越えた分を鋼矢板で受け持たせる設計とした。設計計算は、安定計算による水平地盤反力度の総和と、水平バネを水平地盤反力度が許容値内になるまで小さくしたときの水平地盤反力度の総和の差を鋼矢板が受けもつものとした。この水平力は根固めコンクリートを介して鋼矢板天端に作用させるものとした。 また、水平バネで支持されるケーソン及び鋼矢板と根固めコンクリートからなるラーメン構造のモデルでも安全性を確認した。				
(5) 施工方法 鋼矢板の打込みは、H形鋼等でガイドを設け台船上よりバイプロハンマーによって行った。橋面下では桁下空間が少なく、鋼矢板は2ヶ所継手とし、継手箇所が一線上にならないよう考慮した。 掘削は台船上よりクラムシェルにて水中掘削し、底面の不陸は潜水夫が整正・確認した。掘削土砂は土運搬船にて行った。 基礎コンクリートは、コンクリートポンプ車により側道橋に配管して打設した。コンクリートの圧縮強度は$\sigma_{ck}=210\text{kg/cm}^2$を目標に$300\text{kg/cm}^2$を打設した。 鋼矢板の撤去は、水中で切断しバイプロハンマーによって行った。				
(6) その他 当施工箇所の主な地質は砂質土で構成されており、本施工方法が採用できた。				

图-1 江川橋一般図

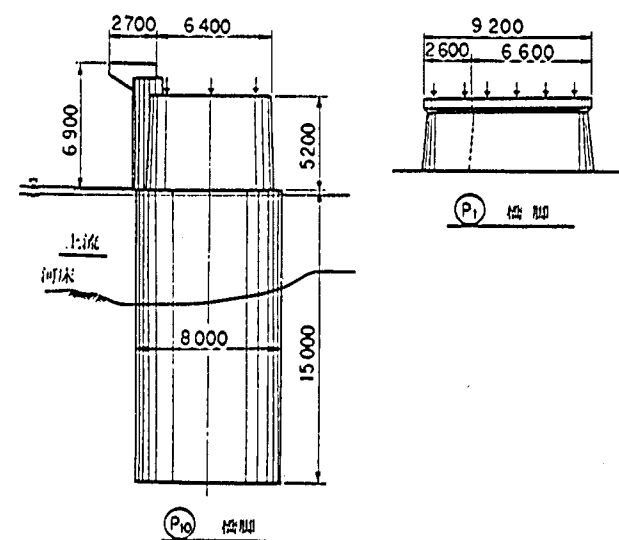
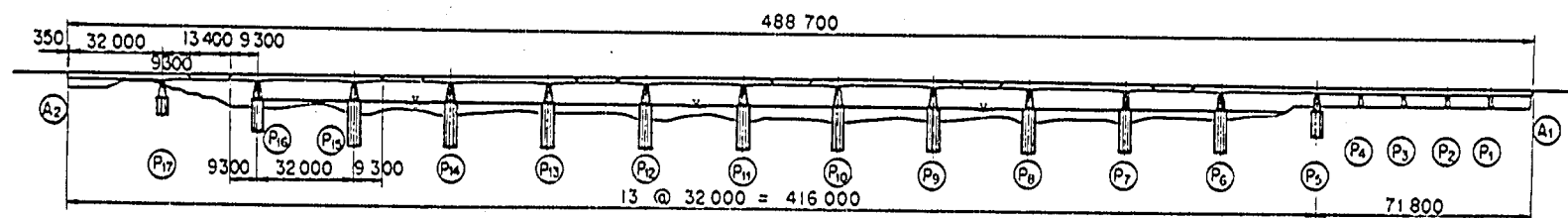


表-1 津幡川橋の対策工法の比較

	①：水中コンクリートによる鋼管杭基礎工法	②：鋼矢板による根固めコンクリート（水中コンクリート）	③：場所打ち杭基礎工法（水中コンクリート）	④：周辺地盤改良及び根固めブロック併用工法
概略図				
概算数量	鋼管杭重量 — 100t（撤去部含む） 鋼矢板重量 — 100t（"） コンクリート体積 — 365m³ 掘削 — 600m³	鋼矢板重量 — 110t（撤去部含む） コンクリート体積 — 105m³ 掘削 — 280m³	鋼矢板重量 — 100t（撤去部含む） コンクリート体積 — 420m³ 場所打ち杭 — 1,500φ, L=16m, n=4本 掘削 — 700m³	ブロック体積 — 265m³（265個使用） 薬液注入対象範囲（上図陰影部とする） 820m²（h≦5m）
概算工費	鋼管杭（@100千円/t） 10,000千円 掘削工（@80千円/t） 8,000千円 コンクリート工（@30千円/m³） 11,000千円 29,000千円×1.30=37,500千円/基	仮締切工（@100千円/t） 11,000千円 コンクリート工（@40千円/m³） 4,200千円 15,200千円×1.30=20,000千円/基	仮締切工（@8.0千円/t） 8,000千円 場所打ち杭（@100千円/m） 6,400千円 コンクリート工（@30千円/m³） 12,600千円 27,000千円×1.30=35,000千円/基	ブロック（@30千円/個） 30千円/個×265個 = 8,000千円 注入工法（@25千円/m²） 25千円/m²×820m²×1.15=23,500千円 計 31,500千円/基
施工方法	・くい打ち船と台船により鋼管杭をパイプで打ち込む。現地土での鋼管杭の打込みはパイプを改造したものを使用し、くい先端をジェットで地盤を破砕して短尺物のくいを継ぎ足して施工する。次に鋼矢板を鋼管ぐいと同じ要領で打ち込んだ後、水中掘削（ポンプ併用）し、掘削した土は排水され、水中に鉄筋などを下し水中コンクリートを打設する。鋼矢板切断後埋戻し整地をする。	・くい打ち船と台船にて鋼矢板をパイプで打込む。以下第1案と同じ要領で行う。H形鋼は鋼矢板の打ち込み定規用の支持杭として設置したものをそのまま残し、鋼矢板の剛性を増すものとする。鋼材を切断撤去し埋戻しする。	・鋼矢板の打ち込みは第1.2案と同じ要領で行う。鋼矢板打ち込み後、場所打ち杭用の足場を施工しリバー工法で杭を施工する。掘削内を水中掘削後、潜水により数回打ち込み、水中で鉄筋などを設置し水中コンクリートを打設する。鋼矢板を切断し埋戻し整地をする。	・ケーソン周辺に水中掘削し河床の地ならしを行う。ケーソンの周辺に足場を設けて地盤改良を薬液注入で行う。台船上のクレーンにより、根固めブロックを順次沈設していく。
特記事項	・ケーソン基礎の補強としては確実性があり、補強効果は十分である。 ・比較的中では経済性にやや不利となる。 ・掘削空間の少ない箇所の鋼管ぐいの打ち込みがあるため他案に比べ手間がかかり全体的に工期が長くなる。 ・埋戻し土は排水され易くなるので、砂利や礫石等を河床面に設置する必要がある。	・鋼矢板の剛性を期待しケーソンと共同して水平力に対抗しようとするものであり、補強効果は十分期待出来る。 ・施工性も比較的容易で経済的である。 ・埋戻し材料については第1案に同じである。 ・掘削底面が比較的浅いので、現ケーソン基礎への影響が少ない。	・第1案の鋼管杭を場所打ち杭にした案であり、ケーソン周辺の地盤への影響が少ない。 ・掘削空間が少ないので作業にやや難があるが、施工は可能である。 ・補強効果は十分であり、確実性に優れている。 ・経済性ではやや不利である。 ・杭のコンクリートの打ち止めが施工基面より10m程度下方になるので、特に慎重な作業を行う必要がある。	・仮設物の構築が少なく、施工性は最も良い。 ・周辺地盤の改良、及び根固め補強効果はある程度期待出来るが、確実性では劣る。また、耐久性的な面でも問題が残る。 ・地盤改良の可能性がある。 ・経済的には比較的高いコストが不利と思われる。
工期（1基当たり）	仮設工10日、鋼管杭12日、コンクリート工5日、その他7日程度 所要日数 35日/基	仮設工12日、コンクリート工5日、その他7日程度 所要日数 25日/基	仮設工12日、コンクリート工5日、くい打ち工10日、その他7日程度 所要日数 35日/基	薬液注入工7日、ブロック工10日、その他3日程度 所要日数 20日/基

- (注) 1. 桁下間の鋼矢板等の打ち込み機械はメーカーに開発されたものがあり、施工は可能である。
鋼管杭については、高さを調整した機械を使用する等の考慮が必要である。
2. 資材の運搬・搬入等は全て台船等で行う。
3. 工費・工期は一基単独の施工としている。
4. 第1.3案の鋼矢板は、応力的にはほとんど問題はないのでⅡ型を使用する。
5. コンクリートの工費には掘削、整地等を含む。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
九 州	佐賀国道	久保橋	下部工の変状（洗掘）	根固工 （鋼矢板コンクリート打設）
(1) 久保橋の概要 本橋は佐賀県東松浦郡相知町に位置し、一般国道203号が松浦川を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道203号は唐津市と佐賀市を結ぶ主要幹線道路である。本橋は昭和9年に架設された二等橋で大正15年道路橋示方書で設計された。構造式は上部工が$14.5\text{ m} + 18.0\text{ m} + 14.3\text{ m} = 46.8\text{ m}$の3径間の鉄筋コンクリートゲルバーT桁橋であり、下部工は重力式（小判型、幅1.4 m、高さ5.8 m）で基礎形式は直接基礎と思われる（詳細は不明）。 なお、本橋は河川改修計画に伴い上流側に架け替えのため下部工工事が行われている。				
(2) 耐震点検結果 昭和52年度橋梁点検報告書では橋台、橋脚とも異状は認められず、主桁、床版については一部コンクリートが剝離し鉄筋が露出している箇所が数箇所見受けられた。 54年耐震点検では上部工、下部工ともに異状箇所は見受けられなかったが、松浦川と厳木川との合流地点であり、河床の変動による洗掘の恐れがあるため洗掘防止対策が必要と判定された。				
(3) 対策工法の選定 本橋は河川改修計画に伴い上流側に架替計画があるため工事の施工が容易で工事費が安価な工法として鋼矢板・コンクリート打設工法に決定した。				
(4) 対策工法の設計 本橋は昭和9年に架設された老朽橋であり、また河川改修計画に伴い上流側に架替えを計画しているが、ここ最近河床の変動が見受けられ橋脚が洗掘される恐れがあると判断し橋脚フーチング部の根固めの設計を行った。				
(5) 施工方法 搬入路は左岸側に下流へ沿って幅員4.0 m勾配20%以下とし、河川部のP1～P2間水深が1 m程度あるため割石で築島し路面に覆工板を設置した。鋼矢板（Ⅱ型$H=3\text{ m}$）はバイプロハンマーで打ち込み橋脚の周囲の締め切りを行った。 橋脚と鋼矢板の空間に水中コンクリートを打設しフーチング部の補強を行った。なお、鋼矢板は締め切り及び型枠兼用のため埋め殺しとした。				
(6) その他				

図-1 久保橋一般図

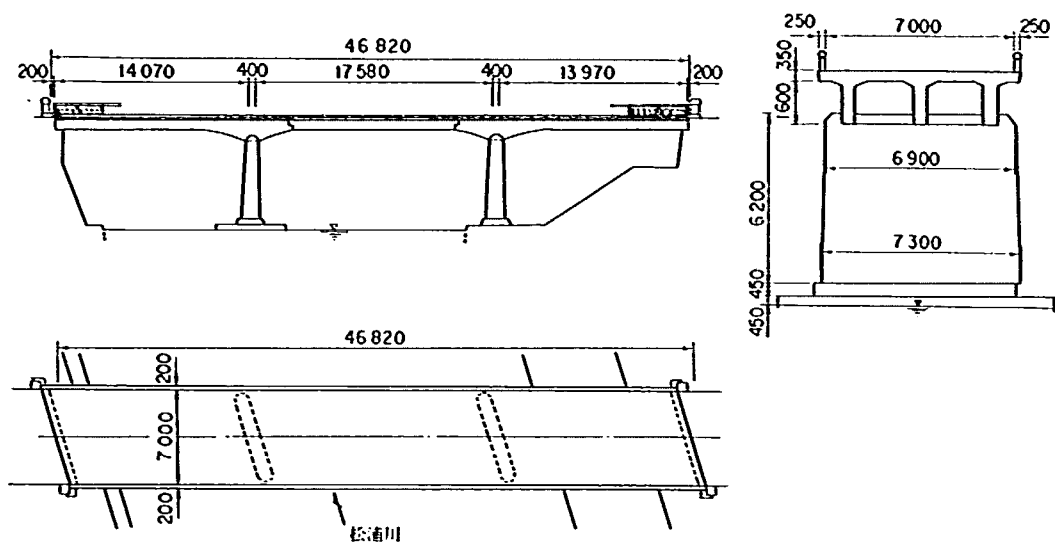
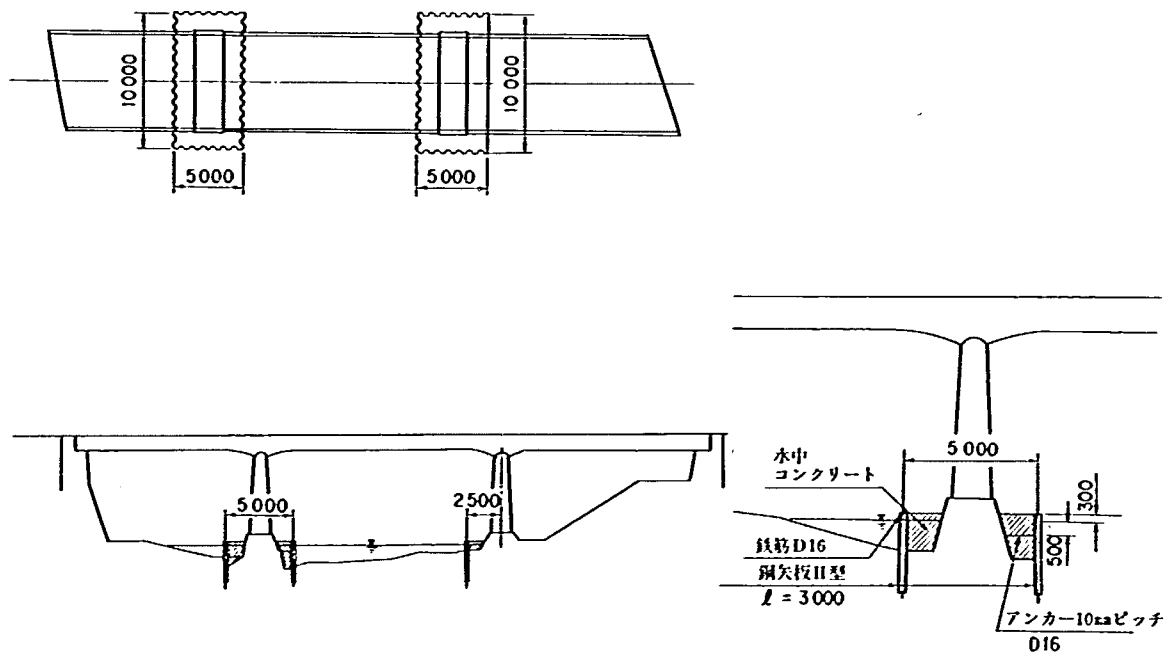


図-2 耐震補強対策図



3.2 下部工の変状（基礎の変位）に対する耐震補強事例

（2－1）町屋大橋

（2－2）許田橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	三重工事	町屋大橋	下部工の変状（基礎の変位） 杭の支持力	新設橋台工法
(1) 町屋大橋の概要 本橋は三重県桑名市に位置し、一般国道23号が員弁川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道23号は豊橋市と伊勢市を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和37年に竣工し、昭和31年道路橋示方書で設計されたものである。 構造形式は上部工が橋長 245.2 m (34.4 + 4 @ 43.4 + 34.4 m) のゲルバー鋼鈑桁橋で幅員は 15.2 m である。下部工は小判型壁式橋脚で、鋼管杭 $\phi 485$, $L=42.0$ m, 20~25本の斜杭を有する杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 橋台は左右共に橋脚に比べ沈下が著しく、橋梁の嵩上げが必要と判定された。 (本橋梁の下流側に歩道設置が計画され、現橋梁の拡幅及び拡幅に伴う下部工の補強が必要となった。)				
(3) 対策工法の選定 下部工の補強対策に合わせて幅員の拡幅（約 4.0 m）も行うため、フーチングの両側に場所打杭（$\phi 1000$ mm 片側 3 本）で増杭を行う方法が検討された。なお、橋脚・橋台の前後には 10° の斜杭があることに注意した。 橋台は現橋台を橋脚化し、橋台背面間に 1 スパン（PC 単純中空床版橋 $L=8.87$ m）の橋梁を計画し、新たに $\phi 2500$ mm の場所打杭 4 本で構成する橋台を設けた。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、常時死荷重 (II) は既設構造で、増杭部及び躯体拡幅部の死荷重及び活荷重・地震時の水平力等は既設構造物と共に抵抗するものと考えられるが、設計の簡略化するため、新旧一体となった完成系の構造系に対し全ての荷重が作用するものとして道路示方書に準じて設計を行った。 なお、増杭は既設杭とは異なる場所打杭を採用したため、それぞれの杭剛性をモデル化して、安定計算を行った。				
(5) 施工方法 橋台の新設及び旧橋台の補強に対しては施工時暫定拡幅を行うことによって、1 車線 3.25 m を確保し、対面交通として、2 期分割施工とした。 締切工法は、親杭方式と鋼矢板締切工法の併用とした。橋脚の締切は桁下空間が 3.0 m 強しかないため、鋼矢板の圧入工法を採用した。場所打杭による増杭は杭の施工延長が 42.0 m と長いこととケーシング引き抜きの問題、施工ヤードの問題があるためベント工法に比べ若干割高になるが、総合的に判断してリバース工法を採用した。				
(6) その他 橋梁上部工の拡幅に伴い、橋脚躯体を直角方向に若干拡幅している。 本補強工事は増杭に伴うフーチング及び道路幅員の拡幅、さらに、これに伴う橋脚躯体の拡幅、旧橋台の橋脚化、橋台の新設、取付道路の暫定拡幅等の複合的な工事となっている。				

表-1 町屋大橋の補強工法

工 法		① 新設橋台（場所打杭）	② 橋台・橋脚の増杭・拡幅
概 念 図			
工 法 の 概 要		太径の2段式の場所打杭4本を頂版で結合し、柱間を壁とする。	橋軸直角の両側にφ1000_{mm}の鋼管による増杭を行いフーチングを連結・躯体の拡幅を行う。
設計上の留意点		場所打杭の径が2.5m、杭長が49.3mと非常に大きなものとなっているため、深層部の杭径を1.5mと2段階の杭断面で設計を行っている。	- 斜杭との関連で8°の斜杭として設計している。 - 新旧部材の一体性を保つため必要な差筋の検討を行っている。
施工上の留意点	交通規則 作業空間	2車線対面交通とし、2期施工を行う。	下部工の補強に対しては路面上の規制は必要としない。
	締切工	親杭方式と鋼矢板土留工を併用する。	桁下空間が3.0m強しかないので圧入工法による鋼矢板土留工を採用。

表-2 町屋大橋設計検討項目

検討項目		内 容
設計条件	設計震度	$K_k=0.24$
	許容応力度	コンクリート（圧縮、せん断）、鉄筋（SD30）
	杭の支持力	旧φ425、鋼管杭φ1000 _{mm} 、場所打杭φ2500～1500（常時、地震時）
	荷 重	上部工（常時、地震時）、土圧
フーチングとの接合部の設計		最大引き抜き荷重、許容引き抜き荷重より新旧接合部に用いる必要鉄筋量を算出する。
安定計算		φ1000_{mm}の場所打杭とφ485_{mm}の鋼管杭の混在型として、フーチング底面に作用する外力から杭反力、変位を道路橋示方書に準じて算定する。
フーチングの設計		フーチング自重、上載土及び杭反力によるフーチングの断面力に対する応力度を照査する。
杭本体の設計		杭頭部、地中部最大モーメントに対する最大応力度を照査する。
杭とフーチング接合部の設計		フーチングコンクリートの垂直応力度、水平支圧応力度、押拔せん断応力度を照査する。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
沖縄総合 事 務 局	北部国道	許田橋	下部工の変状（基礎の変位）	橋台補強
(1) 許田橋の概要 本橋は、沖縄県名護市に位置し、一般国道58号が福地川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道58号は、沖縄本島の北部地域と南部地域を結ぶ幹線道路となっている。 本橋は昭和46年に竣工し、AASHO H20 示方書で設計された。 構造形式は上部工が6.4+12.19+6.4 mのRC3径間連続T桁橋であり、下部工は杭基礎で、橋台部は前面を石積で取巻いている。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では橋台部前面の石積の沈下が認められ、その補強が必要とされた。なお、橋梁自体は下部工も含め異状は認められなかった。				
(3) 対策工法の選定 (資料なし)				
(4) 対策工法の設計 (資料なし)				
(5) 施工方法 沈下が認められる石積部分を撤去し、新たに橋台部をコンクリートで巻立てた。				
(6) その他				

図-1 許田橋一般図

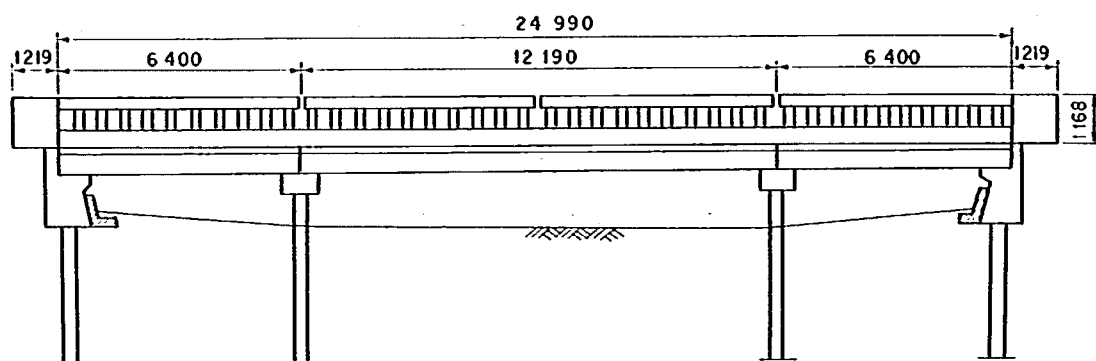
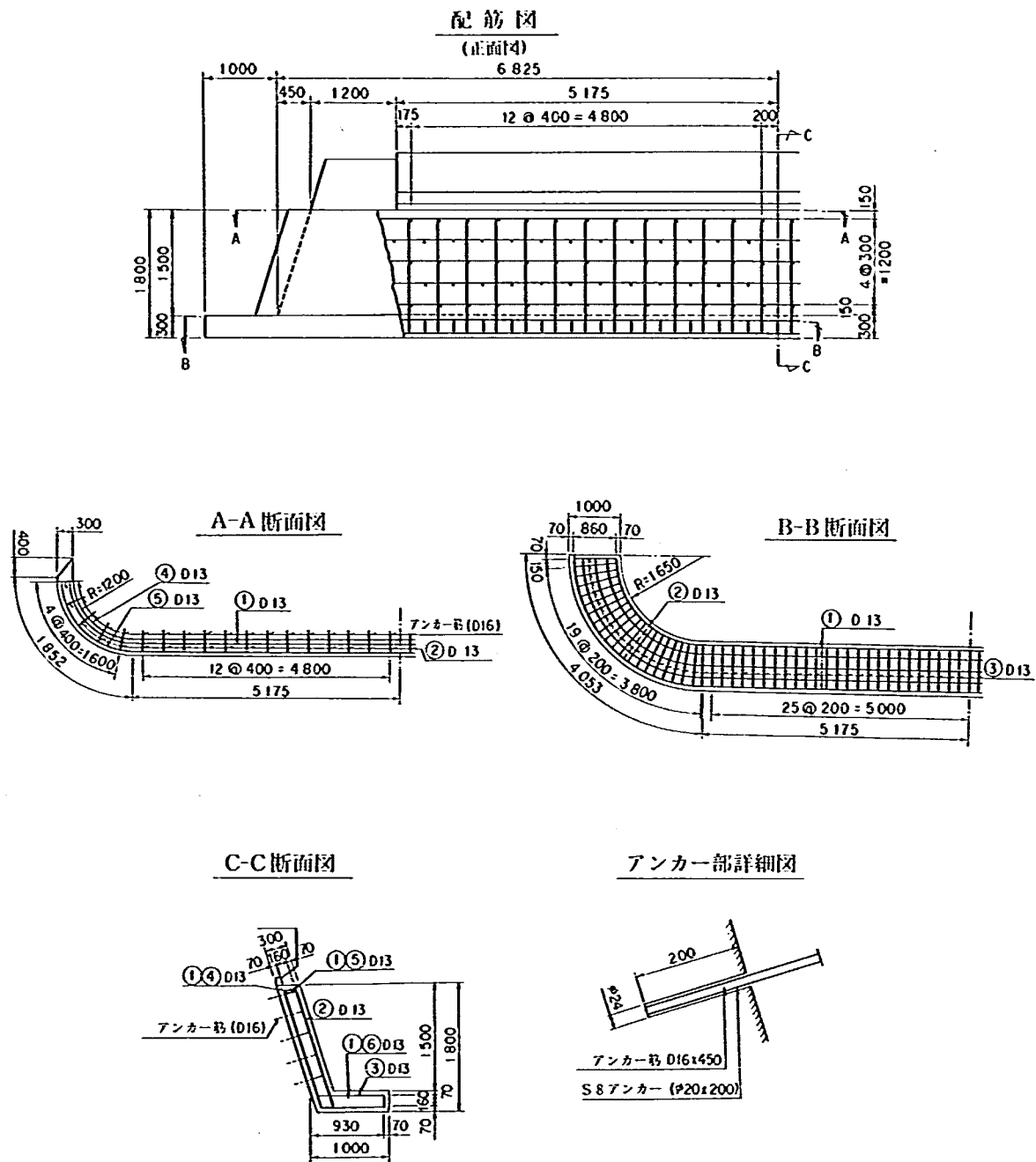


図-2 許田橋耐震補強対策図



3.3 下部工の変状（軀体の強度）に対する耐震補強事例

(3-1) 那須野橋

(3-2) 栄久橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	宇都宮国道	那須野橋	下部工の変状（躯体の異常）	橋台クラック補修 （RC巻立て）
(1) 那須野橋の概要 本橋は、栃木県那須郡西那須野町に位置し、一般国道4号が蛇尾川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道4号は、東京都中央区と青森市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和12年に竣工し、大正15年細則に従って設計されている。 構造型式は、上部工が支間15mのゲルバーRCT桁13連（橋長$L=195.5m$）からなり、下部工は橋台が半重力式橋台（直接基礎）、橋脚が小判形壁式橋脚（杭基礎）である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、直接基礎は支持力がC領域（悪い）、杭の支持力は安全率1.5以下の悪い領域となっているが、根入れが4m～5mあるため、この効果が期待できるとし、補修の緊急性はないと判定された。 ただし、左岸橋台前面、及び両橋台パラペット側面にクラックがあるため、この補修の必要性が指摘された。				
(3) 対策工法の選定 工法選定の詳細は不明であるが、結果的に左岸橋台前面にはRC巻立てによるクラック補修、パラペット側面は、エポキシ系樹脂モルタル充填後、アクリルウレタン系防水塗装が実施された。				
(4) 対策工法の設計 不 明				
(5) 施工方法 i) 橋台前面 ① アンカー孔を削岩機により削孔、付着面のチップングを行う。 ② アンカー孔に鉄筋を差込み、樹脂を注入する。その後、鉄筋を組立て、コンクリート打設を行う。 ii) パラペット側面 ① コンクリート表面の劣化部分のケレンを行い、クラック部分はV形にはつる。 ② Vカット部にエポキシ系樹脂モルタルを充填する。 ③ その上に、アクリルウレタン系の防水塗装を行う。				
(6) その他				

図-1 那須野橋一般図

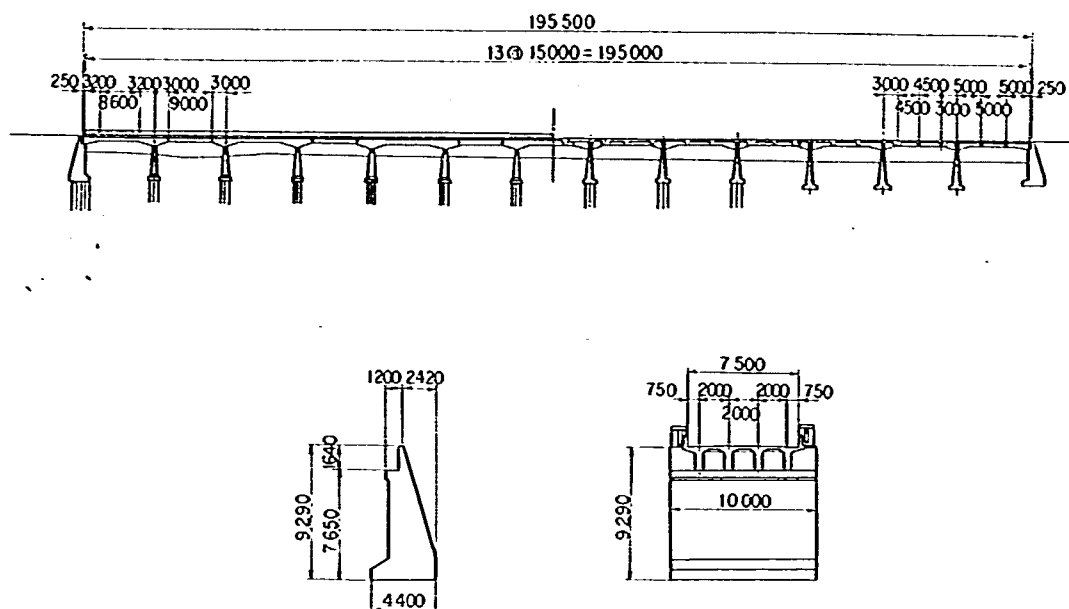
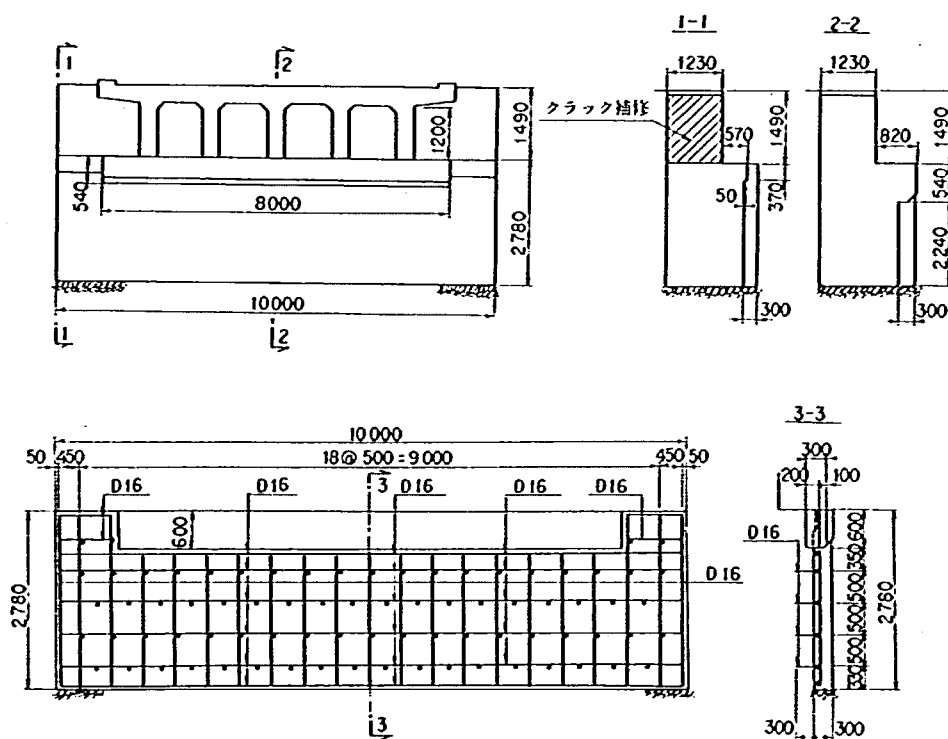


図-2 耐震補強一般図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	甲府国道	栄久橋	下部工の変状（躯体の異常）	樹脂注入
(1) 栄久橋の概要 本橋は、山梨県南巨摩郡身延町梅平に位置し、一般国道52号が波木井川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道52号は、静岡県清水市と山梨県甲府市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和2年に竣工し、大正15年示方書で設計された。 構造型式の詳細は、設計図書不在のため不明であるが、上部工が支間長31.8 m コンクリートアーチ橋で、基礎型式は直接基礎である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、A₁ 橋台にクラックが生じており、この補修が必要とされた。				
(3) 対策工法の選定 クラック部に、樹脂モルタル注入する工法が採用された。				
(4) 対策工法の設計 不 明				
(5) 施工方法 不 明				
(6) その他				

3.4 基礎の型式（R C ラーメン）に対する耐震補強事例

（4－1）梅田川橋

（4－2）大河原橋

（4－3）名取橋

（4－4）芳川橋

（4－5）勝浦浜橋

（4－6）那賀川橋

（4－7）津島大橋

（4－8）平野橋

（4－9）細田橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	仙台工事	梅田川橋	基礎の型式（RC ラーメン）	耐 震 壁
(1) 梅田川橋の概要 本橋は宮城県仙台市東部に位置し、一般国道4号が、宮城県2級河川梅田川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道4号は関東と東北を縦貫する主要幹線道路である。本橋は、上り線が昭和43年、下り線が昭和49年に架設され、適用示方書もそれぞれ昭和39年、昭和47年の道路橋示方書である。 構造形式は上部工が支間 $4@25.43+23.83\text{ m}$ の単純活荷重合成鈹桁5連からなり、下部工は橋脚躯体が全て門型ラーメン橋脚、基礎は $\phi 600$ の鋼管杭が各躯体別に杭長 $9\text{ m} \sim 14\text{ m}$ まで変化している。なお、橋台には斜杭が採用され、水平力に抵抗している。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、橋脚躯体がラーメン構造であることから、耐震壁が必要と判定され壁厚 400 mm の耐震壁で補強した。なお、壁厚 400 mm に対するせん断応力度は $\tau = 4.18\text{ kg/cm}^2 < \tau_a = 3.6 \times 1.5 = 5.40\text{ kg/cm}^2$ である。				
(3) 対策工法の選定 本橋における耐震補強対策は耐震壁の設置である。施工上の問題点は現況躯体と新設壁の接着方法であり、その工法は(4)に示す工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 設計は躯体ラーメンと耐震壁のせん断力分担を分担率 $\alpha = \Sigma Q_c / Q$（分担率 $\alpha = 0.3 \sim 0.5$ とする）から、耐震壁の許容水平せん断力を求めて耐震壁厚を算出した。 躯体と耐震壁の一体化は近年特に進境著しい接着工法も考えられたが、本橋では最もベターな彫込み式アンカー工法を採用した。ラーメン躯体4辺に 250 mm の間隔でアンカーを打ち込み、アンカーとはしご筋を接続することにより耐震壁との一体化を図った。				
(5) 施工方法 施工上の制約は特になかった。				
(6) その他				

