

# 羽田ランプ橋のPC床版の施工と PC高欄の実験

## CONSTRUCTION OF THE PRECAST SLABS OF HANEDA RAMP BRIDGES AND IMPACT LOADING TEST ON THE PRECAST CONCRETE RAILING



谷岸 淳一<sup>1)</sup>



奥原 光<sup>2)</sup>



佐古 喜久男<sup>3)</sup>

### SYNOPSIS

The present report gives the outlines of the construction of the precast concrete slabs of a series of bridges located near the tunnel of the Route-1 of the Haneda-line Expressway, administrated by the Metropolitan Expressway Public Corporation. With a total length of 314m, part of which in curve, the series of bridges were composed by three-span continuous bridges and a 10-span continuous bridge. To reduce the construction time, PPCS construction method for precast slabs was applied, as well as precast concrete railings. At the supports, to resist the negative bending moments, prestress was applied at the factory and afterwards, at the construction site, a second prestress was applied by means of PC strands, to prevent cracks in the slabs. In addition, experiments on the static behavior and impact resistance of the precast concrete railing confirmed its strength.

### 1. まえがき

江戸前の東京湾があったころ、ノリや貝養殖の漁師町に始まり、後に軽工業の工場町へと発展した「羽田」も、今では東京の空の玄関として、ラッシュ時には1分間隔で離発着を繰返す大空港の代名詞となっている。

今回の工事は、都心へ向う首都高速道路の羽田トンネル付近の慢性的な渋滞の解消に対する緊急改良工事の一環として、首都高速道路公団湾岸線建設局にて計画・発注された。

本報告では、森ヶ崎側工区約310mの区間で用いられたPPCS床版(以下、PC床版)の工事およびプレキャスト高欄の衝撃破壊実験の概要を述べる。

### 2. 工事概要

PC床版を用いた橋体は、3径間連続H鋼桁3連と10径間

連続H鋼桁1連である。また、下部構造においてもPHC杭を脚柱とし、プレキャストブロック化した横梁を用いて杭頭処理を行うなど急速施工のための方法が採用されている。現場は、供用路線と近接しているため、架設などの作業は仮設棧橋側より行った。

施工概要を表-1に示す。

表-1 工事概要

工 事 名	羽田トンネル付近改良(その1-3)高架橋床版新設工事		
路 線 名	高速1号羽田線		
工 事 個 所	東京都大田区大森南5丁目		
工事区間延長	l=311 m		
橋長および支間	3径間連続H鋼桁	(14.0m+16.5m+16.5m)	1連
	3径間連続H鋼桁	(16.5m+16.5m+16.5m)	2連
	10径間連続H鋼桁	(10@16.5m)	1連
幅 員	車道有効幅員 4.75m		
橋 の 等 級	一等橋 (TL-20)		
床 版 厚	18cm (床版支間 l=1.85m)		
工 期	平成元年8月1日~平成2年3月8日		

