

(62) 外ケーブル定着ブラケットのプレキャスト化に関する実験

日本道路公団 大阪管理局 吹田管理事務所 小石川 求
 同 上 正野 繁生
 (株)日本ピーエス 技術部 設計課 正会員 油野 博幸
 (株)日本ピーエス 技術管理部 技術開発課 正会員 ○濱岡 弘二

1. はじめに

近畿自動車道の沢良宜高架橋桁連結工事は、プレテンション単純T桁4連を外ケーブルにて連続構造にするもので、施工の簡素化・省力化の為、外ケーブルの定着にはコンクリート製のプレキャストブラケットを使用した。外ケーブルによる補強工法において、定着ブラケットが鋼製及び現場打ちコンクリート製の事例は幾つかあるが、コンクリート製のプレキャストブラケットの事例は少ない。

本工法を採用するにあたり、ブラケットと既設主桁の接着方法、ブラケットの耐荷力・破壊性状、そして主桁に及ぼす影響等を明らかにする為、実物大実験を行い、その安全性について検討し実施へ反映した。

2. 実験概要及び供試体

実験供試体を図-1に示す。供試体は桁長7mの2主T桁橋、主桁は旧JIS桁の桁高1000mmを使用し、横組コンクリート部分はPC構造とした。実験は3段階に分けて行った。各実験の概要を表-1に示す。

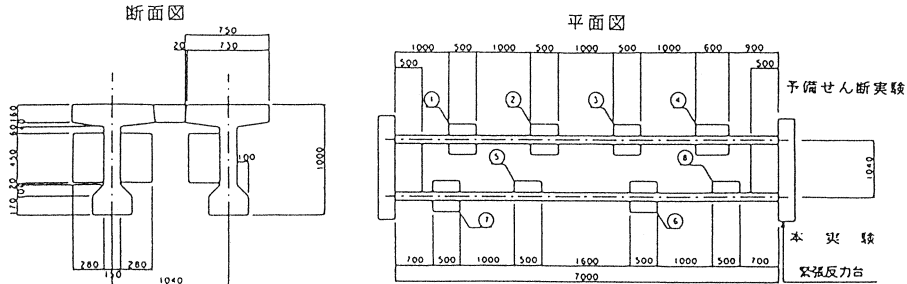


図-1 実験供試体

表-1 実験概要

3. 充填性確認実験

3.1 実験方法

表-1に示した4種類の充填材料で実験を行った。これらの配合は試験練りにより決定(表-2参照)し、品質管理は土木学会規準に則って実施した。

充填方法は、無収縮モルタルは上方より、プレバックドモルタルは下方より注入ポンプを使用して注入を行うが、前もって実物大の透明アクリル板を用い

実験名称	目的・内容	測定・確認項目															
1. 充填性確認実験	<ul style="list-style-type: none"> 材料による充填性の相違を観察する 実物大のコンクリートウェブとブラケット状況を再現する 充填材としては、以下の4種類とする <ul style="list-style-type: none"> a. 無収縮モルタル b. プレバックドコンクリート(骨材1005) c. // (骨材1505) d. // (骨材1510) 	<ul style="list-style-type: none"> 実験終了後、ウェブとブラケットを分離し、充填状況を観察する 															
2. 予備せん断実験	<ul style="list-style-type: none"> ブラケットと既設主桁の接着方法を検討する 供試体は次の4種類とする <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>供試体No</th> <th>断面寸法</th> <th>接着方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>280×450×500</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>//</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>//</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>280×450×600</td> <td>A</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> A: 軽い粗面+7"レバットコンクリート B: 軽い粗面+7"レバット+7"レバットコンクリート C: 軽い粗面+無収縮モルタル 	供試体No	断面寸法	接着方法	①	280×450×500	A	②	//	B	③	//	C	④	280×450×600	A	<ul style="list-style-type: none"> ブラケットの変位 横組PC鋼棒のひずみ ブラケット内鉄筋のひずみ
供試体No	断面寸法	接着方法															
①	280×450×500	A															
②	//	B															
③	//	C															
④	280×450×600	A															
3. 本実験	<ul style="list-style-type: none"> ブラケットの破壊性状、耐荷力の確認 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>供試体No</th> <th>実橋における対象桁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>⑥, ⑦</td> <td>中桁</td> </tr> <tr> <td>⑤, ⑧</td> <td>外桁</td> </tr> </tbody> </table> 	供試体No	実橋における対象桁	⑥, ⑦	中桁	⑤, ⑧	外桁	<ul style="list-style-type: none"> ブラケットの変位 横組PC鋼棒のひずみ ブラケット内鉄筋のひずみ 主桁のひずみ ブラケット内コンクリートひずみ 									
供試体No	実橋における対象桁																
⑥, ⑦	中桁																
⑤, ⑧	外桁																