图-1 梅田川橋一般図

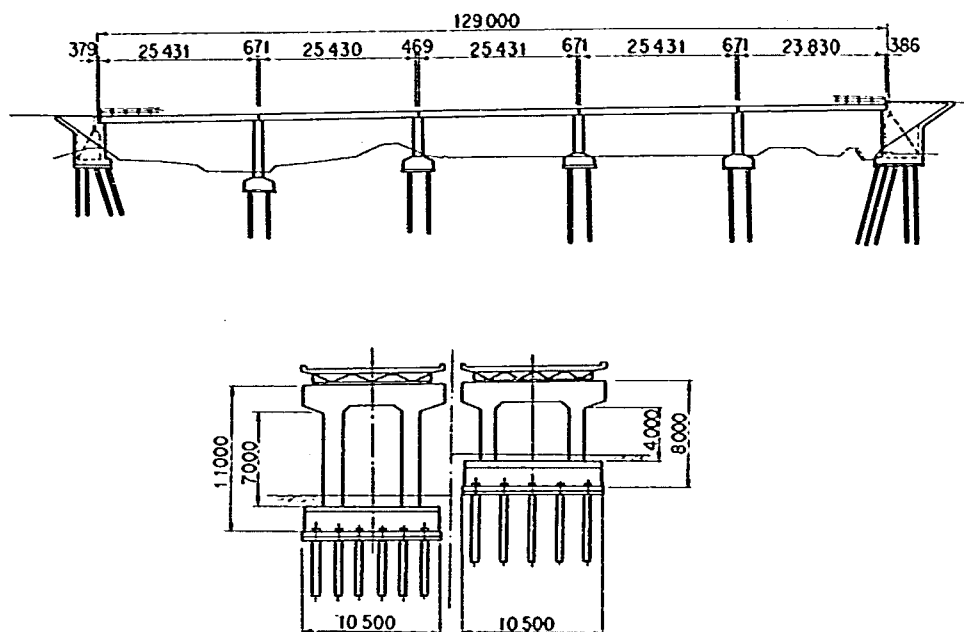
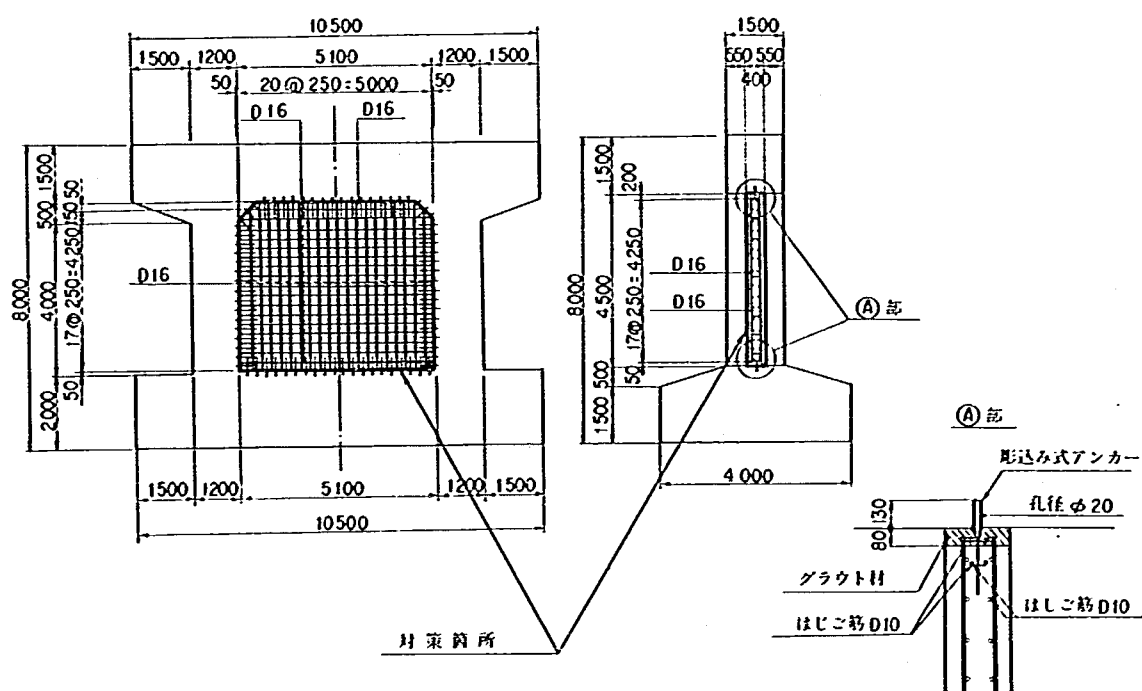


图-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	仙台工事	大河原橋	基礎の型式（RC ラーメン）	耐 震 壁
(1) 大河原橋の概要 本橋は宮城県柴田郡大河原町に位置し、一般国道4号が白石川を渡河する位置に架設された橋梁である。 本橋は、橋長176 mの単純荷重合成鋼鈑桁（支間34.4 m）5連からなり、昭和34年（適用示方書は昭和31年鋼道路橋示方書）の施工である。 下部工は、A₁橋台及び橋脚躯体がラーメン構造、基礎工は支持地盤の深さに応じて、各躯体毎に$L=18.0\text{ m} \sim L=25.0\text{ m}$のRC杭である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、地盤を確認する意味で1ヶ所のボーリングを実施し、標準貫入試験と横方向水平載荷試験を行いK値測定を行った。その結果、施工時の地盤性状と変わりなく、RC杭も支持層と考えられる砂礫層（$N \leq 50$）へ貫入されていた。しかし、礫層の上部の地盤は比較的軟弱な粘性土と砂層の互層となっており、GL-11.3 m以深の砂層は流動化しやすい飽和土質であるが、分布位置や上部に厚く分布している粘土層を考慮して流動化現象はないと判断した。				
(3) 対策工法の選定 橋脚躯体についてはラーメン構造であることから耐震壁が必要と判断され、地震時に作用する動水圧と施工性を考慮し、設計計算結果より壁厚を400mmとした。施工上の問題点は現況躯体と新設壁の接着方法であった。 耐震設計指針による沓座巾と桁落橋防止装置に関しては、桁座巾の不足部分については桁座拡巾の標準図に準じて、また、桁落橋防止装置についてはチェーンにより補強した。				
(4) 対策工法の設計 耐震壁を設置するに当たり、施工上、機能性から最小壁厚を$b=40\text{ cm}$と仮定し、この壁厚に対して鉄筋量の算出、曲げ応力度、せん断応力度を検討して決定した。なお、作用荷重は壁自重と地震時動水圧を考慮した。				
(5) 施工方法 比較的水深があることから、橋面高欄位置から足場を吊り下げ、かつ橋脚位置ではフーチングを基礎として足場を設置した。				
(6) その他 直接は耐震補強と関係ないが、床版調査も同時に行い部分的にひび割れの多い所は、鋼板接着による補強を行った。 なお、現在は柴田バイパスの完成により、旧道として宮城県に移管されている。				

Technical drawing of a bridge structure showing a cross-section with dimensions. The total length is 176,000. The span between supports is 34,400. The drawing shows a bridge deck supported by multiple piers and abutments.

Technical drawing of a bridge pier cross-section and reinforcement details.

Main Cross-Section Dimensions:

- Total width: 10800
- Top flange width: 2800
- Central web width: 1600
- Central rectangular opening width: 3400
- Central rectangular opening height: 1600
- Reinforcement: D16 (top and bottom longitudinal bars, vertical bars, and central web reinforcement)

Reinforcement Details:

- Top and bottom longitudinal bars: D16
- Vertical bars: D16
- Central web reinforcement: D16
- Reinforcement bars are spaced at 1600 and 900.
- Reinforcement bars are labeled R893.

Detail View:

- Shows a cross-section of the reinforcement bars (D16) with a 240x560mm area.
- Includes a 26mm diameter hole (φ 26).
- Indicates a 1cm concrete cover (chipping) from the old concrete surface (旧コンクリート面より1cm位とする).

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	仙台工事	名取橋	基型の型式 (RC ラーメン) " (独立ケーソン) 下部工の変状 (洗掘)	地盤改良他
(1) 名取橋の概要 本橋は、一般国道4号が宮城県仙台市内南部を流入する1級河川名取川を渡河する位置に架設された橋梁である。架設年次が昭和7年(設計示方書・大正15年)と古く、既に50年以上の年月が経過している。 構造形式は上部工が橋長190.8 mの2主桁単純鉸桁9連(支間21.20 m)からなり、下部工は基礎に2基のウェルが各々単独で支持する2柱式橋脚である。 本橋に関しては、架設年次が古いこともあり、これまでも何度かの補強を繰り返してきたが、今回は補修歴のない橋脚について耐震補強対策を施した。				
(2) 耐震点検結果 現在の橋脚は、ケーソン天端部分の鉄筋露出、洗掘によるケーソン基礎の突出が認められた。また、交通量の増大や過去の地震の影響等と思われる橋脚形状の変形をきたしていることが認められた。				
(3) 対策工法の選定 橋脚基礎の耐震対策として、現在の橋脚自体を補強する方法と橋脚を支持している地盤を改良して補強する方法の以下の3案が検討された。 ① 鋼矢板+基礎連結案、② 杭基礎案、③ 地盤改良+基礎連結案 上記3案について検討した結果、②は杭の設置や新設フーチングの補強方法に施工上の問題が有るため①、③を選定した。 なお P_1、P_8 橋脚についてもコンクリートでウェル頭部を一体化した。				
(4) 対策工法の設計 ダブルパッカー式注入工法は、注入作業に先立ちボーリングにより、特殊ストレーナパイプを地中に建て込んだ。この中に特殊パッカーを装着した注入パイプを建込み注入施工するもので、各種注入工法の中でも、最も信頼性の高い工法である。注入範囲は平面的には、3列の注入孔をカバーするため、橋脚外壁より2.5 mとした。 一方、P_6、P_7 橋脚の補強工事は、補強範囲を埋殺し鋼矢板で囲い、基礎厚(1.7+1.0 m)、底面積69.3 m²のコンクリートを打つことによって基礎の剛性を増加させた。				
(5) 施工方法 施工は、注入管(マンシュットチューブ)建込み用のボーリングについてはφ86_{mm}のケーシングにより(回転)行い、所定深度に達した後、孔内ヘスリーブグラウトを充填し、マンシュットチューブの建込みを行った。その後ケーブルパッカーを装着した注入管を建込み、注入パイプを通して、注入材(C.B)をグラウトポンにて地盤中に圧入した。				
(6) その他 注入圧力は、注入速度、使用薬液の粘性、圧送距離、土質の性状等により異なるが、本橋では次式により $P=2.5 \text{ kg/cm}^2$ と決定した。 $P=(0.2\sim0.3)D+1$ ここで P: 注入圧力、D: 土被り深度 なお、P_3、P_4 は昭和49年度に施工済みである。				

図-1 名取橋一般図

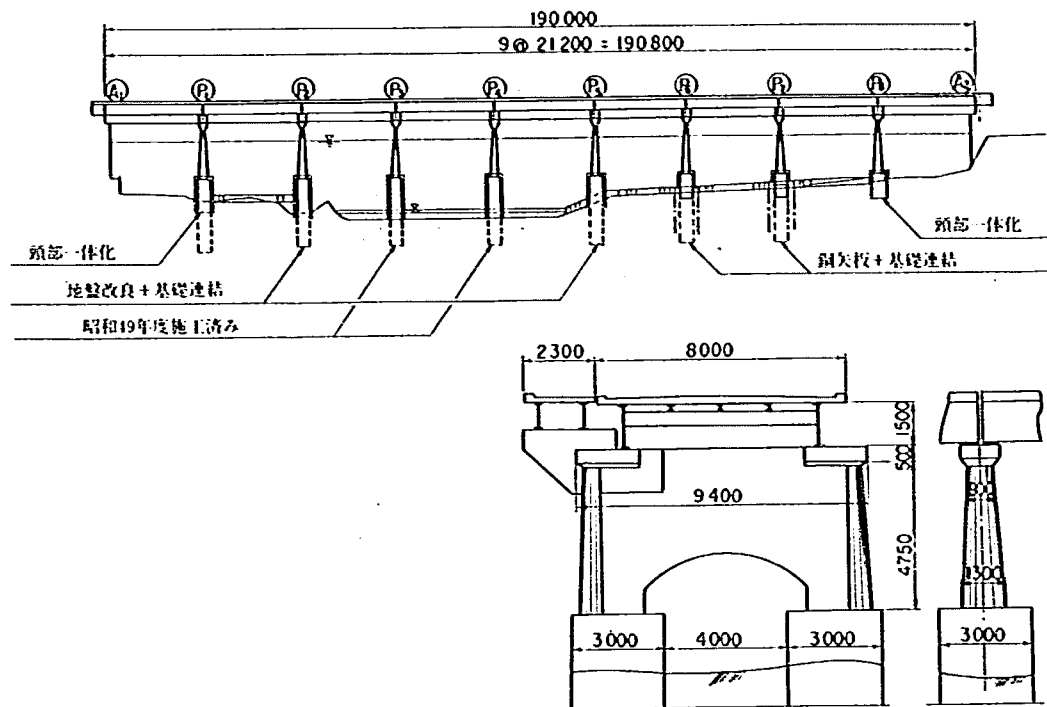


図-2 耐震補強対策図

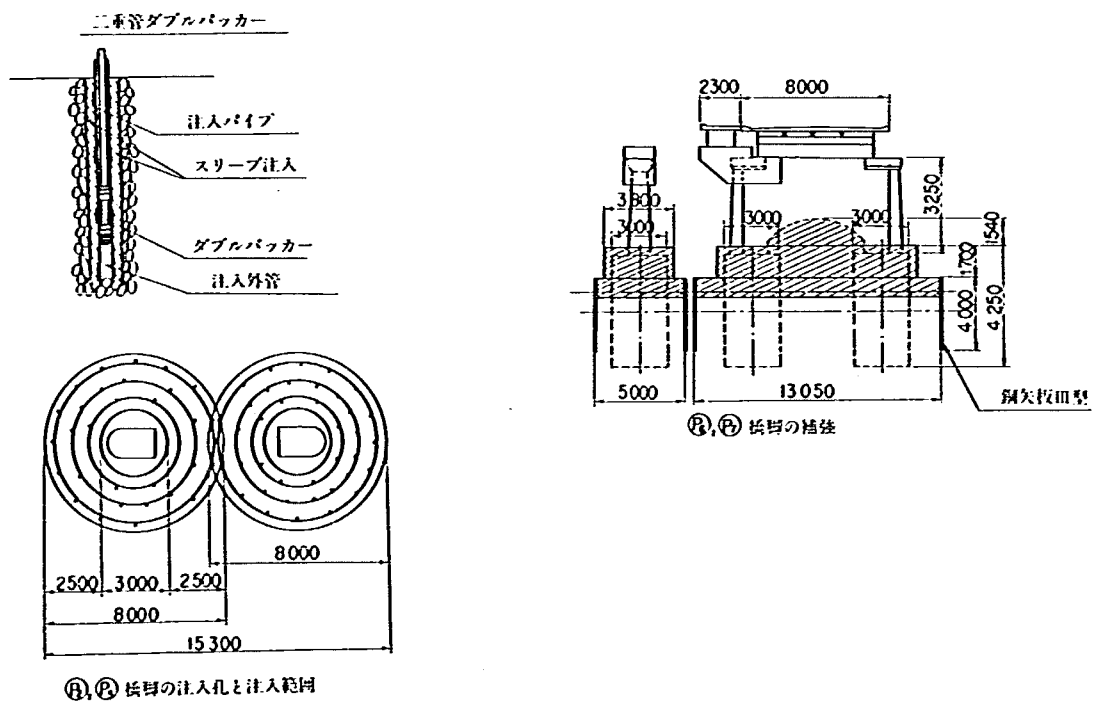
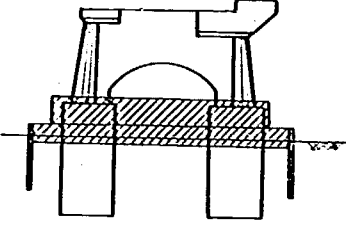
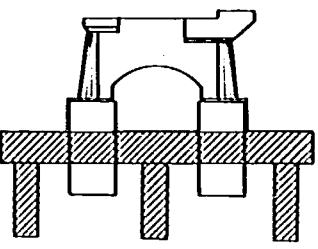
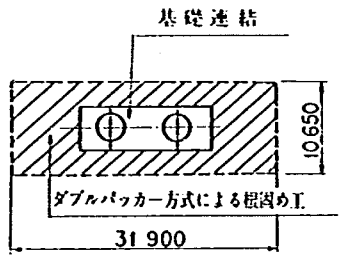


表-1 工法の比較

	① 鋼矢板+基礎連結	② 杭基礎	③ 地盤改良+基礎連結
概念図			
工法の概要	ウェル周辺を鋼矢板で囲み、各々独立した2基のウェルの上部をコンクリートで連結し、補強する工法	ウェル中間に新設フーチングを設置し、場所打ち杭(φ2.0m, L=6m)を打ち込み補強する工法	注入工法(二重管式ダブルバッカー方式)により周辺地盤を改良する工法 基礎連結は①の頭部と同様
備考	P_6, P_7 に適用		P_2, P_5 に適用

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	浜松工事	芳川橋 (上り)	基礎の形式 (RC ラーメン) 杭の支持力	耐震壁設置工法
(1) 芳川橋 (上り) の概要 本橋は静岡県浜松市に位置し、一般国道 1 号が芳川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道 1 号は東京都と大阪市を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和 42 年に竣工し、昭和 39 年鋼道路橋示方書で設計された。構造形式は上部工が橋長 114.2 m (31.5 + 50.0 + 31.5) の 3 径間連続非合成鈹桁橋で幅員は 11.5 m である。下部工はラーメン式の橋脚で、鋼管杭 $\phi 508$, $L=16 \sim 24$ m の杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 地盤は飽和砂質土であるが流動化の恐れはない。 橋脚構造は RC ラーメン構造であり、耐震壁が必要である。 杭の支持力は引き抜きに対して安全率 2 以下と悪い。 下部工の変状は認められない。				
(3) 対策工法の選定 RC ラーメン構造の柱基部の断面力が大きく超過しており、断面力の分散をはかるため柱間に壁を設ける工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 設計では柱断面に壁の一部を有効とし、柱基部における断面応力度の照査、及び壁の自重、主・受働土圧を考慮した杭基礎の安定計算による杭反力の照査を行った。 また、壁厚が 1.9 m と厚いため、地中部と地上部の 2 段に分け、地中部は柱の補強、地上部は耐震壁効果を期待する構造とした。				
(5) 施工方法 掘削はフーチング天端まで 1:1 で素掘し、土のう積みをした。 壁の製作はフーチング上面にチップング及び差筋を行い、柱と壁との接合部ではカブリのはつりを行うことで一体化をはかるものとした。				
(6) その他 耐震点検結果では杭の引き抜き抵抗力が若干不足していると考えられたが、現在の橋台の前面には基礎底面より約 3.0 m の土被りがあり、土質が安定していることから受働土圧を考慮し、現時点では対策を急がなくてもよいと判断した。				

図-1 芳川橋一般図

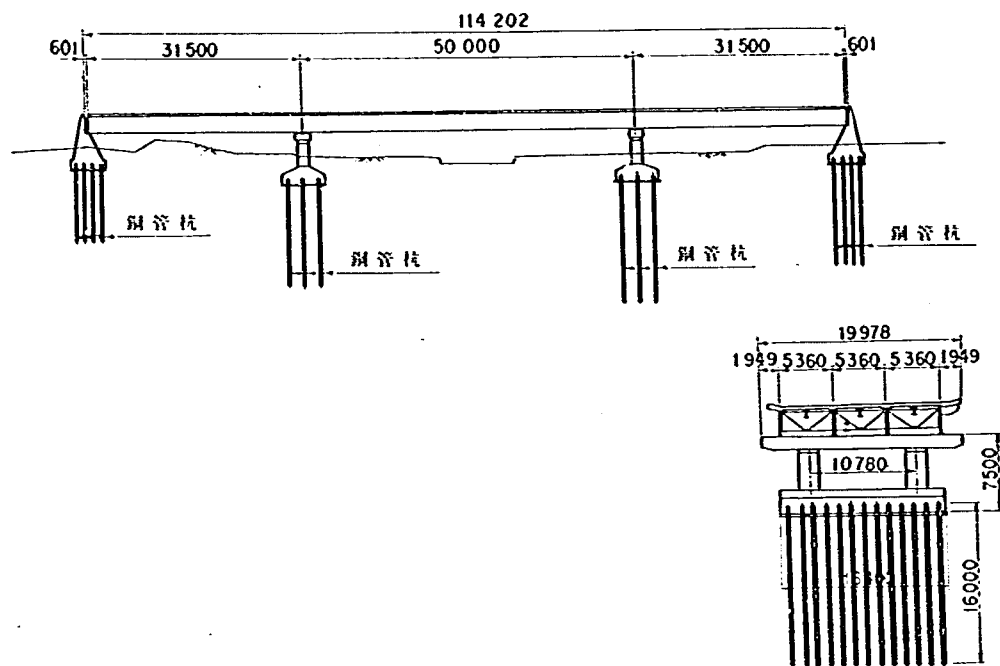
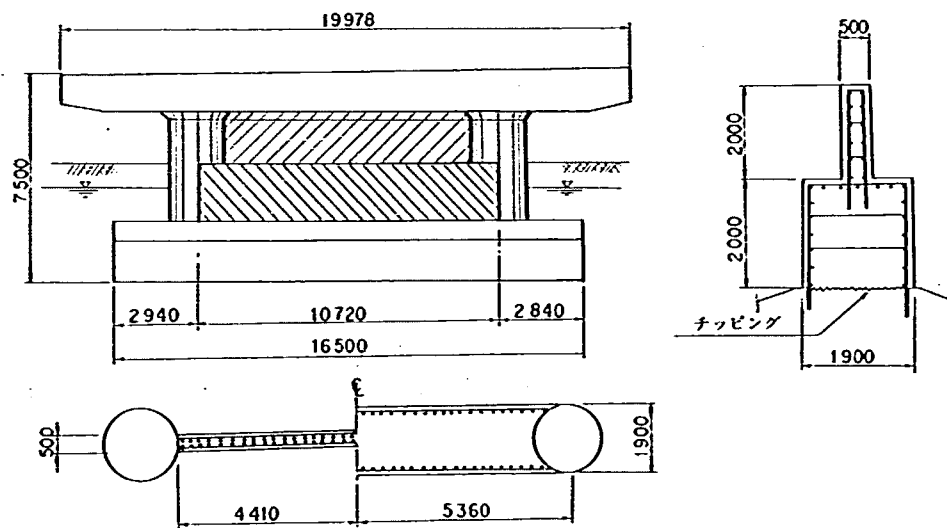


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
四 国	徳島工事	勝浦浜橋	基礎の型式 (RC ラーメン) " (独立ケーソン)	耐 震 壁
(1) 勝浦浜橋の概要 本橋は徳島県徳島市に位置し、一般国道55号が勝浦川を渡河する位置に架設されている。国道55号は徳島市と高知市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和39年に竣工し、昭和31年の示方書で設計されている。 構造形式は、上部工が鋼板桁でゲルバー形式部5径間と単純支持部7径間よりなる。下部工は$\phi 5\text{ m} \times 19.2\text{ m}$の井筒2基を基礎としたラーメン式橋脚と25.5 mの杭長を有する$\phi 609.6\text{ mm}$の鋼管杭6本よりなるパイルベント式橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では橋脚がラーメン式であることから耐震補強が必要と判定された。 パイルベント式橋脚の耐震性については、地震時の橋軸方向について検討したところ応力・変位ともに以下のように安全と判定された。 応力度：$\sigma = 522\text{ kg/cm}^2 < \sigma_a = 2100\text{ kg/cm}^2$ 判断<良い> 変 位：$\delta_{\max} = 8.6\text{ mm} < \delta_a = 15\text{ mm}$ 判断<良い>				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策としては橋脚の空間部分をコンクリートで埋める工法とした。				
(4) 対策工法の設計 橋脚の間をコンクリートで充填するとともに鉄筋により補強した。				
(5) 施工方法 渇水期に施工した。コンクリート表面はチッピングを行い、新しく打設するコンクリートとの一体化をはかった。				
(6) その他 な し				

[illegible]

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
四 国	徳島工事	那賀川橋	基礎の型式(RCラーメン、独立ケーソン)・下部工の変状(洗掘)	耐震壁、根固工(ブロック)
(1) 那賀川橋の概要 本橋は徳島県那賀郡に位置し、一般国道55号が那賀川を渡河する位置に架設されている。国道55号は徳島市と高知市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和3年に竣工し、大正15年の示方書で設計されている。 構造形式は上部工がワーレントラス4径間とRCコンクリートT桁(ゲルバー形式)5径間よりなる。下部工は井筒を基礎とした壁式橋脚である。ただし、壁の底部には1部空間がある。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では井筒基礎が連結されていないことから耐震補強が必要と判定された。また、基礎が洗掘をうけており、その対策が必要とされた。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策としては井筒基礎頭部を連結するとともに、橋脚の空間部分をコンクリートで充填し、洗掘されている基礎について周辺の根固めを行う工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 ・井筒天端までブロックで洗掘箇所の根固めを行い、耐震壁は空間部をコンクリートで充填し、鉄筋で補強した。				
(5) 施工方法 渇水期に施工した。コンクリート表面はチッピングを行い、新しく打設するコンクリートとの一体化をはかった。				
(6) その他 な し				

[illegible]

The drawing consists of two parts: a cross-section of the bridge pier on the left and a reinforcement layout on the right.

Cross-section (Left):

- Overall Dimensions:** Total height is 8,000. Total width at the top is 9,600. The base width is 4,000.
- Base Details:** The base has a width of 4,000, with a central section of 2,800 and side sections of 600 each. The reinforcement at the base is labeled D16.
- Internal Structure:** The pier has a central core with a width of 3,600. The core is divided into two parts, P3 and P4. The core is surrounded by a concrete layer (コンクリート打設口) with a thickness of 1800. The outer layer is labeled チッピング (chipping) and D16.
- Other Dimensions:** The top section has a width of 5,000. The side section has a width of 2,000. The base section has a width of 300.

Reinforcement Layout (Right):

- Overall Dimensions:** Total width is 20,420. Total height is 33,030.
- Reinforcement Details:** The layout shows a grid of reinforcement bars. The horizontal spacing is 1910. The vertical spacing is 10,940. The reinforcement is labeled D16.
- Other Dimensions:** The top section has a width of 2,290. The side section has a width of 4,000. The base section has a width of 4,380.
- Calculation:** A calculation is shown: $12 \times 2,160 + 11 \times 40 = 26,360$.

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
四 国	大洲工事	津島大橋	基礎の形式（RC ラーメン）	RC 巻立て
(1) 津島大橋の概要 本橋は愛媛県北宇和郡に位置し、一般国道56号が岩松川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道56号は松山市と高知市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和38年に竣工し、昭和31年の示方書で設計されている。 構造形式は上部工が5径間の鋼板桁橋（ゲルバー形式）であり、下部工は$\phi 4.0\text{ m} \times 23.0\text{ m}$の井筒基礎のラーメン式橋脚である。 また、昭和49年、57年にそれぞれ下流側、上流側に側道橋が添架されている。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎型式がラーメン橋脚であることから耐震補強が必要と判定された。 橋脚の躯体および井筒頂版の応力度について検討したところせん断応力度が許容応力度を超過していることが明らかとなった。				
(3) 対策工法の選定 補強対策として、①橋脚躯体は桁受け張出し部以外の応力度が許容応力度を超過している、②井筒は頂版の橋軸直角方向の張出し部の応力度の超過が著しく、鉄筋の応力度は降伏点をこえている、③ラーメン型式は流下物が引っかかるということに対応する工法としてラーメン部に隔壁を設けることとした。脚柱を壁式に改善することにより地震時の脆性破壊に対する効果も大きくなる。				
(4) 対策工法の設計 ラーメン部および張出し部に隔壁を設けるとともに、現況橋脚躯体全面を最小巻厚20cmの鉄筋コンクリートで巻立てるものとした。 橋脚躯体を補強することにより井筒頂部に作用する死荷重は増加し、この増加する死荷重により井筒の安定性は若干ではあるが向上する。側壁の応力度は増加するが影響は小さい。				
(5) 施工方法 本橋の架設されている箇所は潮の干満の影響を受ける。従って、施工は潮待ちし干潮時に作業を行った。締切りは土のうを用いた。現況橋脚のコンクリート表面をチップングし、新しく打設するコンクリートとの一体化をはかった。				
(6) その他 な し				

図-1 津島大橋一般図

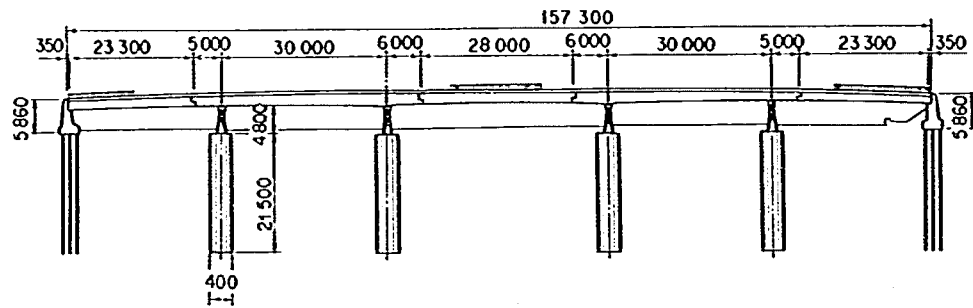
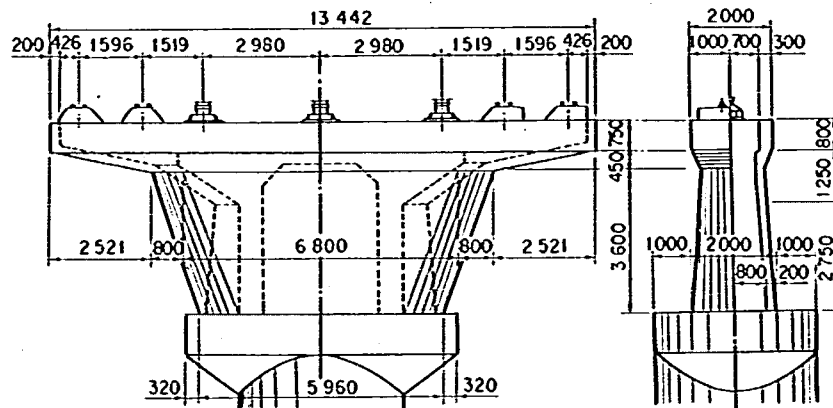


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
九 州	佐賀国道	平野橋	基礎の型式(RCラーメン), 下部工の変状(洗掘), 躯体の強度	RC巻立て フーチング拡幅
(1) 平野橋の概要				
本橋は佐賀県藤津郡嬉野町に位置し、一般国道34号が塩田川を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道34号は鳥栖市と長崎市を結ぶ主要幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和33年に竣工し、鋼道路橋設計示方書（昭和31年）で設計された。 構造形式は $10.4\text{ m} + 11.6\text{ m} = 22.0\text{ m}$ の2径間で上部工は単純床版橋であり、下部工は重力式の直接基礎である。				
(2) 耐震点検結果				
54年度耐震点検では、下部工の橋脚がRCラーメンであることから耐震補強が必要と判定された。橋脚の安定について検討したところ地震時転倒に対して不安定となり、また各部材についても一部の断面について鉄筋量の不足が明らかとなった。また、橋台については洗掘が見られた。				
(3) 対策工法の選定				
本橋は直接基礎であり、また、渇水期の水位が10～20cmと低く締切等が容易であるため、工事費が安価なコンクリート巻き立て工法とした。				
(4) 対策工法の設計				
本橋は既設部と新設部が一体となって常時及び地震時の荷重を受け持つものとして設計を行った、設計計算は道路橋示方書に準じた。				
(5) 施工方法				
施工は河川の渇水期を選び、締切は土のうで行いコンクリートを打設した。				
(6) その他				

図-1 平野橋一般図

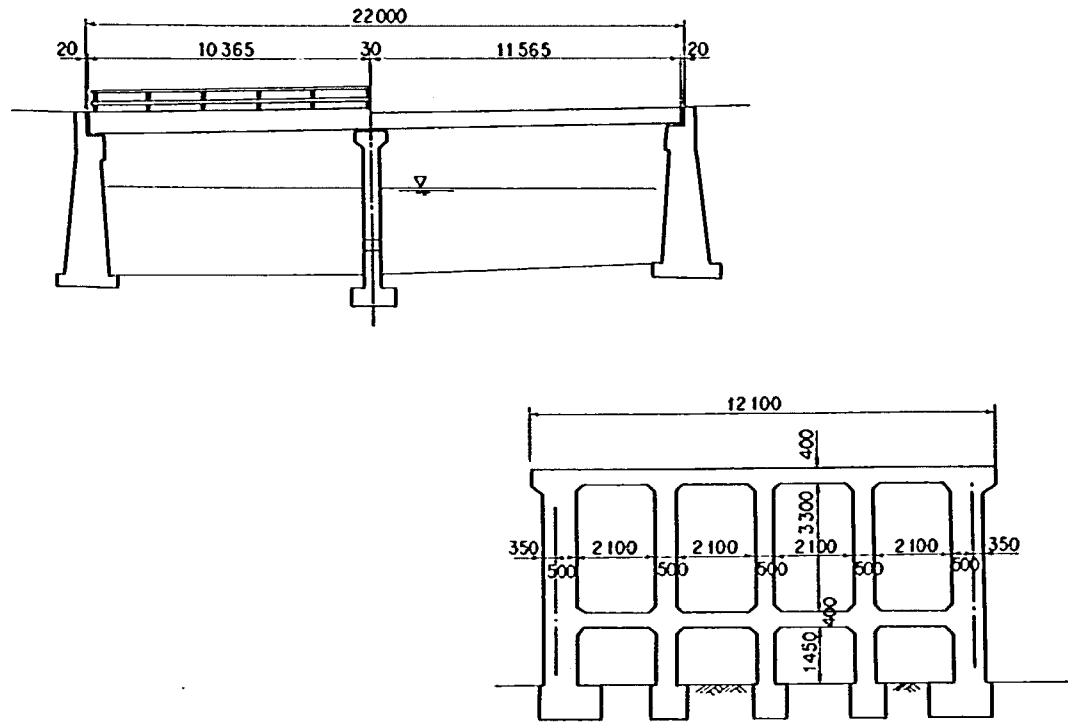
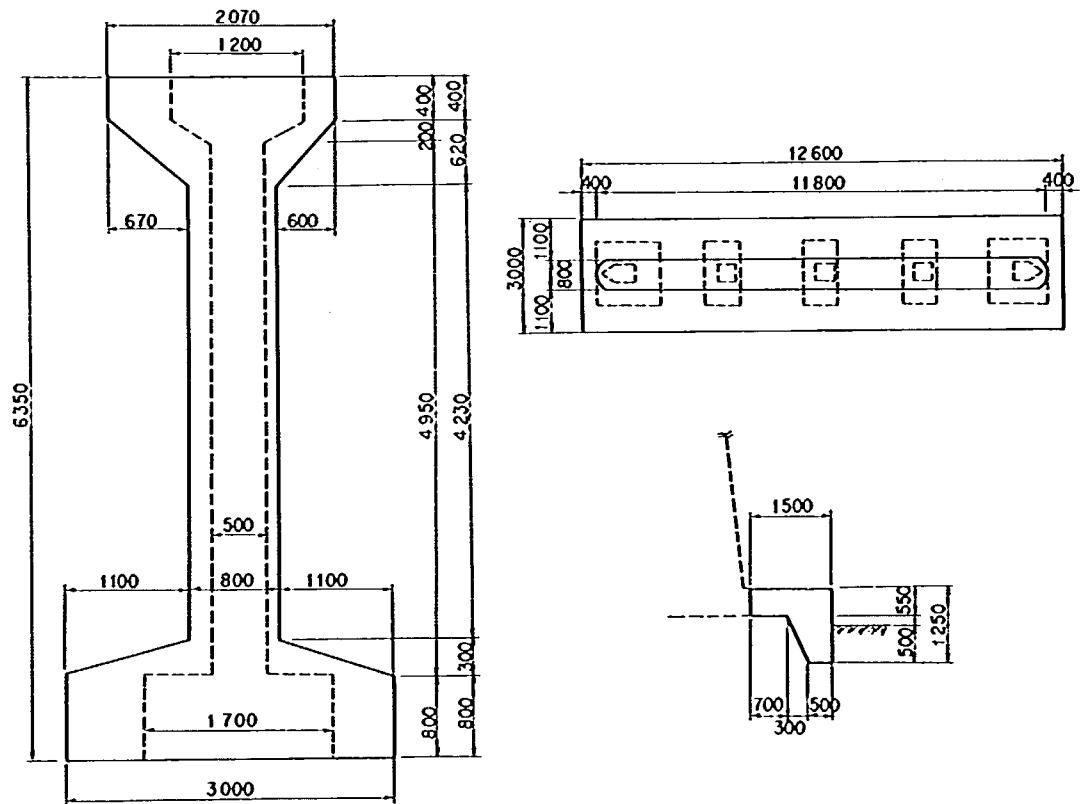