1) 日本ハイブリッド工業㈱ 技術部次長 技術士(建設部門) Junichi TANIGISHI

2) 日本ハイブリッド工業㈱ 技術部工事係長 Akira OKUHARA

3) 日本ハイブリッド工業㈱ 取締役技術部長 Kikuo SAKO

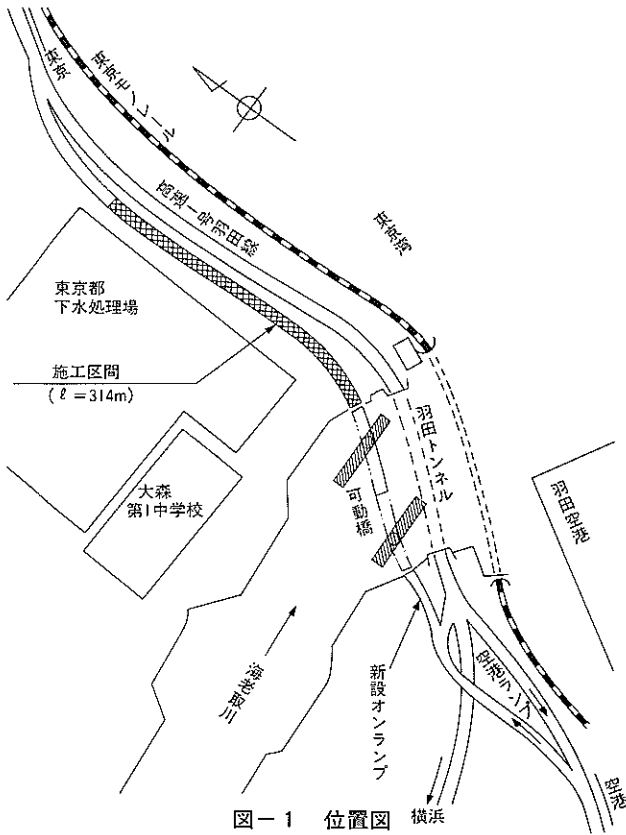


図-1 位置図

### 3. プレキャスト製品の製作

PC床版およびプレキャスト高欄（以下、PC高欄）は、オリエンタルコンクリート㈱（現：オリエンタル建設㈱）関東工場（栃木県真岡市）にて製作した。

プレキャスト高欄は景観上の配慮から公団の標準とは異った特別な断面形状（図-3）を有しているため、地覆の立上りと化粧部分はPC床版と一体化して工場で製作を行った。

また、PC高欄には、防音壁や防護柵の支柱用アンカーボルトが埋設されている。

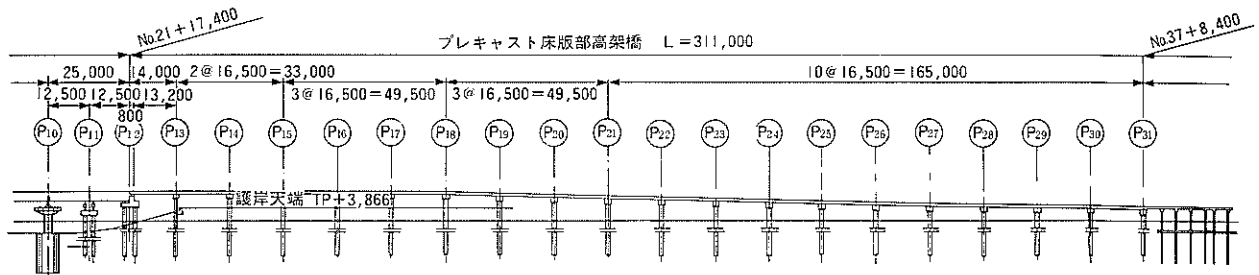
図-4には、PC板の製作フローを示す。

### 4. 現場施工

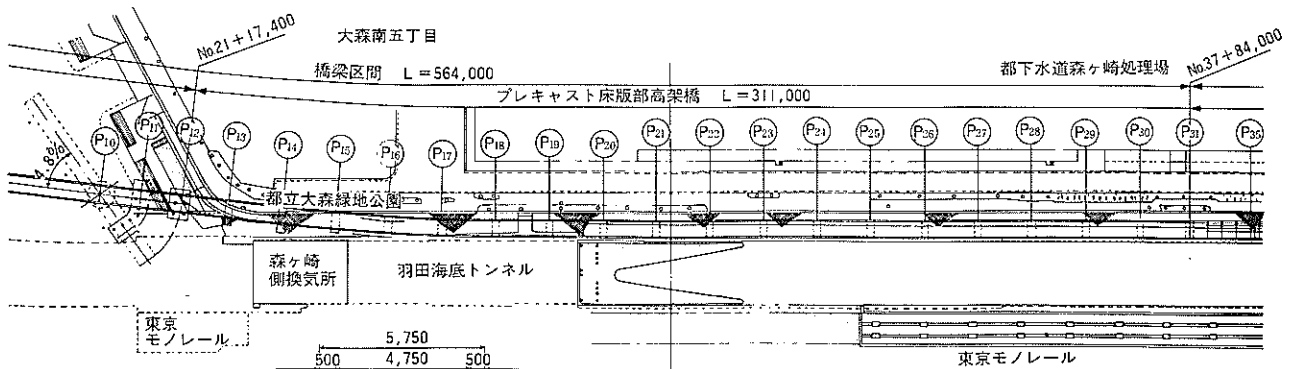
#### 4.1 PC床版の架設

PC床版は、仮設棧橋上から25 t吊クレーンにより順次架設を行った（写真-1）。架設に先立ち、鋼桁のハンチプレートの上にPC床版のピッチ割りをマーキングするとともに、グラウト材の漏れ防止用テープを貼り付けた。なお、PC床版には、架設専用の吊り金具（Dehaアンカー）を製作時に埋設している。

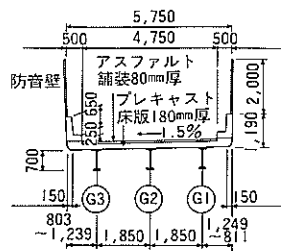
PC床版は、橋軸方向に対してはマーキング位置に合わせ、橋軸直角方向に対してはPC鋼線挿入用の孔にズレが生じないように微調整を行いながら据付けた。PC床版間の継目部分