た実験 (図-2) を行い、注入が可能である事を確認後、実物のブラケットに注入する事にした。

3.2 実験結果

無収縮モルタルは容易に注入できたが、プレバッドコンクリートは、投入骨材により注入ホースの先端が目詰りとなり注入不可能となった。この為、注入ホースの先端に白番線をスパイラル状 (スプリング) にしたものを固定し、投入骨材による目詰りを防止し、再度注入を行った。

この結果、骨材寸法1510は注入可能となったが、他の2種類については骨材間の空隙が小さい為、注入は不可能であった。

注入可能である2種類 (無収縮モルタル、プレバッドコンクリート1510) について、実物のブラケットに注入し充填を確認したが、両者とも完全に充填されていた。

3.3 まとめ

(1) 無収縮モルタル充填は、注入も容易であり、ブラケット分離後の充填状況も大変良好であった。強度的には問題無いが、静弾性係数が小さい。(図-3参照)

(2) プレバッドコンクリート充填は、骨材寸法15~10mmのみ注入ホース先端にスプリングを付ければ注入が可能であり、実物のブラケット注入でも完全に充填されていた。また、骨材寸法の違いによる圧縮強度及び静弾性係数の差はほとんどない。(図-3参照)

表-2 示方配合

無収縮モルタル			プレバッドコンクリート					
W/(C+T)	タスコンTYPE-1	水	W/C	S/C	C	W	S	GF-800
36.0%	25.0kg	4.5kg	40.0%	87.0%	950kg	380kg	831kg	11.40kg

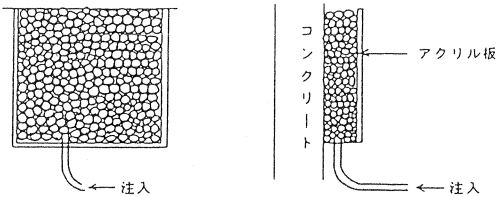


図-2 透明アクリル板を用いた実験

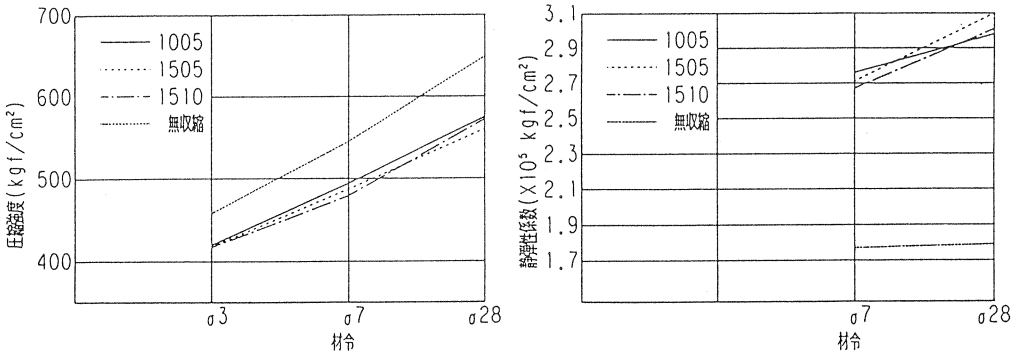


図-3 材令~圧縮強度・静弾性係数

以上より、予備せん断実験に用いる充填材料は、無収縮モルタルとプレバッドコンクリート (骨材寸法1510) とした。

4. 予備せん断実験

4.1 実験方法

図-1に示した実験供試体のブラケット取付部分は、軽い粗面 (ピシャン) 及びチップング (チスタガネ) を定量的に行った。また取付けるブラケットは、製作時に充填面に遅延剤を散布し粗面にした。所定の位置にブラケットを配置後、ブラケットNo①, ②, ④に粗骨材 (1510) を投入しプレバッドモルタルを、ブラケットNo③には無収縮モルタルを注入した。充填材が所定の強度 (350kgf/cm²) に達した後、P C鋼棒 (φ26-SBPR930/1080) により33tf/本で緊張し、P Cグラウトを行った。ブラケットと緊張反力台との間に、SEEEケーブル (F170T) を配置し、緊張反力台側からSEEEジャッキ (F-200t) とダブル型ポンプを使用して両側

