

(39) アウトケーブルを用いたPC桁の補強確認実験

阪神高速道路公団 ヨシカワ オサム セト グチ ヨシ アキ ツツノボリ ヨシノブ
 吉川 紀、瀬戸口 嘉明、○澤登 善誠

1. まえがき

PC桁の補強にアウトケーブルを配置することは、耐荷力の不足した既存の橋梁に対して極めて有効な手段のひとつである。阪神高速道路公団では、昨年度、目地部に緑切れが生じており、試験車による静的載荷試験の結果約30%の緊張力の減少が生じていたPCブロック桁の補強を、定着部にコンクリートブラケットを使用したアウトケーブル緊張工法にて行った。本工法による補強工事の実施例は数少なく、採用するにあたりいくつかの点で安全性を確認する必要があると思われる。本報告は、実橋の補強工事実施前にモデル桁を用いて、①定着部コンクリートブラケットの使用状態および終局状態の安全性の確認ならびに、②アウトケーブルで補強されたPC桁の破壊に対する安全度の確認、を目的として行った実験に関するものである。なお併せて、補強工事完了後に行った載荷実験結果の概要についても述べる。

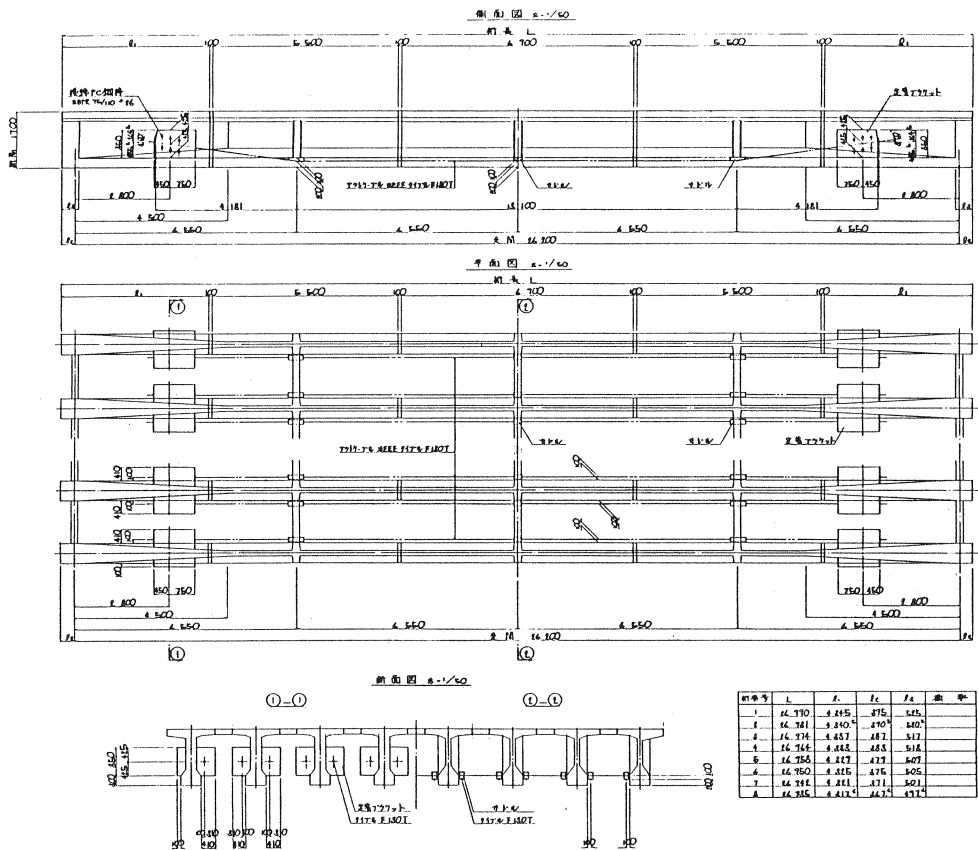


図-1 補強対象PC桁一般図ならびに補強アウトケーブル設置図

2. 補強対象橋梁の概要と補強方法

2-1. 補強対象橋梁の概要

本橋は、4箇所のブロック目地を有するPCポストテンション単純桁であり、若干のバチ桁となっている。構造諸元は、橋長が26.990m～26.935m、幅員が17.105m～16.680mと変化し、橋軸方向PC鋼線は12-φ7を、横桁部横締PC鋼線には12-φ5を使用している。構造一般図を図-1に示す。

2-2. 事前調査結果

公団が定期的実施している点検の結果、ブロック目地に縁切れが発見され、その縁切れは路面上の大型車の通行に应答するようなひびわれの開閉が見られた。試験車を使用した静的載荷試験の結果、表-1に示すように残存有効プレストレスは、主桁によりばらつきはあるが約70%であることが判明した。

