

## ③2 チャンネル形状プレキャストPC床版の鋼橋への適用

日本道路公団	大阪建設局	寺田光太郎
日本道路公団	大阪建設局	曾田 信雄
日本道路公団	大阪建設局	伊藤 正人
(株)富士ピー・エス	正会員	○真鍋 英規

### 1. はじめに

近年、鋼橋コンクリート床版の損傷・劣化が大きな問題となり、床版の耐久性を向上させることが命題となっている。一方、建設工事では、現場技能労働者の不足・高齢化問題、周辺環境への配慮、等の理由から、現場施工の省力化が強く望まれている。鋼橋床版の耐久性を高め、現場施工の省力化を行う一方策として、プレキャストPC床版工法がある。

関西空港自動車道末広高架橋（鋼3径間連続鋸桁橋）において、省力化及び床版の耐久性向上の目的から、プレキャストPC床版を採用することになった。末広高架橋では従来のPCプレキャスト床版、つまりRC床版形状に近似したタイプのもの（ハンチ形状版、フラット形状版）ではなく、現場施工性の改善、鋼桁の製作、床版の力学的性状の改善、等を考慮し、チャンネル形状のプレキャストPC床版（図1）を採用した。現場への適用に先だて、チャンネル形状プレキャストPC床版（以下CPC床版とする）に対し系統だった静的載荷実験及び動的疲労実験を行い、本床版の版特性の把握、安全性の確認を行った。末広高架橋上部工工事は1994年1月無事完了し、現在、供用が開始されている。本稿はCPC床版の実験の結果、工場製作、及び末広高架橋における現場施工とその省力化に対する効果を報告する。

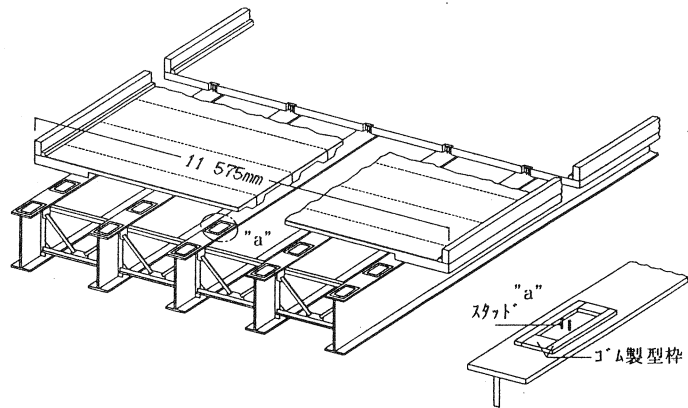


図1 チャンネル形状プレキャストPC床版

### 2. チャンネル形状プレキャストPC床版の特徴

#### 2-1. 構造面・施工面における特徴

チャンネル形状PCプレキャスト床版は、従来のプレキャスト床版（フラット版、ハンチ版）と比較して、鋼桁との面タッチ長が約半分になる。鋼桁面タッチ長が約半減することによるメリットを次に示す。

- ① 鋼桁とプレキャスト床版の連結部の施工（無収縮モルタル）が大幅に減少できる。
- ② 橋軸方向縦締めプレストレスの導入時の抵抗が少ない。

#### 2-2. 鋼桁への要求事項

従来のプレキャスト床版は鋼桁上フランジと全面に渡り面タッチしているため、鋼桁の設計製作時に次の何れかの事項が要求される。

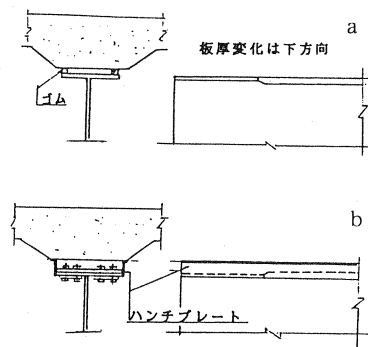


図2 鋼桁への要求事項

I. 上フランジ板厚変化を下方方向にとり、かつ現場継ぎ手部を溶接とし上フランジ上面をフラットなものにする。(図2a)

II. 上フランジにハンチプレート溶接し、上フランジ板厚変化及び現場継ぎ手部を吸収する。(図2b)

しかしながら、I、IIいずれの方法とも鋼

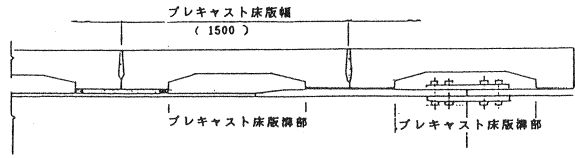


図3 チャンネル形状版の鋼桁との取り合い

桁の製作コストアップにつながる。チャンネル版の場合では、チャンネル版の床版部に上フランジ板厚変化及び現場継ぎ手部がくるように鋼桁の詳細設計を行なえば(図3)、鋼桁に対する特別な措置は必要とされない。