同時に緊張した。計測はブラケットの変位、ブラケット定着用P C鋼棒のひずみ、ブラケット内鉄筋のひずみとした。

4.2 実験結果

(1) 外ケーブル緊張によるブラケットの変位 (図-4 参照)

①緊張力P=50tfでの変位は、ブラケットNo④で0.05mm、その他は0.10mm程度、またP=100tfでは、No④で0.01mm程度、その他は0.20~0.35mmであった。ブラケット寸法の大きさは変位量に大きく影響した。

②ブラケットNo①(軽い粗面)とブラケットNo②(軽い粗面+チッピング)について、緊張力P=50tfまではブラケットの変位量に大差は無く、P=100tfで若干ブラケットNo①の方が大きくなる程度で、主桁の表面処理方法による違いはほとんど無かった。

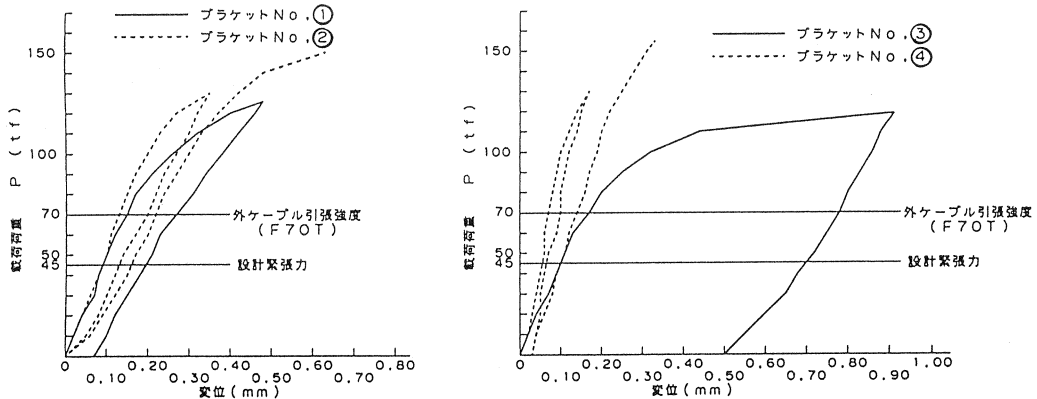


図-4 外ケーブル緊張力～ブラケットの変位

(2) 外ケーブル緊張によるブラケット内鉄筋応力度及びブラケット定着用P C鋼棒応力度

①ブラケット内鉄筋の応力度は最大で、 $\sigma=450\sim 550\text{kgf/cm}^2$ であり、鉄筋の降伏点応力度 $\sigma_{sy}=3,000\text{kgf/cm}^2$ の1/5以下であった。

②ブラケット定着用P C鋼棒の応力度は、ブラケットNo③が一番大きく、P C鋼棒緊張時の応力度に加算すると $\sigma\approx 8,800\text{kgf/cm}^2$ となり、ほぼP C鋼棒の降伏点応力度 $\sigma_{sy}=9,500\text{kgf/cm}^2$ に近い値になった。その他のブラケットでは最終緊張力に違いはあるものの、降伏点までには余裕があり、特にブラケットNo④では緊張力P=155tfで $\sigma\approx 700\text{kgf/cm}^2$ しか応力度は増加しなかった。

(3) ブラケットの計算耐力と最終緊張力

ブラケットの耐力を次の4方法にて推定し、実験値と比較検討した。表-3に計算結果一覧表を示す。

- 打継部せん断伝達耐力からの推定 (土木学会R C示方書の式より、安全率1.0と1.3について算出)
- コーベルとしての推定 (P C鋼棒導入張力に達する外ケーブル緊張力より算出)
- 打継面応力度からの推定 (打継面コンクリート応力度が引張になる外ケーブル緊張力より算出)
- P C鋼棒連結張力導入による摩擦抵抗力からの推定 (摩擦係数0.8として算出)

表-3 ブラケットの計算耐力と最終緊張力

ブラケット No	計算せん断伝達耐力		コーベル 計算値 (tf)	打ち継ぎ面 計算値 (tf)	摩擦抵抗力 計算値 (tf)	実験値 (tf) 最終緊張力
	$\gamma_s=1.0$ (tf)	$\gamma_s=1.3$ (tf)				
①	144.4	111.1	155.5	89.9	99.5	125
②	145.6	112.0	153.8	88.9	98.4	150
③	145.9	112.2	148.5	85.8	95.0	119
④	168.2	129.4	199.7	147.2	101.0	155

