

VI-129 アウトケーブル工法によるPCブロック桁の補強

阪神高速道路公団 正員 毛利 哲也

1. はじめに

昭和63年1月に阪神高速道路 環状線 PCブロック桁の継目部にひびわれ損傷が発見され、同桁の4箇所の継目部のうち3箇所で大車両通行時にひびわれが開閉していることが確認された。

このPC桁はプレキャストブロック工法を採用し、建設後約26年を経過している。(表-1)

ブロック工法で架設されたPC桁の継目部が活荷重によって開閉するという損傷は、構造上の重大な欠陥であり、緊急に対処すべく、種々の調査検討の結果、アウトケーブル工法による補強工事を実施することとなった。

本工法は、コンクリートブラケットを補強ケーブルの定着部に用いることを特徴とし、実施例は極めて少ない。

本稿では、損傷度の把握から補強設計、さらに補強工事の効果の確認をおこなった概要を述べるものである。

2. 損傷の形態と損傷度の把握

2-1 損傷の形態 継目部に重点をおいた調査結果の概要は、次のとおりである。(昭和63年9月実施)

- ① 2径間で合計60箇所のブロック継目部のうち、22箇所の打継ぎ部にひびわれが発生
- ② 大型車通行時、22箇所のうちG₆桁の3箇所の継目部に最大 0.3mm 程度のひびわれ変動が発生
- ③ 2径間で3箇所にシースのかぶり不足による浮き、シース露出を確認
- ④ 約7%の箇所でグラウトが充填されていないことが判明

2-2 載荷試験(損傷度の把握) 大型車通行時に開閉するという挙動からG₆桁には少なくとも死荷重に相当する80kg/cm²程度以上の有効プレストレスが残存していると推定されたが、補強設計に当たって、残存有効プレストレスト量を正確に評価する必要性から、重量40tの試験車2台による実橋載荷試験を平成1年1月に実施した。これは、主桁に対して載荷重が徐々に大きくなるように試験車の停止位置を移動させ、同時に継目部の開き量を測定し、継目部のひびわれが開く瞬間の曲げモーメントから残存有効プレストレスト量を求めようとするものである。

2-3 残存有効プレストレス G₆桁のウェブから採取した

3本のコアの物理試験の結果、圧縮強度は 545~604 kg/cm²、

静弾性係数は301,000~354,000kg/cm²であり、ほぼ健全であると判定された。そこで、格子モデルを用いて活荷重モーメントを電算に

より求め、主桁下縁の曲げ応力度が引張域に達したものとして、残存有効プレストレスト量Peを算出した結果、G₆桁の残存有効プレストレスト量は、設計値Prに対し約70%に低減していると判定された。(表-2)

3. 補強設計(アウトケーブル補強工法)

原因は明確ではないものの、PC桁の残存プレストレスト量が低下し、活荷重作用時に継目部が開閉することは構造上の重大な欠陥が生じていると判定される。PC桁の補強方法としては、主桁下フランジに鋼板を接着して剛性を高める方法とアウトケーブルによるプレストレスト量を補充する方法などがあるが、損傷度が大きい場合に有効な、アウトケーブル工法を採用した。

アウトケーブル工法も補強ケーブルの定着方式によって、① 鋼製ブラケット方式 ② コンクリートブラケット方式 ③ 横梁新設方式に分類され、補強工事では、現地制約条件が比較的に少ないため、経済的に有利なコンクリートブラケット方式採用している。(図-3) 補強設計にあたっては、健全桁にオーバーストレスにならないよう検討した上で、設計上のプレストレスの30%相当を補強できるように、全桁にSEEケーブル(F130T)を配置した。

表-1 構造諸元	
形式	PC単純桁橋(非合成T型桁)
桁長・幅員	L=27.0 m W=17.0 m
桁高・桁本数	1.700m×8主桁
コンクリート強度	設計基準強度 450kg/cm ²
PC鋼材	主桁12-φ7mm、横桁12-φ5mm
ブロック数	主桁1本あたり5ブロック
継目部	幅10cmの現場打コンクリート
施工時期	昭和39年7月~40年11月

表-2 Pe/Pr (%)				
載荷状態	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈
40t載荷	71.4	66.8	75.8	—
80t載荷	75.4	69.0	81.4	83.3

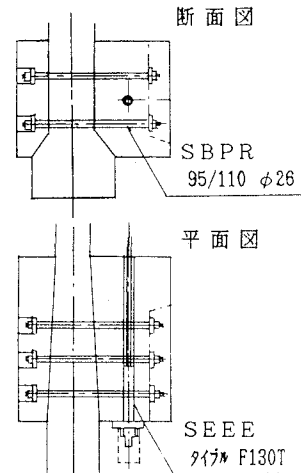


図-3 構造図(耳桁)

また、ケーブルの緊張力を鉛直方向に変換するため、中間横桁($l/2$, $l/4$)に鋼製サドルを設け、ブラケットの緊結用PC鋼棒として、SBPR 95/110 $\phi 26$ を選定している。