### 3. チャンネル形状プレキャストPC床版の実験

3-1. 実験計画 チャンネル形状のプレキャストPC床版は施工事例は全くなく、実施施工に当たり技術資料が不十分なため、版特性の把握と安全性評価において合理性が強調されていなかった。そこで静的・動的実験をおこない、未だ高架橋への採用の妥当性を証明することとした。実験は、静的載荷試験3シリーズ及び動的疲労試験2シリーズの合計5シリーズ行った。

#### 3-2. 供試体

実験に用いた供試体の断面形状は本橋で採用する版と同様とした。供試体は橋軸方向版幅1500mm、厚さはリブ部で260mm、床版部で160mmとした。供試体の形状・寸法を図4に示す。床版支間方向はプレテンション方式で版1枚当たり165tfのプレストレスを導入した。緊張材はPC鋼より線1T12.4mm( $f_{pu}=16.300\text{ Kgf/mm}^2$ )を14本使用した。

橋軸方向はPC鋼棒 $\phi 26\text{mm}$ ( $f_{pu}=80,000\text{ Kgf/mm}^2$ )を用い、ポストテンション方式でプレストレスを導入した。コンクリートの設計基準強度は $f_{ck}=500\text{ Kg/cm}^2$ である。

#### 3-3. 静的載荷試験

##### (1) 単体版曲げ試験

実験概要——PC版単体としての正負曲げに対するひびわれ耐力及び静的破壊耐力を把握する目的から、床版支間2.2mで正曲げ5体(面載荷 $500 \times 200$ 3体、面載荷 $300 \times 120$ 1体、線載荷1体)及び、負曲げ2体(線載荷)の載荷実験を行った。

実験結果——表1に初期ひびわれ荷重及び破壊荷重に関する実測値と設計値・理論値との比較を示す。ここで、設計値とは設計計算に用いる値であり、理論値とは、今回の実験で使用した供試体の材料物理定数、導入プレストレス量を考慮したものである。計算は全断面有効なはりとして行った。

ひびわれ耐力は設計値(設計ひびわれ曲げモーメントに対する換算荷重)に対して1.20~1.85倍の耐力を有し、破壊耐力は設計値(設計破壊曲げモーメントに対する換算荷重)に対して1.27~1.52倍の耐力を有している。破壊は、正曲げ試験縦締め無し供試体を除いて、コンクリート上縁の圧壊による曲げ破壊であった。縦締め無し供試体では床版部押し抜きせん断破壊であり、曲げ破壊より約8tf低下した。このことから、縦締めプレストレスは押し抜きせん断力に対して、有効に抵抗していることが理解できる。