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
九 州	宮崎工事	細田橋	基礎の型式 (RC ラーメン) 下部工の変状 (洗掘)	耐震壁, 根固工 (ブロック)
(1) 細田橋の概要 本橋は、宮崎県日南市大堂津に位置し、一般国道220号が細田川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道220号は日南市と南郷町を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和8年に竣工し大正15年示方書で設計された。しかし、その後破損が著しく昭和30年に延長150mのうち終点側90mが架替えられた。構造形式は起点側の上部工6スパンはコンクリートT桁、終点側5スパンはプレートガーダーで、下部工の起点側はRC4本柱式橋脚、終点側は井筒門形式橋脚である。なお、本橋は現在架替工事中である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、主として起点側を行ったところ、すでに50年を経過しており、過去に不等沈下に対する橋脚の連結、橋面の調整を行っている。また橋脚周辺の洗掘も認められた。さらにコンクリートT桁にも多数のクラックが発生しており、鉄筋露出部は部分補修を行っている。橋側面から見ると橋の凹凸が著しく老朽化が相当進行していた。				
(3) 対策工法の選定 1) 現在架替工事中であり、昭和64年下部完成、昭和66年上部完成の予定。 2) 架替完成までの耐震補強対策として、起点側の昭和8年施工箇所以下に以下の工法を選定した。 ① 沓座の拡巾 (落橋防止) ② RC4本柱の鉄筋コンクリートの巻立てによる連結 (耐震壁) ③ 洗掘防止として根固工 (ブロック) の設置 ④ コンクリートT桁のクラック補修				
(4) 対策工法の設計 設計においては、あくまで昭和66年までを想定して最小の工法とした。沓座の拡巾は基準巾を確保した。耐震壁は橋脚 (RC4本柱) 全高の巻立ても検討したが下の1/2の部分で良いと判断した。洗掘防止はコンクリート打設も検討したが、ブロック布設による根固工が適当と判断し、2tブロックとした。桁のクラック補修は塩害進行を止める程度の補修とした。				
(5) 施工方法 沓座の拡巾は、吊足場により施工した。耐震壁の施工は河川の渇水期を選ぶと共に干潮期に作業する事とした。根固工のブロック布設は作業道路の設置が可能なので布設位置近くまで運搬し、クレーンで布設した。橋上からのクレーン布設は交通阻外、橋の老朽化等から負担をかけたくないため作業用道路方式とした。桁補修は、吊足場でクラック箇所をはつり、パテで修正を行い断面を確保した。				
(6) その他 本橋の起点側、昭和8年施工箇所は全体的に老朽化がひどいため、架替完成まで、場合によっては重量制限も検討の必要がある。				

図-1 細田橋一般図

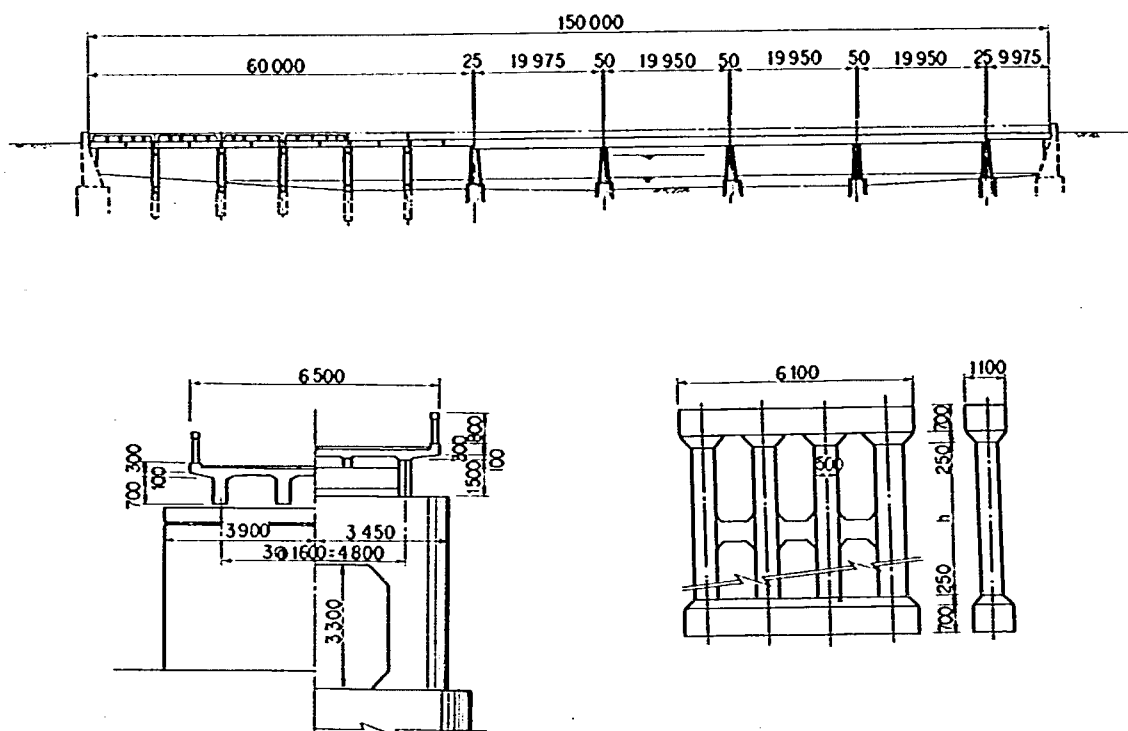
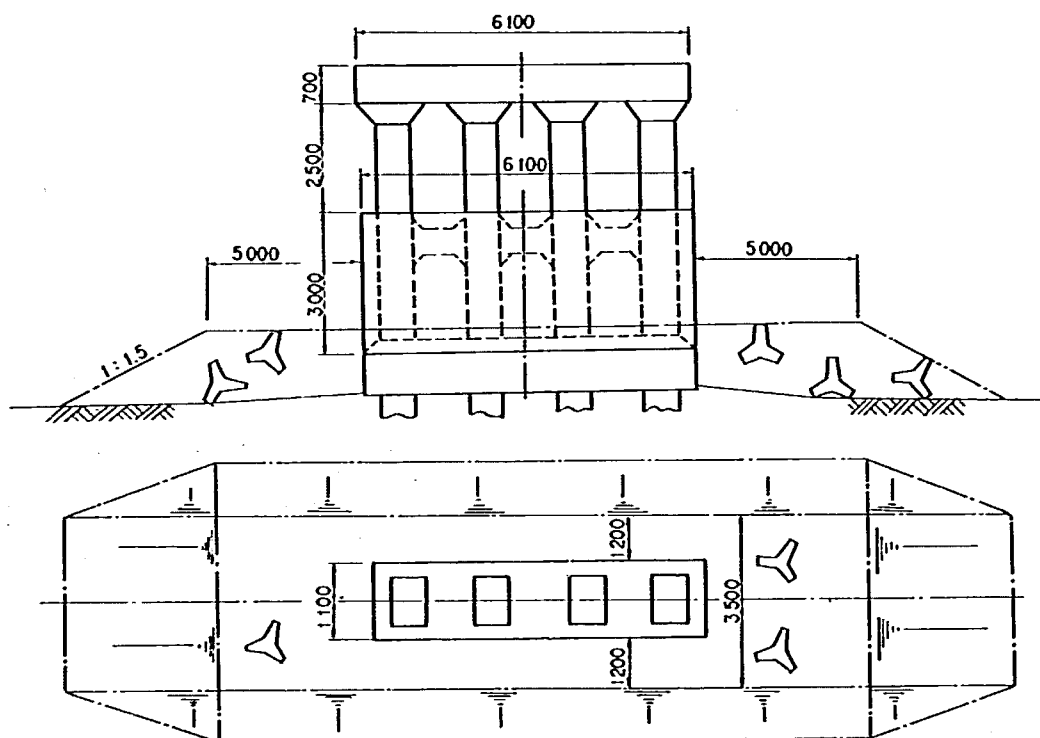


図-2 耐震補強対策図



3.5 基礎の型式（独立ケーソン）に対する耐震補強事例

（5－1）観 月 橋

（5－2）仁 淀 川 橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	京都国道	観月橋(旧)	基礎の型式(独立ケーソン)	補強フーチング, 根固工
(1) 観月橋の概要 本橋は京都府伏見区に位置し、一般国道24号が宇治川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道24号は京都市と和歌山市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和11年に竣工し、大正15年示方書で設計された。 構造型式は上部工が25.725+5@25.500+25.725mの7径間単純鈑桁橋であり、下部工は5.5m～10.0mの杭長を有する径4.5mの独立ケーソン12基からなるRCラーメン橋脚である。また橋台は杭長7.0mのRC基礎杭からなる扶壁式橋台である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎の型式が独立ケーソン橋脚であることから耐震補強が必要と判定された。 河床変動による基礎の安定性について検討したところ、地震時におけるケーソン天端変位は1.5cm<3cmとなるが、前面反力が$27.4\text{t/m}^2 > 9.4\text{t/m}^2$となり許容値を超過していることが明らかとなった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、橋脚と橋脚間をコンクリート底版で連結する工法、橋脚基礎の周囲をRC床版で補強しタイロッドで連結する工法、橋脚基礎の周囲に鋼管矢板を打込みコンクリートを打設する工法、橋脚基礎の設計地盤面に強固なRC床版を巻き立て、モーメント及び水平力を受けもたせる工法が考えられた。 この4案について検討した結果、地震時の変位量が0.4cmと4案中最も安定し、経済性も有利である橋脚基礎(独立ケーソン)にRC床版を巻き立てる案が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、鉛直荷重に対してはケーソン基礎底面部で分担し、水平荷重に対してはケーソン側面及び底面部、補強フーチングで分担するものとした。また回転モーメントについては、補強フーチングすべてで分担するものとして設計を行った。				
(5) 施工方法 本施工は大別すると水替工と根固工に別れる。水替工においては河川管理者と協議の結果、鈑矢板Ⅲ型により2重締切施工とした。また法面崩壊防止のため、土のう及び蛇籠により保護した。 根固工はケーソン止水壁をとりこわし、補強フーチング、根固ブロック、蛇籠、捨石を施工した。工事は河川内(堤内地)工事となるため、締切りの規模を考慮し渇水期施工とした。このため施工計画の策定に当っては工事に手待ちや無駄がないように検討し、本工事の仮水路は左岸高水敷を渇水期流量を確保しうる断面で掘削して設けた。土工は搬入まき出路以外の盛土は現場内でまかない、本工事の掘削断面(仕上り断面)以外の箇所は現況復旧とした。工事車輛の進入路は左右岸堤防止から適宜まき出して築造した。				
(6) その他 対策工の施工に際しては、新観月橋(昭和49年1月竣工、3径間連続鈑桁)が上流側10m附近に架設されており、この橋では2重締切矢板で施工されており、これを参考にしながらパイプロハンマーによる矢板の施工を行った。				

図-1 観月橋一般図

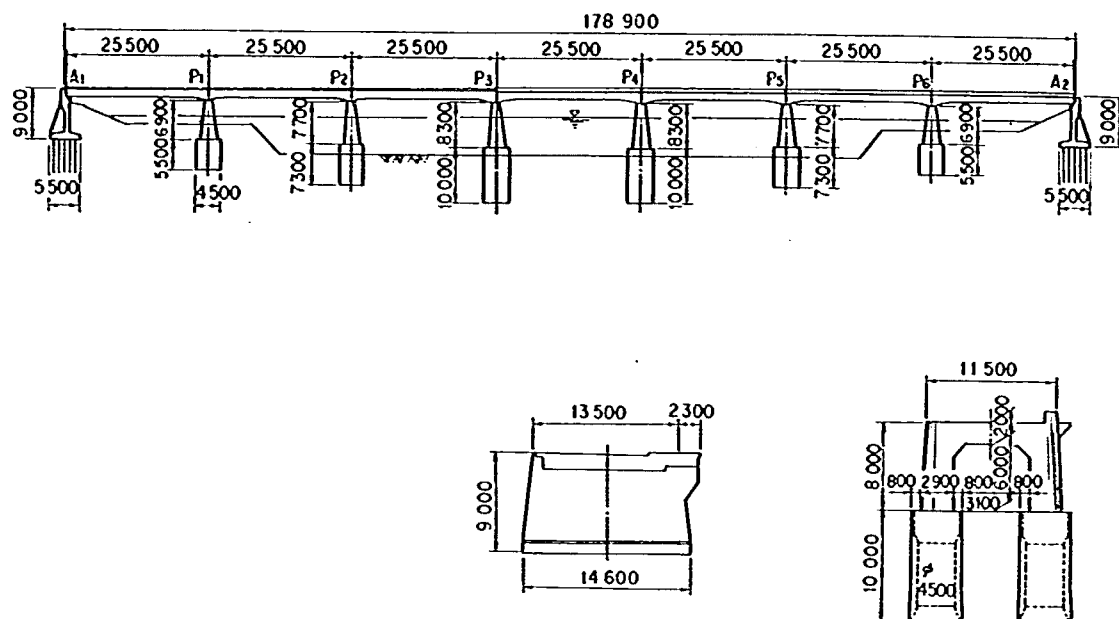
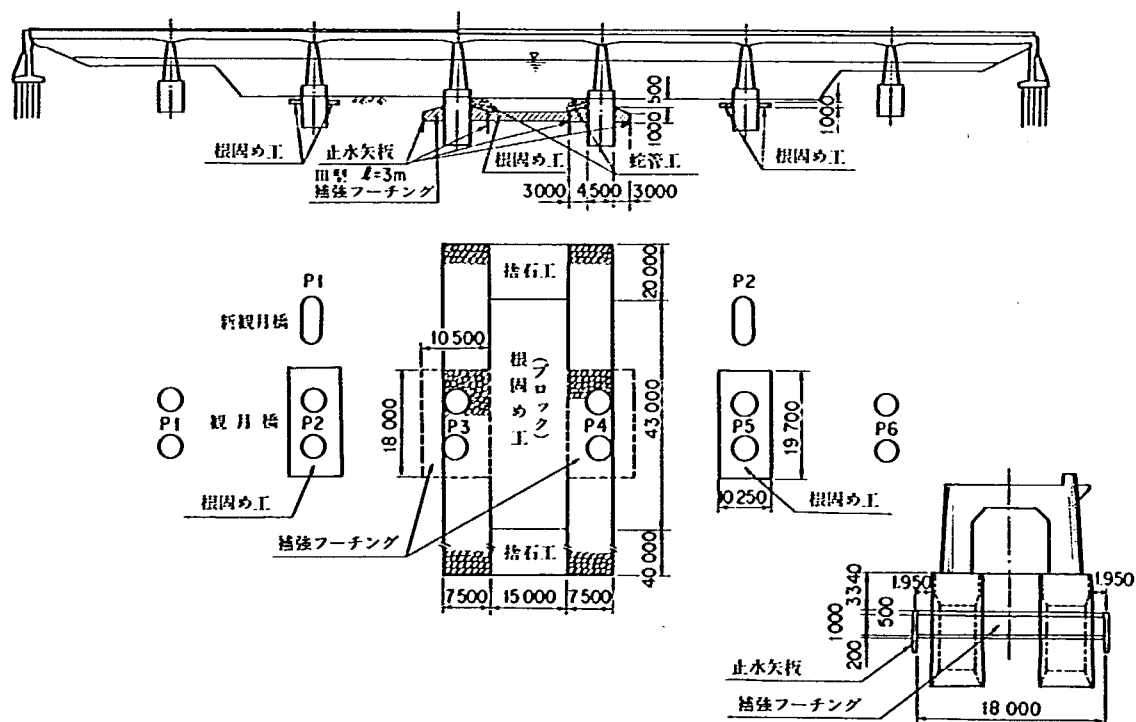


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
四 国	土佐国道	仁淀川橋	基礎の型式（独立ケーソン）	ケーソン頂部連結, ウェル基礎, フーチング拡大, 根固工（ブロック）
(1) 仁淀川橋の概要 本橋は高知県吾川郡に位置し、一般国道33号が仁淀川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道33号は高知市と松山市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和5年に竣工し、大正15年の示方書で設計されている。 構造形式は上部工が1径間52.42mの7径間ワーレントラス橋であり、下部工はφ3.65m×10.70mの井筒2基を基礎としたラーメン式橋脚である。 なお、昭和42年に上流側に側道橋が添架されている。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎が連結されていないラーメン式橋脚であることから耐震補強が必要と判断された。さらに、井筒部も洗掘をうけていた。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、現況井筒の周辺にコンクリート底版を設け直接基礎とする。 $P_2 \sim P_5$ については上記工法で昭和50年に施工されており、P_1, P_6 については前回と同一の工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 井筒の補強設計は底版を設ける構造とし直接基礎として設計する。 補強後の安定計算は直接基礎の底面で行う。また補強後、井筒底面に作用する反力は直接基礎部分と現況井筒部分とで分担して支持するものとした。				
(5) 施工方法 現況井筒周辺に鋼矢板を打設し、内部を掘削し、基礎を構築した。施工は渇水期に実施した。				
(6) その他 な し				

図-1 仁淀川橋一般図

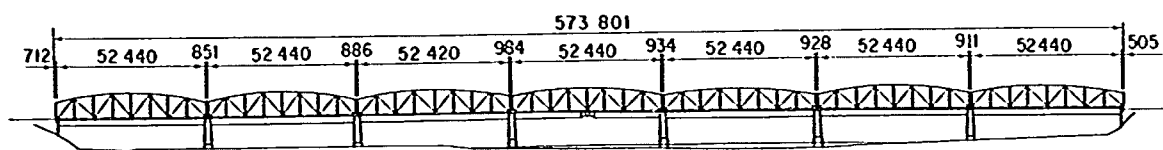
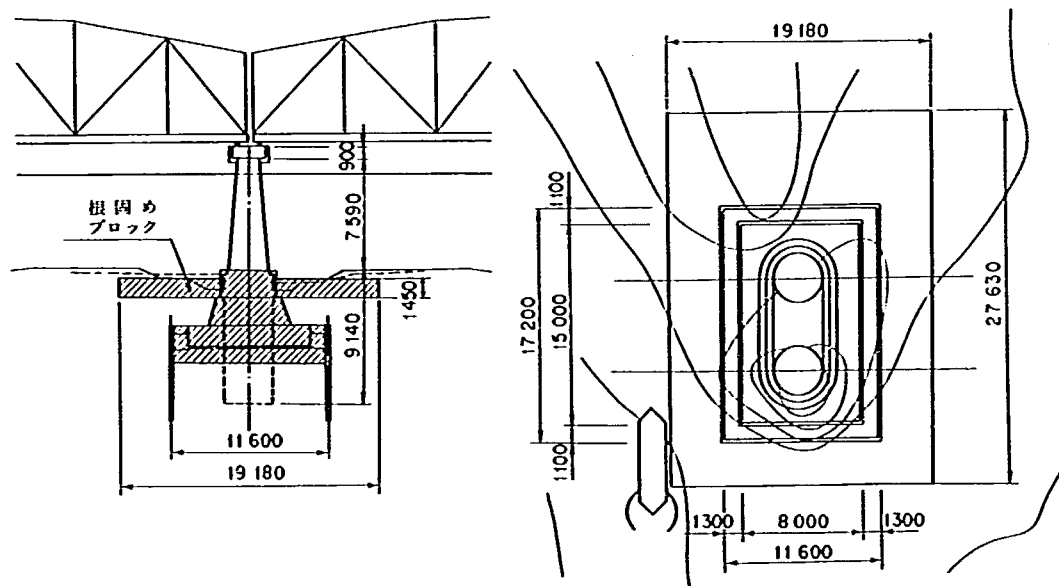


図-2 耐震補強対策図



3.6 基礎の型式（パイルベント）に対する耐震補強事例

- (6-1) 東 橋
- (6-2) 佐久間川橋
- (6-3) 矢板新橋
- (6-4) 綾瀬川橋
- (6-5) 塩田橋
- (6-6) 筏川橋
- (6-7) 島原大橋
- (6-8) 羽咋大橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	仙台工事	東 橋	基礎の型式（パイルベント）	壁式橋脚
(1) 東橋の概要 本橋は、宮城県本吉郡志津川町内に位置し、一般国道45号が志津川町十日町地内を流下する新井田川を渡河する橋梁である。国道45号は仙台市内を起点とし、太平洋沿岸沿いに青森県に北上する幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和37年に架設され、上部工はPC床版橋2連（支間8.045m）からなり、下部工橋脚はPC杭φ400×7mのパイルベント式を採用されており、杭本数は直角方向に6本使用している。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、橋脚形式がパイルベント式であることから、耐震補強が必要と判定された。また、耐震設計指針から橋脚の沓座巾が不足していた。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として橋脚形式の構造変更が必要となり、沓座拡巾も含めてPC杭を巻き立てた壁を作ることとした。 壁厚は、河積粗害率の特例値（6%）を用いて橋軸方向への配筋を考慮し800mmとした。 沓座拡巾は、耐震設計指針の規定値を計算し片側30cmの拡巾量とした。				
(4) 対策工法の設計 設計は、パイルベント橋脚を壁式橋脚に補強するものとして行った。沓座拡巾の設計計算は標準設計を使用した。				
(5) 施工方法				
(6) その他				

図-1 東橋一般図

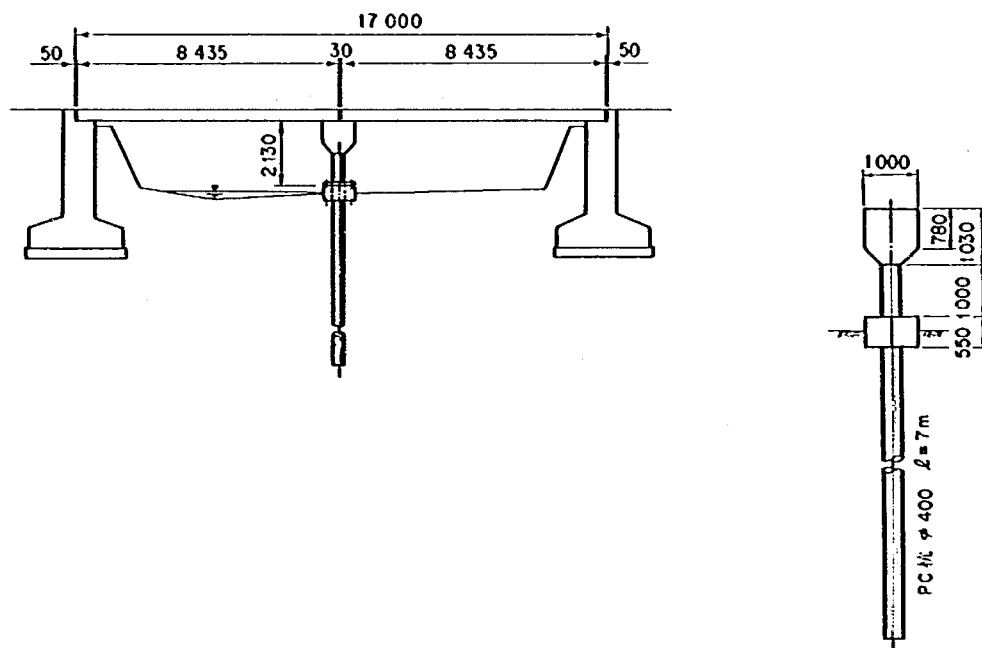
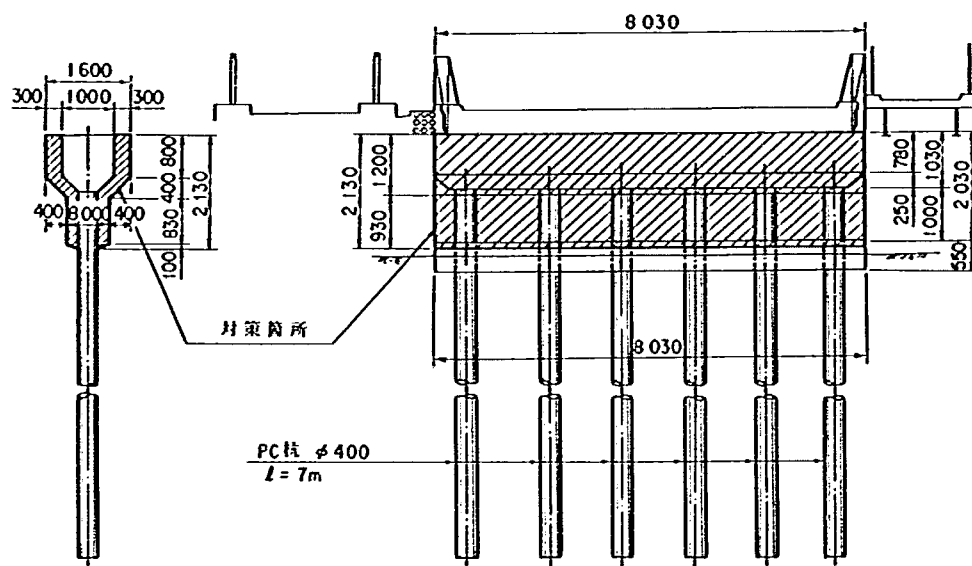


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	福島工事	佐久間川 橋	射体の強度 基礎の形式 (パイルベント)	RC 巻立て (下半分) 各橋脚底板連結
(1) 佐久間川橋の概要				
本橋は福島県伊達郡桑折町に位置し、一般国道 4 号が佐久間川を渡河する位置に架設された橋である。本橋は昭和35年 3 月に竣工し、昭和31年 (一等橋) の示方書で設計された。構造型式は上部工が $4 \times 5.321 + 11.418 + 4 \times 5.321 \text{ m}$ の 9 連 PC スラブ橋であり、下部工は杭長 12 m、杭径 300 及び 500 mm (長支間部) の RC 既製杭 7 本からなるパイルベント橋脚である。				
(2) 耐震点検結果				
耐震点検では、飽和砂質地盤の液状化のおそれはなく、基礎杭の支持力も安全と判定された。ただし基礎型式がパイルベント橋脚であることから橋脚躯体強度を検討した結果、耐震上の剛性が不足して C 区分と判断され補強が必要となった。さらに橋脚躯体 (柱及び杭) の詳細検討の結果、柱、杭共に断面不足と判定された。				
(3) 対策工法の選定				
躯体 (柱) の補強方法は、柱を軸直角方向全てを巻き付ける方法とし、補強高さについては応力的にクレーン出来る位置まで立ち上げ、応力は全巻部で受け持たせるものとした。杭の補強方法については表-1 の第 2 案、第 3 案に示す 2 種類について検討した。底板を連結することにより柱からの外力を低減する方法で応力的にも明解であり、また、補強工事が比較的に容易で短期間に施工出来、かつ工事費も安価である第 2 案に決定した。				
(4) 対策工法の設計				
上記対策工法により、不静定架構として設計計算を行い、柱及び壁部 (地震時)、杭について各部材の各点について応力度の照査を行った。設計計算は道路橋示方書及び同解説、コンクリート標準示方書及び同解説に準じ設計した。				
(5) 施工方法				
特記事項なし				
(6) その他				
特記事項なし				

図-1 佐久間川橋一般図

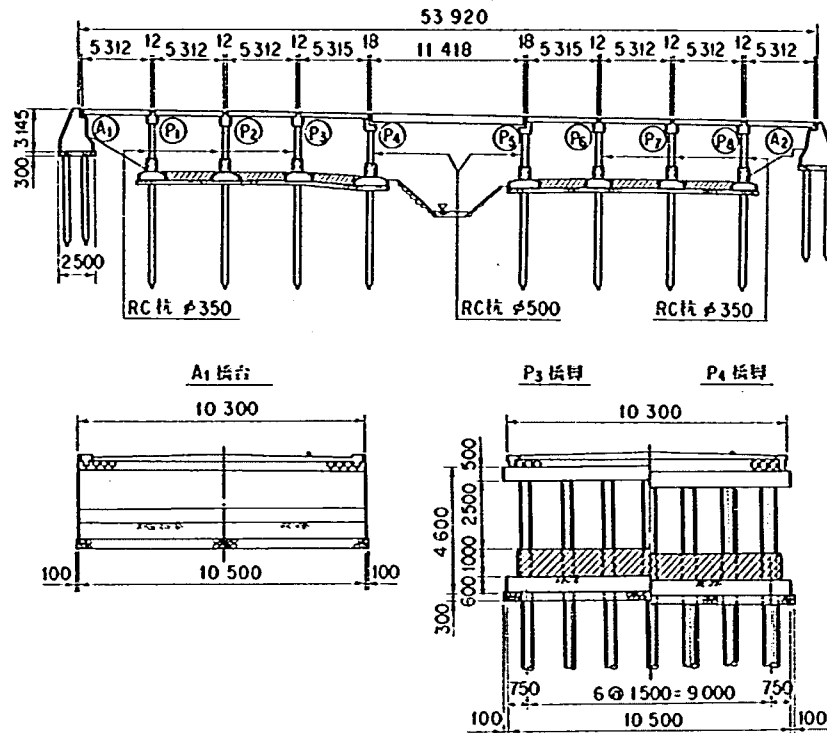


図-2 耐震補強対策図

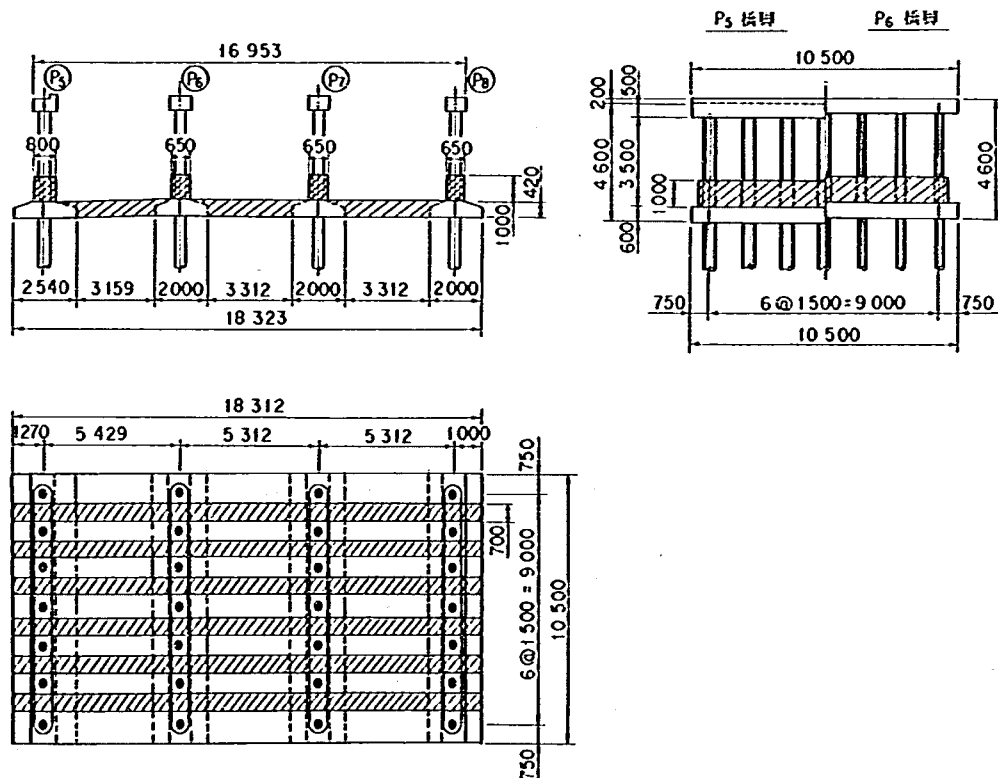


表-1 佐久間川橋工法の比較

	① 杭頭部拡巾方法	② 底版連絡方法 (その1)	③ 底版連絡方法 (その2)
工 法 概 念 図			
工 法 の 概 要	杭の応力不足部分を補う方法である。最もシンプルな方法。	杭の応力不足部分を底版と連結する梁に負担させる方法である。	第2案と同様であるが、不静定解析は行わず地中に設置した受動版で荷重をとり杭にかかる負担をとり除く方法である。水平変位が生じ疑問が残る。
留 意 点	既設杭との結合に疑があるのと底版の全部を取りこわす必要があるため危険が伴う。	底版の一部をこわす必要があるが最も確実な方法である。	第2案に同じ
そ の 他		底版を拡幅するため直接基礎的底版となる。	第2案と同じ工法であるが、材料規模が大きく工事大

表-2 佐久間川橋設計検討項目

検 討 項 目	内 容
設 計 震 度	$K_A = 0.2$
許 容 応 力 度	コンクリート $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{ck} = 210 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{ca} = \frac{1}{2} \sigma_{ck} = 70 \text{ kg/cm}^2 \text{ (軸)} \\ \sigma_{ca} = 55 \text{ kg/cm}^2 \text{ (軸)} \end{array} \right.$ 鉄筋 $\tau_a = 3.6 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_{sa} = \begin{cases} 1,800 \text{ (大気)} \\ 1,600 \text{ (水中)} \end{cases}$ RC 杭 $\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{ca} = 350 \text{ kg/cm}^2 \\ \tau_a = 5.0 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{ca} = 116 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$
荷 重	上部工反力 (活荷重は $TL-20$)
RC パイル ベ ン ト	$\phi 500$, 350 mm , $L = 8 \text{ m}$
杭支持力の検討	杭の支持力については検討の結果安全であったが、橋脚及び杭としての RC パイル本体の強度が不足したため補強方法を表-1のとおり比較検討した。
橋脚としての RC パイルの 検 討	フーチングとの接点部における曲げ圧縮及び引張強度不足のため RC パイルをコンクリートで巻立て橋軸直角方向に一連の壁式として補強する方法とした。
杭基礎としての RC パイルの 検 討	上記と同様フーチング下端 (杭頭部) での RC パイルの強度不足のため、杭の荷重低減をすべくそれぞれのフーチングを表-1の2案のように連結し底版に荷重を分散させる方法とした。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	宇都宮国道	矢板新橋	基礎の型式（パイルベント）	橋脚の鋼板補強
(1) 矢板新橋の概要 本橋は、栃木県矢板市に位置し、一般国道4号が内川支流を渡河する位置に架設された橋梁である。国道4号は、東京都中央区と青森市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和42年に竣工し、昭和39年道路橋示方書で設計された。 構造型式は、上部工が支間11.2mのコンクリート床版橋3連（橋長$L=36.0$m）からなり、下部工は橋台が逆T式橋台（基礎：鋼管杭$\phi 406.4 \times 13$m）、橋脚が鋼管杭$\phi 406.4 \times 18$mのパイルベント橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎の型式がパイルベント橋脚であることから耐震補強が必要とされた。計算結果によると、現橋の幅員では、支持力、変位、応力共に許容値内である。しかし、本橋は将来4車線に拡幅する予定のため、この荷重でチェックを行うと、変位が杭頭部で$\delta=26$mmとなり、一般的に言われる許容値25mmより大きい結果となった。このため変位を拘束する対策が必要とされた。				
(3) 対策工法の選定 杭の突出長3mを2m程度に低くすれば、変位を小さく出来るものと考え、表-1に示すような2案の比較を行った。 ① 杭をコンクリートで巻立てる。 ② 杭相互を鋼材で連結する。 この2案を比較した結果、コンクリートで巻立てた場合、その部分の慣性力が大きくなり、逆効果になる恐れがあるとし、死荷重増加の少ない②の鋼材による連結法が採用された。				
(4) 対策工法の設計 杭の突出長が鋼材連結による拘束のため、1.5m下るものとして変位を算出したところ$\delta=15$mmとなった。 一方、連結部材は、杭1本当りに作用する水平力が圧縮力として作用するものとし、鋼管との連結材とのボルト結合及び連結部材の設計を行った。				
(5) 施工方法 桁下の杭の廻りに足場を設置し、次の順序で施工した。 ① 鋼管の連結材取付位置に$t=9$mmのバンドを現場溶接。 ② ボルト取付プレート$t=9$mmをバンドに現場溶接。 ③ 連結材の溝形鋼（$300 \times 90 \times 9 \times 13$, SS41）をM20（F10T）により上記プレートに連結。				
(6) その他				