(a) 側面図



(b) 平面図



(c) 断面図

図-2 一般図

(目地部)には、図-6に示すようにスポンジテープおよびリングワッシャを取り付けた。

4.2 PC鋼線の挿入

10径間連続桁(橋長約165m)では、PC鋼線の自重が重く人力によるシース内への挿入が困難となるため、回転台お

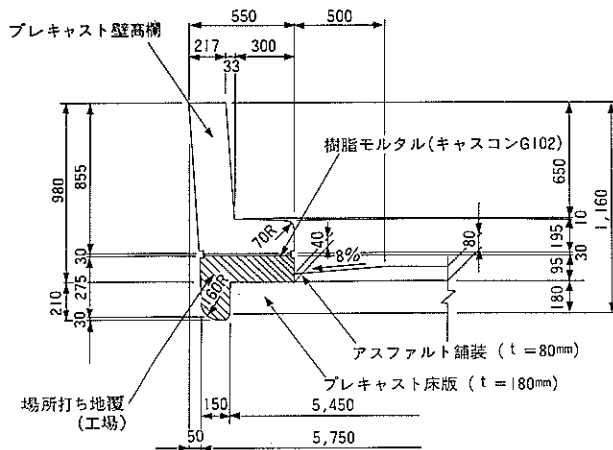


図-3 PC高欄の形状・寸法

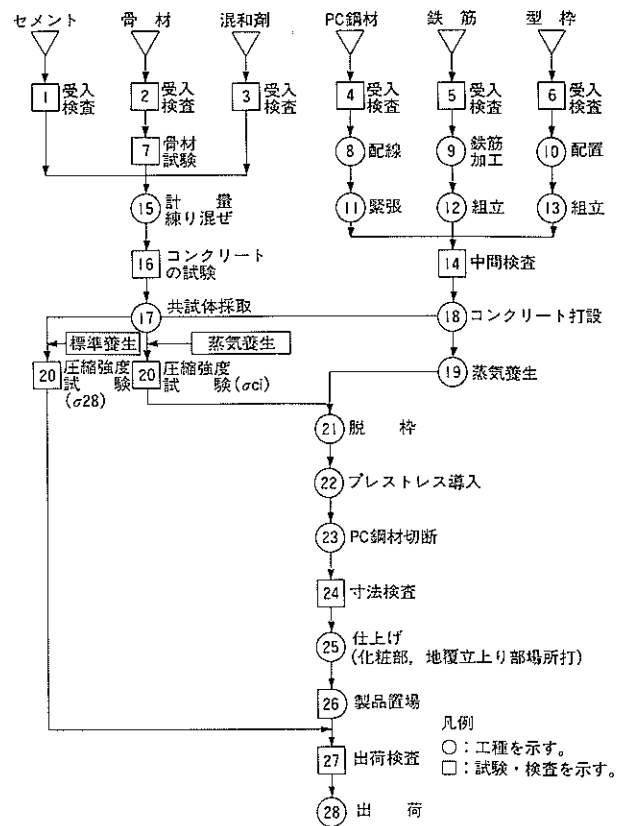


図-4 PC板の製作フロー

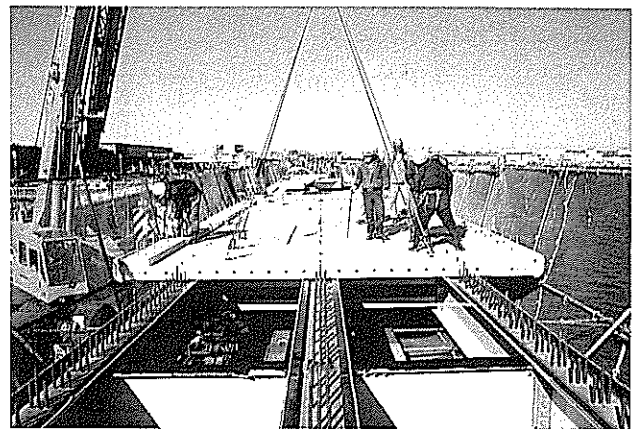


写真-1 PC板の架設

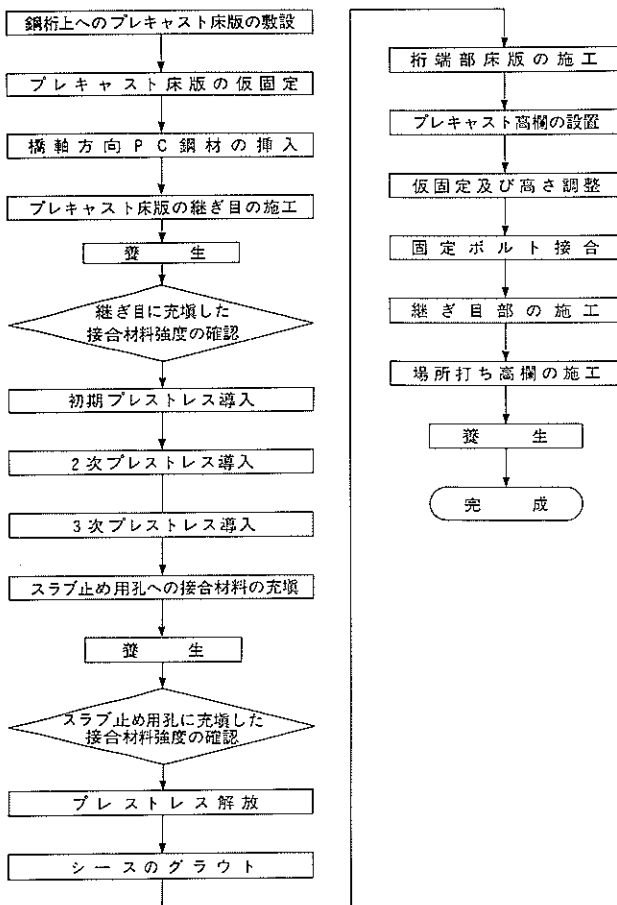


図-5 PC床版の施工手順

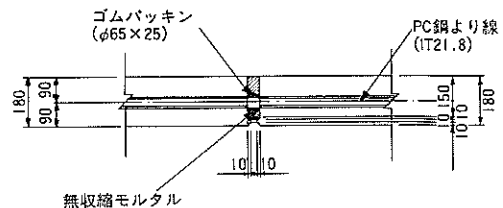


図-6 PC板間の継ぎ目の詳細

よびリードワイヤーを使用してウィンチによりPC鋼線の挿入を行った(写真-2)。

3径間連続桁では、PC鋼線を水平に展開して人力により挿入した。

#### 4.3 目地部のグラウト工

PC鋼線を挿入した後に、無収縮モルタルの充填を行った(写真-3)。

#### 4.4 緊張工

目地部のグラウト材料の圧縮強度が所定の強度に達していることを確認した後、PPCSジャッキを用いてプレストレスの導入を行った。その際、PC鋼線の緊張は、断面中央のものから順次対称に外側へと進めていった。プレストレスの導入は、3段階に分けて所定の張力に達するように施工した(写真-4)。

プレストレス導入力の管理は、PC鋼線の伸び量および油圧ポンプの圧力計の示度を確認することにより行った。

#### 4.5 ジベル孔のグラウト

PC床版へのプレストレス導入が完了した後に、無収縮モルタルをシベル孔に充填し、鋼桁との結合を行った(写真-5)。

#### 4.6 プレストレス解放工

ジベル孔へ充填したグラウト材料の圧縮強度が所定の強度に達していることを確認し、導入時とは順序を逆にしてプレストレスの一部分解放を行った。その際、プレストレスの解放力は、導入時と同様にPC鋼線の伸びと圧力計の示度にて管理した。