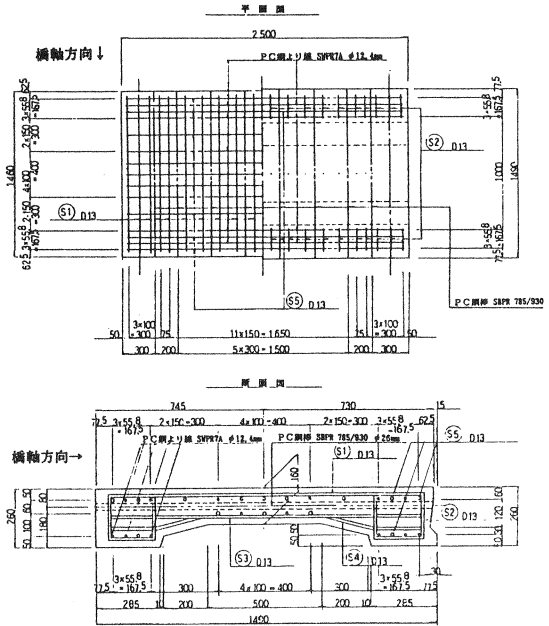


図4 供試体

表1 単体版曲げ試験実験結果

	載荷状態	No.	ひびわれ荷重				破壊荷重				破壊形態		
			実測値	設計値	比A	理論値	比B	実測値	設計値	比A		理論値	比B
正曲げ	面載荷 500×200	No.1	32.0	17.3	1.85	19.8	1.61	73.2	48.3	1.52	62.7	1.17	上縁圧壊
	面載荷 500×200	No.7	28.2	17.3	1.63	19.8	1.42	68.0	48.3	1.41	62.7	1.09	上縁圧壊
	面載荷 500×200 縦締無	No.10	(24.0)	17.3	(1.39)	19.8	(1.21)	(61.8)	48.3	(1.28)	62.7	(0.99)	押状せん断
	面載荷 300×120	No.2	30.0	16.5	1.82	18.9	1.59	61.4	46.0	1.33	59.6	1.03	上縁圧壊
負曲げ	線載荷	No.3	16.0	12.1	1.32	14.2	1.13	65.0	46.7	1.39	59.9	1.08	上縁圧壊
	線載荷	No.9	19.5	12.1	1.61	14.2	1.38	61.8	46.7	1.32	59.9	1.03	上縁圧壊
	線載荷	No.8	19.5	16.3	1.20	18.6	1.05	57.8	45.4	1.27	58.9	0.98	上縁圧壊

(注) 比A:実測値/設計値  
比B:実測値/理論値  
単位:tf

(2) 縦締めプレストレス量検討試験

実験概要――橋軸方向縦締めプレストレス量の変化に対して、床版としての特性・連続性の比較検討を行うため、供試体単体3体からなる連続版を用い、縦締めプレストレス量を次に示す3段階に変化させ実験を行った。1)  $\sigma_c=55\text{kgf/cm}^2$ 、2)  $\sigma_c=35\text{kgf/cm}^2$ 、3)  $\sigma_c=20\text{kgf/cm}^2$

実験結果――連続版として縦締めプレストレス量の違いによるたわみ性状及びひずみ性状の差異はなく、目地開き量も、縦締めプレストレス量  $\sigma_c=20\text{kgf/cm}^2$  で若干目地開口量が大きくなっているものの、 $\sigma_c=35\text{kgf/cm}^2$  と  $\sigma_c=55\text{kgf/cm}^2$  ではほぼ同様の値を示しており、縦締めプレストレス量の違いによる連続床版としての挙動の違いは明確には認められなかった。

(3) 連続版曲げ試験

実験概要――チャンネル形状PCプレキャスト床版は目地部施工後、縦締めプレストレスにより連続版となる。連続版としての挙動及び、ひびわれ耐力・静的破壊耐力を把握する目的から、供試体3体を連続版とし床版支間2.2mで、中央供試体の支間中央に面載荷(500×200mm)を行った。

実験結果――図5に連続版曲げ試験ひびわれ状況を示す。可視ひびわれは設計輪荷重の約4倍の  $P_c=38\text{tf}$  で、載荷板直下で発生した。その後、3枚の版にわたるひびわれ網が形成された。床版支間方向コンクリート上縁ひずみは供試体No.5を中心にその両わきの供試体でほぼ対称のひずみ分布を示している。他の測定箇所(コンクリート下縁、鉄筋)においても同様であった。これは単体版3体が連続構造をなし、ほぼ同様の応力伝達をなしたと考えられる。

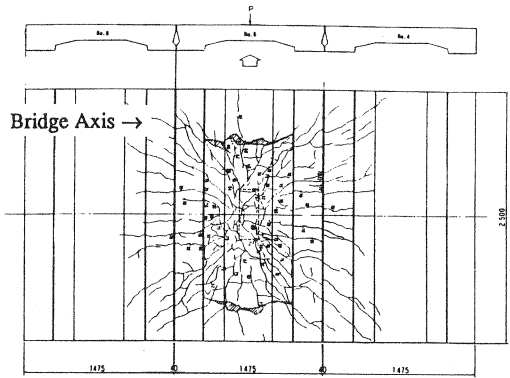


図5 連続版曲げ試験ひびわれ状況

破壊形態は押し抜きせん断破壊(終局荷重  $P_u=124\text{tf}$ )であった。終局耐力は単体版と比較して約1.7倍になる。

単体版を目地部施工後縦締めを行い連続床版とすることによって、ひびわれ耐力、破壊耐力共、単体版より大きくなることが確認できるため、単体版全断面有効として曲げに対しての設計を行えば、床版の安全性は十分確保できる。