图-1 矢板新橋一般図

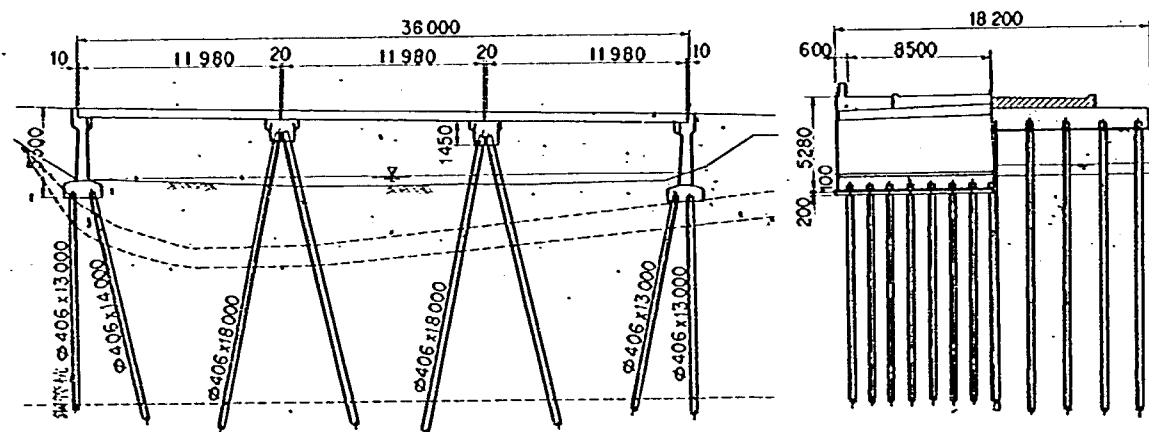


图-2 耐震補強一般図

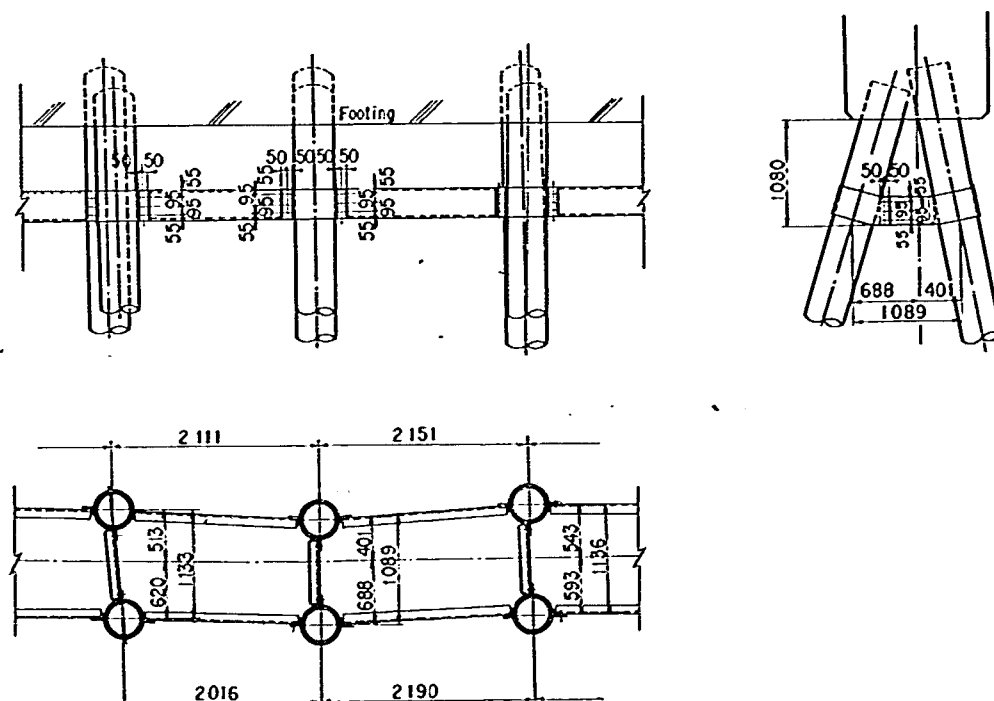


表-1 矢板新橋の対策工法の比較

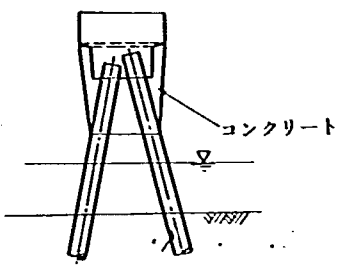
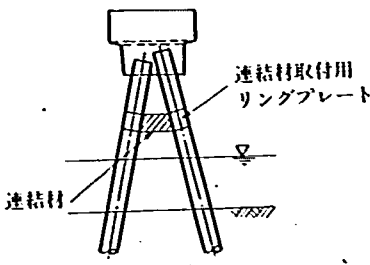
工 法		① RC 巻 立 て	② 鋼 材 連 結
概 念 図			
工 法 の 概 要		・杭の突出長を小さくするため、コンクリートを巻立てる。	・所定の位置で杭を相互に鋼材で連結し、剛体化を図る。
設計上の留意点		・新設巻立て部の慣性力の増加	・連結部材の荷重負担 ・杭との連結部の構造
施工上の留意点	交通規制 作業空間	問題なし	問題なし
	締切工	不 要	不 要

表-2 矢板新橋設計検討項目

検討項目		内 容
設計 条件	設計震度	$K_h = 0.2$
	許容応力度	鋼管杭（地震時） $\sigma_{sa} = 2,100 \text{ kg/cm}^2$
	杭の支持力	鋼管杭 $\phi 406.4 \times 18.0 \text{ m}$ 常時 50t/本, 地震時 75t/本
	荷 重	上部工反力（常時及び地震時の鉛直力, 水平力）, 繫体
安 定 計 算		突出長 $h_0 = 1.5 \text{ m}$ （改良前は 3.0 m）, 地中部 15.0 m の杭として安定計算をしている。
杭 本 体 の 設 計		地中部の最大曲げモーメント位置にて断面の照査を行う。
連結部材の設計		杭一本あたりに作用する水平力が軸力として作用するとし, 圧縮部材として設計。 ボルトは, 一面摩擦力にて本数を決定している。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	大宮国道	綾瀬川橋	基礎の型式（パイルベント）	増 し 杭
(1) 綾瀬川橋の概要 本橋は、埼玉県草加市に位置し、一般国道4号が綾瀬川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道4号は、東京都中央区と青森市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和41年に竣工し、昭和39年鋼道路橋設計示方書で設計された。 構造型式は、上部工が25.0+25.0mの2径間連続鉋桁である。橋台は47.0～48.6mの長さを有するφ711.2の鋼管杭を持つ逆T式橋台であり、橋脚は47.0mの長さを持つφ1016の鋼管杭からなるパイルベント橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 A₂ 橋台の側方移動が約10mm程見られた。 原因としては、①軟弱地盤上の盛土による背面土圧及び軟弱層の地盤沈下による水平分力が杭頭付近にかかった、②地盤改良による横方向の支持力は地震時には期待したほど大きくなかった、③水平方向の分力が横方向の支持力を上回って水平移動が始まった、等が考えられた。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策としては表－1に示すような4案が検討された。 ① 斜杭工法 ② 土圧軽減工法 ③ 鋼矢板工法 ④ 橋梁工法 この4案を検討した結果、構造上信頼性が高いこと、施工可能な工法であり交通規制を必要としないこと、工事費については施工性と構造上の制約を受けるため必ずしも最小工事費にはこだわらない、という点を考慮して第1案が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては次の3項目を考慮して検討を行った。 ① 増設の斜杭は、大きな応力が生じる杭頭付近（h=5.35m）にコンクリートを充填して、杭の曲げ剛性を高め杭の水平抵抗を強化した。 ② 既設橋台と新設橋台のフーチングは剛結状態にすることは避け、水平力に対してのみ両者一体となって抵抗するものとする。 ③ 橋台に作用する水平力に対して上部工主桁の応力チェックを行う。 設計検討項目及びその概要を表－2に示す。				
(5) 施工方法 杭の施工に関しては、長尺物（約47m）で且つ斜杭であるため、所定の位置に杭がくるように十分な注意が必要となる。杭打設が終了した後、現橋フーチング下面まで掘削を行った。この時、道路法面の保護のため土留め工が必要となった。鉄筋の組立て時には、鋼管杭の杭頭処理及び補強鉄筋の組立ても同時に行った。また、コンクリートの打設は、片側フーチングコンクリート量が約70m³になるため2回に分けて打設を行った。				
(6) その他 橋台の新設工事に伴い、沓の補正、伸縮継手の修正も行った。				

図-1 綾瀬川橋一般図

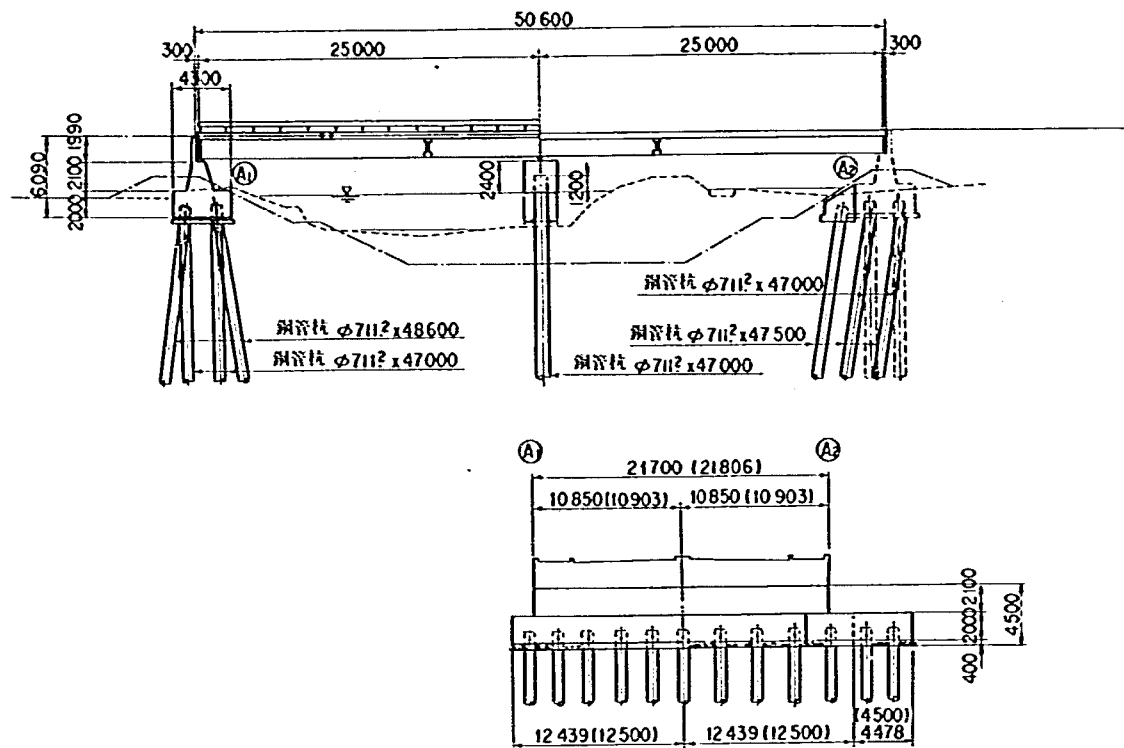


図-2 耐震補強対策図

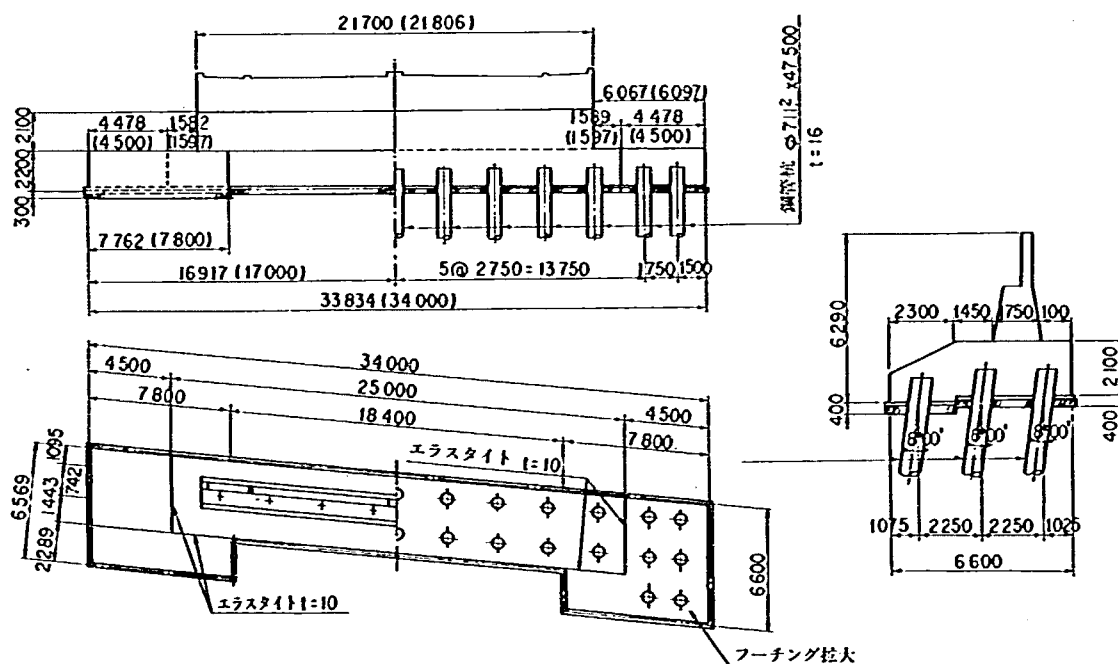


表-1 綾瀬川橋の対策工法の比較

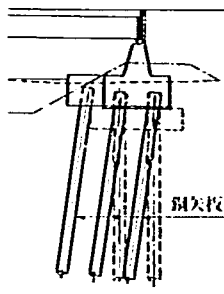
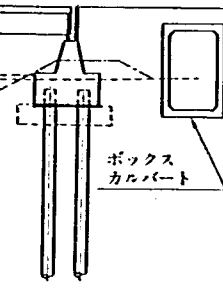
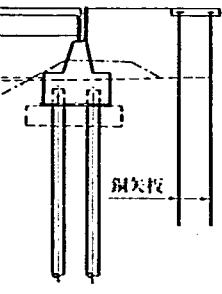
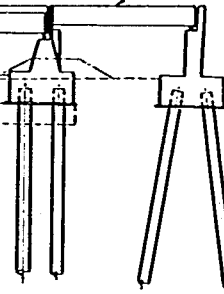
工 法		① 斜杭工法	② 土圧軽減工法	③ 鋼矢板工法	④ 橋梁工法
概 念 図					
工 法 の 概 要		・ 既設橋台の両側に斜杭を増し杭し、新旧フーチングを一体化して、水平力に抵抗する工法。	・ 橋台背面の土圧を軽減させるため、ボックスカルバートを道路の盛土部分に、推進工法により埋設する工法。	・ 第②案と同様に土圧を軽減させる工法であるが、ボックスカルバートの代わりに鋼矢板を打設する工法。	・ 橋台背面に短支間の単純桁を架設して、橋台移動の原因を根本的に取り除いてしまう工法。
設計上の留意点		・ 常時、地震時、滑動時の3ケースについて検討する。 ・ 地震時には、流動化層を考慮。 ・ 滑動時は一端ヒンジ他端固定の梁として計算。	・ 土圧の減少率を、背面の土のすべり面より上の体積で換算。 ・ カルバートに作用する土圧は、カルバート自体の安定によって受け持つ。	・ 鋼矢板の剛性の範囲まで、背面土圧を受け持つと考える。	・ 新しい橋台の杭は、斜杭を活用して移動を押える様にする必要がある。
施工上の留意点	交通規制空間	・ 既設橋台両側の施工となるので、特に問題はない。	・ 盛土の両側を利用した施工なので、最も施工性はよい。	・ 鋼矢板打設時、コンクリート施工時、共に交通規制が必要となる。	・ 橋梁取付部の施工となるので、少なくとも片側車線の交通規制は必要となる。
	締切工	・ 治水期の施工とすれば、締切工の必要はない。	・ 締切工の必要はない。	・ ②に同じ	・ 新設橋台施工時、土留工が必要となる。

表-2 綾瀬川橋設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h=0.25$
	許容応力度	コンクリート (曲げ圧縮 $\sigma_{ca}=70\text{ kg/cm}^2$, せん断はり $\tau_a=6.5\text{ kg/cm}^2$, 版 $\tau_a=9.0\text{ kg/cm}^2$) 鉄筋 (SD30 $\sigma_{sa}=1,800\text{ kg/cm}^2$)
	杭の支持力	$\phi 700$ 鋼管杭 (常時 180t, 地震時 270t)
	荷 重	土圧, 上部工反力 (常時及び地震時の鉛直力, 水平力)
安 定 計 算		・ 新旧橋台を一体と考えて、全体での安定計算を行い、杭反力及び変位を道示に従って算定
フーチングの設計		・ 杭反力及び躯体自重による断面力を算定し、応力度の照査
杭本体の設計		・ 杭頭部及び地中部のモーメントに対して、応力度の検討 ・ 負の周面摩擦力に対する検討
杭とフーチング結合部の設計		・ フーチングコンクリートの垂直支圧応力度の照査 ・ フーチングコンクリートの水平支圧応力度の照査 ・ フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度の照査
そ の 他		・ 主桁に作用する軸圧縮力の検討 ・ 新旧橋台を分離させた時の検討

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	千葉国道	塩田橋	基礎の型式（パイルベント）	増し杭，フーチング拡大
(1) 塩田橋の概要 本橋は、千葉県千葉市塩田町に位置し、一般国道16号が浜野川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道16号は、神奈川県横浜市を起点に東京、埼玉、千葉をリング状に結び横浜市に至る全長290.9kmの首都圏の幹線道路である。 本橋は、昭和37年に竣工し、昭和31年道路橋示方書で設計された。 構造型式は、上部工が橋長25.84mで車道がPC単純ポストテンションT桁、歩道が鋼単純H型桁であり、橋台は550mmの鋼管杭をもつパイルベント型式である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎の型式がパイルベント型式であることから耐震補強が必要と判定された。 また、浜野川の河川改修に伴い河床高さが1.7m程度低下するため、橋台への悪影響を考慮し、前述の補強も兼ねた補修が必要となった。				
(3) 対策工法の選定 選定の詳細は不明であるが、現橋台背面側にフーチングを拡大し、径1,016mmの鋼管杭8本（7本）で増し杭を行う計画が採用された。 なお、新設のフーチングと旧橋台フーチングは、差込み鉄筋のほかにφ32の鋼棒で連結され付着力の向上が図られた。				
(4) 対策工法の設計 不 明				
(5) 施工方法 不 明				
(6) その他				

图-1 塩田橋一般図

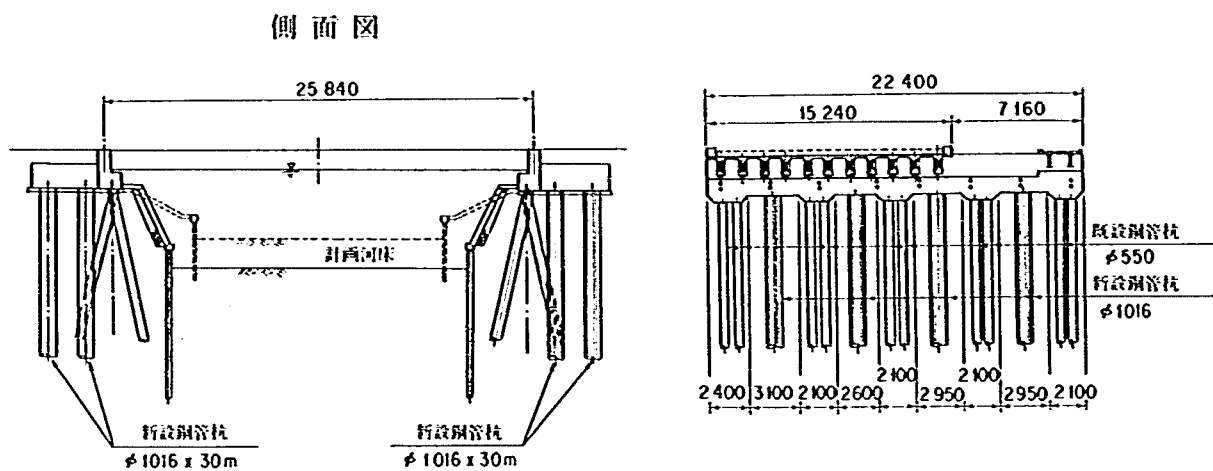
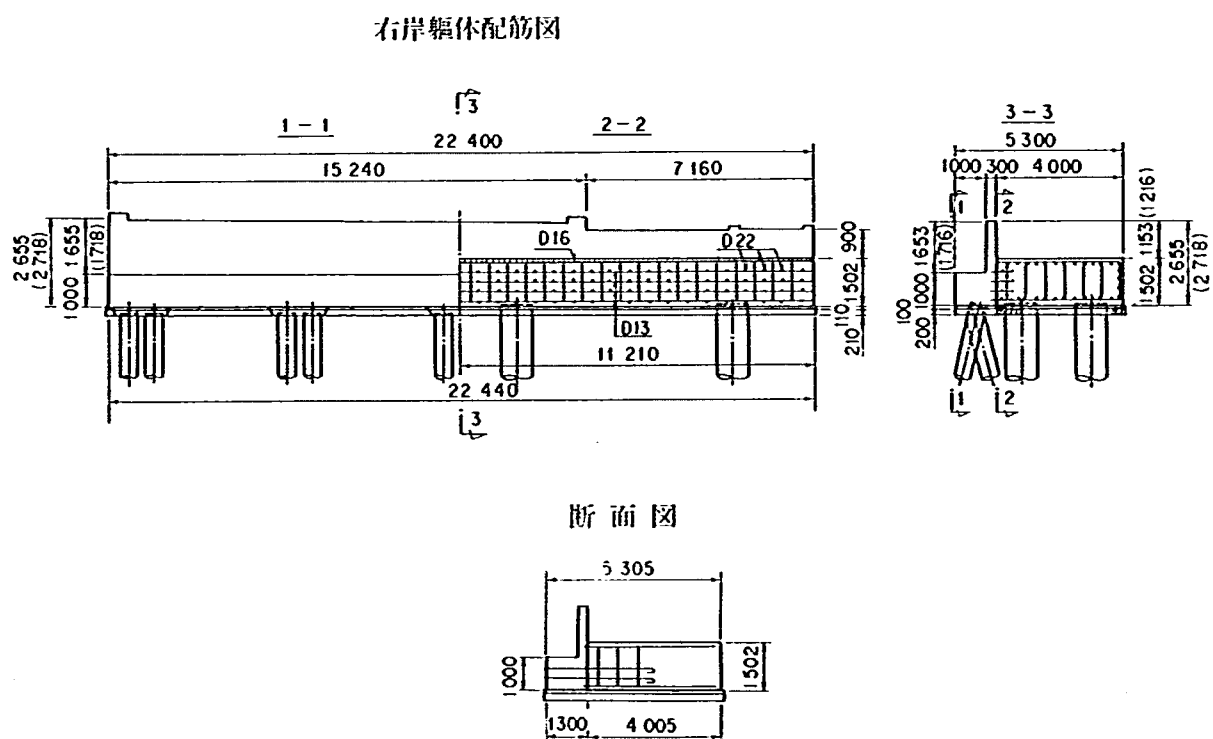


图-2 耐震補強一般図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	名古屋国道	筏川橋	飽和砂質地盤 基礎の形式（パイルベント）	増杭、躯体（杭）のRC巻立て 工法、橋台拡幅工法
(1) 筏川大橋の概要 本橋は愛知県海部郡弥富町に位置し、一般国道23号が筏川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道23号は豊橋市と伊勢市を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和39年に竣工し、昭和31年道路示方書で設計された。 構造形式は、上部工が橋長 91.95 m (28.0+35.0+28.0 m) の3 径間連続非合成鈑桁で幅員は 15.2 m である。下部工は逆T式及び扶壁式橋台とパイルベント橋脚で $\phi 600$、$L=48$ m の杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 地盤は飽和砂質地盤であるが支持力には問題がなかった。ただし橋脚はパイルベント型式であるため、対策が必要と判定された。				
(3) 対策工法の選定 橋脚はパイルベント基礎であるが支持力には問題はなく、躯体の鋼管が腐食し損傷が著しいのでRC巻立てにより壁式橋脚に構造変更する対策が考えられた。さらに、この橋脚は上部工の拡幅を伴うため、増し杭及び躯体の拡幅を行う必要があることから、増し杭及び躯体（旧杭）のRC巻立てを行うものとした。 橋台は杭の支持力には問題ないが、上部工の拡幅に伴い橋台幅の拡幅の都合から鋼管杭基礎を橋台の左右に一体として増設するものとした。				
(4) 対策工法の設計 旧構造物の橋脚躯体を除いて耐震上は問題がないため設計の簡略化を考慮し、新旧一体とした構造で安定性及び躯体の強度の設計を行うものとした。また、水深が深いため締切工と型枠を兼ねた鋼殻構造として設計した。 なお、増し杭に使用する鋼管杭は全長50 m 以上になるので、$\phi 1200$mm と太径のものを使用し、施工も台船によるものとした。				
(5) 施工方法 橋脚の施工条件としては①桁下空間が 1.5 m と低く、②水深は 3.5 m と深く、さらに、③海底地盤の支持層がないところである。躯体の施工に際してはドライアップが必要なため、締切は一部型枠を兼ねた鋼製殻構造によるものとした。 上記条件から施工用栈橋の仮設には問題があると考え、杭打ち、鋼製殻の吊込み等の作業は台船によるものとした。				
(6) その他 上部工は床版の損傷が著しく、増し桁の対策を行うと共に幅員を 15.5 m から 22.7 m に拡幅されていた。この拡幅に伴い、基礎の直角方向に拡幅が必要となり増し杭の検討がなされた。				

図-1 筏川橋一般図

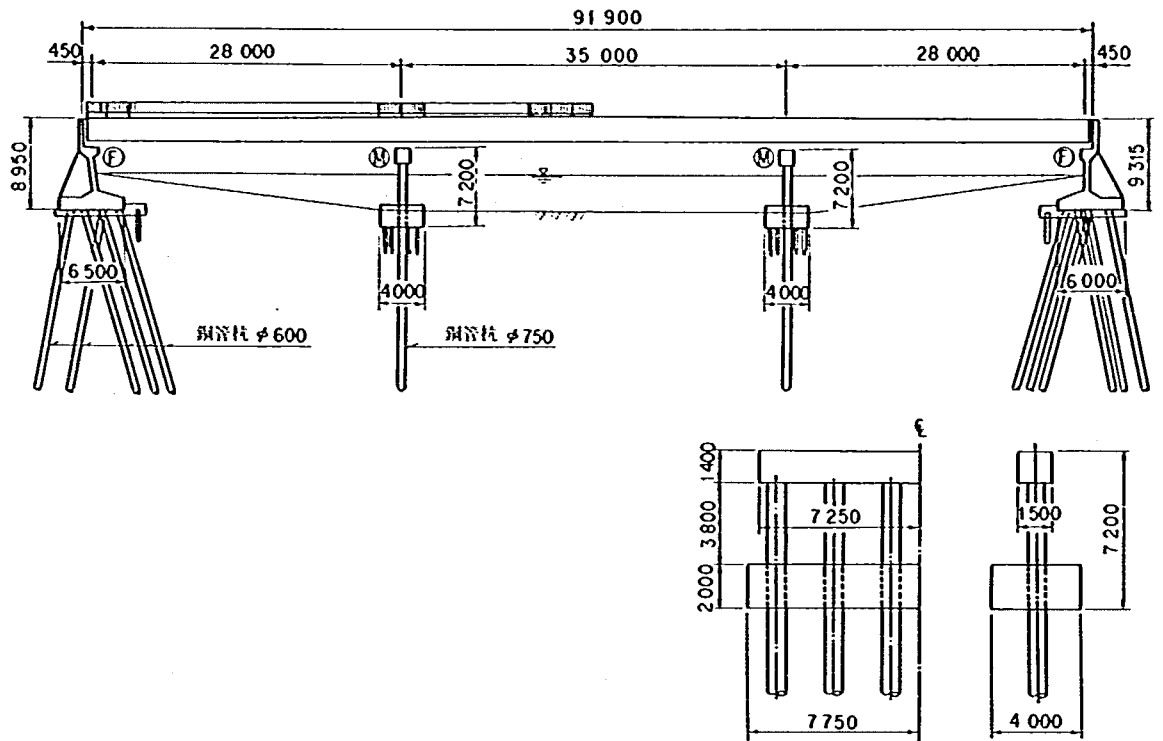


図-2 耐震補強対策図

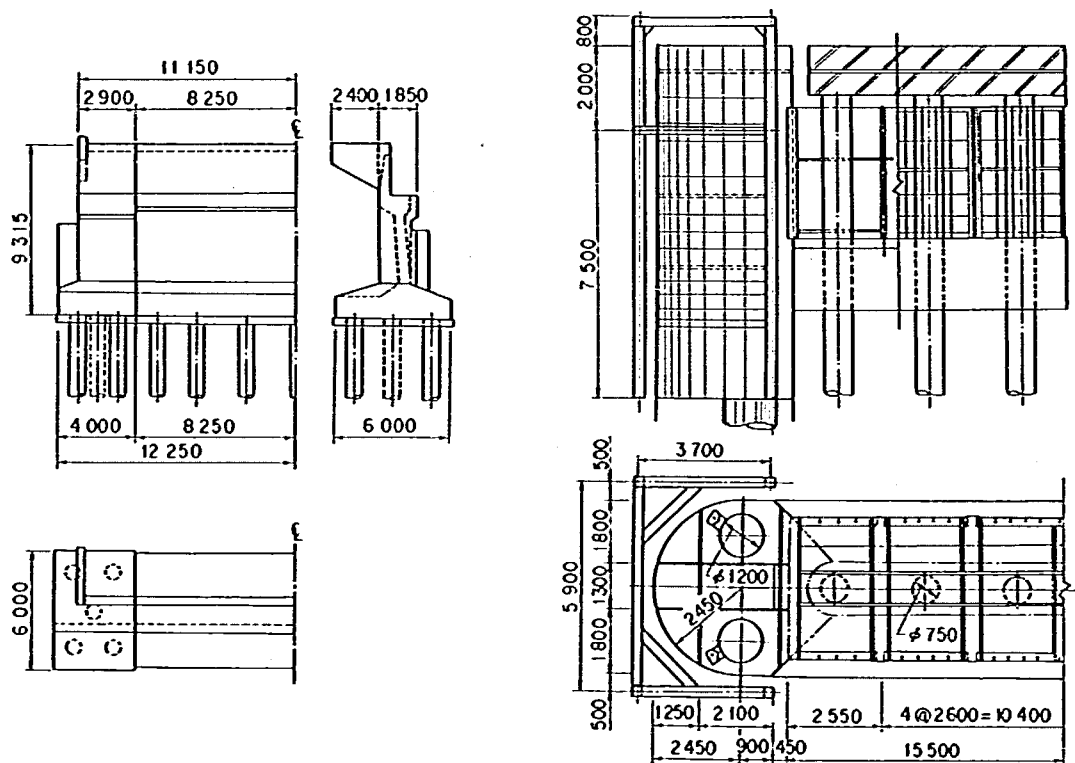


表-1 筏川橋の補強工法

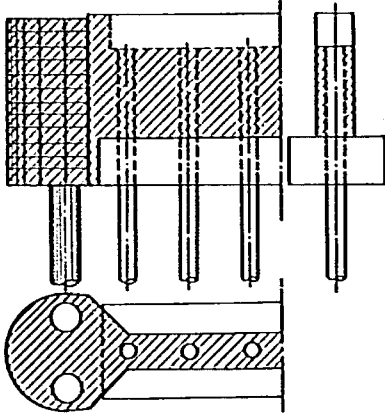
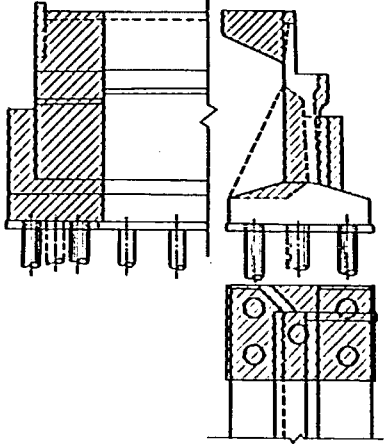
工 法		① 橋 脚 (増杭・拡幅)	② 橋 台 (増杭・拡幅)
概 念 図			
工 法 の 概 要		- 台船による杭打ち及び鋼殻による締切 - ドライアップによる気中施工である。	鋼管杭の打設はアースオーガー併用の圧入工法（ヤットコ打設併用）による。
設計上の留意点		海底地盤が悪く、かつ、水深が深いところで、ドライアップにする施工条件から、構造体及び締切方法を鋼殻構造とした。	掘削深度が8.5mもあり、かつ旧橋台も杭基礎であり近接しているのでアースオーガー併用の圧入による鋼管杭打設とした。
施工上の留意点	交通規制作業空間	台船による作業につき交通規制は必要としない。（桁下の作業空間は1.5mである）	付替道路は栈橋を設置し、交通切り回しを行うものとした。（左右で2期施工となる）
	締 切 工	鋼殻構造による締切り、ドライアップとする。	- 鋼矢板締切り、土のう（漁業関係との協議が必要） - 土 留

表-2 筏川橋設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h = 0.24$
	許容応力度	コンクリート（圧縮、せん断）、鉄筋（SD30）
	杭の支持力	鋼管杭 $\phi 610$, $\phi 800$, 1200 （常時、地震時）
	荷 重	上部工（常時、地震時）
フーチングとの接合部の設計		拡幅部躯体と巻立て部躯体とが一体となるので、フーチングとの接合はチップング及び差筋によるものとした。
安 定 計 算		橋脚は新旧一体とした完成時の常時及び地震時について照査する。
フーチングの設計		新設部はフーチング部と躯体部は構造上同一断面としているので特にフーチングとしての設計は行っていない。
杭本体の設計		杭長が42.0mもあるので、地表から9mの区間を $t = 19\text{mm}$ とし、それ以深は最小厚の $t = 12\text{mm}$（腐食代2mm）として設計を行っている。
杭とフーチング		止水用の捨てコンクリート及びフーチングと躯体が一体になっていることから、完全な埋め込み式として設計を行っている。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
九 州	長崎工事	島原大橋	基礎の形式（パイルベント）	アースアンカーによる橋台補強
(1) 島原大橋の概要 本橋は、長崎県島原市に位置し、一般国道57号が有明海の漁船の滞留する入江を渡河する位置に仮設された橋梁である。国道57号は島原市と雲仙を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和41年に竣工し昭和39年の道路橋示方書で設計された。 構造形式は、上部工が15.20+15.20+15.20mの3径間箱桁であり、下部工は16mの杭長を有する径700mmの鋼管杭6～7本からなるパイルベント式橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、橋台基礎の補強及び沓座拡幅、桁連結等が必要とされた。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、パイル部の補強を行うアースアンカー工法、パイル部背面土の改良を行う地盤改良工法、増し杭により既設杭の地震時応力の低減を図る工法が考案された。 交通規制及び近接構造物（ガソリンスタンド）等の条件より、実現的な工法案として表－1に示すようなアースアンカー工法が検討された。 これらについて検討した結果、補強効果が確実であること、交通規制に問題の生じない締切の必要性、桁下空間が小さい等の施工上の制約を考慮するとともに経済的であることから、アースアンカー工法が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、常時の鉛直荷重は既設構造で支持し、アースアンカー部は常時、地震時の水平力に対して抵抗するものと考え設計を行った。 設計計算は、道路橋示方書及びアースアンカー工法（土質工学会）に準じた。				
(5) 施工方法 施工では、まず橋台前面に厳丈な足場を設置した上で、杭の前面に軽量H鋼（120×300）を2段に固定した。その後ロータリー式削孔機（φ150）により3～4人編成で削孔し、アンカー鋼より線（3×T12.7）を挿入してモルタルを注入した。 グラウトの圧縮強度が150kg/cm²程度に達したと判断した後、耐力の確認を行い所定の荷重で緊張を行った。その後、桁の落橋防止の沓座拡幅及びアースアンカーを全面に覆う補強コンクリートを打設した。				
(6) その他 施工に際しては、交通の規制なしで円滑な施工が出来た。 なお、橋台及び橋脚の電気防蝕は現在も順調に稼働している。				

図-1 島原大橋一般図

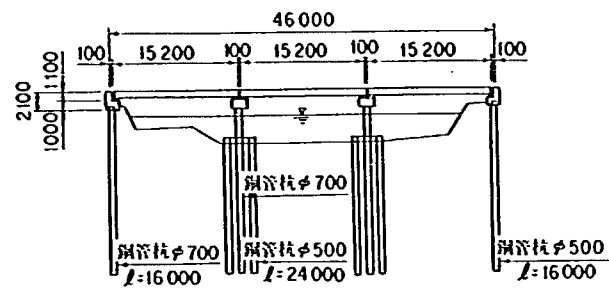


図-2 耐震補強対策図

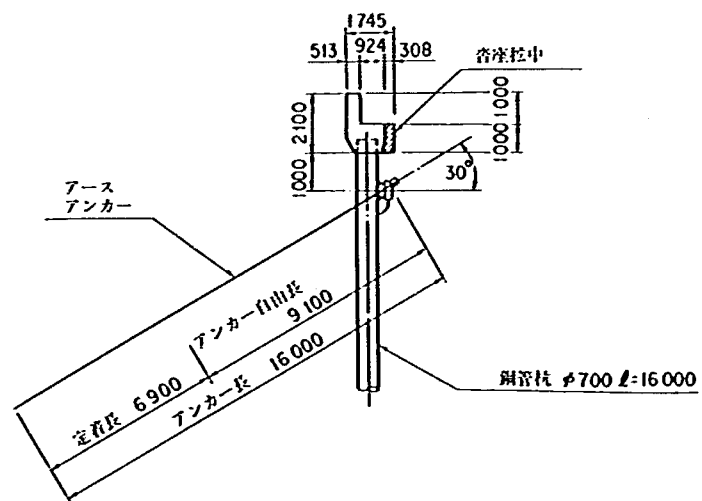
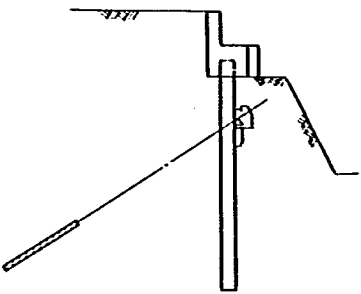
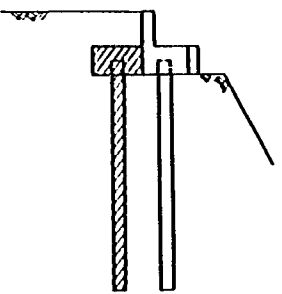