表-1 残存有効プレストレス量の計算結果

	1台載荷	2台載荷
G5桁	0.714	0.754
G6桁	0.668	0.690
G7桁	0.758	0.814
G8桁		0.833

2-3. 補強方法

PC桁の補強方法としては、鋼板接着工法かアウトケーブル緊張工法が考えられるが、本橋に関してはブロック桁の目地部に開閉挙動がみられることから、アウトケーブルによる補強を行うこととした。また、アウトケーブル定着部の構造としては鋼製ブラケット構造およびコンクリートブラケット構造等が考えられる。ここでは、4箇所全ての目地部を包括する関係上、PC桁端部付近に定着位置を設けざるを得ないが、①PC桁端部付近は主桁ケーブルが上縁定着や端部定着のため曲げ上げられてきており、かなりPCケーブルが輻輳する部分であるため、横締鋼棒位置が現地合わせとなること、②鋼製ブラケット構造の場合鋼板重量が重くなり、桁下空間が狭いため取付け作業が困難となること等から、定着部をコンクリートブラケット構造とした。実橋でのアウトケーブル設置構造を図-1に示す。

3. 実験の概要

3-1. 定着部コンクリートブラケットの使用状態および終局状態の安全性の確認

アウトケーブルの定着部は、PC鋼棒でコンクリートブラケットに橋軸直角方向のプレストレスを与え、ブラケットと主桁のウェブ面の摩擦によってアウトケーブルの張力を主桁に伝達させる構造であり、接合面のずれを許さないものでなければならぬ。

実験に使用するブラケット供試体は実橋の1/3モデルとした。供試体形状を図-2に示す。実験は、主桁とブラケットの接着が切れるまでゲビンデ鋼棒を緊張すること

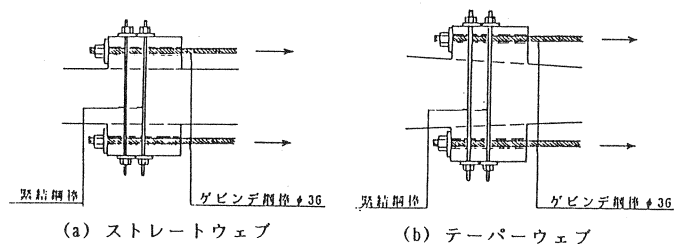


図-2 コンクリートブラケット実験供試体

により実施した。供試体は6体用意し、使用する緊結鋼棒の量を変えることにより、主桁ウェブ面とブラケットの打ち継ぎ面に作用する平均圧縮応力度を変化させ、終局耐力、ブラケットの水平変位量および鋼棒の増加ひずみについて測定を行った。ブラケットの設置位置が主桁ウェブ厚の変化区間であることから、ストレートウェブ（図-2（a））とテーパウェブ（図-2（b））のそれぞれについて実験を行い、その影響についても検討した。

3-2. アウトケーブルで補強されたPC桁の破壊に対する安全度の確認

アウトケーブルの緊張力（必要ケーブル径）の算定は使用状態で行っているが、アウトケーブルにて補強後、終局時破壊抵抗曲げモーメントがどの程度まで回復しているかを検証しておくことは、今後の設計手法を確立していく上で貴重な資料となると思われる。

実験方法は実橋の1/2.5モデル桁を用い、静的載荷実験を行うこととし、主桁ブロック目地の開き量および主桁のたわみ量等を測定した。供試体として表-2に示す3体を設定した。このうち、基準桁は実橋の健全桁に相当し、試験桁No.1, 2は損傷した実橋に相当するものである。

表-2 アウトケーブル補強桁実験供試体

実験供試体	桁内ケーブル	アウトケーブル	グラウト
基準桁	SWPRTA 1T15.2-5本	—	完全充填
試験桁No.1	SWPRTA 1T12.4-5本	SWPRTB 1T12.7-2本	完全充填
試験桁No.2	SWPRTA 1T12.4-5本	SWPRTB 1T12.7-2本	0%

事前調査結果より、試験桁No.1, 2の桁内プレストレスは70%とし、シースイングラウトが完全に充填されていないことも想定し、グラウト完全充填と充填無しの2体の試験桁を用意した。なお、試験桁のプレストレス導入力の低減は使用PC鋼材の断面積を減少させることにより行った。図-3に載荷実験要領を示す。ここで、カウンターウエイトは、実橋の死荷重状態に合わせるように考慮し設置している。