#### 4.7 PC高欄工

PC高欄の架設は、PC床版と同様に、仮設棧橋上より自走クレーンで行った。そして、有効幅員、計画高さ、および仕上がり等に留意して設置し、アンカーボルトによりPC床版に固定した。最後に、PC高欄とPC床版との継目部にエポキシ樹脂モルタル(キャスコン-G)を充填した。

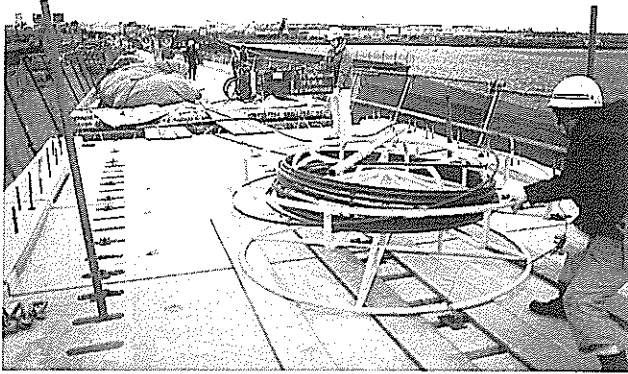


写真-2 PC鋼線の挿入

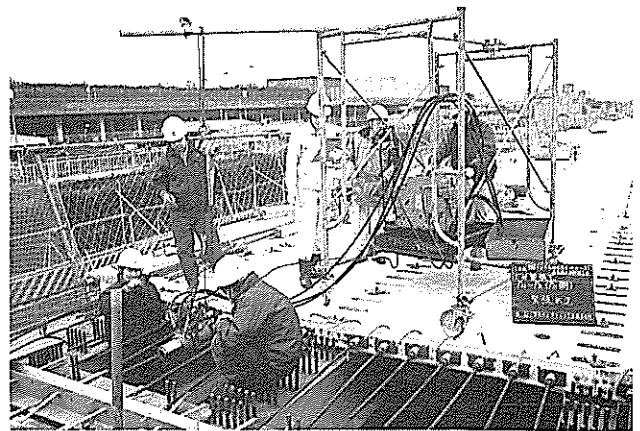


写真-4 プレストレス導入状況



写真-3 継目の施工



写真-5 ジベル孔モルタル注入

4.8 実施工程

一連の現場作業の実働工程は、表-2に示すとおりである。高欄をプレキャスト化したことにより、一層の工期短縮を図ることができた。したがって、床版および高欄のプレキャスト化が、極めて重要な役割を占めるかが理解されよう。さらに、作業員の特別な技量を不要とする省力化・合理化という命題に対しても重きをなすものであることが結論付けできよう。写真-6には完成状況を示す。

表-2 実施工程

作業項目		日数							
		5	10	15	20	25	30	35	40
PC 版	PC版架設	[5日～10日]							
	PC鋼線挿入	[10日～15日]							
	目地部グラウト	[15日～20日]							
	緊張工	[20日～25日]							
	ジベル孔グラウト	[25日～30日]							
	応力調整工	[30日～35日]							
	シーす管グラウト	[35日～40日]							
PC 高 欄	PC高欄架設	[20日～30日]							
	水平目地グラウト	[25日～35日]							
	継目地等シール工	[30日～40日]							

(注) 休日、荒天日を含まない実働日数

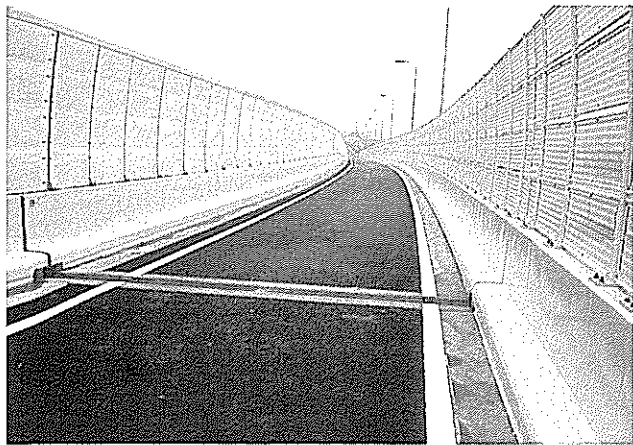


写真-6 完成状況

5. プレキャスト高欄の衝撃破壊実験

5.1 実験の目的

PC高欄は、高欄本体の構造やPC床版との接合法に関して種々の検討を加えて設計しているが、風荷重や衝突荷重に対する実際の挙動や耐荷力等も確認しておくことが重要である。

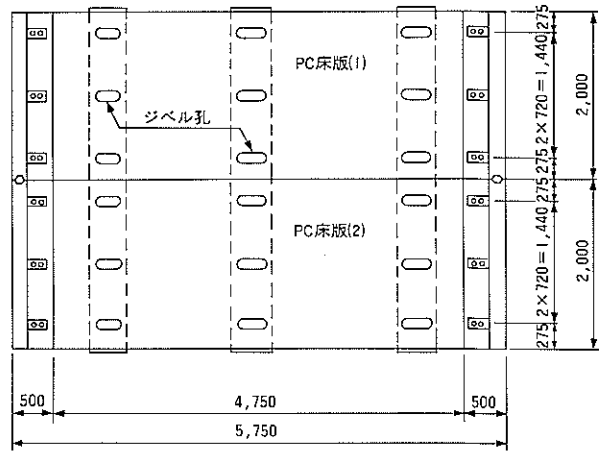
そこで、実物大の供試体を製作・組立て、静的な水平荷重に対するプレキャスト高欄とプレキャスト床版との接合部における開閉挙動、および、衝突荷重に対する耐荷力を調べることにした。プレキャスト高欄は、プレキャスト床版にあらかじめ埋め込まれたアンカーボルトによって固定される構造になっているが、接合部に充填される材料とし