表-1 島原大橋対策工法の比較

工 法		① アースアンカー工法	② 増し杭工法
概 念 図			
工 法 の 概 要		基礎杭に腹起しを設置しアースアンカーにて一体とする工法	橋台背面にフーチングの継足し増し杭を行い一体構造とする工法
設計上の留意点		・アースアンカーの配置 ・アースアンカーの定着長 ・アースアンカーの緊張力 ・定着部の腐食	・新設部と既設部の完全な結合方法 ・設計地盤面の考え方
施工上の留意点	交通規制作業空間	・不要である。 ・桁下での作業空間が狭いため注意を要する。	・片側交通となる。 ・別になし
	締切工	・削孔時、台座取付時に締切が必要であるかシート及び土のう程度で対応できる。	・一般的に不要である。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
石 川 県	羽咋土木	羽咋大橋	基礎の形式（パイルベント）	増 し 杭
(1) 羽咋大橋の概要 本橋は、石川県羽咋市に位置し、一般国道249号が羽咋川の河口近くを渡河する位置に架設された橋梁である。本路線は、県都金沢市と中・奥能登地区の3市11町1村を結んでおり、その交通量は約10,000台/12Hと能登半島の大動脈の役割を担っている。迂迴路としては県営有料道路があるが、1.Cが市街地の南北両端に位置しているため、人口集中地区(DID)を有する中心市街地が南北に分断されている羽咋市にとっては緊急迂迴路とはなり得ない状況でありいかなる事態であっても羽咋大橋の通行止めは回避する必要がある。本橋は昭和34年に竣工し、適用示方書は昭和31年鋼道路橋示方書に準じている。構造は上部工が11径間単純プレテンション方式PCスラブ橋であり、橋脚はφ500、また橋台はφ600のRCパイルベント型式である。地盤は、砂丘としては日本で第2位の規模をはこる内灘砂丘の北の端にあたる海成漂砂であり、表層はN値10以下、それ以深はN値20前後の中砂が深く堆積しており本橋の下部工はこの中砂層を支持層としている。地盤種別は3種であるが、深さ5mまでは液状化の可能性があると考えられる。				
(2) 耐震点検結果 昭和61年耐震点検結果は表-1に示す通りであり、落橋防止構造及び液状化による影響の項目において要対策と判定された。地質調査並びに現況の安全性検討を行った結果、河床面より深さ3.2mまでのF_Lが1未満で、液状化による土質低減係数が0～3%の地層であり、安定層への根入れは杭長12mのうちわずかな約4mしかない事が判明した。このような基礎地盤面のもとで安定計算をした結果、杭体のコンクリート応力は$321(>\sigma_{ca}=200\text{ kg/cm}^2)$、鉄筋の引張応力は$2882(>\sigma_{ca}=2100)\text{ kg/cm}^2$と大きく許容応力度を超過しており、また、変位についても設計地盤面において46mm、杭頭において128mmと計算され、本橋梁の重要性を考えれば緊急に耐震対策を施す必要にせまられたものである。				
(3) 対策工法の選定 地質調査資料に基づいた本橋の安定計算結果により、常時は安定であるが、地震時において下記の過程をたどる事によりパイルベント地中部の一部において許容値を超過し不安定となる。 地震時水平力の発生 — 液状化現象の発生 — 地震時設計地盤面の低下 — パイルベント突出長の増大 — 杭体曲げモーメントの増大 — 許容値の超過 このため、上記の連鎖を絶つ工法を考える。まず第1に、地震時水平力を吸収しパイルベントに作用する水平力を低減する工法として、一般的に実施されている増杭工法がある。この工法を本橋に適用するにはいくつかのタイプが考えられ、12基の下部全てに増杭するもの、2径間分に1基補強するもの、両橋台だけ補強するもの、1橋脚のみ補強するもの等がある。また、アースアンカー工法により地震時水平力を地盤に受け持たす工法も考えられる。第2に液状化現象の発生を抑止する工法として、液状化層を取り除き新たな材料により置換えする工法や、薬液注入等により固化させる工法等が考えられる。最後に許容値超過部分を鋼管等により補強する事により許容値内におさめる工法もある。 以上の工法を検討した結果、地震時の地盤や橋体の複雑な挙動・経済性・信頼性・陸上施工等を考慮し、両橋台部を増杭補強する両端増杭工法が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、常時の鉛直荷重は既設構造で支持するものとし、地震時の水平力については新旧構造物が一体として共に抵抗すると考え、既設構造物の応力が超過しないように増杭径を変化させながらの繰返し計算を行った。また、連結梁の設計及びこれとパイルベント頭部補強横梁との固定省の設計にあたっては、これらを落橋防止構造と位置づけ、設計水平震度の2倍で計算した。				

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
石 川 県	羽咋土木	羽咋大橋	基礎の形式（パイルベント）	増 し 杭
(5) 施工方法 橋脚頭部補強横梁部の施工は既設パイルベント下段横梁を基礎として足場を組み立てる事により行い、橋台部横梁は一時交通規制を行い覆工板により路面を嵩上げし、その下で施工する。横梁はPC鋼材により緊結する方法を採るためインサートやコンクリート表面のチップングは原則として不要である。				
(6) その他 連結梁の断面は地震時水平力により決定されるため、常時は死荷重のみの載荷となり応力上大巾な余裕があり、この余裕分に群集荷重を作用させる事により歩道の設置が可能となるため、交通の安全を考えて下流側に1.5mの歩道を新設する事にしている。				

図-1 羽咋大橋一般図

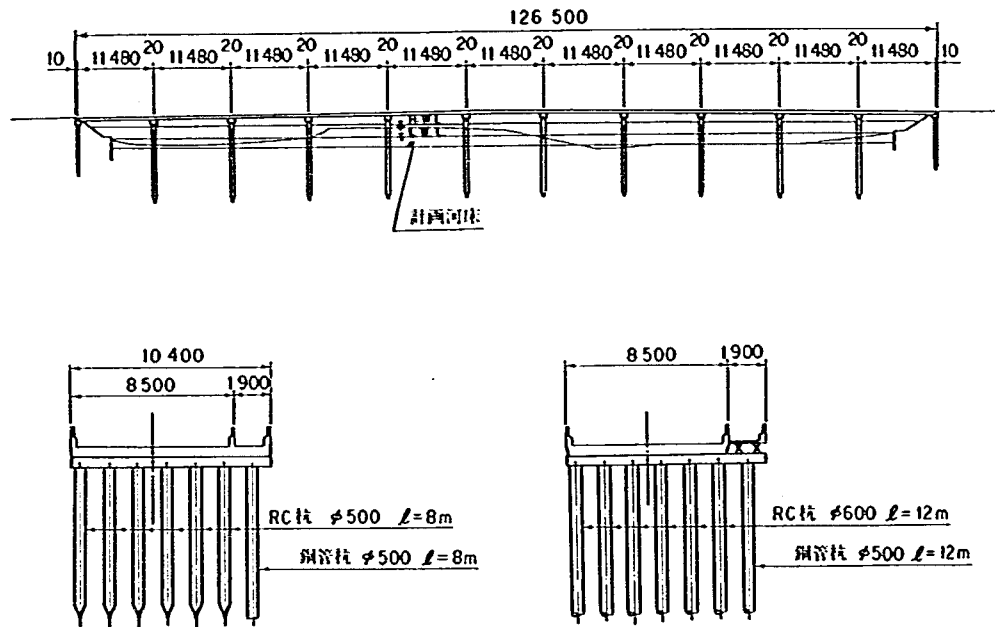


図-2 耐震補強対策図

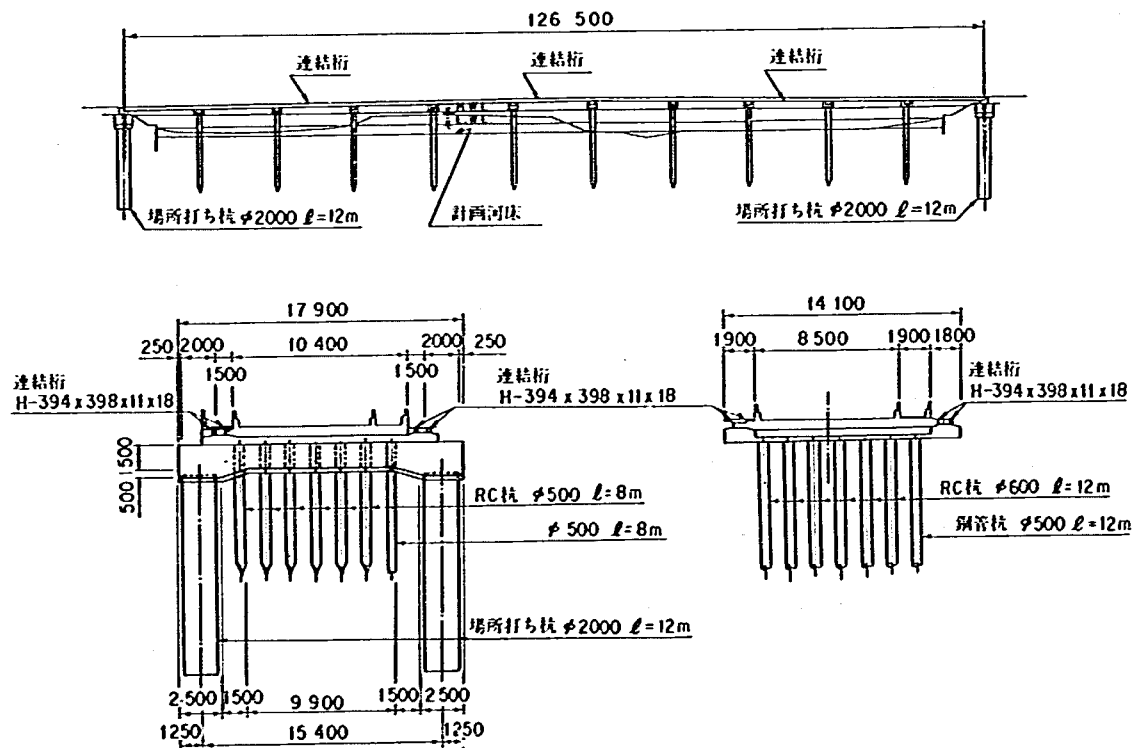


表-1 工法の比較

工 法		① 連結桁式増し杭	② 全橋脚増し杭
概 念 図			
工 法 の 概 要		橋台部に増し杭を設け、これに連結桁を介して橋脚の水平力を伝える。	各橋脚の両側に増し杭を設けて、横梁で既設構造と連結する。
設計上の留意点		- 増し杭と既設杭の水平荷重の分担方法の考え方。 - 連結桁と橋台、橋脚との完全な結合方法。	増し杭と既設杭の荷重分担方法の考え方。
施工上の留意点	交通規制作業空間	- 橋台の横梁施工のための仮設工工事のとき、一時的に交通規制が必要。 - 橋面上から施工するには、片側通行となる。	- 橋台部施工については、同左 - 橋脚部施工において作業栈橋を設けるときは、交通規制は不要。
	締切工	橋台横梁の施工のためには、背面側のみ土留工が必要。	- 橋台部については、同左 - 橋脚部横梁施工においては、河川内であるので締切工が必要である。また、現橋桁下においては、特殊圧入機が必要となる。

表-2 設計検討項目

検討項目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h = 0.22$
	許容応力度	$V_{ck} = 240 \text{ kg/cm}^2$ 鉄筋: SD30
	杭の支持力	既設杭の最大許容応力発生時の変位量で決定されるため特に規定しない。
	荷 重	常時は補強横梁・連結桁・群衆荷重等の増分に対して鉛直方向を検討し地震時は水平力に対して検討した。
安定計算		一層多径間ラーメンとして、骨組解析
杭本体の設計		骨組解析において、補強増し杭の径を変化させながら、既設杭体応力が許容値に入るよう繰り返し計算を行った。
連結梁の設計		落橋防止構造として考え、設計水平震度の2倍で座屈の照査を行う。
連結梁と補強横梁との結合		固定端に作用する軸力はすべて鉄筋の剪断抵抗にて受け持たした。

3.7 軀体の強度に対する耐震補強事例

(7-1) 田 海 橋

(7-2) 洞 川 橋

(7-3) 明石跨線橋

(7-4) 高田高架橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	高田工事	田海橋	躯体の強度	橋脚巻立て
(1) 田海橋の概要 本橋は、新潟県西頸城郡青海町に位置し、一般国道8号が田海川を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道8号は新潟市を起点とし、京都市を終点とする主要幹線道路であり、新潟県、富山県を結ぶ唯一の道路となっている。 本橋は昭和38年に竣工し、昭和31年の示方書で設計された。 構造形式は、上部工が13.5+13.5+13.5mの3径間PCスラブ桁橋であり、下部工は、木杭(φ200, L=5m, N=68本)を有する多柱式ラーメン橋脚である。木杭及びフーチングはN値50以上の地盤に支持されている。				
(2) 耐震点検結果 昭和54年耐震点検においては橋脚躯体強度が不足し、耐震補強が必要と判定された。また、柱は鉄筋が露出し腐蝕していた。梁は下端にクラックの発生があった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、①現橋脚を全て撤去し、新規に築造する、②梁部をクラック注入、柱部を多柱式のままコンクリートで巻き立て補強する、③多柱式躯体を小判型躯体に構造変更する、の3案を検討した。 ①案は工費が高く、②案は工費が一番安い、河川管理上、多柱式橋脚は好ましくないことから③案を選定した。				
(4) 対策工法の設計 地盤強度N値50以上の砂礫層がフーチング底面より7mの層をなしており、地耐力が常時40t/m²、地震時60t/m²の直接基礎として構造検討を行った。なお、躯体の補強に関する応力計算は地震時のみの検討を行った。補強後の橋脚下端での応力度は$\sigma_s = 2046.8 \text{ kg/cm}^2$ ($< \sigma_{ca} = 2700 \text{ kg/cm}^2$)となった。				
(5) 施工方法 施工においては、河道内の工事となるため渇水期の工事とし、仮設工は土俵締切を1橋脚つつ行い施工した。新旧コンクリートが一体化するように補強部は全面チップング処理を行った。梁部下面と補強コンクリート打継目にコンクリートの収縮による空隙が生じるため、空隙を埋めるために樹脂注入を行い、より一層の一体化を図った。				
(6) その他				

图-1 田海橋一般図

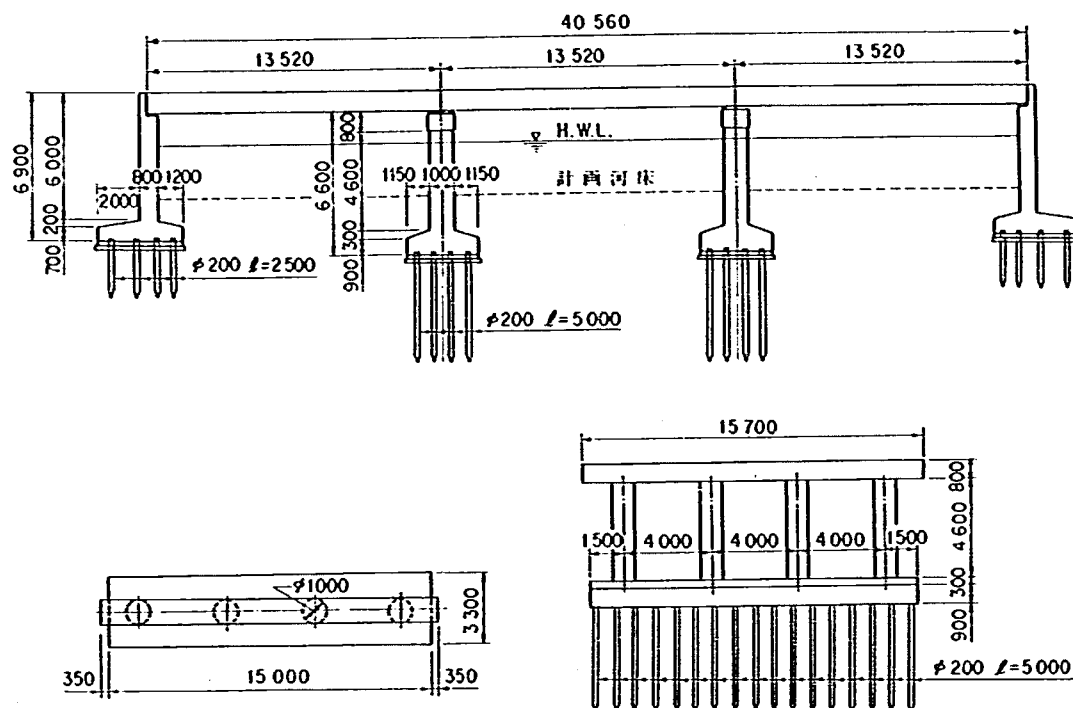
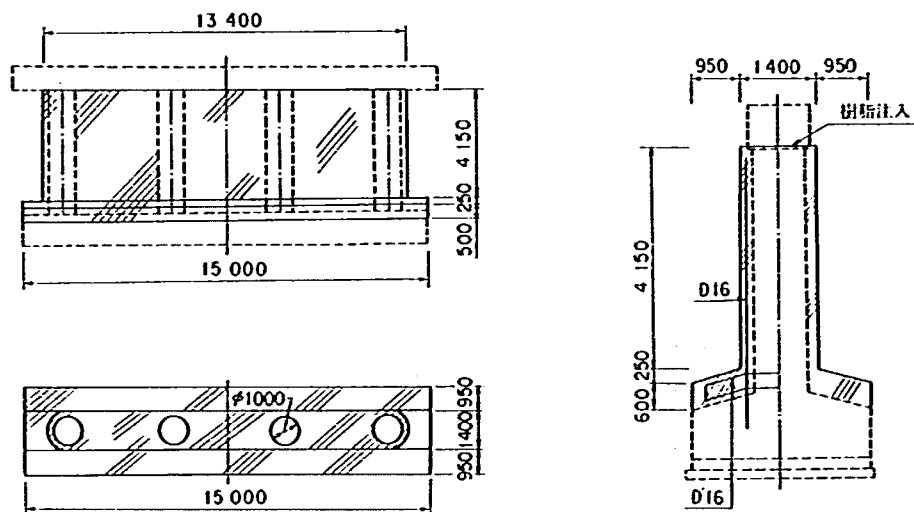


图-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	高田工事	洞川橋	躯体の強度 (下部工躯体の摩耗)	橋脚巻立て
(1) 洞川橋の概要 本橋は、新潟県西頸城郡青海町の海岸部に位置し、一般国道8号が洞川の河口部を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道8号は新潟市を起点とし、京都市を终点とする主要幹線道路であり、新潟県、富山県を結ぶ唯一の道路となっている。 本橋は昭和42年に竣工し、昭和39年の示方書で設計された。 構造形式は、上部工が22.2+40.0+49.0mの3径間連続鈑桁橋であり、下部工はA₁橋台が逆T式、P₁、P₂橋脚が1本柱式、A₂橋台がラーメン式である。				
(2) 耐震点検結果 昭和54年耐震点検以降において日本海の高波による移動する玉石等の橋脚への衝突により橋脚コンクリートの摩耗が著じるしい。放置すれば構造物に支障をきたすため、橋脚摩耗対策としてコンクリートによる巻き立てを行った。				
(3) 対策工法の選定 巻立て工法として、①鋼板巻立て、②ゴム巻立て、③コンクリート巻立てが考えられるが、①は腐蝕の問題があり、また②は施工実績と耐久性が確定されておらず、③を選定した。				
(4) 対策工法の設計 対策工法は摩耗に対する予防的処置として行ったものであり、構造検討は行っていない。コンクリート巻立て厚は最低50cmを確保することとし、ひびわれ防止鉄筋D13を300ピッチに配した。				
(5) 施工方法 新旧コンクリートの打継ぎ目はチップングを行うとともに、ひびわれ防止筋（垂直鉄筋）もフーチング部に500mm削孔し、挿入構造型の安定を図った。				
(6) その他				

図-1 洞川橋一般図

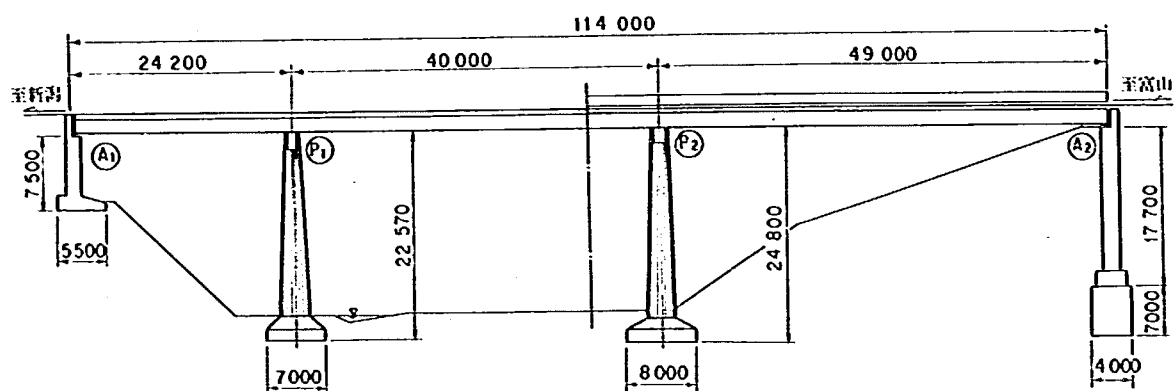
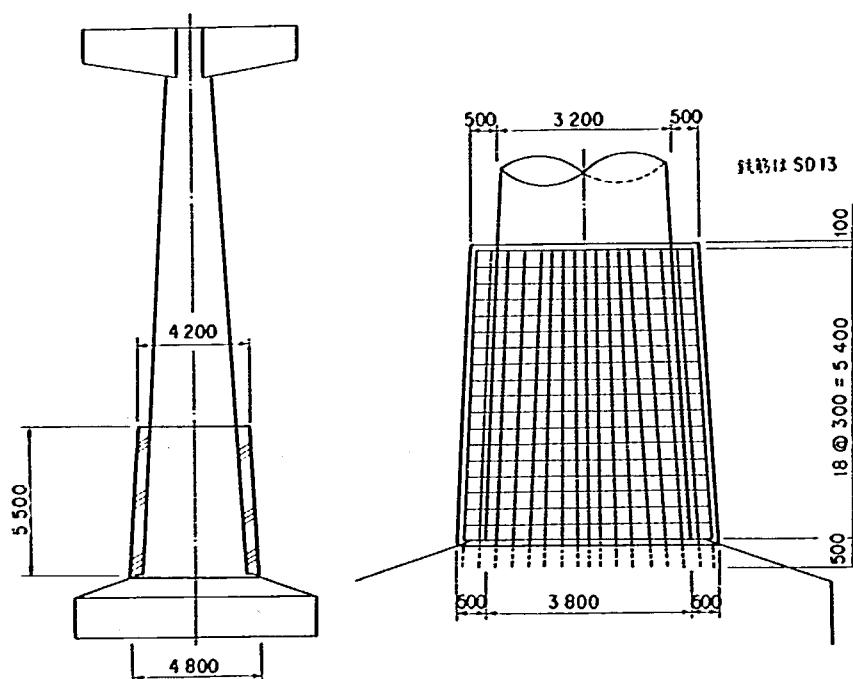


図-2 耐震補強対策



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	兵庫国道	明 石 跨線橋	軀体の強度	橋脚巻立て
(1) 明石跨線橋の概要 本橋は、兵庫県明石市に位置し、一般国道2号が山陽電鉄（復線）と交差する跨線橋である。本区間の一般国道2号は一般国道175号と重用区間となっており、太平洋側と日本海側を結ぶ要街路である。旧橋は昭和6年に竣工（T-15示方書1等橋）し、新橋（拡中部）は昭和42年に竣工（S-39示方書1等橋）した。 対策が必要となる新橋は、上部工が連続RCラーメン、単純スラブ橋で、下部工は一柱式杭基礎、ラーメン杭基礎、橋台は逆T式杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、一柱式杭基礎型式の大部分に耐震補強が必要となった。柱基部断面で応力照査を行った結果、地震時のコンクリート応力σ_cが3～31%（許容値105 kg/cm^2）、鉄筋応力σ_sが2～5%（許容値2700 kg/cm^2）超過していることが明らかとなり、一柱式橋脚が16橋脚中13橋脚について対策が必要となった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として柱の耐力を増加させる必要があり、次の2案が検討された。 ① 軀体巻立て（柱基部を鉄筋コンクリートで巻立てることにより、断面を増加させ、発生応力の低減を図る。） ② 鋼板接着（柱基部を鋼板接着することにより、断面応力の低減を図る。） 以上2案について検討した結果、耐久性等により一般的な①案による補強法が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計は、「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」「同Ⅴ耐震設計編」（昭和55年日本道路協会）に準拠して行った。旧橋とは密着しているが、結合していないため独立した橋梁として設計検討した。				
(5) 施工方法 施工は、フーチング上面から2mの高さまでコンクリートを巻立てるため、厚さ5cmの橋柱全周のチッピングを行い、D13の差筋アンカー（16本）を打込み巻立て鉄筋（D13）を組立て、厚さ20cmのコンクリートで巻立てを行った。				
(6) その他				

The drawing consists of two parts: a plan view (top) and an elevation view (bottom).

Plan View (Top): Shows the layout of the bridge deck. The total length is 153,790 mm. The deck is composed of several segments: a 40,800 mm PC slab, followed by an RC pier (10,524 mm), a PC slab (12,790 mm), another RC pier (8,066 mm), a third PC slab (6,805 mm), and a final 54,400 mm PC slab. The piers are labeled "RCラーク" (RC Pier).

Elevation View (Bottom): Shows the cross-section of the bridge. The total width is 10,300 mm. The structure includes two "新橋" (New Bridge) sections on the ends and a central "III 橋" (Bridge III) section. The height of the bridge deck is 950 mm. The width of the bridge deck is 3,850 mm. The width of the bridge piers is 1,750 mm. The width of the bridge deck at the base is 700 mm. The width of the bridge deck at the top is 574 mm. The width of the bridge deck at the bottom is 350 mm. The width of the bridge deck at the top is 826 mm. The width of the bridge deck at the bottom is 574 mm. The width of the bridge deck at the top is 826 mm. The width of the bridge deck at the bottom is 574 mm.

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	奈良国道	高 田 高架橋	躯体の強度、土の支持力	増し杭、フーチング拡大
(1) 高田高架橋の概要 本橋は奈良県大和高田市に位置し、一般国道24号がJR和歌山線、市道209号線を横過する位置に架設された高架橋であり、国道204号は京都市と和歌山市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和35年に竣工し、昭和31年道路示方書で設計された。 構造形式は、上部工が橋長238.3mの単純ポステン桁13連、プレテン単純桁1連からなり、橋台は本杭基礎の重力式橋台、橋脚はRC杭、本杭基礎のラーメン式橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では下部工の地盤反力が不足と判断された。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、地震時において現橋脚の安定が許容値をオーバーするため杭を増設する工法が考案され、工法案として表-1に示すような4案が検討された。 ① 場所打杭 $\phi 600$, $L=14.0m$ ② " $\phi 800$, $L=14.0m$ ③ H鋼杭 H400×H400 ④ 地盤改良 補強効果が確実であり、最も経済的な第②案$\phi 800$, $L=14.0m$(B.H杭)が最適と判断した。ただし、作業クリアランス等の問題で、A_1, A_2橋台、P_1, P_3橋脚については増杭は不可能なため、地盤改良工法(フーチング拡大)とした。				
(4) 対策工法の設計 増杭補強： ① 現況の荷重(常時)は旧構造体で負担し、補強による増加荷重及び地耐力は新構造体で受けもつものとした。 ② 安定計算は新構造体のみで杭基礎として行った。 地盤改良工法：① 旧フーチングと拡巾フーチングが一体となり、改良された同一地盤に荷重が働くものとした。 ② 安定計算は地盤改良後のN値を30と仮定した。				
(5) 施工方法 杭(B.H工法)の施工は、杭心にボーリングマシンを据付け、ピットを静かに回転し掘進して行った。排土はベントナイト液と共に掘削孔から水中ポンプでくみ上げ3～4個の水槽タンクを通して沈殿物はバキューム車で処理した。掘削完了後孔底の沈殿物を孔内水と共に攪拌し、バキューム車でくみ取り除去した。鉄筋カゴを挿入し、またトレミーパイプも挿入しコンクリートを打設した。 地盤改良方法は旧橋を2cmチップングし、削孔($\phi 32$)、アンカー($\phi 22$)挿入・注入(エポキシ樹脂系)そして、拡巾の鉄筋組立、コンクリート打設を行い、最後に薬液注入(フーチング下面より3mをセメント乳液)を行った。				
(6) その他				

圖-1 高田高架橋一般圖

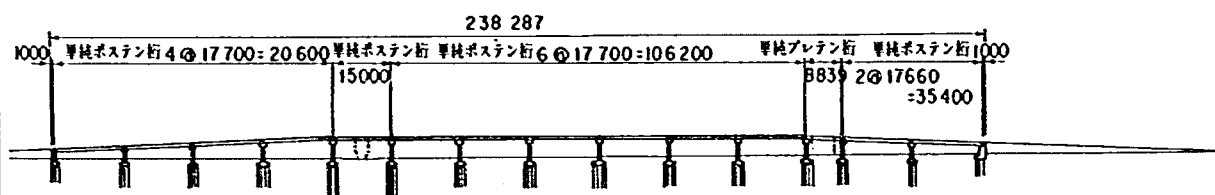


図-2 耐震補強対策図(1)

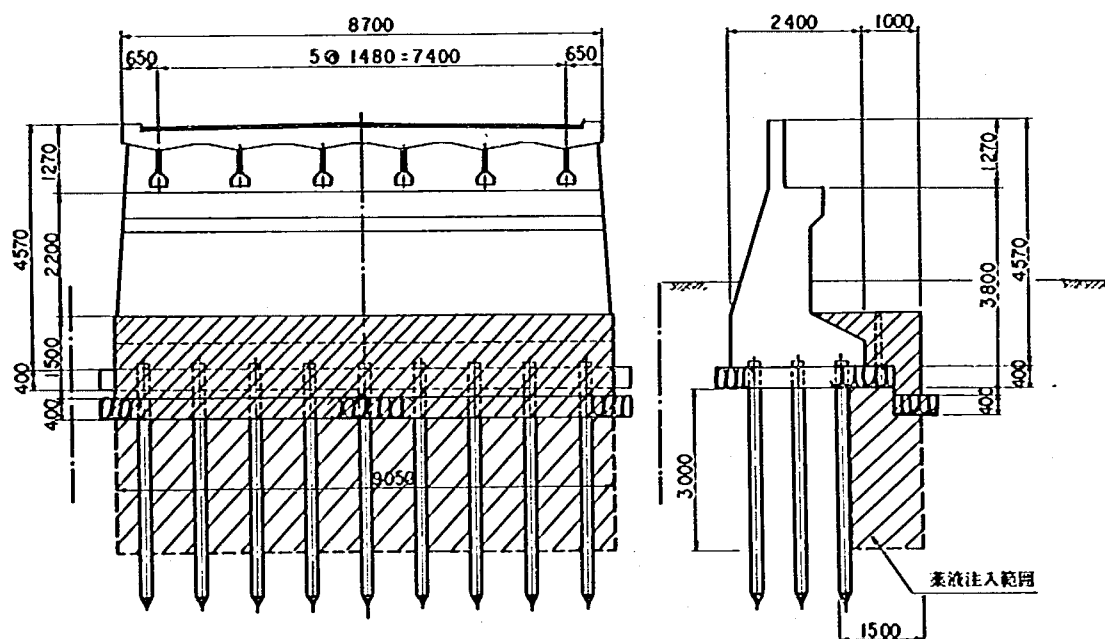


图-2 耐震補強対策図(2)

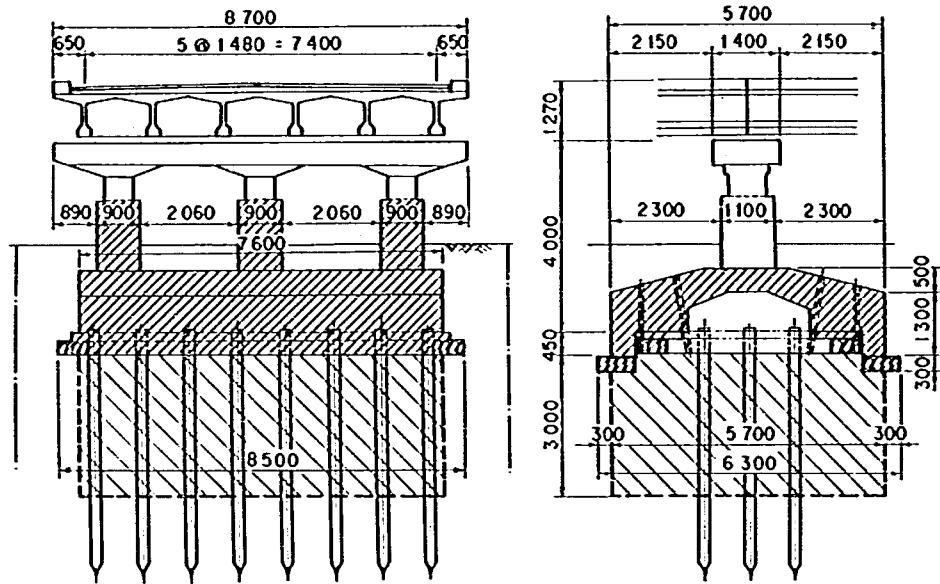


图-2 耐震補強対策図(3)

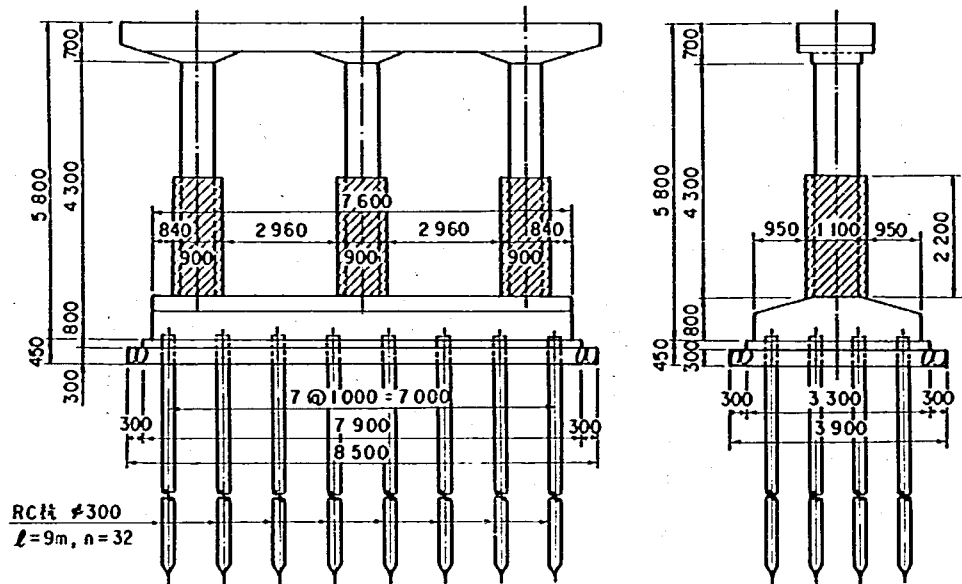


図-2 耐震補強対策図(4)