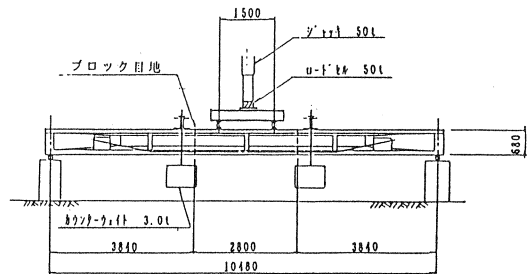


図-3 静的載荷実験要領図

4. 実験の結果と考察

4-1. コンクリートブラケットの安全性確認実験

実験結果を表-3に示す。ここで、供試体No.2は実橋と同程度の平均圧縮応力度を設定したものである。実験値と土木学会のコンクリート標準示方書¹⁾に定められている「6.3.7 設計せん断伝達耐力」とを比較すると、実験結果は安全率を考慮しないせん断伝達耐力（推定値）とかなりよく一致していることがわかる。なお、いずれの場合にも実験値が推定値を15~20ton程度上回っているが、これは供試体製作時に主桁境界面に配置したインサートボルト（M12-3本）の抵抗によるものと思われる。また、テーパウェブの影響は約10%程度であり、設計値とほぼ一致している。

表-3 コンクリートブラケットの安全性確認実験結果

供試体	ストレートウェブ			デーバーウェブ		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
緊結鋼棒	SKPR95/110 φ 9.2-4本	SKPR95/110 φ 11-4本	SKPR95/110 φ 13-4本	SKPR95/110 φ 9.2-4本	SKPR95/110 φ 11-4本	SKPR95/110 φ 13-4本
平均圧縮応力度	14.5 kg/cm ²	20.8 kg/cm ²	29.3 kg/cm ²	14.5 kg/cm ²	20.8 kg/cm ²	29.3 kg/cm ²
せん断伝達耐力 推定値	53.2 ton	69.3 ton	77.4 ton	46.3 ton	65.2 ton	72.9 ton
設計値	27.6 ton	39.3 ton	52.1 ton	25.5 ton	36.3 ton	49.5 ton
実験値	70 ton	90 ton	95 tonで 破壊せず	65 ton	80 ton	90 ton

注) せん断伝達耐力 推定値: 部材係数及び圧縮応力度の低減などの安全率を考慮しない値
設計値: 部材係数及び圧縮応力度の低減などの安全率を考慮した値

ブラケットの水平変位量および緊結鋼棒の増加ひずみは、前者は約60tf、後者は約40~50tfまでは載荷荷重と線形関係にあり、それ以上になると急激に増加する傾向を示す。図-4に供試体No.2の荷重とブラケットの水平変位量の関係を示す。図-5には荷重と緊結鋼棒の増加ひずみの関係を示す。実橋の載荷荷重を供試体モデルに換算すると、ブラケットの水平変位量および緊結鋼棒の増加ひずみはともに、図-4、5のA、Bに示すように線形関係領域の初期に位置し、十分に安全側であることが確認された。

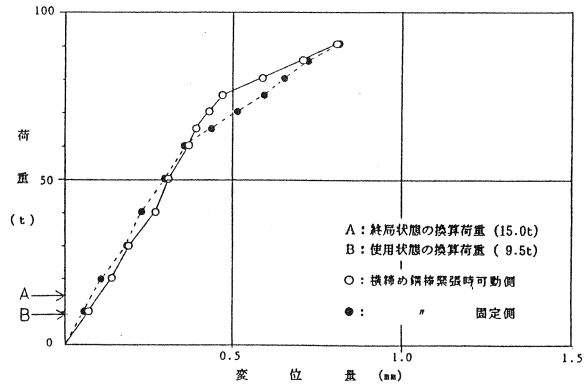


図-4 荷重とブラケットの水平変位量の関係(供試体No.2)

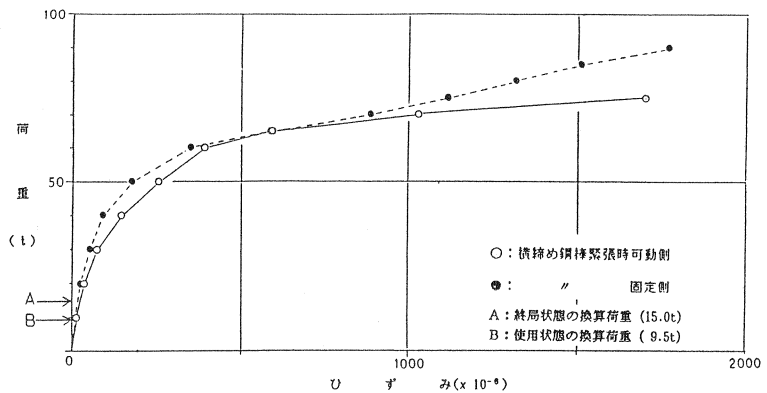


図-5 荷重と緊結鋼棒のひずみ増加量の関係(供試体No.2)