ては、無収縮セメントモルタルおよび接着特性に優れたエポキシ樹脂モルタルが考えられた。したがって、これらの接合用充填材料の差異が、上述の水平荷重に対する挙動にどのような影響を与えるのかを確認し、実際の工事に使用する材料選定のための資料とすることとした。また、高欄は、衝突荷重に対しても十分な耐荷力を有していなければならない。とくに、プレキャスト高欄とプレキャスト床版との接合部が構造上の弱点とならないことも確認することとした。そこで、上述の供試体を用いて、プレキャスト高欄部分に自由落下により重すいを衝突させて衝撃荷重を与え、衝撃破壊荷重を確認するとともに、破壊場所、破壊パターンおよび損傷状況等を調べるものとした。そして、これらの実験結果から、今回採用したプレキャスト高欄の衝撃荷重に対する安全性を確認することとした。

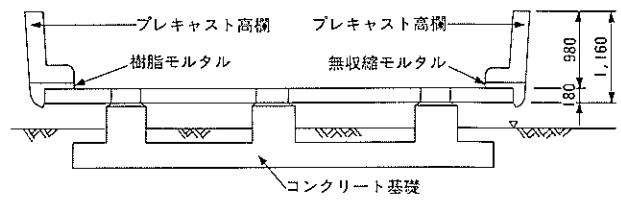
5.2 実験方法

(I) 供試体

図-7には、供試体の概要を示す。まず、プレキャスト床版としては、実橋と同じ形状・寸法のパネル(幅2.0m、長さ5.75m、厚さ18cm)2枚を、9本のPC鋼棒を用い、コンクリートの応力で30kgf/cm<sup>2</sup>の橋軸方向プレストレスを導入して一体化した。そして、コンクリート製の基礎の上に実橋と同じ床版支間となるように固定した。



(a) 平面図



(b) 断面図

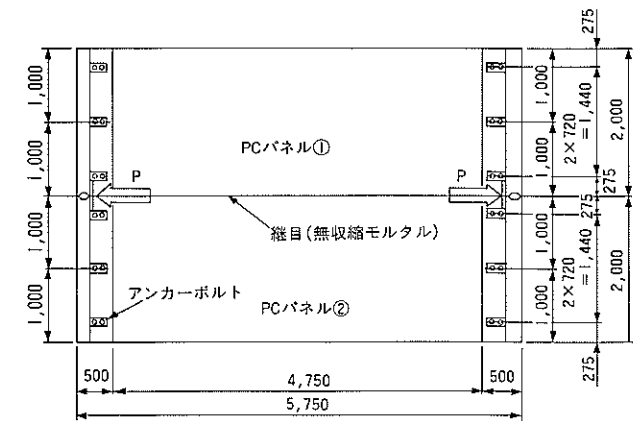
図-7 実験供試体の概要



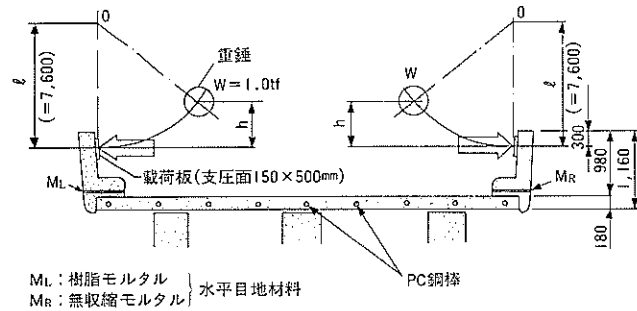
(3) 衝撃破壊実験

a) 載荷方法

衝撃荷重は、図-10に示すように、重量1.0tfの球形の重すいをクレーンで2点吊りし所定の高さまで吊りあげ、振り子方式によって与えることとした。衝突位置は、プレキャスト高欄間の継目部とした。また、PC床版上面から68cm上方の位置（高欄天端から30cm下方）に、写真-8に示すよ



(a) 平面図



(b) 断面図

図-10 衝撃破壊実験の概要

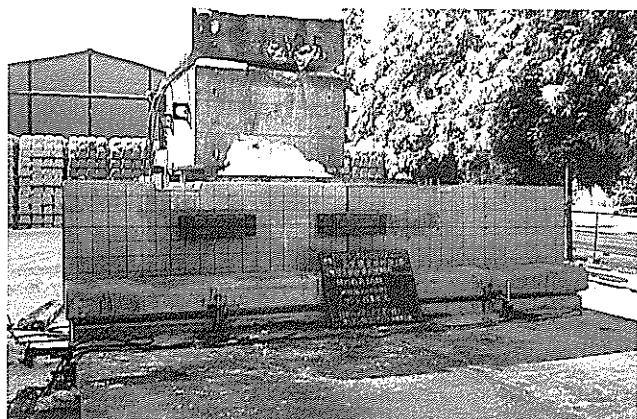


写真-8 載荷板の取付状況

うな載荷板を取付けて、衝撃荷重が分布するようにした。その際、荷重の分布幅は、文献2)を参照にして150x500mmとした。

重すいの落下高さは、下記の静的水平荷重、ひずみエネルギーを考慮して定めた。

- ① 1m当り2.0tfの水平荷重による高欄および床版張出し部のひずみエネルギー
- ② 静的水平荷重50tfによる高欄部のひずみエネルギー
- ③ 静的水平荷重50tfによる高欄および床版張出し部のひずみエネルギー
- ④ 静的水平荷重100tfによる高欄および床版張出し部のひずみエネルギー
- ⑤ 静的水平荷重150tfによる高欄および床版張出し部のひずみエネルギー