4. 設計手法の確認実験(実橋の1/2.5モデルによる模型実験、平成2年1月実施)

本工法の設計手法の妥当性を検証するため、実施した破壊実験の概要は次のとおりである。

- ① 緊張力管理方法の確認 ブラケット緊結用の鋼材長が短い($l=1.1\text{m}$)ため、緊張力と伸び量の管理精度を向上させる必要があり、測定の結果、比較的直線性を保持していることを確認している。
- ② ブラケットの破壊安全度の確認 ブラケットは接合面での変形を許さないことが要求されることから、せん断破壊試験を実施し、ブラケット変位量、緊結鋼棒の増加ひずみとも線形挙動範囲のごく初期に位置していることを確認している。

- ③ アウトケーブルによって補強された桁の破壊安全度の確認 実橋の補強設
強設計ではアウトケーブル量の決定を、活荷重作用時の曲げ応力度に着目して行っているため、主桁の終局時破壊抵抗曲げモーメントが、どこまで回復するかを実験的に確認しようとしたもので、その結果を表-4に示す。

今回の実橋補強設計の終局時破壊抵抗曲げモーメントは、健全桁レベルまでの回復は期待できないものの、必要なレベルまでの回復は十分に確保されたものと考えられる。

5. 効果の確認(実橋載荷試験 平成2年3月実施)

図5-1に補強工事前後の G_6 桁継目部の開き量と試験車載荷位置との関係を示す。本来健全なコンクリートでも計測される曲げひずみを含んでいることから、クラックとして挙動していたものが、補強工事後はクラック挙動を示さなくなったと判断される。

また、補強後に測定した非接触光学変位計による G_6 桁スパン中央のたわみ最大値4.33mmは、格子モデルでの理論値4.39mmとほぼ同じ値と考えられる。

図5-2は、各主桁スパン中央下縁での橋軸方向ひずみの測定結果の一例を示しており、理論値は、前述の格子モデルを用いて全断面有効として算出している。これによれば、荷重の横方向分配率については、極端に小さかった G_6 桁の分担率が、ほぼ隣接する桁と同程度に改善されたと考えられる。

6. おわりに

従来、メンテナンスフリーとして認識されてきたコンクリート構造物も、その損傷事例が数多く報告されるようになる一方、長期耐用年数が要求されることから、今後発生するさまざまな損傷に対応する補修・補強技術を研究開発することによって、その寿命を大きく伸ばすことが求められている。

本稿では、プレストレス不足が判明したPC桁の補強方法の一つとして、アウトケーブルによる補強工法が有効であることを模型実験、実橋載荷試験を通して確認できたと考えられる。

表-4 1/2.5モデルによる破壊試験結果(曲げモーメント)

	終局時 Mu(tm)	破壊抵抗 MR(tm)	実験値 MR'(tm)	PC鋼 線断面	グラウ ト充填
実橋(G_6)	642.3	1019.7	—		
基準桁	(実橋	61.9	81.7	100 %	100 %
試験桁 1	換算値)	44.1	70.2	70 %	100 %
試験桁 2	37.6	44.1	59.7	70 %	0 %

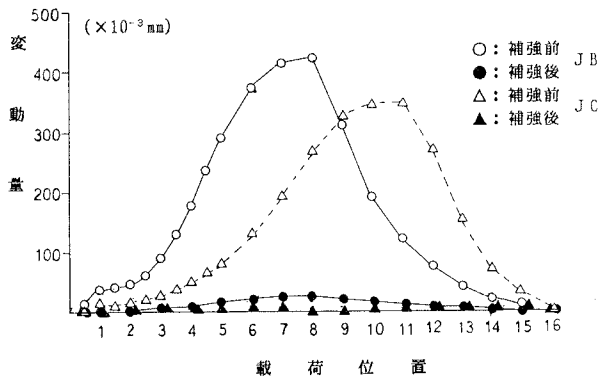


図5-1 継目部のひびわれ変動量(80t載荷)

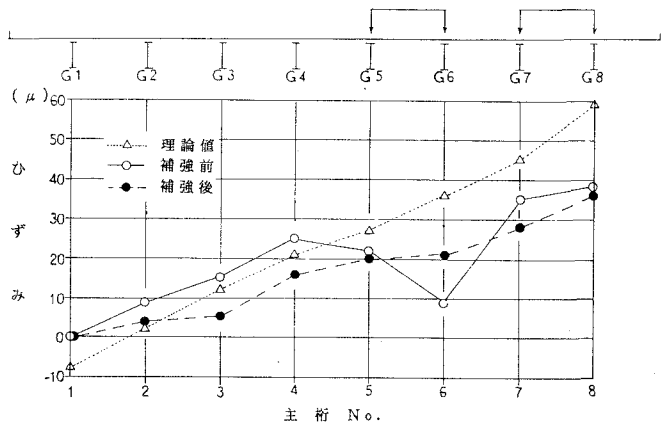


図5-2 桁中央下縁のひずみ測定値(80t載荷)