3-4. 疲労試験

実験概要――プレキャスト床版は、版と版の接合目地部が弱点となる可能性がある。接合目地部の疲労耐久性を検証する目的から、単体版2体を連続版とし疲労実験(連続版疲労試験)を行った。更に、水張り載荷を行い、水に対する抵抗性を調べることにした。本チャンネル形状プレキャストPC床版では床版部が16cmと薄いため、この部分の疲労強度が必要とされるので単体版を中央に置き、この薄い部分のせん断振幅が最大になるようにして疲労実験(単体版疲労試験)も実施し、疲労強度評価することにした。

連続版疲労実験では、乾燥状態100万回の繰り返し走行載荷を行い、その後床版上面に1cmの水を張り50

万回の疲労実験を行った(写真1)。支間2.2mで載荷荷重は12tfとした。単体版疲労実験では、単体版の両側にリブ部と同じ高さのPC版を設置し、載荷は12tfで50万回行った。

輪荷重走行試験機——道路橋での活荷重による疲労性状を検証するためには、実際の輪荷重走行の影響をできるだけ忠実に再現できる試験装置の使用が望ましい。本疲労実験は大阪大学工学部松井繁之教授が考案された輪荷重走行試験機を使用した。輪荷重走行試験機の概要を図6に示す。本機の能力は次のとおりである。 載荷能力：100~300N、荷重移動範囲：床版中央より±100cm、載荷幅：12cm×30cm 走行速度：112m/min(28往復/min)、 車輪の径と幅：50cm、30cm

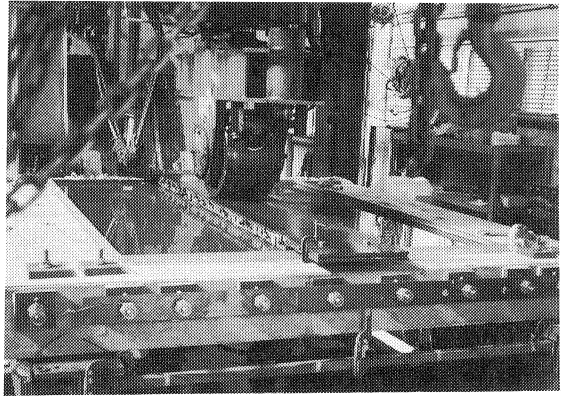


写真1 連続版疲労試験(水張り状態)

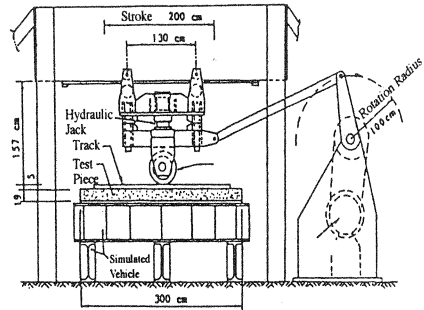


図6 輪荷重走行試験機

実験結果——連続版疲労実験では、乾燥状態における100万回の疲労試験終了時に至るまで、目視によるひびわれは全く発生しなかった。さらに、水張り状態での50万回の走行試験においても最後まで床版下面での漏水は見られなかった。無収縮モルタルによる目地充填は問題は無いと云える。コンクリート及び鉄筋のひずみは、繰り返し回数を重ねても変化がみられなかった。図7に鉄筋ひずみ—サイクル関係の結果を示す。

単体版疲労実験では、CPC床版の床版部は16cmと薄い構造になっているが、活荷重振幅が最大となる中央部でも連続版と同様にひびわれの発生はなく健全な状態であった。コンクリート表面ひずみ、鉄筋ひずみとも、載荷初期から載荷終了までほとんど変化は無く、疲労耐久性は充分あることが確認できた。

#### 4. プレキャストPC床版の製作

プレキャストPC床版部材の製作は、現場施工に先だって部材製作を行いストックする必要がある。天候に無関係で計画製作が可能である事、製品として信頼性が高い事、現場への運搬が可能である事等を考慮し、大阪府内のJIS表示許可工場をPC部材製作場所とした。

工場におけるプレキャスト床版の製作内容は、上り線：版長11.307m×版幅1.490m×73枚、下り線：版長11.577m×版幅1.490m×73枚、版厚は160mm~260mm、全製作重量1318.4tfであった。

製作方法は400tfベンチ(ロングライン)2条を使用し、各ベンチに型枠3基を使用した。鉄筋はベンチ作業とは別に仮組立大組を行い、PC鋼材(1T15.2mmA種)を前もって大組した鉄筋内に配置し、一括して製作ベンチに配置する方法をとった。PC鋼材はカップラジョイントを用いて3基を一体化した。ベンチ工程サイクルは3日で2ベンチのコンクリート打設であった。