実験値はいずれのケースも、打継面の計算値及び摩擦抵抗力の計算値よりも大きい。ブラケットNo③（無収縮モルタルで充填）は、図-4からみても破壊に至っていると考えられ、耐力はせん断伝達耐力($\gamma d=1.3$)程度である。その他のブラケット（プレバッドコンクリートで充填）は、主桁に発生したクラックが大きくなった為に止めた最終緊張力であり、耐力はその変位量が小さいこと及びP C鋼棒応力度に余裕があることから、せん断伝達耐力 ($\gamma d=1.3$)の計算値以上と考えられる。特に、ブラケットNo④は外ケーブル緊張力とブラケットの変位量とのグラフ（図-4）より、最終緊張力時点でもほぼ直線を保っており、その耐力は一番大きいと思われる。

4. 3 まとめ

(1) 充填材が無収縮モルタルの場合、最終緊張力が一番小さく、ブラケットの変位量及びP C鋼棒のひずみが他の3つのブラケットに比べかなり大きい。

(2) ブラケットNo①の変位量はNo④に比べ若干劣るもののその値は小さく、No②と比べると設計緊張力 ($P=45tf$)、外ケーブル引張強度 ($P=70tf$) 及び設計せん断伝達耐力 ($\gamma d=1.3$) でほぼ同じである。

(3) ブラケットNo①の最終緊張力は、主桁のクラックが大きくなった為に止めた値であり、計算耐力及び最終緊張力より十分安全と思われる。また、施工性も優れている。

上記の理由により、ブラケット寸法は500、主桁接着方法は軽い粗面（ピシャン）+プレバッドコンクリート（ブラケットNo①）に決定した。

5. 本実験

5. 1 実験方法

予備せん断実験と同方法で、実験供試体のNo⑤～⑧にブラケットを設置後、ブラケットNo⑤、⑦は外ケーブルF70Tを、No⑥、⑧は外ケーブルF170Tを使用し、ブラケットNo⑥、⑦については両側同時に、No⑤、⑧については片側のみ緊張した。計測は予備せん断実験の項目に、ブラケット内コンクリートのひずみ及び主桁ウェブのひずみを追加した。