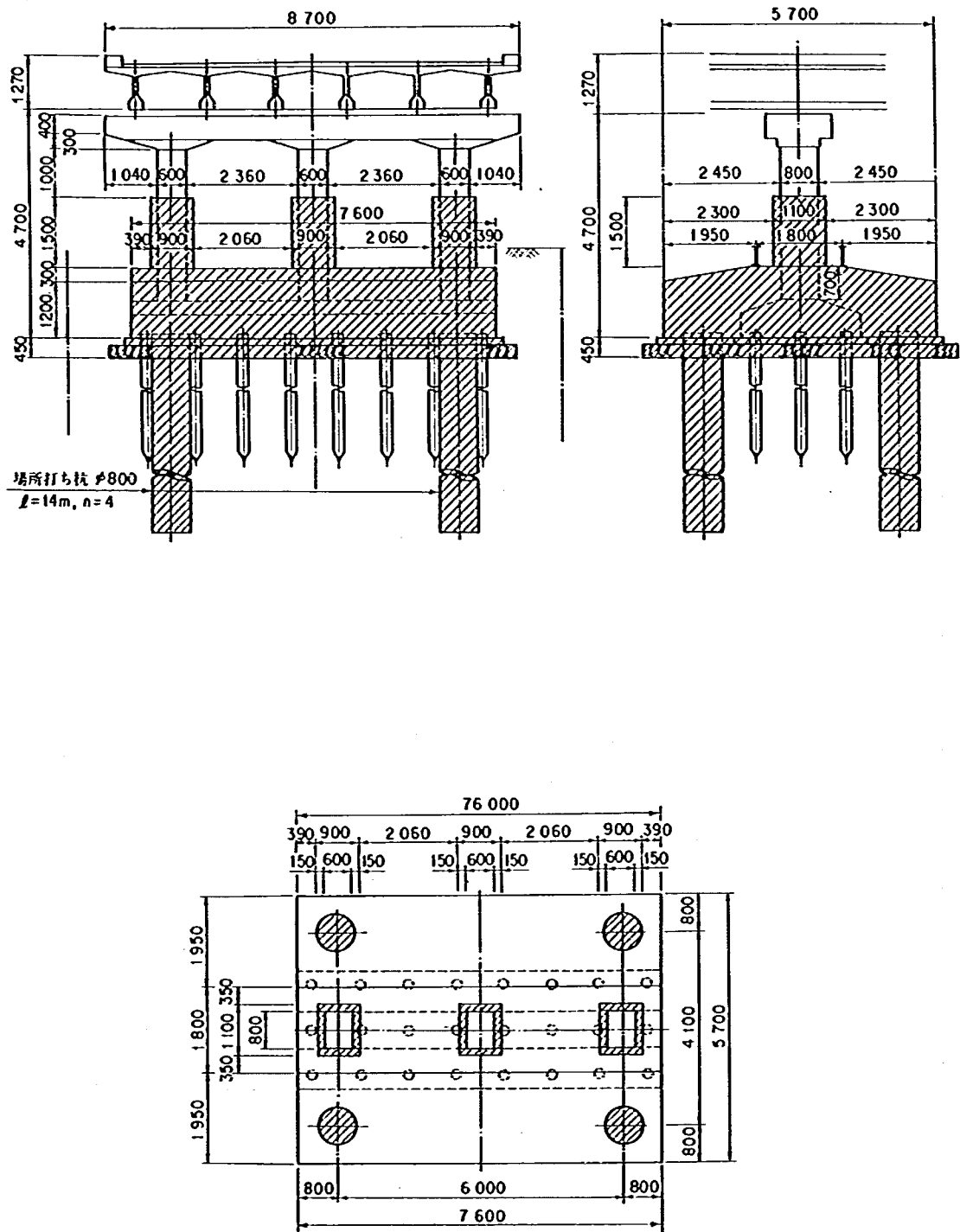
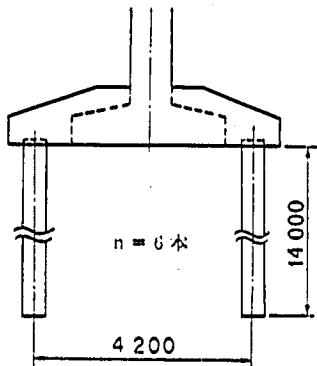
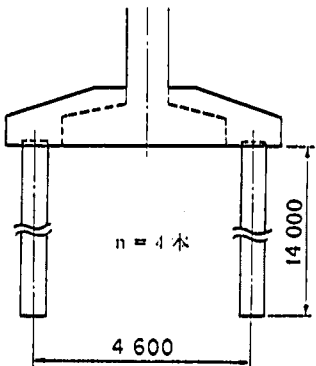
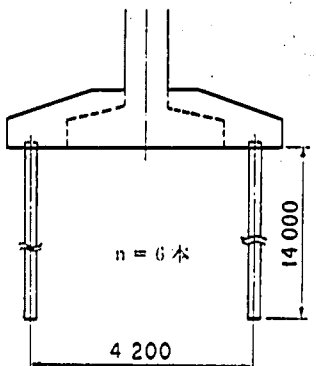
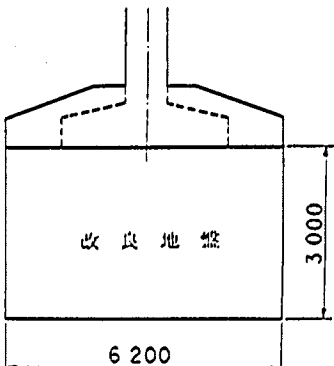


表-1 高田高架橋の工法の比較

工法	① 場所打杭 (BH工法) $\phi 600$, $L=14.00\text{ m}$	② 場所打杭 (BH工法) $\phi 800$, $L=14.00\text{ m}$	③ H鋼杭 (400×400) $L=14.0$	④ 地盤改良
概略図	 $n=6$ 本 4 200 14 000	 $n=4$ 本 4 600 14 000	 $n=6$ 本 4 200 14 000	 改良地盤 6 200 3 000
施行性	作業空間が、高さ 4.7 m 必要となる。片側 3 本の施行となると既フーチングの安定性に悪影響となる。	左と同様であるが片側 2 本の施行となるため既設フーチングの安定性が左記より良い。	- 地盤を乱さないため既設フーチングの安定性が良い。 - 作業空間が 5 m 程度必要	施行が容易である。
特性	他の工法と比べ、作業空間が低くても施行可能。	左記と同様	左記と比べ工費が高い	- 左記 2 案と比べ工費が高い。 - 地盤の強度にバラツキがある。
経済性	48 千円/m 84 m 概算工費 407 万円/基	71 千円/m 56 m 398 万円/基	59.2 千円/m 84 m 497 万円/基	36 千円/m^2 148.8 m^2 536 万円/基
備考	○	◎	×	△

3.8 飽和砂質地盤に対する耐震補強事例

(8-1) 四ッ木橋

(8-2) 相川橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	東京国道	四ツ木橋	飽和砂質地盤	増 し 杭
(1) 四ツ木橋の概要 本橋は東京都墨田区と葛飾区の間位置し、一般国道6号が荒川放水路を渡河する位置に架設された橋梁である。一般国道6号は、東京都と仙台市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和27年に竣工し、昭和14年道路橋示方書で設計された。 構造型式は、上部工の中央部がランガー桁、両側が15径間の単純鋼鈹桁であり、橋台は半重力式、橋脚は逆T式の壁式橋脚である。また、基礎はランガー桁部が井筒基礎であり、その他の橋台・橋脚はペDESTAL杭である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、A₁橋台に軀体のひびわれが見られた。また、基礎地盤に飽和砂質土層があり、流動化に対する補強が必要と判定された。A₁橋台については、前面護岸が押え盛土の役割をしているため、橋脚についてのみ対策が必要と判定された。その他、橋脚軀体の強度及び杭の支持力については、補強は必要ないという結果であった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策としては、下記の4案に加えて盛土による流動化防止も考案されたが、盛土高が6.5 mと非現実的となること、盛土の範囲を明確に定めることができないことから比較案から除外され、表-1に示すような次の4案が検討された。 ① ソイルセメントによる地盤改良 ② 鋼管杭による橋軸直角方向増し杭 ③ ①と②の併用法 ④ 鋼矢板工法 この4案について検討した結果、施工性、経済性、及び構造的性に対して最も優れた対策工として、第②案が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、フーチング上面の4.0 mの土被りを考慮し、地盤時の受働土圧として考慮した。しかし、増し杭のために掘るフーチングの地震時における慣性力は、フーチング前面の受働土圧を無視し、増し杭のみで受け持たせるものとした。増し杭の本数・断面を決める基本的な考え方は、既設杭が許容値までは受け持つものとし、それ以上の水平力を増し杭によって持たせるものとした。また、増し杭は鉛直力を支持しないことから、増し杭の長さは $3/\beta$ までとした。				
(5) 施工方法 施工は高水敷部であったため、施工橋脚の周囲に仮設道路を設置し、その上から鋼管杭をバイプロハンマーによって打ち込んだ。また、フーチングの施工は、鋼矢板により橋脚の周囲の締切を行った。鋼矢板の施工はバイプロハンマーによって行ったが、桁下の施工については空間が確保できないためエーパイラーによって行った。 既設部と新設部の一体化は、アンカー鉄筋により行い、樹脂モルタルを注入することにより、既設橋脚に固定した。				
(6) その他 補強工事としては、その他にA₁橋台軀体のひびわれに対する補修が（クラック部ハツリ＋鉄筋補強）で行われた。				

図-1 四ツ木橋一般図

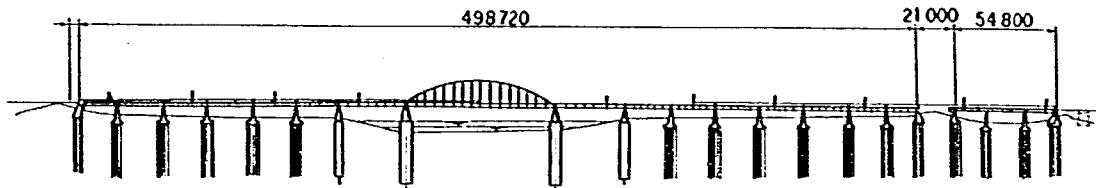


図-2 耐震補強対策図

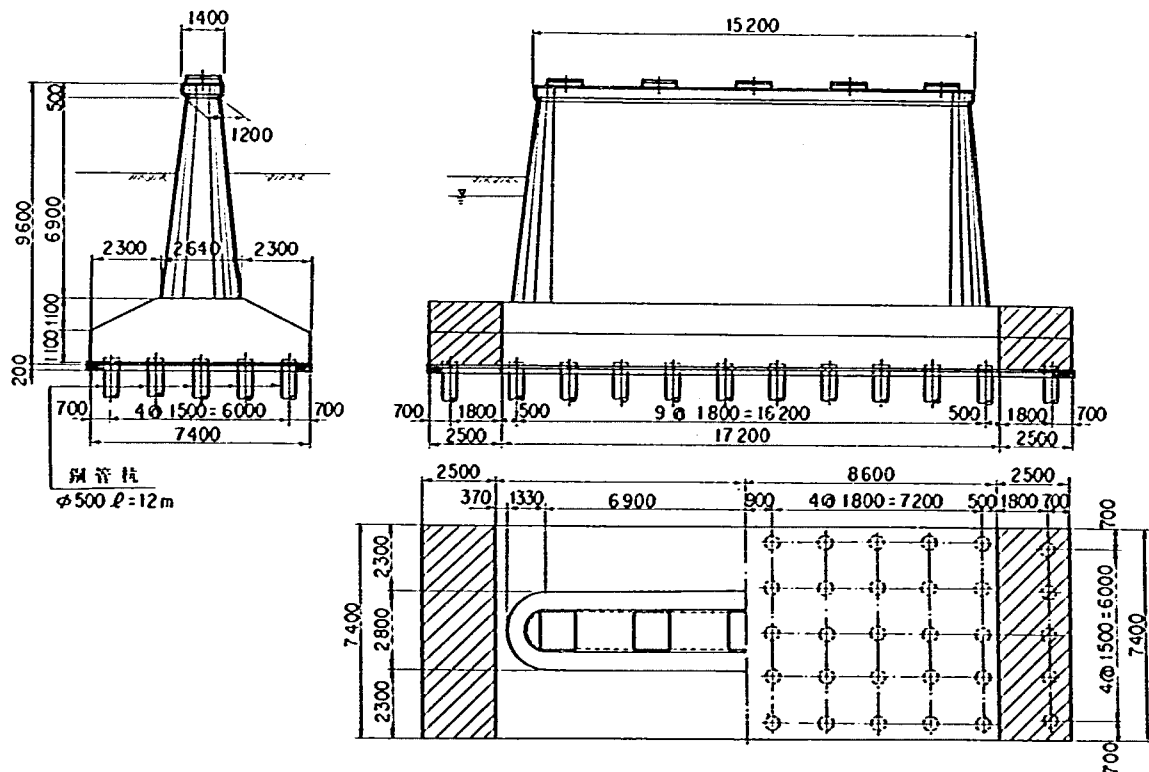


表-1 四ツ木橋の対策工法の比較

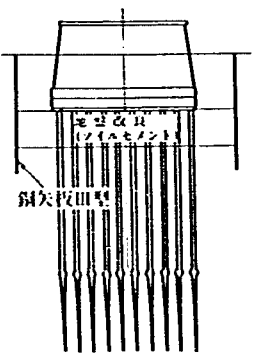
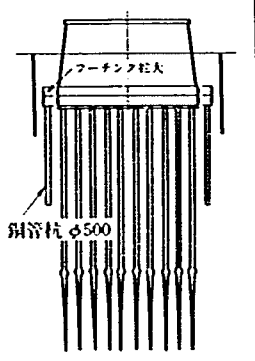
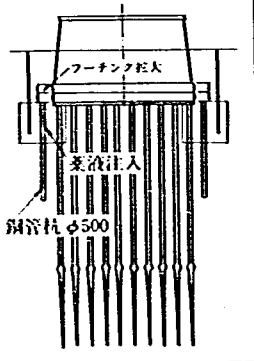
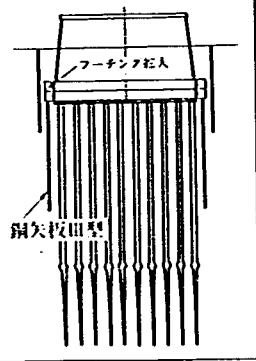
工 法		① 地盤改良案	② 増し杭工法	③ 地盤改良+増し杭工法	④ 鋼矢板工法
概 念 図					
工 法 の 概 要		・流動化の可能性がある飽和砂質土層をソイルセメントと置換えてしまう工法。	・橋軸直角方向上部工外側に鋼管杭を増し杭し、フーチングを拡大させて既設橋脚と一体化して水平力に抵抗する工法。	・①と②を組み合わせた工法であり、増し杭の本数を減らすため、一部区間薬液注入等により地盤改良を行う工法。	・フーチングの周りに鋼矢板を打設し、鋼矢板を一種のケーソンと考え、水平力をケーソン側面を受け持たせる工法。
設計上の留意点		・既設杭のみで流動化に対処しようとする、地盤の変形係数 ($E=20\text{ kg/cm}^2$) を240倍の $4,800\text{ kg/cm}^2$ に高める必要がある。	・鉛直力は既設杭のみに負担させ、水平力を既設杭と増し杭の両方で受け持つものとする。また、土枝りが4m程あるので受働土圧も期待できる。	・薬液注入工法は恒久的な対策とは考えにくいので、10年に1度程度、地盤の強度低下をチェックし、対処する必要がある。	・鋼矢板によるケーソンは形状の保持が不確定なため、流動化対策としては形状保持率を考慮し断面係数を60%程度まで低下させる必要がある。
施 工 上 の 留 意 点	交 通 規 制 作 業 空 間	・高水敷上での作業が可能のため、交通規制、作業空間上の問題は無い。	・①に同じ	・①に同じ	・鋼矢板が本体となるので、締切工と同様に桁下での施工に留意が必要。
	締 切 工	・地盤改良をする周囲に鋼矢板の打設が必要となるが、桁下部の施工には、エーバライラー等の杭打機を用いる。	・フーチングの施工時には第①案と同様鋼矢板の打設が必要となり、桁下部の施工には留意が必要である。	・②に同じ	・②に同じ

表-2 四ツ木橋設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設 計 条 件	設 計 震 度	$K_h=0.24$
	許 容 応 力 度	旧橋部 コンクリート (地震時) $\sigma_c=75\text{ kg/cm}^2$ 鉄 筋 (") $\sigma_s=1,900\text{ kg/cm}^2$ 新設部 コンクリート $\sigma_{ck}=210\text{ kg/cm}^2$ 鋼管杭 (常時) $\sigma_s=1,400\text{ kg/cm}^2$
	杭の支持力	鋼管杭φ500, FL値 ≤ 0.6 でDE=1/3
	荷 重	地震時の上部工鉛直力・水平力, フーチング前面の受働土圧
安 定 計 算		① 既設杭の抵抗水平力, モーメント, この時, フーチング前面の受働土圧考慮 ② 増し杭の分担力 ③ 増し杭の安定計算及び断面計算
フ ー チ ン グ の 設 計		① 既設部と新設部との結合部の設計 (許容せん断応力 $\tau_a=2\text{ kg/cm}^2$) ② 躯体自重と抗反力により, フーチング上下面鉄筋の計算
杭 本 体 の 設 計		① 杭1本当りの抵抗モーメントを, 水平力に換算して本数決定
杭とフーチング結合部の設計		① 杭頭補強鉄筋
土留工の設計		フーチング施工法の検討 ① 鋼矢板の根入れ長・断面 ② 腹起し, 切梁の計算

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	岐阜国道	相川大橋	飽和砂質地盤 土の支持力	橋台フーチング拡幅工法
(1) 相川大橋の概要 本橋は岐阜県不破郡垂井町に位置し、一般国道21号が相川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道21号は瑞浪市と米原町を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和27年に竣工し、昭和24年鉄筋コンクリート標準示方書及び27年道路法(案)で設計されたものである。 構造形式は上部工が橋長81.5 m (7@11.6 m) のRC単純T桁橋で幅員は7.5 mである。下部工は重力式橋台と壁式橋脚の直接基礎である。				
(2) 耐震点検結果 橋台基礎の地震時の転倒、滑動に対して不安定である。				
(3) 対策工法の選定 橋台のフーチング幅は高さ5.5 mに対し2.5 m程度しかなく、かなり小さいものとなっているためフーチングの拡幅(1.5 m)を行うものとして検討した。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、常時の死荷重及び土圧に対しては旧構造体が分担し、活荷重及び地震時荷重に対しては新旧の合成構造が分担するものとして安定計算を行うべきと考えられたが、簡略化のため、両者とも合成構造体で安定計算を行い、照査を行った。				
(5) 施工方法 橋梁の下流側に歩道があるため、下流側は親杭方式を採用し、残りの部分は、掘削深度が2.5 m程度であるので素掘とした。 渇水期以外の時期では地下水位が高くなるので薬液注入による安定についても検討を行った。				
(6) その他 橋台のフーチング前趾の拡幅を行っており、接合部にかなり大きなモーメントを受けるため、下面の差筋量及び定着長について検討を行った。 橋台前面の掘削は床付け面より深く掘りすぎると滑動の恐れがあるので注意を要した。				

図-1 相川橋一般図

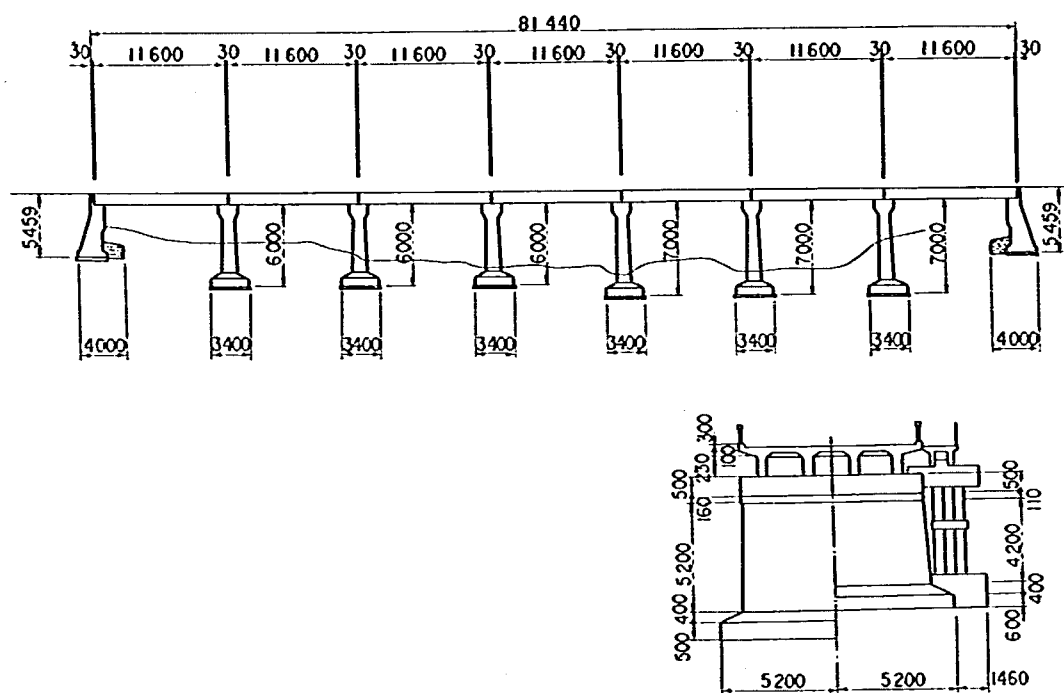


図-2 耐震補強対策図

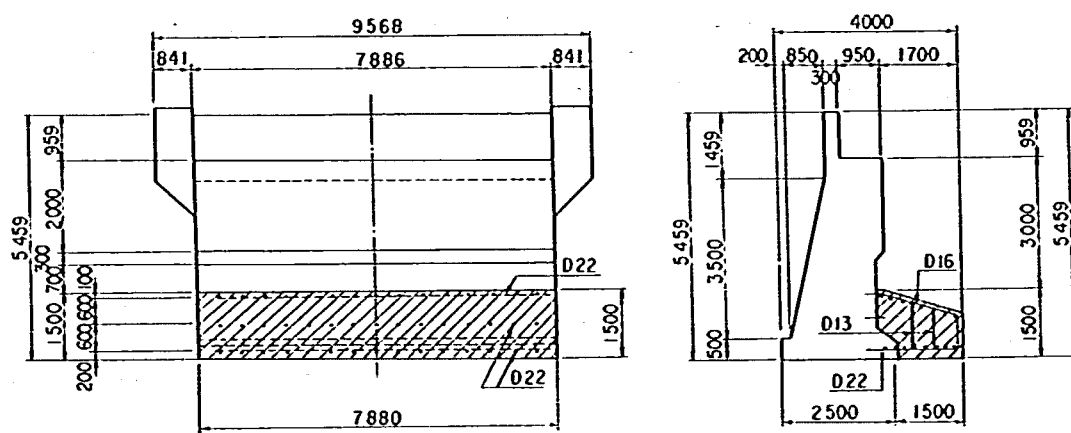


表-1 相川橋の補強工法

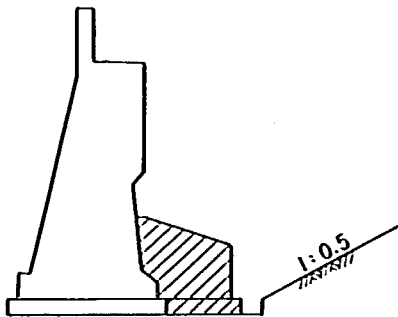
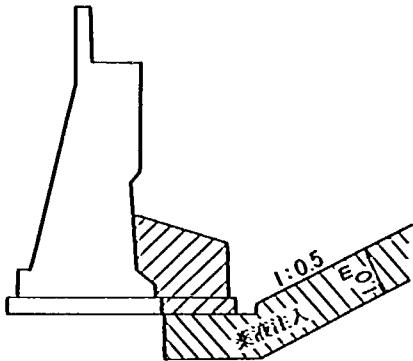
工 法		① 渇 水 期	② 渇 水 期 以 外
概 念 図			
工 法 の 概 要		橋台前趾の差筋によるフーチングの拡幅	- 橋台前趾の差筋によるフーチングの拡幅 - 薬液注入による地盤の安定化
設計上の留意点		- 前趾拡幅により底面の鉄筋の引張力が最大となるため、差筋の設計が必要である。 - 掘削時の底面の滑動の照査	- 前趾拡幅により底面の鉄筋の引張力が最大となるため、差筋の設計が必要である。 - 地下水位による法面の崩壊に対する対策の検討。
施工上の留意点	交通規制作業空間	河川内での施工のため特に規制する必要はない。	同 左
	締切工	下流側の歩道橋部のみ親杭方式による締切、その他は1:0.5での素掘とする。	同左及び薬液注入を1mで行う。

表-2 相川橋の設計検討項目

検討項目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h=0.20$
	許容応力度	コンクリート(圧縮, セン断), 鉄筋(SD30)
	地盤支持力	(地震時)
	荷 重	上部工(地震時), 土圧
フーチングとの接合部の設計		差筋アンカーの計算(曲げ, セン断力による引抜, セン断応力の照査)
安 定 計 算		上部工荷重, 躯体自重及び土圧に対する新旧一体としての直接基礎の安定計算(浮力考慮, 無視)
フーチングの設計		フーチング自重, 上載土及び地盤反力によるフーチングの断面に対する応力度を照査する。

4. The fourth part of the document discusses the implications of the findings. It suggests that the results have significant implications for the field of study and may lead to further research in this area.

5. The fifth part of the document concludes the study. It summarizes the key findings and provides a final statement on the importance of the research.

3.9 杭の支持力に対する耐震補強事例

(9-1) 羽 黒 橋

(9-2) 両 国 橋

(9-3) 刈 安 橋

(9-4) 階 楽 橋

(9-5) 津 幡 川 橋

(9-6) 中野町跨線橋

(9-7) 岩 出 橋

(9-8) 南 部 大 橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
東 北	山形工事	羽黒橋	杭の支持力	地盤改良 (生石灰パイル打設)
(1) 羽黒橋の概要 本橋は山形県南陽市に位置し、一般国道13号が吉野川を渡河する位置に架設された橋梁である。 本橋は橋長43.0 m 巾員8.0 m で、昭和34年に竣工した。 構造型式は上部工が15.8+11.0+15.8 mの3径間連続ゲルバー鈑桁であり、下部工は橋台（逆T式）2基、橋脚（ラーメン式）2基からなり、基礎杭はRC杭を使用している。				
(2) 耐震点検結果 昭和55年道路橋示方書により杭基礎の変位量、支持力、引抜力、応力について検討した結果、地震時の作用支持力がP_1で17.1 t となり、許容支持力15.0 t を超過し、P_2についても作用支持力21.1 t に対し許容支持力が17.6 t となり超過していることが明らかになった。 （なお、この杭は現行示方書によると摩擦杭に区分される。）				
(3) 対策工法の選定 補強対策として、増し杭により各杭の杭頭反力を低減させる工法、地盤改良により地盤の許容支持力を杭頭反力以上に増加させる工法の2案が検討された（表－1 参照）。 この2案について検討した結果、補強の確実性、河川締切の有無、杭打設の施工性、経済性を考慮し第2案の地盤改良工法が選定された。				
(4) 対策工法の設計 生石灰パイル（Q.C.B工法）により地盤改良を行うものとし、既設杭の周面摩擦力の増加を図るため、杭径150 mm、長さ9.0 m のパイルを橋脚1基当り48を打設することにし、所定の支持力を得ることとした（表－2 参照）。				
(5) 施工方法 河川区域内での施工であるため、渇水期を施工時期に選び、ボーリングマシン及びグラウトポンプを使用して打設した。				
(6) その他 地盤改良の効果判定のため、施工前と施工後において土質試験（標準貫入試験等）を行った結果はほぼ予定通りの値を得ることが出来た。				

图-1 羽黑橋一般図

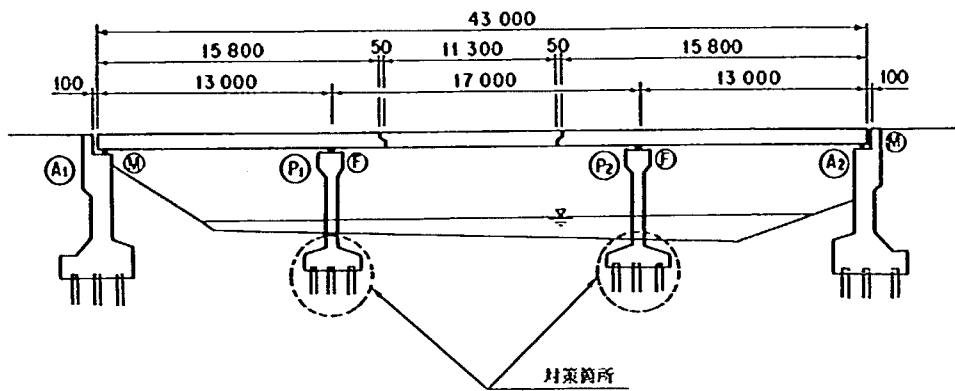


図-2 耐震補強対策図

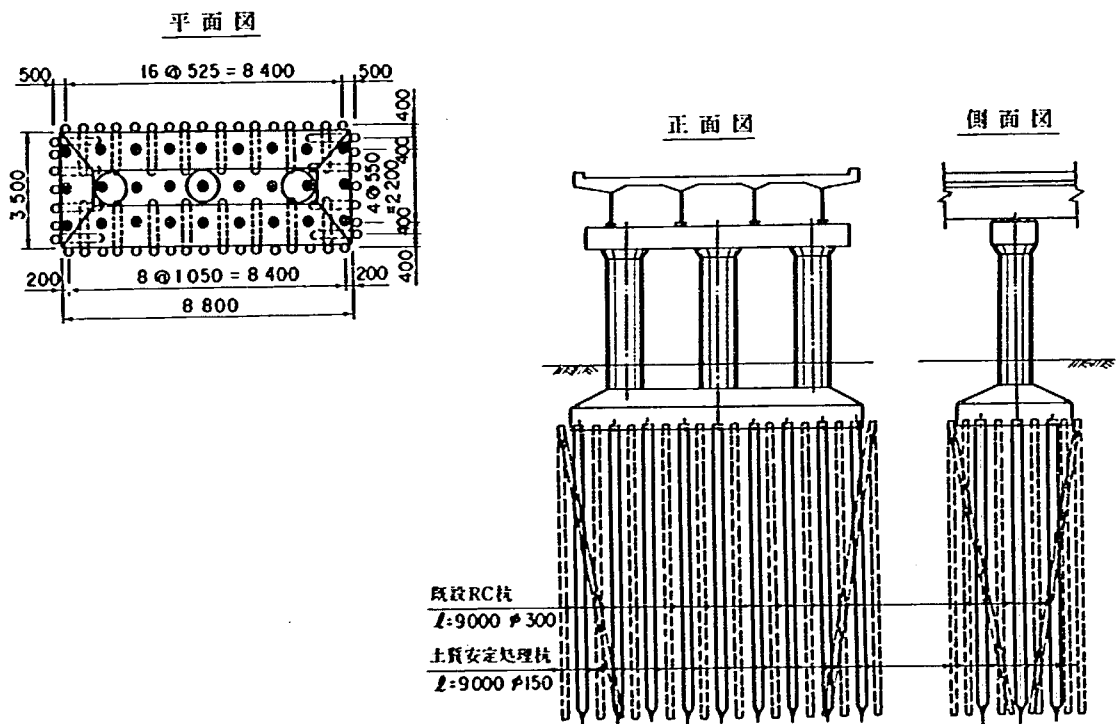


表-1 羽黒橋の対策工法の比較

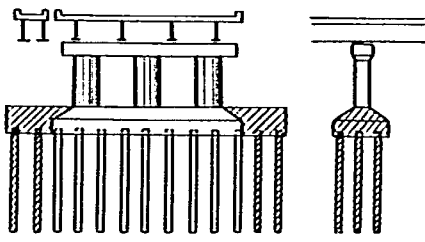
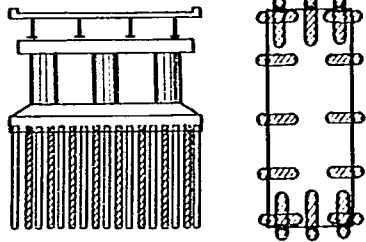
工 法		① 増 し 杭	② 地 盤 改 良
概 念 図		正面図 側面図 	正面図 平面図 
	工 法 の 概 要	既フーチングの両側に増し杭し拡幅	生石灰パイルを打設し地盤を改良する。
	設計上の留意点	継ぎ杭となる他、打設工法が特殊工法となるなど、支持機構の評価。	地盤改良の効果
	施工上の留意点 杭 打 設 締 切 工 そ の 他	杭 打 設 橋面上からの施行は不可能である。既設歩道橋下のクリアランスが小さいため継ぎ杭となる。 締 切 工 仮締切が必要 そ の 他 ——	杭 打 設 —— 締 切 工 仮締切は不要 そ の 他 地盤改良の効果確認（土質試験）

表-2 羽黒橋の設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h = 0.2$
	杭の支持力	φ300（常時，地震時）
	荷 重	上部工反力
杭本体の設計		地盤改良による周面摩擦力度の増加 （ N 値の増加）

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
関 東	東京国道	両国橋	杭の支持力	増し杭（PCウェル），フーチング拡大
(1) 両国橋の概要 本橋は、東京都墨田区両国1丁目地先に位置し、一般国道14号が墨田川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道14号は、東京都中央区と千葉市を結ぶ幹線道路である。 本橋は、昭和7年に竣工し、大正15年細則案で設計された。 構造型式は、上部工が51.63+62.20+51.63mの3径間連続鈑桁橋であり、下部工は$\phi 4.57 \times 19.20$mのオープンケーソン4本を横梁で継いだ形式の橋脚である。橋台は直接基礎である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎の型式が直接基礎であることから基礎地盤の地耐力が不足すると判定された。 橋軸方向の地震時の土の支持力について検討したところ、支持力判定値が7.25となり、許容値4.5を大幅に超過して支持力不足が明らかとなった。さらに、橋台に側方移動が生じており、その対策も必要となった。				
(3) 対策工法の選定 側方移動防止工として、杭工法（鈑矢板も含む）、背面对策工及び押え盛土工法が一般的である。背面对策工は路面下作業となり、仮設工が多くなり施工性・経済性に劣る。その上本橋は将来河川計画により嵩上げを行う必要があり、対策工自体が障害となることが予想される。橋台前面の押え盛土工法は、側方移動に対して最も効果があるとされているが、河川橋であることから盛土の流出と河積の関係から問題が残る。 このため橋台前面には押え盛土工法+鈑矢板工法を暫定対策工として採用し、支持力不足と側方移動防止を兼ねてPCウェル工法を恒久対策工として橋台背面に施工することとした。				
(4) 対策工法の設計 押え盛土高と鈑矢板長は河床以下の土壌が釣り合うものとして円弧すべりにより求めた。既設橋台に作用する鉛直力は既設橋台に受け持たせ、既設橋台の地震時慣性力とPCウェルのフーチング下面までの土圧は全てPCウェルに受け持たせるものとした。 PCウェルはフーチングに完全固定し、断面力算定に当っては、フーチングの回転は考えなかった。なお、この概要は、表-1に示す通りである。				
(5) 施工方法 橋台背面にPCウェルを沈設し、継ぎ梁で既設橋台と連結させた。PCウェルの施工は、交通量の非常に多い国道14号の道路敷を使用して行う必要があり、交通規制を工事進捗状況に応じて行い、最低でも、上下各1車線は確保した。PCウェルの沈設時の影響が既設橋台に及ばないように、既設橋台とPCウェルの間に薬液注入を行い、地盤の改良を行った。				
(6) その他				