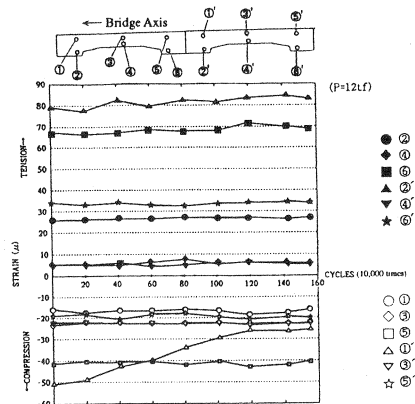


図7 鉄筋ひずみ—サイクル曲線

5. 現場施工

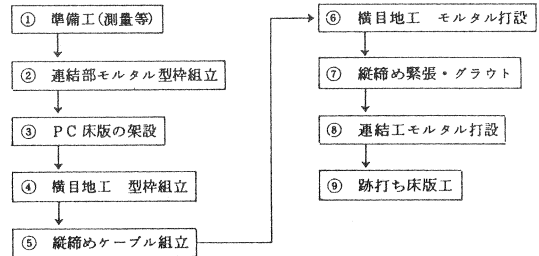
5-1. 末広高架橋

関西空港自動車道末広高架橋(大阪府泉佐野市)は阪和道と関西国際空港を結ぶ連続高架橋の一部であり、5主桁を有する鋼3径間連続鈹桁橋6連から成っている。末広高架橋のP87~P90径間は南海本線を跨ぐ橋梁であるが、橋長113.9m(支間:37.4m+41.5m+34.15m)、上り線幅員11.305m、下り線幅員11.575mを有している。現場状況(都市部工事、鉄道営業線上)から、現場施工の省力化、特に急速施工と安全性を考慮し、末広高架橋P87~P90径間の上下線床版にチャンネル形状のプレキャストPC床版を採用した。プレキャスト床版の施工面積は2600㎡であった。

5-2. CPC床版の現場施工

(1) 施工順序

CPC床版の施工順序を図8に示す。工場製作したプレキャストPC床版をトレーラーにて現場へ搬入し、160トン吊りトラッククレーンを用いて橋梁下の地上より架設を行った(写真2)。目地工、緊張工、連結工等現場施工を行い連続床版を構築した。



(2) CPC床版の架設

架設は鉄道営業線上の1径間を夜間架設、側径間の2径間を昼間架設で行った架設機械は160トン吊りトラッククレーンを用いた。架設は昼間実働8時間でPC床版24枚、夜間実働4時間でPC床版15枚の架設が可能であった。片側車線PC床版73枚を4日間で架設することができた。

高さ調整は、PC床版に工場製作時に取り付けた高さ調整用ボルトにより行った。ほぼ正確に計画高を確保することができた。

(3) 無収縮モルタルの施工

目地部及び、連結部のはプレミックスタイプの無収縮モルタルを使用した。無収縮モルタルの打設は無収縮モルタル打設専用の機械設備を用いて行った。配合・品質管理の面で信頼がおけ、ポンプ打設のため打設速度が早く現場施工の省力化につながった。

(4) 連結部モルタル型枠

連結部モルタルの型枠には、次に示す条件を満たすものとして、弾性シーリング材・ネオプレンゴム合成の型枠を用いた(写真3)。型枠選定条件は、

- ①鋼桁とPC床版の不陸を吸収できるもの、
- ②埋め殺し型枠としての耐久性・耐候性を有するもの、
- ③縦締め緊張時床版の弾性変形を妨げないもの、
- ④施工性・安全性を考慮し、軽量で取り付けが簡単なもの、等であった。

(5) 橋軸方向縦締めプレストレストレッシング

チャンネル形状のPCプレキャスト床版は、鋼桁との面タッチが従来のプレキャスト床版と比べて半減しているため、橋軸方向縦締めプレストレス導入時、床版と鋼桁との摩擦抵抗が少ないと予想でき、所定