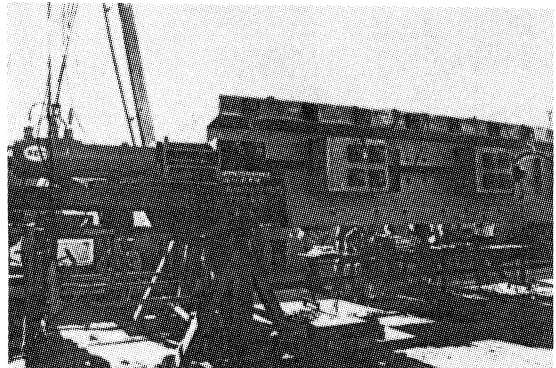


写真-1 外ケーブル緊張状況

5. 2 実験結果

(1) 外ケーブル緊張によるブラケットの変位（図-5参照）

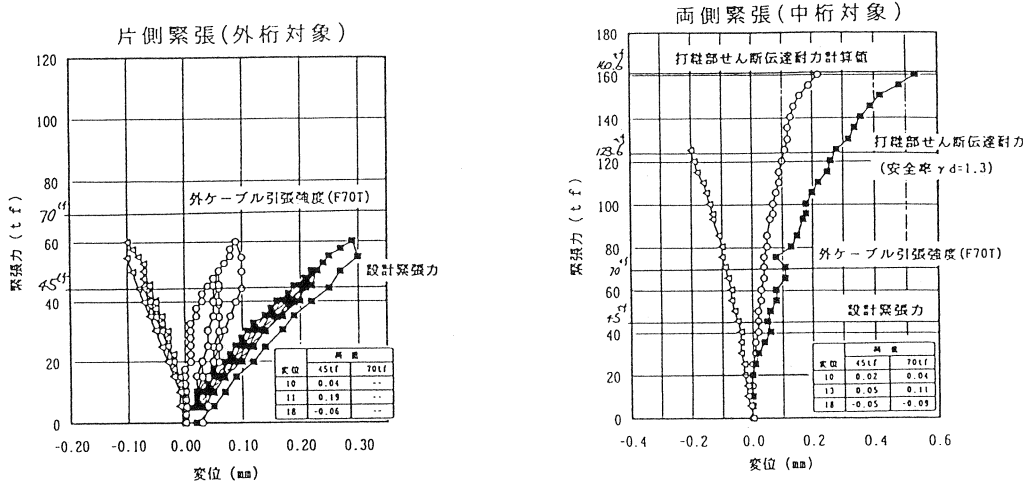


図-5 外ケーブル緊張力～ブラケットの変位

片側緊張(外桁対象)と両側緊張(中桁対象)とを比較すると、全体的に片側緊張(外桁対象)の方が変位量は大きくなった。繰返し载荷を行ったが残留変位量は小さく、両側緊張(中桁対象)では緊張力 $P=130\text{tf}$ までは、外ケーブル緊張力とブラケットの変位量との関係は線形に近い性状を示した。

(2) 外ケーブル緊張力による主桁ウェブの応力度(図-6参照)

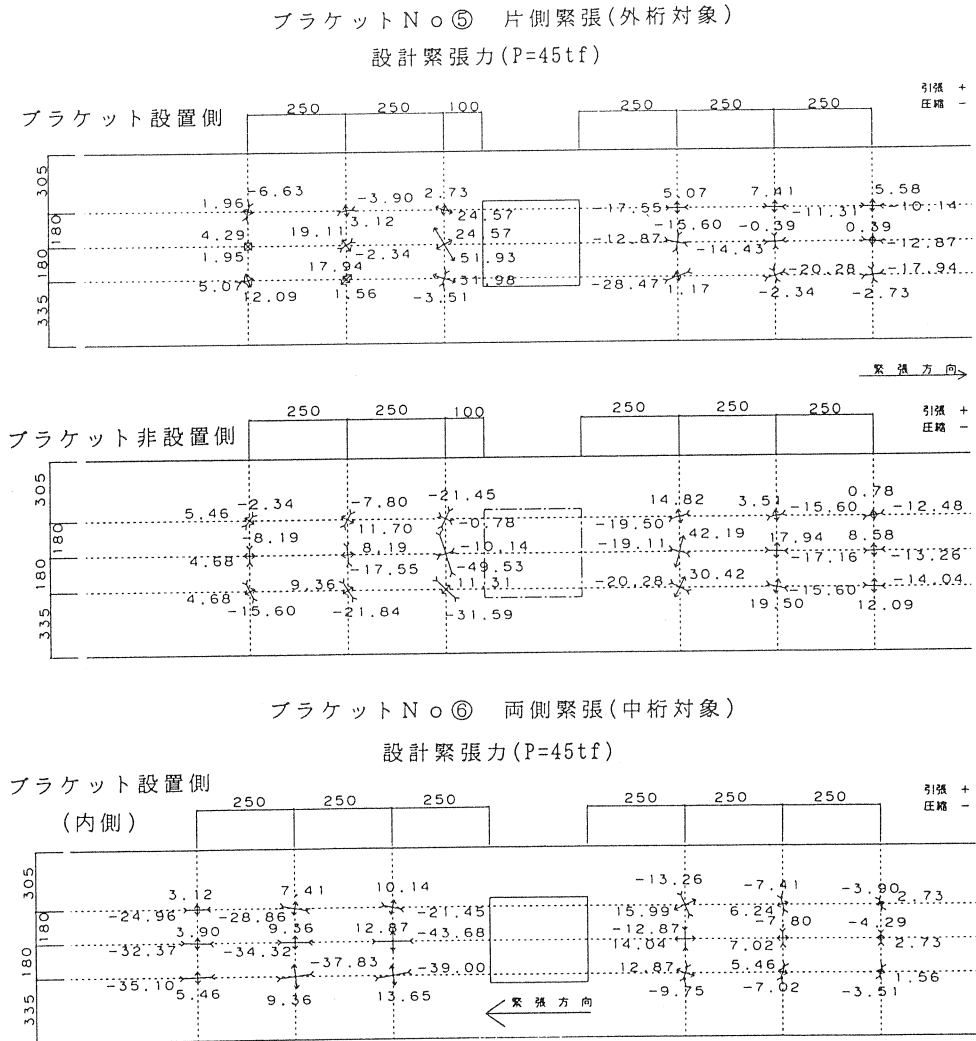


図-6 主応力図

①片側緊張(外桁対象)の場合、設計緊張力($P=45\text{tf}$)時でブラケット設置側の定着面側に、 $\sigma \approx 50\text{kgf/cm}^2$ の鉛直に近い方向の引張力が生じ、ウェブに水平方向のクラックが生じた。また、ブラケット非設置側の定着面前面側にも、約 40kgf/cm^2 の鉛直方向引張力が生じた。