4-2. アウトケーブル補強桁の破壊に対する安全度の確認実験

破壊抵抗曲げモーメントの実験結果を表-4に示す。アウトケーブルで補強した場合(試験桁)でも破壊抵抗曲げモーメントは、健全な桁(基準桁)レベルまでは回復していない。しかし、グラウト0%の場合(試験桁No.2)でも全ケーブル付着ありと想定した設計値の95%程度の耐力を有している。また、実橋において計算により求められる終局時曲げモーメントを実験桁モデルに換算すると $M_u = 37.6 \text{ tm}$ であり、今回の実験値はいずれ

も満足していることがわかる。なお、破壊形状に着目すると、試験桁はいずれもブロック目地部上縁のコンクリートの圧縮破壊により破壊している。アウトケーブル補強桁ではひずみ分散せずに、ブロック目地部に集中することが推察される。

表-4 アウトケーブル補強桁破壊抵抗曲げモーメント実験結果

ケーブル配置 ● 付番あり ○ 付番なし	基準桁	試験桁 No. 1	試験桁 No. 2
	設計値	61.9tm	62.9tm(注)
実験値	81.7tm	70.2tm	59.7tm
破壊箇所	載荷直下点	ブロック目地	ブロック目地

注) 全ケーブル付番ありと仮定したときの計算値

5. 補強工事完了後に行った載荷実験

試験桁による種々の確認実験の結果を受け、平成元年度に補強工事を行った。補強工事完了後に試験車による静的載荷実験を行い、目地部の開閉の状況等を調査した。補強前に最も目地部の開閉が大きかった桁の4箇所の目地部の挙動を図-6に示す。この図から補強効果は十分にあったと思われる。

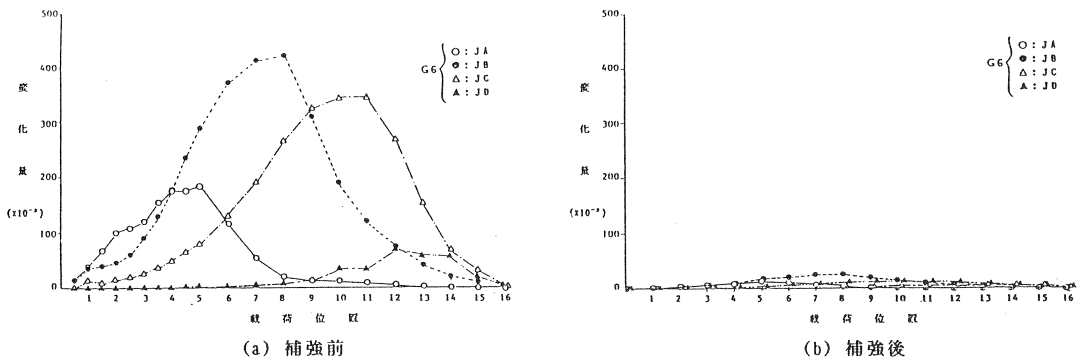


図-6 ブロック目地部の変化量測定結果

6. あとがき

コンクリートブラケットの破壊実験では、コンクリート標準示方書¹⁾に定められている「6.3.7 設計せん断伝達耐力」の算出式において、緊結鋼棒を鉄筋と見なし、緊張力を平均圧縮応力度 ($\sigma'nd$)として今回の実験に適用したわけであるが、実験値とよく一致しており十分な精度を有していると言える。

アウトケーブル補強桁の静的破壊実験では、使用状態の応力度を健全桁と同等として設計されたアウトケーブル補強桁ではあるが、破壊時抵抗曲げモーメントは健全桁よりも劣り、また、その破壊形状も異なったものとなることがわかる。しかしながら、実験結果よ

り、曲げ破壊耐力の改善は相当大きなものとなっていると言える。

一方、補強工事完了後実施した載荷実験による桁のたわみや目地部の開閉の結果からみて、アウトケーブルによる補強方法は十分な効果があったと思われる。

今回の実験に関しては、今後引き続き内容の解析、検討等を行う予定であり、その最終的なまとめについては、後日あらためて発表したいと考えている。

最後に、本実験の計画から実施に至るまで、貴重な御意見を頂いた阪神高速道路公団にて設置している「コンクリート構造物の耐久性に関する調査研究委員会（岡田 清委員長）」の委員の方々、特に、藤井 学京都大学教授、小林 和夫大阪工業大学教授ならびに、本実験を担当されたプレストレストコンクリート建設業協会関西支部、特に、ピー・エス・コンクリート(株)の三輪 泰之、森 拓也の両氏に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕、P 60、昭和61年度
- 2) 森、三輪、瀬戸口：アウトケーブルを用いたPC桁の補強確認実験報告、土木学会第45会年次学術講演会概要集第V部、P-448、平成2年9月