图-1 两国桥一般图

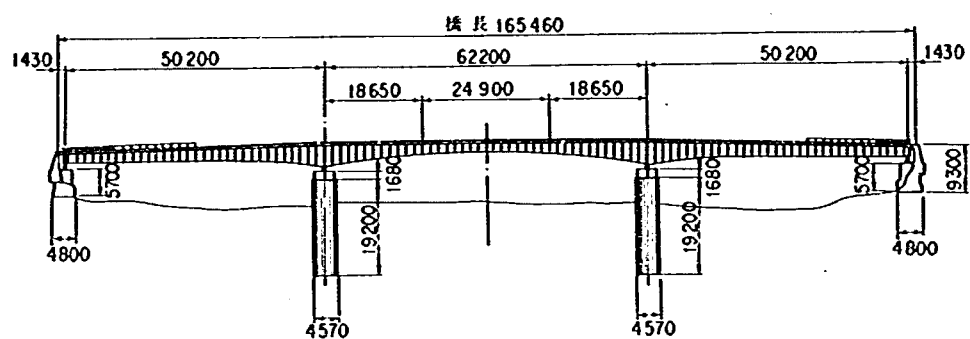


圖-2 耐震補強一般圖

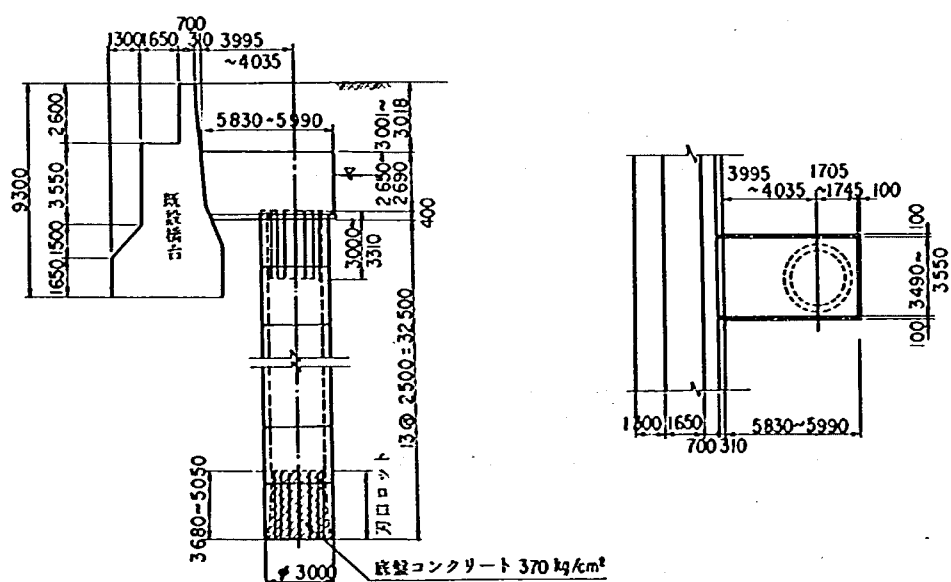


表-1 両国橋の設計検討項目

検討項目		内 容
設計 条件	設計震度	$K_A=0.24$
	許容応力度	コンクリート（圧縮・せん断・付着・支圧），鉄筋（SD30）
	杭の支持力	PC ウェル $\phi 3,000$ （常時・地震時）
	荷 重	上部工反力（常時及び地震時の鉛直力，水平力）
安定計算		・フーチング底面に作用する外力から，杭反力及び変位を道示に従って算定
フーチング の設計		・躯体自重による断面力，及び杭反力による断面力から断面計算 ・既設橋台と新設フーチングの連結に対する検討
杭本体の設計		・杭頭部の応力度の検討

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	金沢工事	刈安橋	杭の支持力	インバートによる一体化
(1) 刈安橋の概要 本橋は、石川県河北郡津幡町に位置し、一般国道8号が津幡川を渡河する位置に架設された橋梁である。本橋は、昭和8年に架設したものであり、構造形式は橋台及び橋脚が一体となった下部工で木杭を有している。上部工はRCT桁で橋長20.0m、巾員8.2mである。 適用示方書は、上部工・下部工共に大正15年細則案である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎杭の支持力、応力度が不足と判断された。 検討の結果、支持力P_{Nmax}が17.22tとなり許容支持力R_A7.63tをオーバーしており、応力度についても$\sigma=239\text{ kg/cm}^2$であり、許容応力度$82.5\text{ kg/cm}^2$を大幅に超過していることが明らかとなった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、①フーチング拡大、②増杭、③切削カクハン工法（背面土の改良）、④上部工の軽量化、⑤その他の工法（連続地中壁）等が考えられるが、比較検討の結果、経済性、現場状況による施工性、交通対策等を勘案した結果、①の地盤の支持力に対して有効なフーチング拡大工法を採用するものとした。				
(4) 対策工法の設計 設計においてはフーチング底面に作用する鉛直荷重が許容応力をオーバーするが、橋台間の距離が短かく（$L=8.52\text{ m}$）、洗掘防止も兼ねるという目的でA_1、A_2のフーチングを一体化するものとした。				
(5) 施工方法 施工方法としては橋台のインバート接合面をチップングし、アンカー筋を施工し、配筋を行い、コンクリート打設前にチップング面にエポキシ樹脂を塗布し付着力を高めた。 稀切り等を考慮し、河川水の少ない渇水期（12～3月）を利用し一回で打設を完了した。				
(6) その他				

図-1 刈安橋一般図

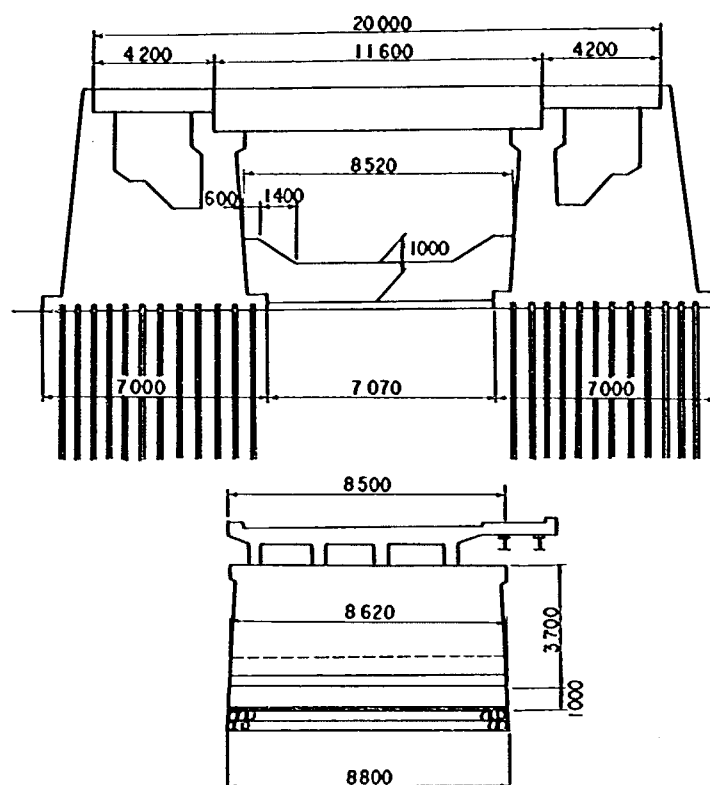
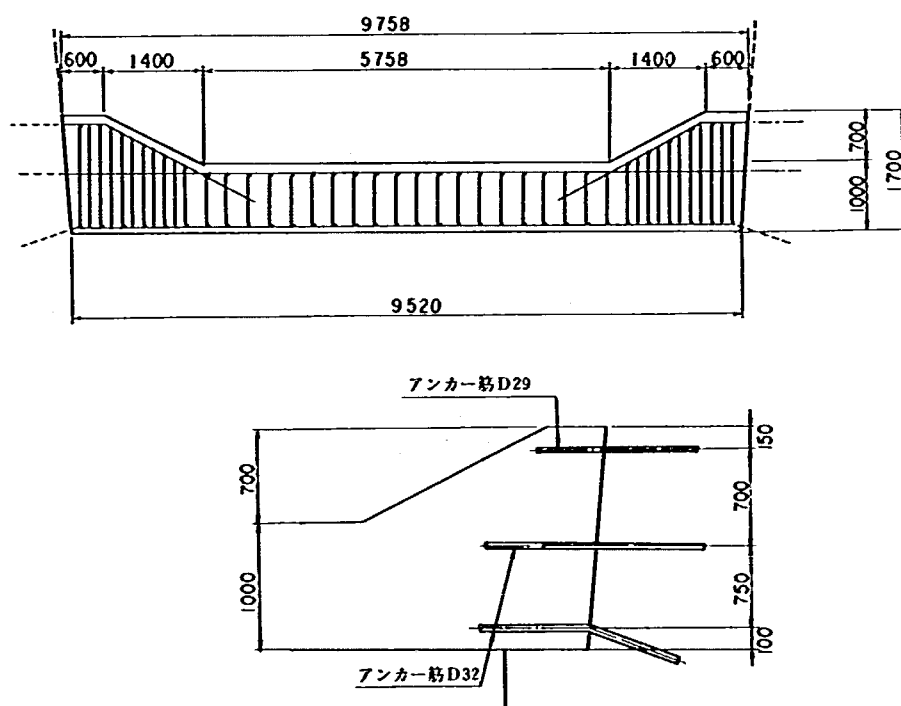
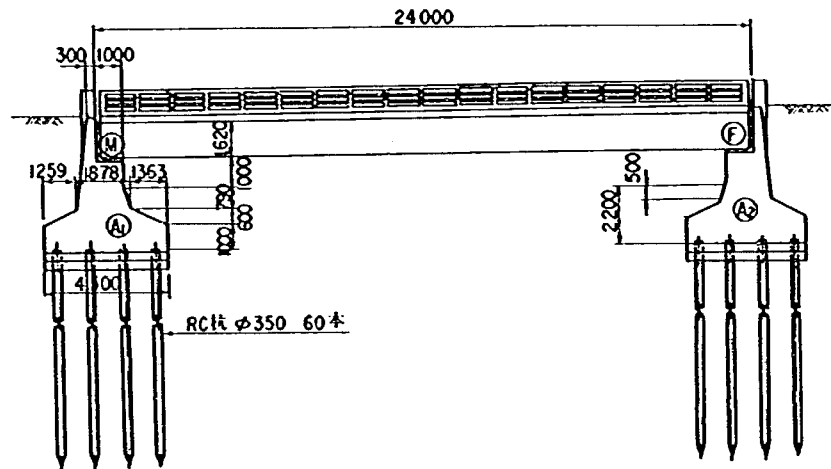


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	金沢工事	階楽橋	杭の支持力	アースアンカー工法
(1) 階楽橋の概要 本橋は、石川県河北郡津幡町に位置し、一般国道8号が津幡川を渡河する位置に昭和31年に架設竣工した橋梁である。 構造形式は、上部工が $l=24.0\text{ m}$、幅員 8.8 m の単純合成板桁であり、下部工は RC 杭を有する半重力式である。 適用示方書は、上部工・下部工共に昭和14年鋼道示である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎杭の応力度が不足と判断された。検討の結果、常時地震時ともに橋台に作用する水平力が大きい事と杭支持地盤の横方向抵抗力が小さいために、許容値をかなりオーバーしている事が明らかとなり、耐震補強が必要となった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策としては、①下部工に作用する水平力を控え杭、またはアースアンカーにより受け持たす工法、②背面土圧を軽減する橋台背面地盤改良工法、が挙げられた。比較検討の結果、第②案は交通対策及び経済性の点で不利となるため第①案が選定された。アースアンカーを今回選んだのは、構造的には控え杭、アンカーともに一長一短があるが、現場状況による施工性、経済性の観点からアースアンカー工法とした。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、橋台に作用する水平力をアースアンカーで受け持たせるものであるが、定着地盤が良好でないため（全水平力／許容引抜力）の計算をした場合、施工本数が多くなるため定着部において地盤改良を行い、1本当りの引抜力を増大させる事とした。				
(5) 施工方法 施工にあたっては橋台正面、桁下空間部に足場を組立て、台座コンクリートを設け1次穿孔を行う。穿孔後定着部において地盤改良を行い、硬化した後2次穿孔を行いアンカー施工とした。				
(6) その他				

図一 1 階乗橋一般図



図一 2 耐震補強対策図

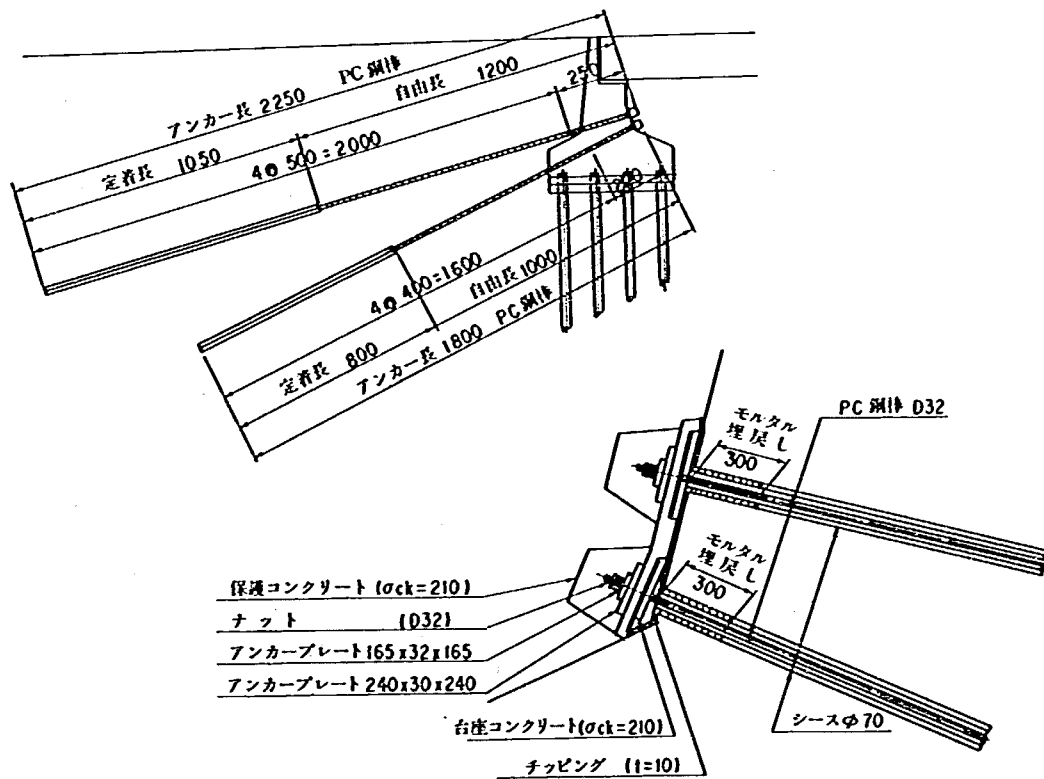
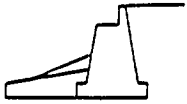
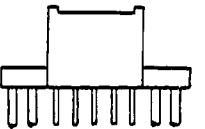
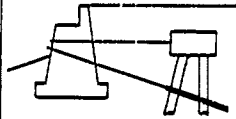
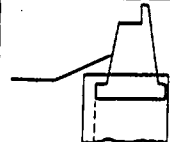
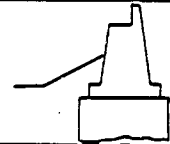
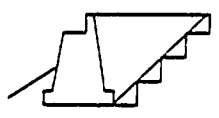
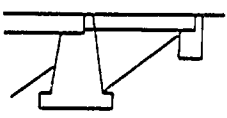


表-1 階乗橋の補強工法の比較

工 法			工 法 概 要	補 強 効 果			施 工 性 及 び 問 題 点	適 否
				転倒	支持	滑動		
直 接 的 工 法	①	フーチング拡大	主に直接基礎の場合、転倒及び支持力に対する安定性を向上させるため差し筋等によりフーチングを拡大させる。 	◎	◎	○	工法は比較的簡単であり信頼性が高い。ただしフーチングが大きくなり、河川断面を侵す場合や橋台において後フーチングの拡大は施工が大規模となるので考慮しない。	○階乗橋は杭基礎で橋台前面に矢板護岸があるため不適当。 ○大海川橋台で検討。 ○飯山新橋で検討。
	②	増杭	杭基礎の場合、増杭するか新規の杭基礎（アンダーピニング）とする。 	○	◎	◎	桁下空間が少ない（5～6 m 以下）場合は、杭打ちが困難であり増杭は下部工側面となる。しかし、側面片側に側道橋がある場合も構造的に困難と考えられる。	○階乗橋は橋台前面に矢板護岸があり、側面には歩道橋が増設させているため不適当。
	③	アースアンカー工	下部工に作用する水平力をアンカー工または控え杭で受け持たす。 	◎	○	◎	アンカー工は小型の機械で通行止支障もなく短期間で施工できる。控え杭工は杭打機等大型機械を用い、片側通行で施工する。アンカーが施工できない場合に適す。	○階乗橋橋台で検討。 ○大海川橋橋台でアンカー工を検討。
	④	ケーソン化	フーチングの周囲を連続地中壁により囲みフーチングと連結させる。 	◎	◎	◎	小型の機械で通行上支障もなく施工可能であり、補強効果、信頼性も高いが支持層が深い（約5 m 以上）場合や延長が長い場合、工費が高く工期も長くなる。	○大海川橋、飯山新橋で考えられるが施工深度が6 m 以下であるため高価となり不適当。
間 接 的 工 法	⑤	基礎地盤改良	主に直接基礎の場合、基礎地盤をセメントミルクを攪拌注入等で改良し地耐力を上げる。 	×	◎	○	小型の機械で通行上支障もなく施工可能であるが、既設橋台直下は施工困難である。工費が高く、直接的工法に比べ信頼度が高くない。	○大海川橋橋台で検討。
	⑥	橋台背面改良	橋台の裏込土による土圧を軽減もしくは除去するため、背面土にセメントミルクを攪拌注入し固結化させる。 	○	○	○	均質に裏込土を固結化でき比較的小型の機械で施工できる。工期も比較的短い。道路幅員が狭い（5～6 m 以下）場合は通行上とするか仮設道路が必要となる。工費は高価である。	○階乗橋橋台で検討。
	⑦	橋台の橋脚化	上記案と同じ目的で橋台背面部に1スパン延ばす。 	○	○	○	橋台背後に1スパン5～6 m 程度の床版を片側通行させながら施工できるが、河川堤防の場合は不可能。	不 適 当
	⑧	上部工軽量化	主に上部工がコンクリート製の場合、その荷重を軽減させるため鋼製のものと架替える。 	○	○	○	上部工を全面的に架替えるため比較的工期が長く、通行止めとするか仮設道路が必要となる。上部工をコンクリート製から鋼製にしても、多少程度しか軽量化できず効果が少ない。橋長が長い場合工費が高い。	不 適 当

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
北 陸	金沢工事	津幡川橋	杭の支持力	アースアンカー工法
(1) 津幡川橋の概要 本橋は、石川県河北郡津幡町に位置し、一般国道8号が津幡川を渡河する位置に架設された橋梁である。 本橋は、昭和30年現A₁橋台及び橋脚のみの1スパン橋梁であったが、河川改修により昭和41年にA₂橋台を追加し、2スパンとなった。 構造形式は上部工が橋長25m+25m、巾員9.0mのPCT桁であり、下部工はA₁：扶壁式+木杭、P：RCラーメン+木杭、A₂：扶壁式+鋼管杭である。 適用示方書は、上部工・下部工共に昭和39年鋼道示である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎杭の地震時支持力不足と判定され耐震補強が必要とされた。検討したところ支持力P_{Nmax}が15.8tとなり、許容支持力R_A13.69tを超過し、また、応力度についても$\sigma=237\text{ kg/cm}^2$となり、許容応力度$82.5\text{ kg/cm}^2$を大幅に超過していることが明らかとなった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、①橋台躯体自体に抵抗力を与えるアースアンカー工法、②前肢底版を拡巾し、新設鋼管杭を増設する工法、③橋台背面土圧を軽減するため、背面土質の改良または鋼管矢板によって作用土圧を遮断する工法の3工法があげられた。比較検討の結果、補強効果の確実性及び経済性、現場状況による施工性、交通対策等を勘案した結果、第①案のアースアンカー工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、杭1本当りに作用する鉛直荷重が許容力をオーバーするので、地震時での水平力をアースアンカーで補って、荷重作用時の橋台の変位をなくし杭各列に作用する荷重を低減して、許容値内に入るよう設計した。 設計計算については、道路橋示方書（55年版）、アースアンカー工法（土質工学会）に準じた。				
(5) 施工方法 アンカーの施工にあたり、橋台正面桁下空間に足場を組立て、躯体に台座を設けた。 試験的にボーリング調査を行い、支持地盤の確認をしてからアンカー長を決定して施工した。				
(6) その他				

Technical drawing of a bridge structure. The drawing shows a cross-section of the bridge with dimensions: 40, 25 000, 50 120, 40, 25 000, and 40. The structure includes a central pier labeled (M) and two side piers labeled (F). The bridge deck is supported by these piers. The drawing also shows the bridge's approach and the arrangement of the bridge's components.

Technical drawing of a bridge pier and its connection to a concrete block.

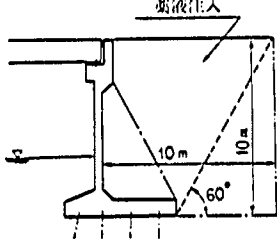
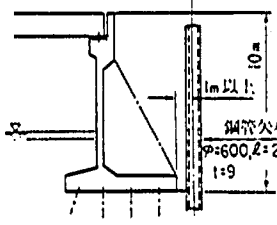
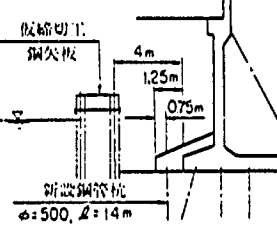
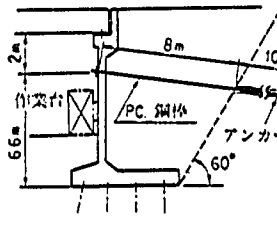
Top View (Pier Section):

- Dimensions: 17000, 10000, 7000, 3000, 5500, 15°.
- Anchor (アンカー) $\ell = 10\text{m}$.
- PC Steel (PC鋼材) $\text{D}32$ $\ell = 17\text{m}$.

Bottom View (Connection Detail):

- Support Plate (支圧板) $\text{P}-300 \times 300 \times 32$.
- Support Plate (支圧板) $\ell-165 \times 165 \times 33$.
- PC Steel (PC鋼材) $\text{D}32$ $\ell = 18\text{m}$.
- Dimensions: 400, 300, 50, 50.
- Labels: 台座鉄筋コンクリートブロック (Base Reinforced Concrete Block), 補修材 (Repair Material), コンクリートはつり及び樹脂接着 (Concrete Filling and Resin Adhesive).

表-1 江川橋補強案比較表

項目 比較案	工 法 説 明		概算工費(1基当たり)		交通対策	工 期	施 工 性 確 実 性	その他の事項	総 合 評 価
	概 略 図	工 法 説 明	数 量	金 額					
① 橋台背面に土質改良 作用土圧の遮断		左図の範囲に薬液を注入して背面土質の改良を行う。 範囲は $\phi=30^\circ$ と推定し土の崩壊の範囲を考慮する。	ボーリング 28本 薬液注入 100 m^3 計	千円 2,500 8,000 10,500	注入孔のボーリング及び注入配管などのため最低片側交通交互通行の必要がある。 交通規制後においてボーリング及び薬液注入を行うので全体の工期は45日程度必要。(ボーリング30日、注入15日)	片側交互交通で施工するので能率は低下し、施工性は劣る。また注入効果は別にボーリングして確認しても明確にはならない。	路面の損傷などが発生し舗装の復旧(オーバーレイ)などが必要と考えられる。	工費が割合高いが、施工性・確実性とも劣るので、他の工法に比べてメリットが少ない。 (×)	
		左図の様に橋台背面に鋼管矢板(φ600, L=20m)を圧入し橋台背面に作用する土圧を鋼管矢板で吸収し土圧を遮断する。	鋼管矢板 18本 圧入 L=20, 18本 計	千円 7,000 2,500 9,500	交通の状況などより打ち込みは不可能であり、圧入工法によるものとする。 機械作業スペースとして最低道路片側を占有する必要がある。	交通規制後において機械の据付、鋼管杭の圧入を行うので日進20mとして準備後始末を含むと約30日程度必要。	施工性は土質から考えて悪くないが、交通規制下の作業であり施工性は劣る。確実性は鋼管矢板の抵抗力は確実である。	上記同様路面の損傷などの復旧には必要であるがかなり効果は期待できる。ただし、土圧を受けもつには限界がある。	上記案に比べて工費・施工性などの面で勝り、効果も計算で知ることが出来る。 (○)
② 鋼管杭基礎とする 底版継足拡幅		橋台前面は図のように締切工を行い鋼管杭(φ=500, L=14m)を打設するもので桁下空間の関係より特殊継手打設による。	鋼管杭 板締切 掘削 コンクリート 打設 水替他 計	千円 1,500 1,500 500 1,500 500 6,000	必要なし	桁下と作業面の空高約8.5mで作業をするので通常の作業より工期を必要とし、板締切を含むと60日程度必要。	水面下(水替下、橋桁下)での作業であるため施工性に劣る。又現橋台との固定(連結)が難しいため確実性にも劣るものと考えられる。	現橋台との結合部に弱点があり、その効果に疑問が残る。計算上は補強可能である。	他案に比べて結合部に弱点があり、考えられる工法ではあるが確実性の面で疑問が残る。 (△)
③ アースアンカーにより固定 抵抗力を与える		橋台の下に作業台を作り、水平ボーリングによりアースアンカー(φ=150)を埋設する。埋設数は6ヶ所を予定している。	ボーリング アースアンカー 作業台 アースアンカー工 試験 φ=150mm φ=180mm 計	千円 5,400 5,400 5,400	必要なし	桁下の作業であり、通常よりは能率は低下するが、交通には支障がなく、橋台の穿孔以外は割短期間で施工可能。約30日必要。	施工性は桁下での作業で多少劣るが、2m作業スペースがあり、それ程ではない。確実性は試験により確認出来るので確実である。	橋台前壁に梁を固定するのを橋台の補強などとは判断される。	比較案中最も確実で、しかも工費が安いので本案により詳細設計を行う。 (◎)

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	浜松工事	中野町 跨道橋	杭の支持力	橋台カウンター コンクリート工法
(1) 中野町跨道橋の概要 本橋は静岡県浜松市に位置し、一般国道1号が県道を渡る位置に架設された橋梁である。国道1号は東京都と大阪市を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和39年に竣工し、昭和39年道路示方書で設計されたものである。 構造形式は上部工が橋長 19.5 m の活荷重単純合成桁橋で幅員 18.0 m であり、下部工は逆T式橋台でRC 杭φ400、L=10.0 mの杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 地盤は極軟弱地盤である。 杭基礎の支持力は悪い（安全率2.0以下）。 下部工の変状は認められない。				
(3) 対策工法の選定 地震時水平力の超過に対し、4工法（アースアンカー工法、抑止杭工法、受動土圧工法、カウンターコンクリート工法）について比較検討を行い、施工性に優れているカウンターコンクリート工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 橋台の前面のコンクリート塊により超過水平力を受け持たせるものとした。また、コンクリート塊の抵抗は底面と土による摩擦力及び前面の受働土圧力を考えた。				
(5) 施工方法 橋台間の幅は 17.7 m で、2車線を確保できるため、対面交通とすると共に作業用のスペースを確保した。掘削深度が 2.5 m 程度と浅いため、素掘施工とした。 交通の切り回しは2期に分けて行った。				
(6) その他 県道の地下に既設の水路があるため、ストラット工法は不採用とした。				

図-1 中野町跨道橋一般図

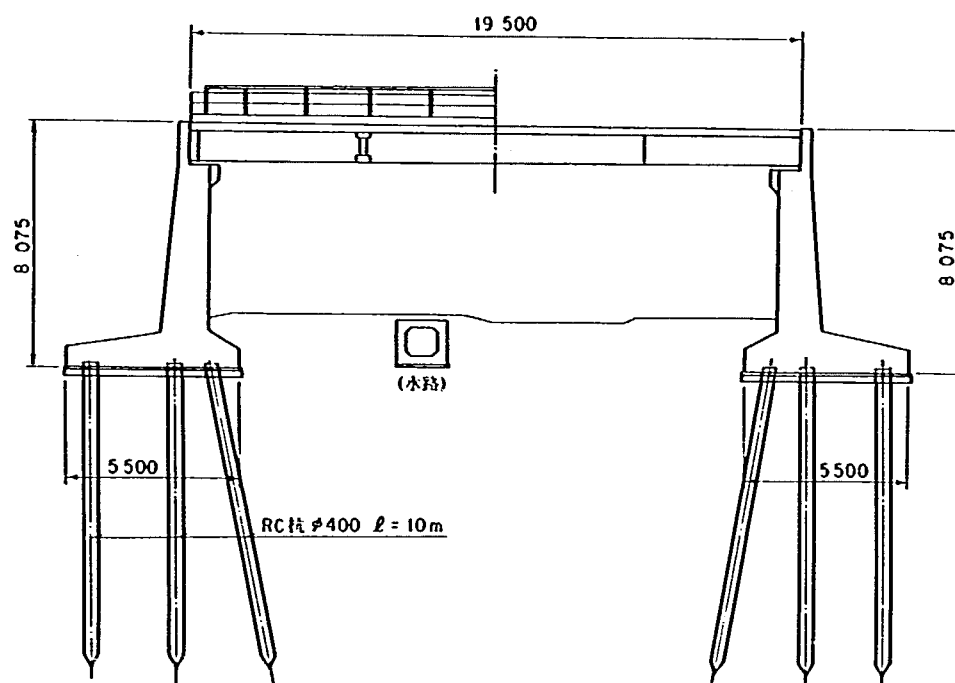


図-2 耐震補強対策図

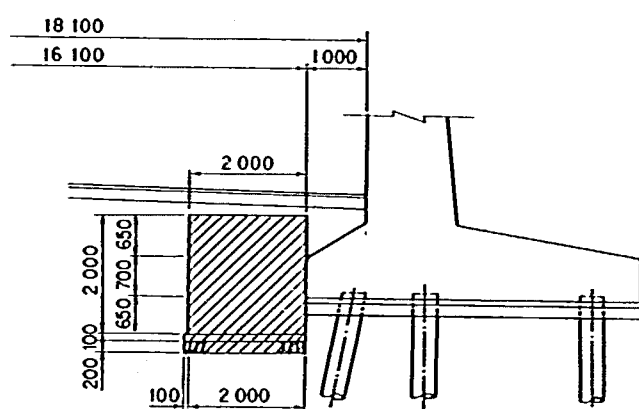


表-1 中野町跨道橋の補強工法の比較

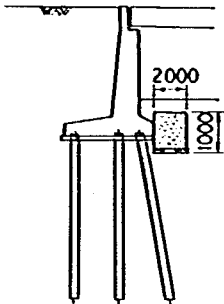
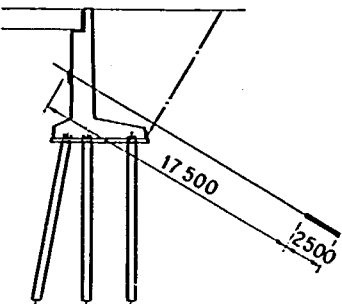
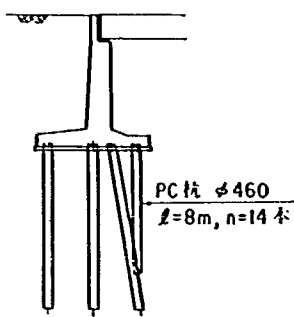
工 法		① カウンタコンクリート工法	② アースアンカー工法	③ 抑 止 杭 工 法
概 念 図				
工 法 の 概 要		フーチング前面にコンクリートブロックを設け、滑動を抑止する。	橋台の堅壁にアースアンカーを定着させ、安定性を改善する。	フーチング前面に増杭を設け、フーチングを拡幅することによって、安定性を改善する。
設計上の留意点		抑止力の評価	- 荷重の分担 - 堅壁の鉄筋の切断に対する評価	フーチングの前趾側に斜杭が存在しているので杭配置及び干渉の評価
施工上の留意点	交通規制作業空間	県道を2車線の対面交通に規制し、2期施工とする。	同 左	同 左
	締切工	素 堀	必要なし。	素 堀

表-2 中野町跨道橋の設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設計条件	設計震度	$K_A=0.20$
	許容応力度	コンクリート (圧縮, セン断), 鉄筋 (SD30)
	荷 重	上部工 (常時, 地震時)
フーチングとの接合部の設計		フーチング前面との間に $t=10\text{mm}$ のエラストイトを挿入し、荷重伝達は水平力のみとした。
安 定 計 算		基礎に作用する荷重はコンクリートカウンターでの抵抗力を除いたものを載荷して安定計算を行う。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	和歌山工事	岩出橋	杭の支持力, 下部工の変状(洗掘)	増し杭, 底版拡大, 根固工(ブロック)
(1) 岩出橋の概要 本橋は、和歌山県那賀郡岩出町宮に位置し、一般国道24号が紀の川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道24号は奈良県と和歌山県を結ぶ主要幹線道路である。 本橋は昭和30年に竣工し、昭和14年道路橋示方書(1等橋)で設計された。 構造形式は上部工が23.80m+11@30.60m+23.80mの13径間のゲルバー桁橋であり、下部工は橋台が杭基礎による重力式橋台、橋脚はケーソン基礎による逆T式橋脚である。				
(2) 耐震点検結果 昭和45年に下部工の耐荷力調査を行った結果、架橋付近で行われた砂利採取と洗掘の影響を受け、河床が6mも低下し、建設当初10m程度あった基礎の根入れ長が約4mにまで減少しており、橋軸方向地震時に基礎が不安定となる結果を得たため、洗掘防止工の施工を行った。 昭和53年に本格的な基礎の震災対策として補強設計を行い、昭和54年補強工事を実施した。				
(3) 対策工法の選定 下部工補強工法としては、①場所打ち杭工法、②鋼管矢板井筒工法、③連続地中壁工法、④イコス壁工法、⑤ニューマチックケーソン工法などがあるが、本橋の施工上の条件として、④河川巾が広く、高水敷もあり作業は容易である、⑥渇水期の水深は1.0m程度と浅い、⑦地質は礫まじりではあるがN値が低く、ゆるい地盤である、⑧下部工には現状では損傷は生じていない、⑨桁下空間は約10mである、⑩水質汚濁の恐れのある工法は避ける、等があり、次の3工法について検討を行った。 1) 場所打ち杭工法(ベント杭, φ1,200) 2) 場所打ち杭工法(ベント杭, φ1,500) 3) 鋼管矢板井筒工法(鋼管杭, φ800) この3工法について検討した結果、経済性と玉砂利の存在の可能性、桁下空間による作業性を考慮して第2案を採用した。				
(4) 対策工法の設計 設計には力学モデルを用い、基本的な条件としては①ケーソンと補強構造は、バネ支持されたラーメン構造として解析、②地盤バネはケーソン、杭ともに健全に働くものとする、③作用外力は地震時外力と常時外力の差のみを考慮するものとして、ケーソンの支持力度、転倒の照査時には常時外力による計算値と合算して判定した。なお、合算値に対しては地震時安全率を適用した。水平地盤反力度が許容値を超える場合は超過領域の受働土圧を外力と考え、それ以下はバネとして計算し側面反力度が受働土圧を越えないよう収束させた。部材の設計については、すべての部材はラーメン計算により得られる断面力をもとに必要鉄筋量を決定した。ケーソンとフーチングの結合筋は、ケーソン壁面に30cm穿孔し樹脂注入を行って定着するため、フーチングの曲げモーメントによる引抜き力が作用した場合、壁面のコーン状のせん断破壊が生じないかを照査した。				
(5) 施工方法 施工は以下の順で行った。 ①既設根固めブロックの撤去、②ケーソン周辺の整地、③ベント杭の施工、④フーチング部の地盤掘削(水中掘削)、⑤土のう設置及びポンプアップ、⑥均しコンクリートの打設、⑦ケーソンコンクリート穿孔、樹脂注入、⑧ケーソン表面コンクリートチップング、⑨フーチング型枠セット、⑩鉄筋組み、ケーソン主筋との溶接、⑪フーチングコンクリート打設、⑫型枠脱型、⑬ケーソン周辺埋戻し、⑭根固めブロックの設置。				
(6) その他				