表-4には、重すいの落下高さ、位置エネルギーおよびこれらの位置エネルギーに対応する水平荷重強度（以下、相当荷重という）を示す。重すいの衝突は、破壊に至るまで落下高さを順次上げていくこととした。

写真-9には、衝撃破壊実験の状況を示す。

b) 計測項目および方法

本実験では、下記の項目について調査した。

表-4 衝突荷重条件

載荷No.	相当荷重 (tf)	落下高さ (cm)	位置エネルギー (tm)
1	8	14.9	0.15
2	50	25.5	0.26
3	50	93.4	0.93
4	100	186.8	1.87
5	150	280.2	2.80



写真-9 衝撃荷重載荷状況

- ① ひびわれの発生、進展状況の調査：高欄の表面に10cm角のマスを描いておき、各載荷ごとに発生したひびわれを記録した。また、接合部の変状についても観察を加えた。
- ② コンクリートの飛散量の測定：衝撃荷重を与える度に、飛散ったコンクリート片を集めて、その重量を計測し損傷度合いの一指標とした。
- ③ 破壊荷重および破壊パターンの調査：高欄が最終的に

破壊したときの位置エネルギーおよび破壊パターンを調べた。

5.3 実験結果とその考察

(1) 静的載荷実験結果とその考察

図-11~12には、プレキャスト床版とPC床版との接合部における荷重と開閉量との関係を示す。これらの図から、まず、無収縮モルタル接合部では、1回目の載荷において荷重が4tfを越えるあたりから、高欄外側の接合部の開き

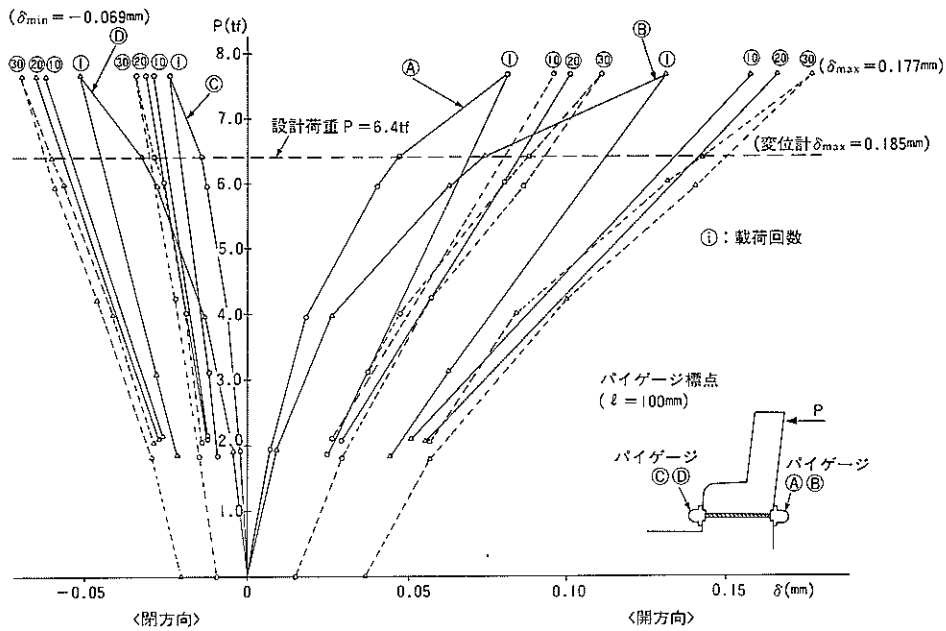


図-11 荷重-接合部開閉量関係（無収縮モルタル接合部）

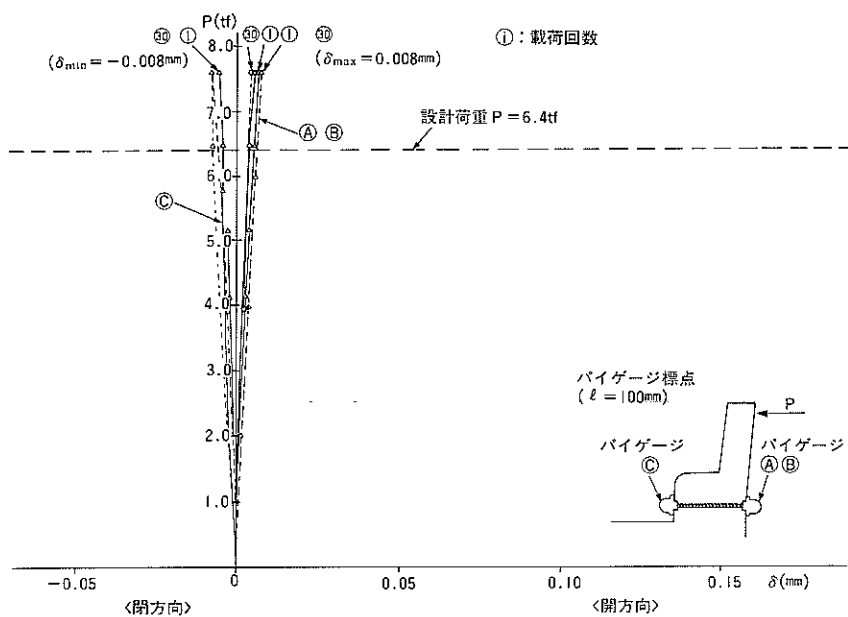


図-12 荷重-接合部開閉量関係（樹脂モルタル接合部）



量が急増していることがわかる。このような傾向は、圧縮側の接合部でもみられ、荷重に対する直線性が低荷重の段階から失われていることがわかる。また荷重を繰返す度に、開閉量が徐々に増大しており、30回繰返し載荷後の最大開き量は、0.176mmに達している。