②両側緊張(中桁対象)の場合、設計緊張力($P=45\text{tf}$)時で定着面側に、 $\sigma \approx 14\text{kgf/cm}^2$ の水平方向引張力が生じ、定着面前面側に、約 13kgf/cm^2 の鉛直方向引張力が生じた。

(3) 外ケーブル各緊張力によるコンクリート及びPC鋼棒応力度 (図-7 参照)

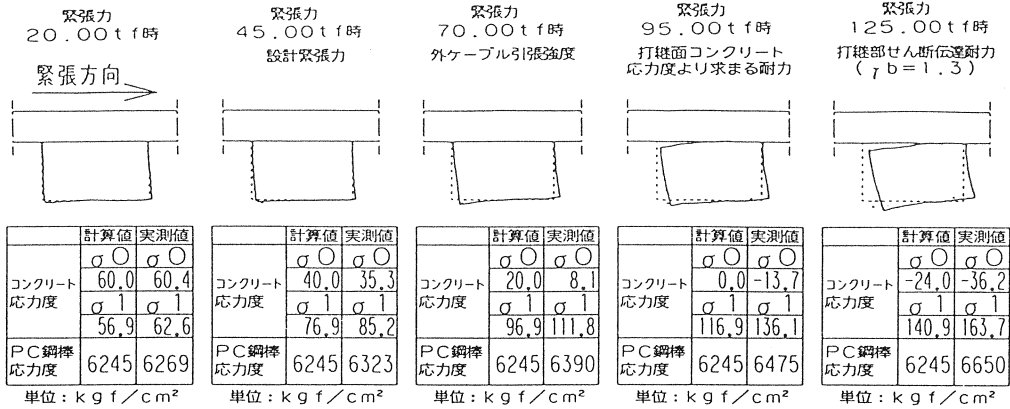


図-7 各緊張力時のコンクリート及びPC鋼棒応力度とブラケットの変形図

PC鋼棒応力度は、計算値より実測値の方が若干大きい値を示した。また打継面コンクリート応力度は、外ケーブル緊張力の小さい場合（設計緊張力P=45tf程度まで）、計算値と実測値は近い値を示すが、緊張力が大きくなるに従って差が大きくなった。これはPC鋼棒緊張による応力度は、計算値とほぼ合致（0tf時）するが、外ケーブルによる応力度は計算値よりも大きな実測値を示すためと思われる。

5. 3 まとめ

(1) 外ケーブル緊張によるブラケットの変位・PC鋼棒応力度・ブラケット内コンクリート応力度より、ブラケットが破壊に到る性状がある程度解明できた。

(2) 両側緊張（中桁対象）では、外ケーブルの緊張力がP=130tf までは、外ケーブル緊張力～ブラケットの変位量は線形関係を示し、その値も小さい。またPC鋼棒応力度は最終緊張力(P=160tf 時)においても、降伏点応力度に対して余裕がある。打継面及びブラケット内のコンクリート応力度は、計算値よりいくらか大きな値を示すが、少なくとも外ケーブル70tfの緊張力程度までは引張力が生じず安全である。外ケーブル緊張力P=110tf 時に主桁ウェブにクラックが発生したが、この緊張力は設計緊張力(P=45tf)の2.5 倍程度の荷重であり、実用上問題は無いと思われる。

以上のことより、予備せん断実験で決定したブラケット寸法及び接着方法が十分安全であることが確認できた。

(3) 片側緊張（外桁対象）では、設計緊張力時、主桁ウェブに無視できないかなり大きな鉛直方向の引張力が生じ、緊張力P=60tfで主桁に水平方向のクラックを確認した。これは片側緊張により、主桁ウェブに曲げが生じたためと思われる。実橋においては、外ケーブル定着位置を中間横桁の近くに配置することで、鉛直方向引張力の改善を計った。

6. おわりに

この実験により、プレキャストブラケットと既設主桁の接着方法を決定できた。また、ブラケットの耐力・破壊性状の確認がある程度解明でき、その結果を実施工に反映することで、施工の簡素化・省力化が計れた。

参考文献

[1] 土木学会 コンクリート標準示方書