図-1 岩出橋一般図

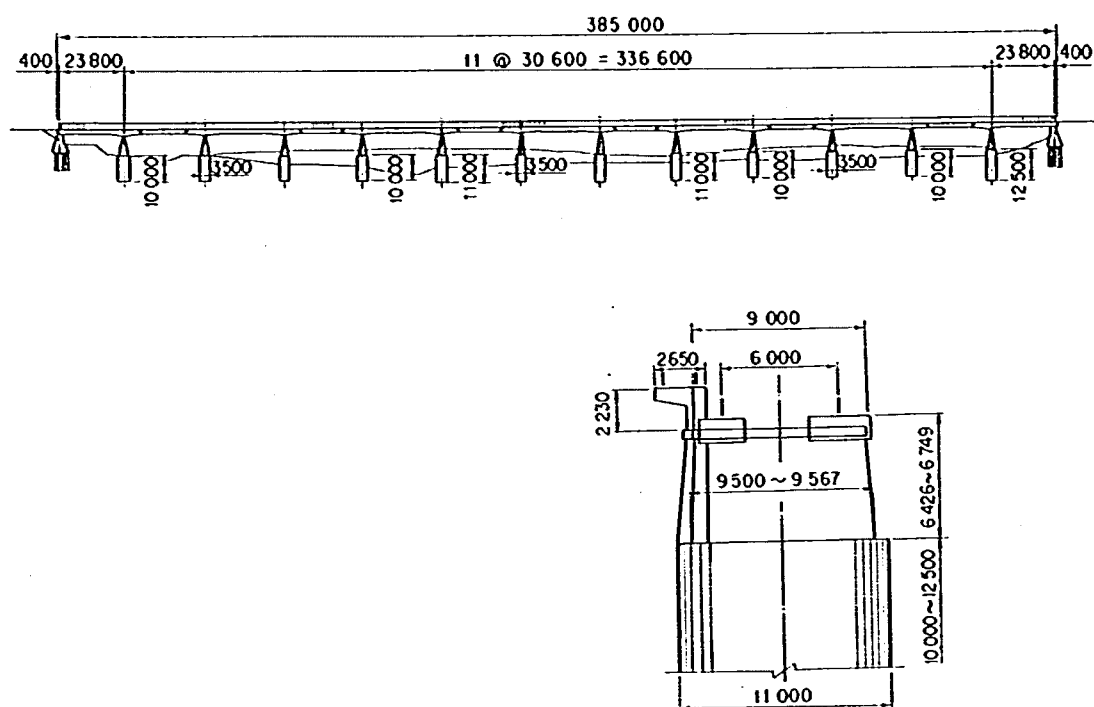
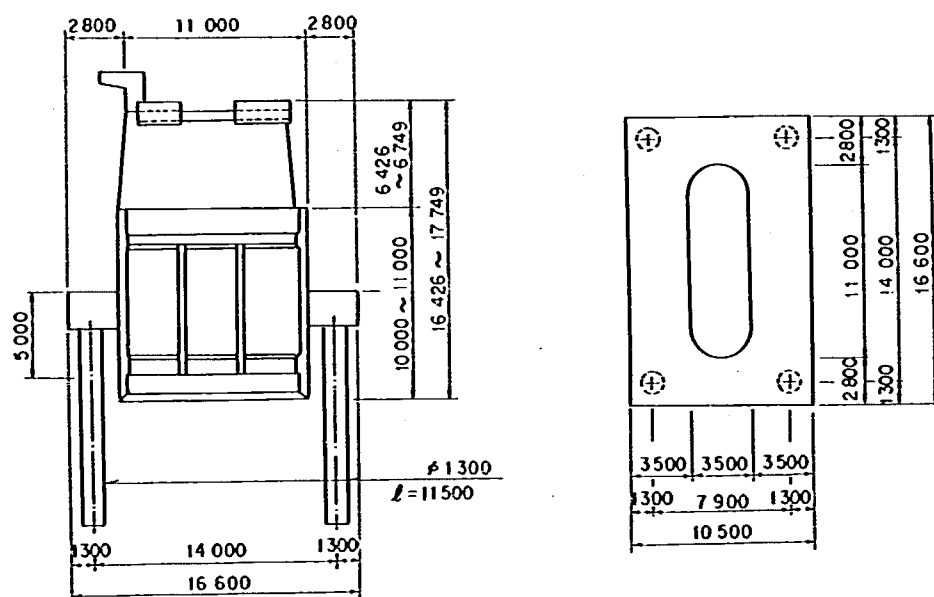


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	紀南工事	南部大橋	杭の支持力	増し杭、フーチング拡大
(1) 南部大橋の概要 本橋は、和歌山日高郡南部町南部に位置し、一般国道42号が南部川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道42号は和歌山市を起点として田辺市、新宮市を経て三重県津市に至る延長370kmの紀伊半島唯一の主要幹線道路であり、同半島臨海部に位置する主要都市にとって重要な役割を果たしている。本橋は昭和26～29年の施工、適用示方書は昭和14年示方書で設計されたと思われる。 構造形式は上部工が20@12=240のRCT桁橋、下部工はラーメン橋脚基礎工はRC杭φ500 4本(1列) $L=6.50m$ (推定) である。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では、基礎構造(支持機構)自体が不適当で橋軸方向に1列杭であり、杭の鉄筋量も不明で、地震時には橋軸方向に大きな応力の発生が予想されたが数値的な評価は不可能であった。しかも低水部(流速大)が洗掘され、フーチング底面より1.40m程杭頭が露出した危険な状態で、また、支持力についても許容値を大きく超過し安全率1.7程度と推定された。				
(3) 対策工法の選定 補強対策は在来基礎での支持が困難であり、基礎の構造を改造して補強する方針で検討した。補強は旧フーチングを巻き込んで新設フーチングを築造し、新設杭にて支持させるものとした。この場合旧杭については設計上無視し、新設杭のみで安定を図った。 対策工法は桁下施工空間の関係等より次の3案を選定し検討した(表-1参照)。 ① PC杭打込み工法……橋梁外側補強案 ② 場所打杭(ベノト杭)……橋梁外側補強案 ③ 場所打杭(B.H工法)……橋梁下補強案 上記の内、補強効果の確実性、新旧フーチング結合部の信頼性から第③案を選定した。				
(4) 対策工法の設計 設計は既設杭の不明確なことよりこれを無視し、新設杭のみで外力を支持するものとし道路橋示方書に準じた。 フーチング設置高さは橋梁現況より深い根入れは困難であり、洗掘対策としてはフーチング天端を計画河床面として護床工を行った。				
(5) 施工方法 場所打杭は橋梁下のクリアランス及び土質条件(礫径5cm以下)より、B.H工法を採用し、杭打設及びフーチングの施工は河川条件が水替え可能であったため水替えを行い、掘削面は簡易鋼矢板で保護した。				
(6) その他 対策工の施工に際しては、橋梁下(河道内)での施工とし国道交通への支障が無いよう配慮した。フーチングの施工時は、支保工で当該橋脚を支保し安全を図った。				

図-1 南部大橋一般図

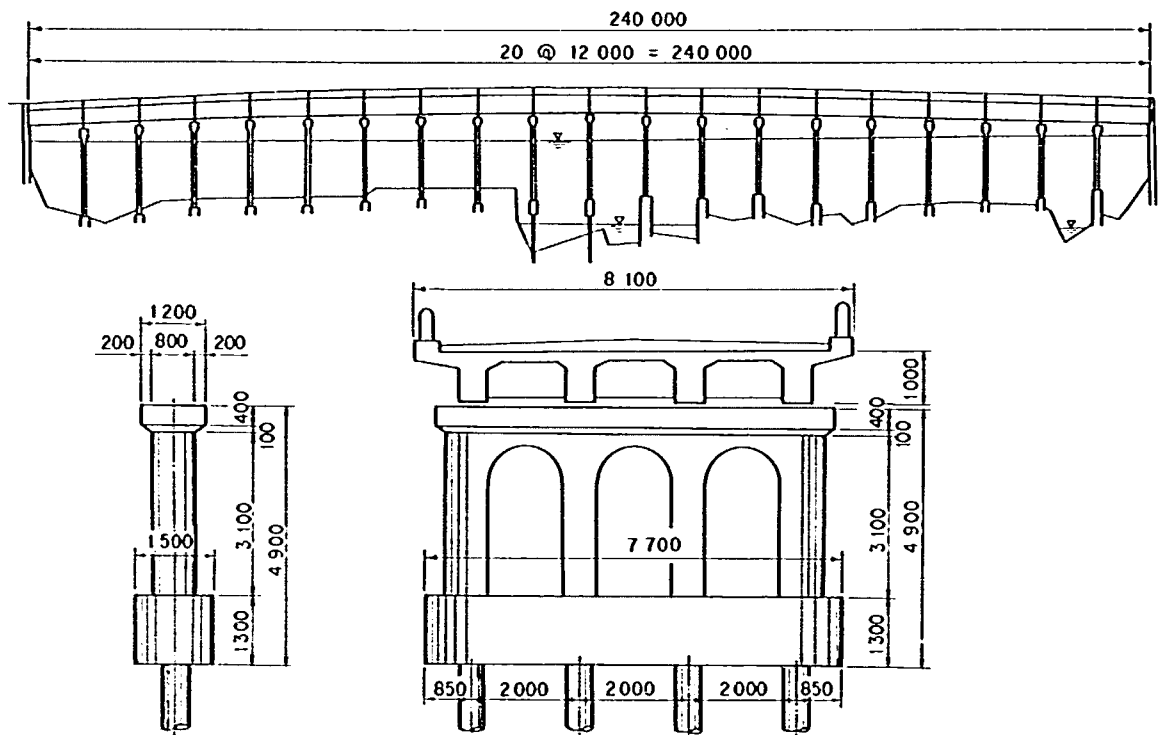


図-2 耐震補強対策図

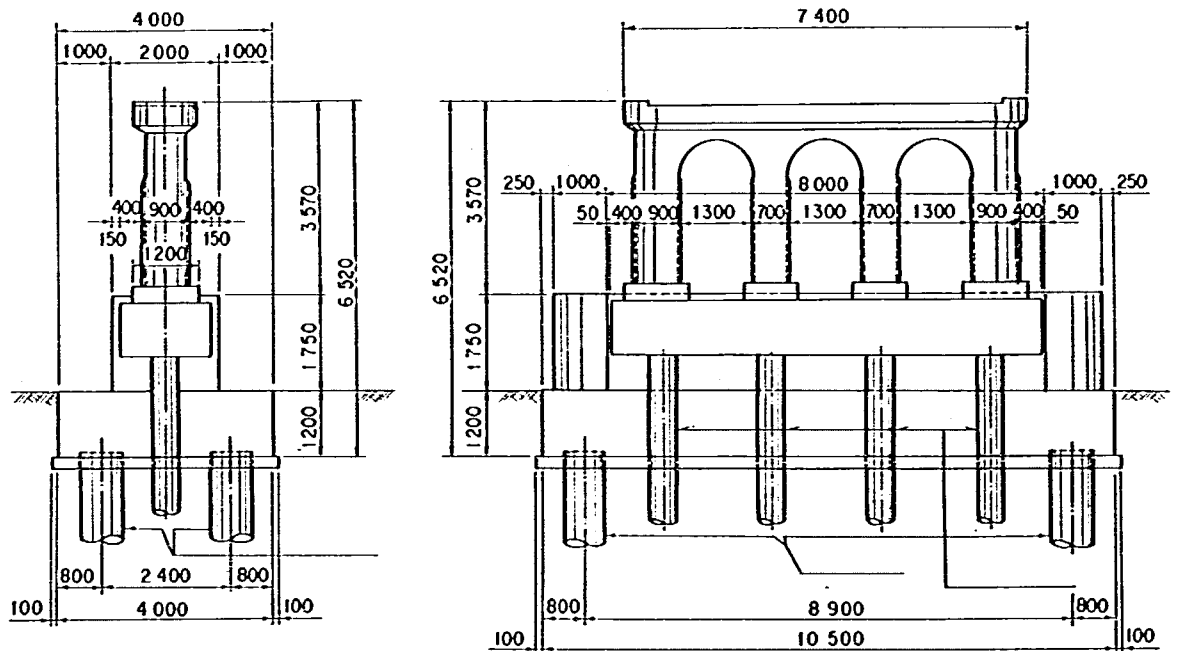


表-1 南部大橋の対策工法の比較

工 法		①② PC 杭（場所杭）打込	③ 場所打杭（BH工法）
概 念 図			
工 法 の 概 要		上部工の外側の範囲で PC 杭(または場所打杭)の打設, 既設構造と横梁で連結する。	上部工の下で場所打杭 (BH 工法) を打設, 既設構造を巻き込んで新フーチングを築造する。
設計上の留意点		◦ 横梁に作用する断面力の考え方 特にねじりモーメントに対する考え方 ◦ 新旧構造の一体化	◦ 桁下クリアランスの関係より杭鉄筋の定尺長及びラップ長 ◦ 新旧構造の一体化
施工上の留意点	交通規制 作業空間	◦ 河道内施工で交通への支障はない。 ◦ 上部工外側の範囲で施工するため作業空間の制限は少ない。	◦ 河道内施工で交通への支障はない。 ◦ 上部工下で場所打杭を行うため桁下空間 (H=3.50) の制限を受ける。
	締切工	河川現況より, 瀬替え施工可能なため締切土は不要であるが, フーチング施工時土留工として簡易鉛矢板を設置。	同 左

表-2 南部大橋の設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設 計 条 件	設 計 震 度	$K_h=0.20$
	許容応力度	コンクリート圧縮 $\sigma_{ca}=70\text{kg}/\text{cm}^2$, せん断 $\tau_a=3.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 鉄筋引張 $\sigma_{sa}=1600\text{kg}/\text{cm}^2$ (水中)
	杭の支持力	場所打杭 $\phi 1,000$ 常時 120 t/本 地震時 180 t/本
	荷 重	上部反力 常時 地震時 鉛直力 $N=195\text{ t}$ 鉛直力 $N=137\text{ t}$ 水平力 $H=27\text{ t}$
安 定 計 算		フーチング下面に作用する断面力により杭基礎とし道示 (S 55年) により安定照査した。安定照査は常時 (浮力有, 無) 地震時 (浮力有, 無) の4ケースとした。
フ ー チ ン グ の 設 計		躯体自重による断面力及び杭反力による断面力より断面計算
杭本体の設計		杭頭部の応力度の検討
杭とフーチング 結合部の設計		フーチングコンクリートの垂直支圧応力度の照査 " 水平支圧応力度の照査 " 押抜せん断応力度の照査

3.10 土の支持力に対する耐震補強事例

(10-1) 弁天大橋

(10-2) 軍行橋

(10-3) 沖田橋

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
中 部	浜松工事	弁天大橋	土の支持力	橋台アースアンカー工法
(1) 弁天大橋の概要 本橋は静岡県浜名郡舞阪町に位置し、一般国道1号が浜名湖河口を渡河する位置に架設された橋梁である。国道1号は東京都と大阪市を結ぶ幹線道路であり、緊急輸送路に指定されている。 本橋は昭和34年に竣工し、昭和31年道路示方書で設計されたものである。 構造形式は、上部工が橋長162.4m(7@23.2)の7径間ポステンT単純PC桁橋で幅員は11.3+2.0mである。下部工は重力式橋台(松杭φ150, L=3.5m)及び壁式杭基礎橋脚でφ600, L=10.5mのRC杭基礎である。				
(2) 耐震点検結果 地盤は飽和砂質土であるが流動化の恐れはない。 橋脚の杭の支持力は中間(安全率1.5~2.0)である。 橋台の支持力は悪い(安全率2.0以下で、補強が必要)。 下部工の変状は認められない。				
(3) 対策工法の選定 対策工法の検討は、①杭基礎工法(橋台の前・背面に増杭を行いフーチングを拡大する)、②アースアンカー工法(橋台の縦壁を搾孔し、地中部にアースアンカーを打設する)、③抑止杭工法(橋台背面側に杭を打ち、橋台への土圧を低減させる)の3工法を比較検討したが、全面交通規制が困難である点を考慮し、交通規制を行わずに、かつ比較的工事費が安く架設の容易なアースアンカー工法を採用した。				
(4) 対策工法の設計 アースアンカーに導入するプレロードを橋台に荷重として載荷して安定性を照査し、必要なアンカーの本数、定着長、入射角、着力位置を算定した。				
(5) 施工方法 橋台前面を簡易矢板及び土のうで締切、作業足場を設け、斜角30°1段8本(自由長5.7m、定着長15.0m)を設けた。搾孔はφ115mmのロータリーパーカッション式の機械を使用した。 施工は土木学会PC指針に従い実施した。				
(6) その他 施工に当たっては漁業関係に支障のないように施工中に発生する廃水は沈澱槽を設け処理を行うものとした。				

圖-1 弁天大橋一般圖

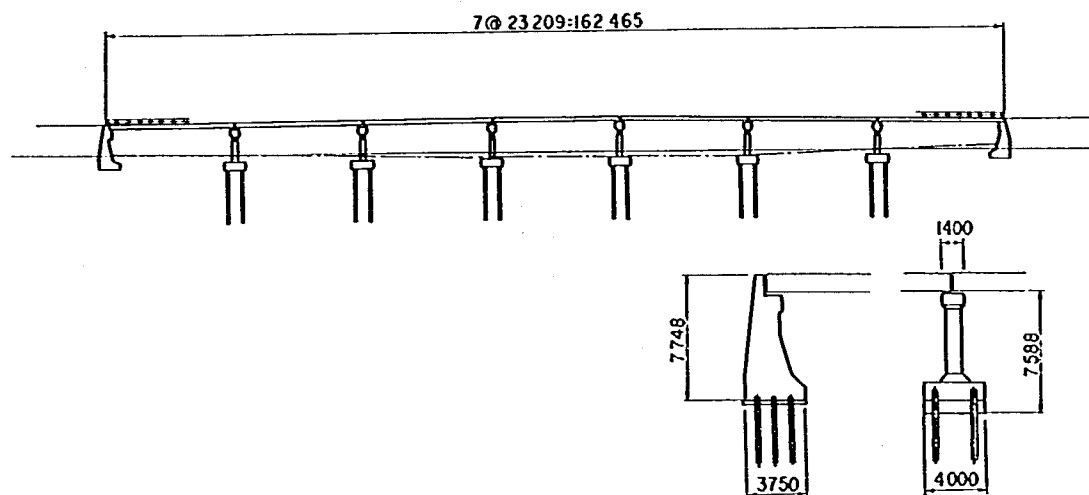


図-2 耐震補強対策図

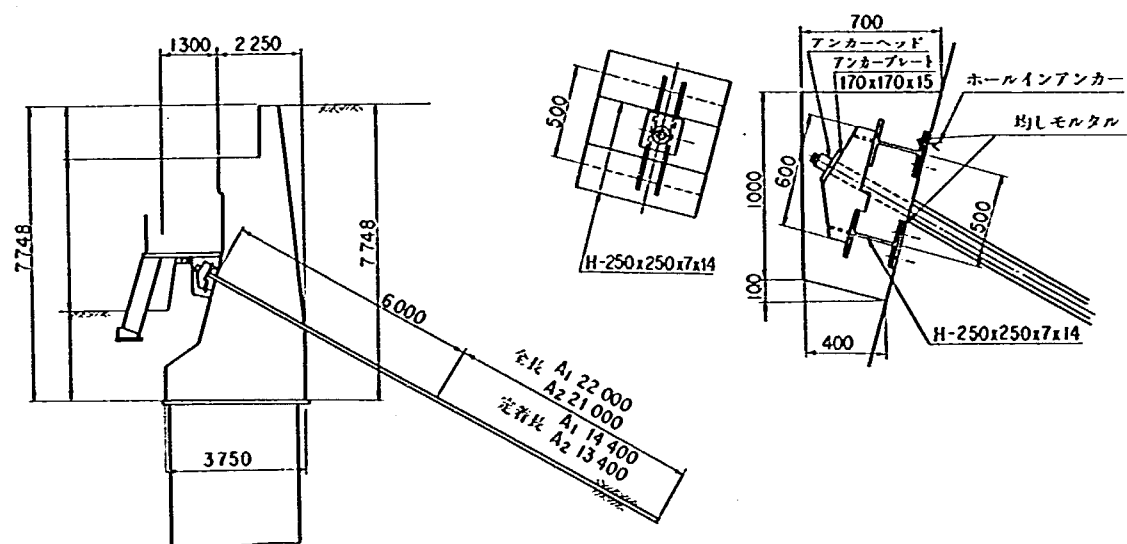


表-1 弁天大橋の補強工法の比較

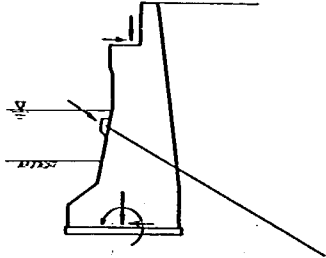
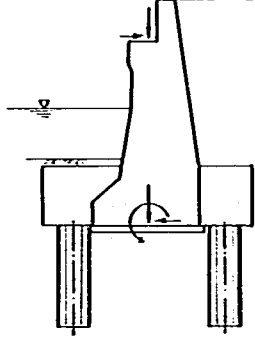
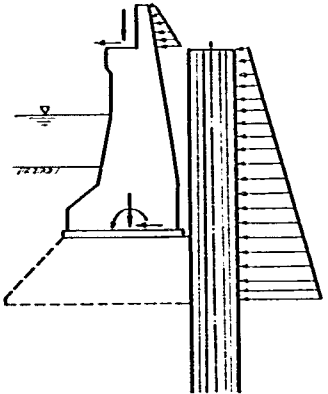
工 法		① アースアンカー工法	② 増杭工法	③ 抑止杭工法
概 念 図				
工 法 の 概 要		アースアンカーを橋台縦壁中央に定着させ、地震時の安定性を改善する。	橋台の前・背面に場所打杭を設け、フーチングの幅を拡大する。	橋台の背後に太径の場所打杭を設け、橋台に作用する土圧を軽減する。
設計上の留意点		アンカーの着力位置と作業空間及び入射角と定着長の関係	施工時の橋台の安定及びフーチングとの一体化	橋台と抑止杭との土圧の分担
施工上の留意点	交通規制作業空間	交通規制の必要なし。	- 全面交通規制は困難。 - 橋台背面での施工では交通の切り回しが必要。	同 左
	締切工	松杭，横矢板，土のうによる締切	- 鋼矢板土留工 - 簡易矢板締切工	必要なし。

表-2 弁天大橋の設計検討項目

検 討 項 目		内 容
設計条件	設計震度	$K_h=0.20$
	許容応力度	コンクリート (圧縮)，鉄筋 (SD30)
	杭の支持力	φ600 (常時，地震時)
	荷 重	上部工 (常時，地震時)，土圧，アースアンカーのプレロード
安 定 計 算		アースアンカーに導入されたプレロードを荷重として載荷し，安定性について照査する。

地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
近 畿	兵庫国道	軍行橋	地震時の安定	支え棒補強
(1) 橋の概要 本橋は、兵庫県伊丹市に位置し、一般国道171号が1級河川猪名川を渡河する位置に架設された橋梁である。国道171号は通称「西国街道」と呼ばれ、万博関連で再整備された京都と神戸を結ぶ主要幹線道路である。本橋は昭和28年に竣工し、鋼道路橋設計示方書案(S14)で設計された。 構造形式は17径間で単純PCT桁、PC床版桁、ポステンT桁、鋼I桁で構成され、下部工は、杭基礎は橋台を含め8基、ケーソン基礎10基となっている。				
(2) 耐震点検結果 調査結果では、橋台について安定上問題があると判定された。常時には支持力が若干不足気味程度で特に大きな問題はないが、地震時には偏心がフーチングの外に出て滑動の安全率は0.77(許容値$F_s=1.2$)と不安定となることが明らかになった。				
(3) 対策工法の選定 耐震補強対策として、フーチング前趾部に特殊杭を増設する案、背面にアースアンカーを打つことにより安定させる案、フーチングの拡巾と突起による工法、支え棒による補強案が考えられたが、河川であり桁下空間の条件を考慮し次の2案が検討された。 ①フーチング拡巾と突起による工法、②支え棒による補強案 この2案について検討した結果、橋台前面及び支持地盤付近の支持層を乱すことなく施工出来、経済的な支え棒による補強案が選定された。				
(4) 対策工法の設計 設計においては、常時の安定については既設橋台で支持し、地震時に支え棒と既設橋台が一体となって抵抗するものとして、常時の計算は省略した。設計条件は、地盤に接する部材を連続分布バネとして解析し、断面等を決定した。なお、地盤バネ定数の一部は土質条件により仮定した。				
(5) 施工方法 施工は河川の渇水期を施工時期とし、①既設護岸の撤去、②支え棒部の掘削、床付、③鉄筋組立、コンクリート打設、④埋戻し、護岸復旧の手順で行った。 既設橋台との結合は、アンカー筋(8本、D19)によると共に、掘削は深掘しないように行った。				
(6) その他				

図-1 軍行橋一般図

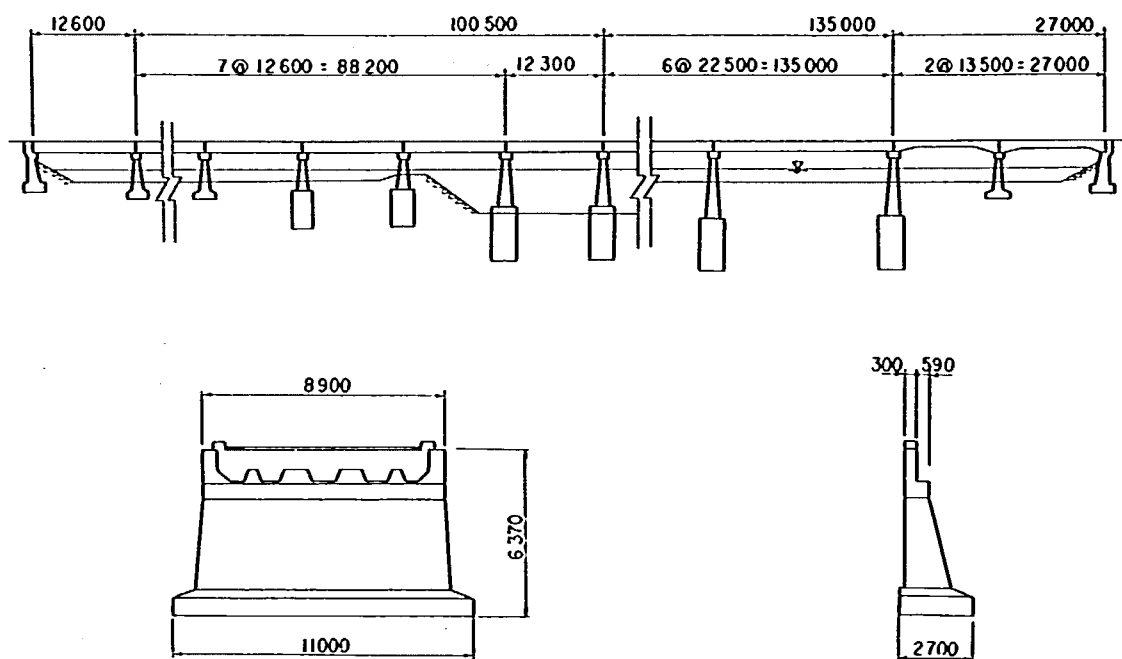
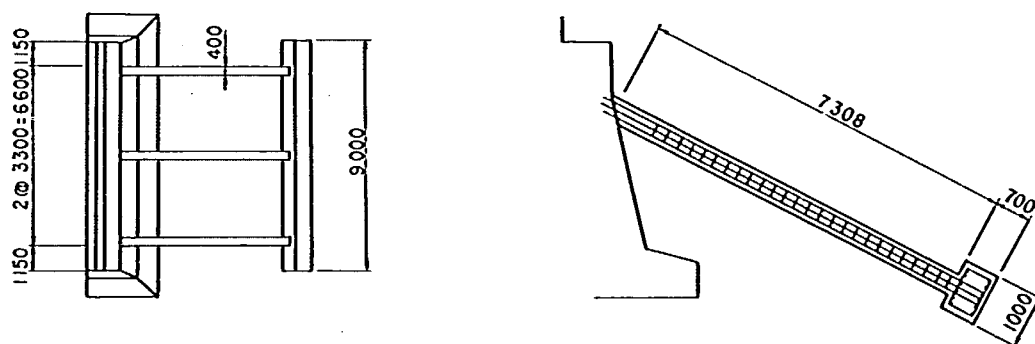


図-2 耐震補強対策図



地方建設局等	工事事務所名	橋 名	点 検 項 目	対 策 工 法
九 州	宮崎工事	沖田橋	土の支持力 基礎の型式 (RC ラーメン)	増し杭・底版拡大・耐震壁
(1) 沖田橋の概要 本橋は宮崎県延岡市に位置し、一般国道10号が2級河川沖田川を渡河する位置に架設された橋梁であり、国道は延岡市と日向市を結ぶ幹線道路である。 本橋は昭和33年に竣工したが、道路橋示方書は昭和31年度版の設計である。 構造型式は、上部工が7径間の鉄筋コンクリートゲルバーT桁橋で、下部工は直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎を有するRC ラーメン橋脚からなる。				
(2) 耐震点検結果 耐震点検では基礎の変状とラーメン橋脚について補強が必要と判断された。				
(3) 対策工法の選定 杭基礎の支持地盤はかなり傾斜していると推定され、地震時において応力が大幅にオーバーするためフーチングの拡巾と増し杭工法を行うものとし、また、橋脚はラーメン型式であるため、その直角方向力に対して耐震壁を検討した。				
(4) 対策工法の設計 増し杭は既設構造のRCパイルでは地震時において応力が大巾にオーバーするため鋼管パイルとしフーチング拡巾とした。橋脚ラーメン型式は橋軸方向については上部工及び本体の水平力についてラーメン構造で解析した。固定橋脚の場合既設の断面力では不足するため空間に鉄筋を入れた補強壁とした。				
(5) 施工方法 施工については上流側の堤防より仮設道路を設置し橋脚周囲を鋼矢板により締切り築島した。桁下空間が制限されているため、橋脚周囲の基礎床掘を行い、鋼管パイルはボーリングマシンによる建込方法とした。 ラーメン式橋脚には耐震壁を設けた。				
(6) その他				

図-1 沖田橋一般図

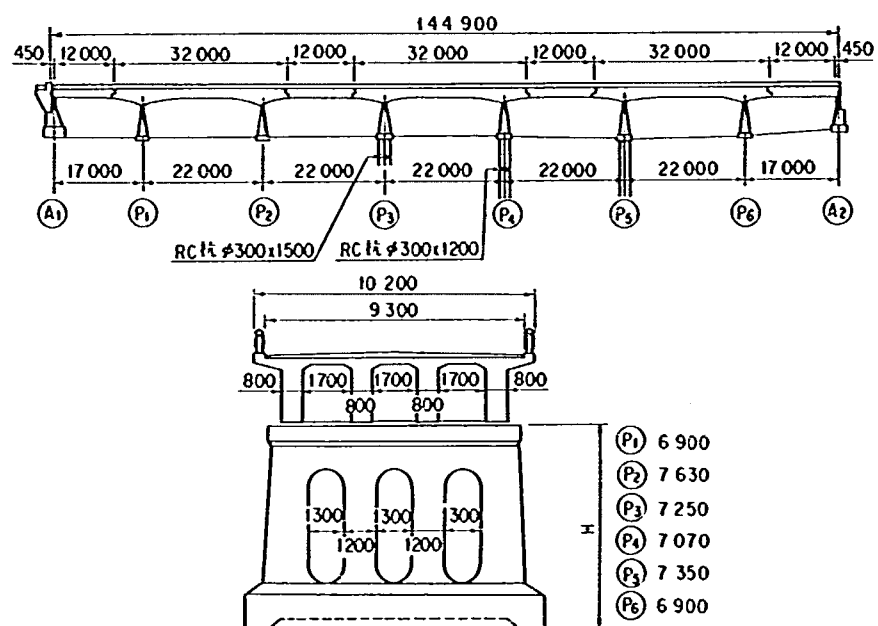
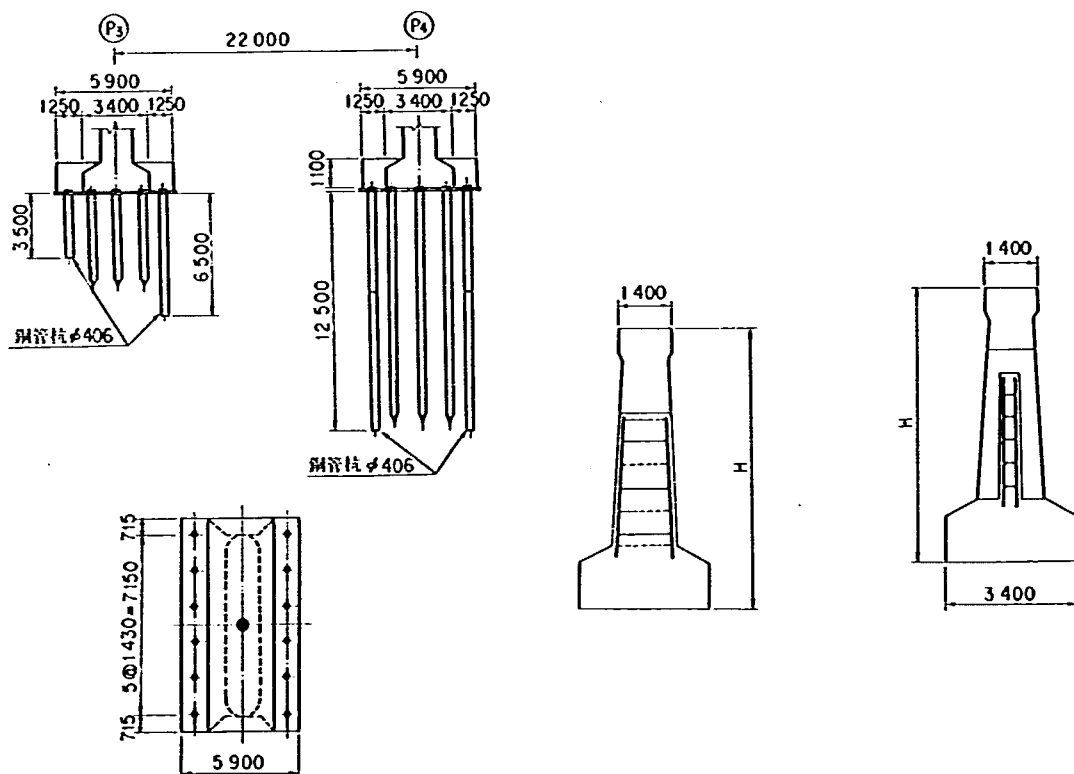


図-2 耐震補強対策図



4. あとがき

昭和54年耐震点検に基づく既設道路橋の耐震補強事例集を取りまとめた。

本事例集は、建設省技術研究会道路部門指定課題「既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究」の一環として実施された調査研究成果の1つであり、本事例集の作成担当者は以下の通りである。

(片書きは技術研究会実施当時)

建設本省	国道第二課	課長補佐 橋梁係長	西川 和広 高橋 敏彦
	企画課道路防災対策室		
		課長補佐 震災対策係長	吉原 浩 宮下 保之
土木研究所	橋梁研究室	室 長 研 究 員	藤原 稔 岩崎 泰彦
	耐震研究室	室 長 研 究 員	川島 一彦 運上 茂樹
北海道開発局	道路維持課	開発専門官	相馬 和則
東北地方建設局	道路管理課	課 長	佐々木哲郎
		課長補佐 維持修繕係長	加藤 義弘 佐藤 力
	技術事務所工務課	計画係長	柳町 俊典
関東地方建設局	道路管理課	課 長	青板 武
		課長補佐	吉田 治久
		課長補佐	津田 守留
	技術事務所工務課	工務課長	倉科 治
		調査係長	田 秀男
北陸地方建設局	道路管理課	課 長	西田 哲夫
		課長補佐	永田 伸之
中部地方建設局	道路管理課	課 長	白鳥 文彦
		課長補佐	佐藤 保
	技術事務所工務課	工務係長	木下 昌治
近畿地方建設局	道路管理課	課 長	大石龍太郎
		課長補佐	川村 義則
中国地方建設局	道路管理課	課 長	中村 憲一
		課長補佐	森近 輝男
四国地方建設局	道路管理課	課 長	桑島 武彦
		課長補佐	田辺 晟
九州地方建設局	道路管理課	課 長	中溝 文之
		課長補佐	岩田 秀人
沖縄総合事務局	道路管理課	課 長	渡久地政金
		課長補佐	末安 一喜

昭和54年耐震点検に基づく既設
道路橋の耐震補強事例集

ISSN 0386-5878
土研資料第2674号
昭和63年10月(1988)
川島一彦 運上茂樹
吾田洋一

要旨

本報告は、昭和61年から昭和63年にかけて行われた建設省技術研究会道路部門指定課題「既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究 -耐震性評価法・耐震補強法に関する検討-」の一環として実施された調査研究成果の1つであり、昭和54年の耐震点検に基づいて耐震補強が実施された道路橋の事例調査を行い、この結果をもとに耐震補強事例集としてとりまとめたものである。

キーワード：既設橋梁，耐震点検，耐震補強

郵便はがき

いは郵便
つて切手
て下手を
下さ

305-□□

建設省土木研究所
地震防災部耐震研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 022

No. 022

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2674号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印