一方、樹脂モルタル接合部では、荷重と開閉量とは常に直線関係を保持していることがわかる。また、30回の繰返し載荷後、荷重を徐荷した場合には、開閉量は0となり、完全にもとの状態に復元していることがわかる。さらに、樹脂モルタル接合部の開閉量は、無収縮モルタル接合部のそれに比べて著しく小さく、最大荷重7.7tfに対して0.008mmとなっていることがわかる。

つぎに、図-13には、代表的な荷重に対する開閉量の分布を示す。この図からも、接合部に使用した材料の差異がみられる。すなわち、無収縮モルタルの場合には、水平荷重に対する接合部の回転中心が圧縮側に偏心しており、引張り側では、もはや水平荷重に伴う曲げに抵抗できなくなっているものと考えられる。樹脂モルタル接合部では、回転中心の偏心はみられず、引張り側も曲げに伴う引張応力を負担しており、ひびわれ等は発生していないものと考えられる。

以上のことから、無収縮モルタル接合部では、比較的低

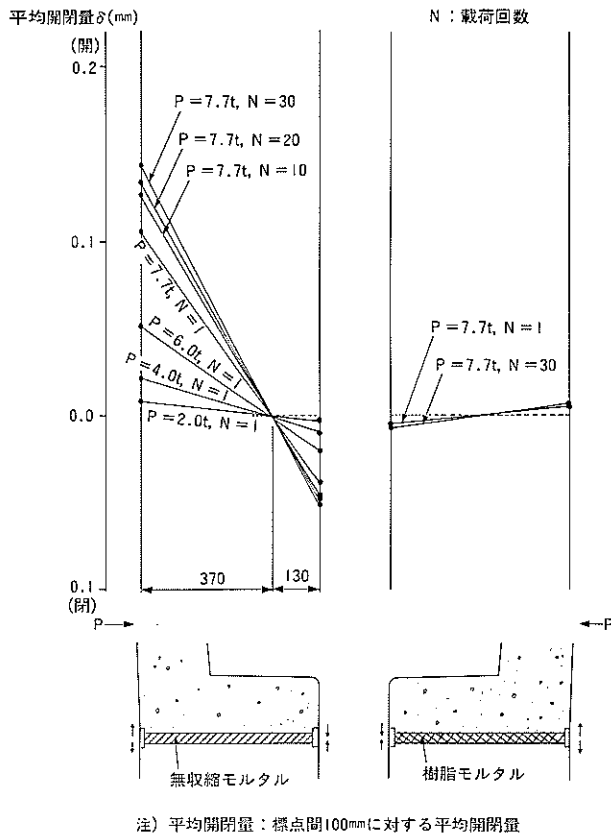


図-13 接合部における開閉量の分布

荷重の段階でコンクリートとモルタルとの境界面あるいはその近傍において、はく離あるいはひびわれが生じた可能性が非常に高いものと考えられる。

一方、樹脂モルタルの接合部においては、最大荷重7.7tfを30回繰返し載荷した後も弾性挙動を呈しており、ひびわれ等は発生していないものと考えられる。

(2) 衝撃破壊実験とその考察

表-5には、実験結果の概要を示す。また、図-14~15には、ひびわれの発生・進展状況および損傷状況を示す。これらの表および図から、実験供試体は、位置エネルギー  $E_u = 2.8 \text{ t m}$  で高欄の壁部がせん断破壊し、プレキャスト高欄とPC床版との接合部においては、破壊に相当するような

表-5 衝撃破壊実験結果の概要

接合材料	載荷No.	載荷位置	荷重条件		破損状況	コンクリート飛散量
			相当荷重	位置エネルギー		
樹脂モルタル	1	継目	8 tf	0.15tm	損傷なし	0
	2	//	50 //	0.26 //	・壁継目シアキー部にクラック発生	0
	3	//	50 //	0.93 //	・壁部(内、外)にせん断ひびわれ発生	0
	4	//	100 //	1.87 //	・上記ひびわれ進展 ・新たなひびわれも発生	0
	5	//	150 //	2.80 //	・壁部が押拔せん断破壊	7.10kg
無収縮モルタル	1	継目	8 tf	0.15tm	・壁継目シアキー部にクラック発生	0
	2	//	50 //	0.26 //	・壁部(内面)にせん断ひびわれ発生(2本)	0
	3	//	50 //	0.93 //	・壁部・内外面にせん断ひびわれ発生・進展	0
	4	//	100 //	1.87 //	・地覆部にもひびわれ発生 ・一部コンクリート飛散	0.13kg
	5	//	150 //	2.80 //	・壁継目部せん断破壊(シアキー部破壊)	23.10kg