図8 CPC床版施工順序

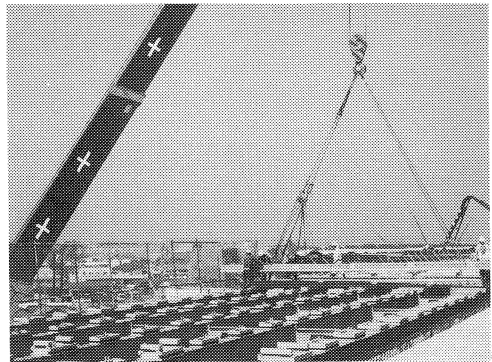


写真2 プレキャスト床版の架設

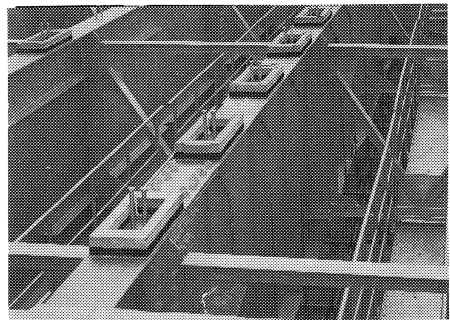
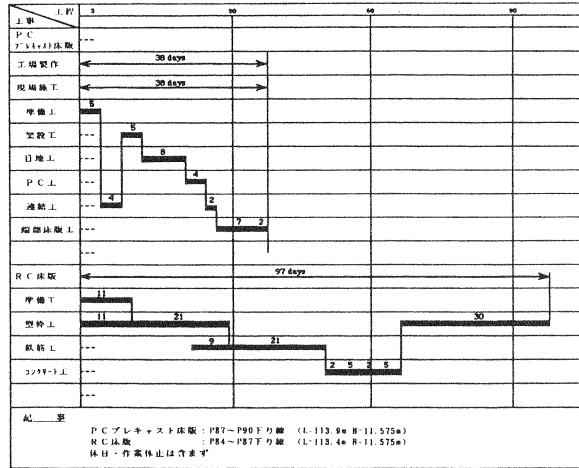


写真3 連結部モルタル型枠

のプレストレス導入完了までの期間が従来のものと比べて短いと考えられた。今回の施工において、現場で縦締めプレストレス導入量を測定した。導入量は、床版の弾性短縮量及び床版コンクリートのひずみを導入時から時間経過を追って測定した。結果、縦締め緊張作業完了後約1日で所定のプレストレス量の導入が確認できた。

表2 C P C床版とR C床版の工程比較



## 6. C P C床版とR C床版との比較

### 6-1. 現場施工工程

表2に在来のR C床版と今回のC P C床版の現場工程の比較を示す。R C床版と比較して約1/3の日数で現場施工が可能となる。尚、工程には休日・作業休止等の日数は含まれていない。

### 6-2. 現場従事労務数

末広高架橋でのプレキャストP C床版の現場従事延べ労務数は609人工となり、同規模のR C床版の現場従事延べ事労務数は1942人工となった。単純に労務数比較を行えば、C P C床版はR C床版と比較して約1/3の労務数となり、C P C床版は現場施工の省力化に対して有効であると言える。

## 7. まとめ

チャンネル形状のP C床版の安全性・信頼性評価のため、系統だった一連の実験を実施した結果、本床版は非常に大きな耐荷力を有するとともに、耐久性も満足するものであることが確認できた。

末広高架橋において、C P C床版の工場製作及び現場施工は特に問題はなく、現場の省力化、急速施工が可能となり、現場施工時の安全性も実証できた。R C床版と比較して、チャンネル形状プレキャストP C床版の現場施工における工期は約1/3、延べ労務数も約1/3となった。

今回の末広高架橋におけるチャンネル形状のプレキャストP C床版の適用は、R C床版でも適用可能な支間での採用であったが、P C部材としてのメリットを考えると、長い床版支間への適用、つまり3主鈎桁あるいは2主鈎桁への適用が考えられる。現在、上部工トータルとしての構造及び経済性を考慮し、C P C床版の長支間への適用を検討中である。

最後に、大阪大学松井教授をはじめ、この業務に携わっていただいた関係者の皆様に深甚の謝意を表すとともに、今後この資料がプレキャストP C床版に関する研究の参考になれば幸いです。

## 参考文献

1. 前田・松井：鉄筋コンクリート床版の押し抜きせん断耐力の評価式 土木学会論文集第348号/V-1、1984年8月
2. 中井博：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工 森北出版 1988年
3. 松井：床版損傷に対する水の振舞い 第43回年次講演会、P S I - 3、昭和63年
4. 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編 平成2年2月
5. 阪神高速道路公団、阪神高速道路管理技術センター：道路橋R C床版のひびわれ損傷と耐久性、平成3年12月