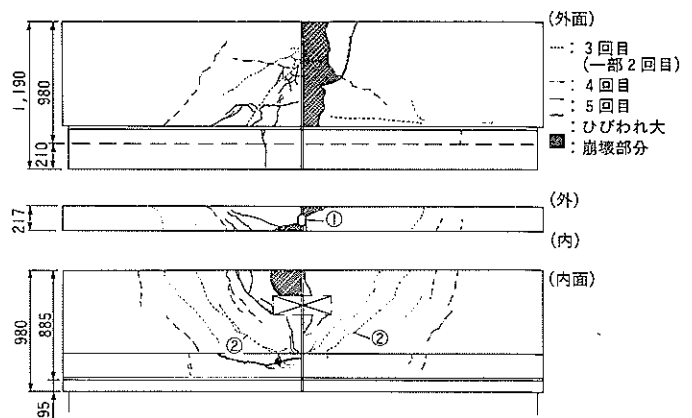


図-14 プレキャスト高欄の損傷状況(無収縮モルタル接合)

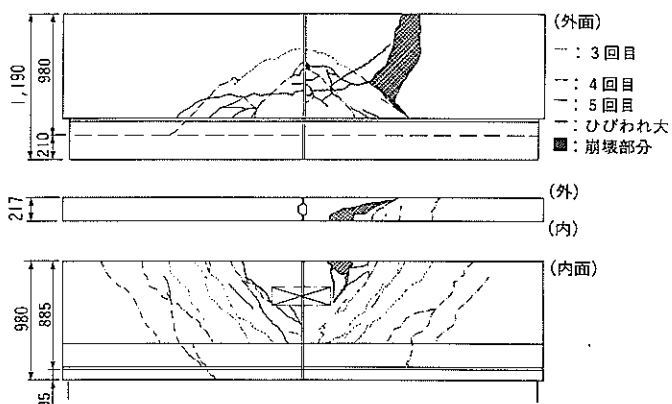


図-15 プレキャスト高欄の損傷状況（樹脂モルタル接合）

損傷は生じていないことがわかる。したがって、せん断が支配的となる衝撃荷重に対しては、上述の接合部は、無収縮モルタルの場合も樹脂モルタルの場合も十分な耐力を有しているものといえよう。

また、損傷は、無収縮モルタル接合部のほうが若干早く進んだが、これは、上述の静的載荷実験でも明らかのように、接合部の曲げに対する耐力が樹脂モルタルに比較して小さいことも影響しているものと考えられる。

なお、無収縮モルタルで接合した場合には、プレキャスト高欄ブロック間のせん断キ一部から破壊が生じたが、これは、衝撃荷重の偏心あるいはブロック間の損傷進行度合いの差異等が影響しているものと思われる。

写真-10～11には、供試体の損傷状況を示す。

5.4 まとめ

以上の実験の結果、下記の諸点が明らかになった。

- (1) 風荷重を想定した水平荷重に対して、無収縮モルタル接合部の外側（引張り側）には最大で0.176mmの開きが生じており、コンクリートとモルタルとの境界面のはく離、あるいは、ひびわれの発生した可能性が非常に高いものと考えられる。
- (2) 一方、樹脂モルタル接合部では、引張り・圧縮側ともにほとんど変位を生じず、また繰返し載荷に対しても変化がみられなかった。したがって、風荷重を想定した水平荷重に対しては、十分な耐力を有しているものと考えられる。
- (3) 衝撃荷重による破壊は、プレキャスト高欄とPC床版地覆部との接合部では生じず、高欄の壁部で生じた。したがって、上述の接合部は、衝突荷重に対して十分な耐力を有しているものといえよう。

6. あとがき

「高速道路に日本で初めての可動橋」というニュースに隠されているが、床版・高欄のプレキャスト化を図った工事として日本の土木工事史上、特筆すべき事例であるとともに、現在の建設工事が直面する現場施工の合理化、省力化の問題に対しても先進的な施工実績であると自負するも



写真-10 損傷状況（樹脂モルタル側）

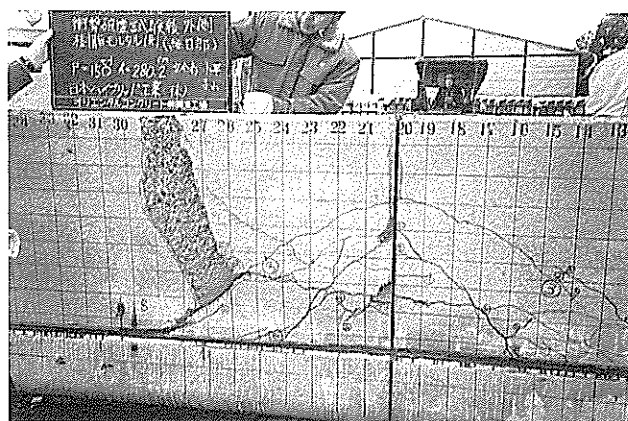


写真-11 損傷状況（樹脂モルタル側）

のである。約1800㎡の大規模工事は、国内はもとより世界的にも例が少ない。急速施工の実績もさることながら、PPCS床版による耐荷力や耐久性の飛躍的向上を考えると、単なるプレハブ化でない高耐久性、高品質を保持した製品としての位置付けを認めざるを得ない。

今回工事では、首都高速道路公団湾岸線建設局の関係各位に多大のご指導を賜った。また、樹脂モルタルの使用に技術協力いただいた広栄化学工業、現場施工で多大のご協力をいただいたオリエンタル建設の皆様方に誌上をお借りして御礼申し上げます。

先進の技術は、時として異端視されることが多いのも事実。それでも地球は動いているという強い信念は、急がば廻れの原点にあるものと考えます。

参考文献

- 1) 角田安一, 山寺徳明, 関沢 進, 北島彰夫: 首都高速道路5号線に採用したプレキャスト床版, 橋梁と基礎, Vol. 5, No. 3, 1971年3月, pp.34-42
- 2) 中井 博(編): プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工, 森北出版, 1988年5月