

環状線RC単純桁の損傷と桁架け替え工事報告

大阪建設局 建設企画部 設計課 高田 佳彦
故 大阪管理部 大阪第二維持事務所 伊藤 俊一
大阪管理部 調査設計課 山本 剛士

要 旨

昭和41年に供用した1号環状線におけるRC単純T桁において、支承上にひびわれが発生していた。ひびわれ幅は10mmに達し、ひび割れを境に主桁本体と分離しているものもあった。損傷の発生は、全箇所とも前後を3径間連続RCラーメン橋にはさまれたRC単純桁で昭和60年頃から発生しているものもあった。今回、その損傷状況の調査および発生原因の分析を行い、補修工法を検討した。その結果、平成13年11月の環状線の通行止補修工事でPC桁に架け替えを行ったのでその概要を報告する。

キーワード：ひびわれ、桁架け替え、RC単純桁、温度応力

はじめに

大阪府道高速大阪池田線（環状線）の千日前分岐から夕陽丘入路付近（図-1）は、昭和41年に供用し、ほとんどがコンクリート橋梁で構築されている。

今回、RC単純T桁において、支承上にひびわれが発生していた。その例として、写真-1および図-2のように主桁のソールプレート中央より桁端方向に貫通ひびわれが発生しており、その幅が20mmに達し、主桁本体と分離していた。

損傷の発生はいずれも図-3のように前後を3径間連続RC立体ラーメン橋にはさまれた単純桁で、昭和50年代から発生しているものもあり、応急的に補修が行われている¹⁾。

そこで、損傷状況を調査し、発生原因を解明した。特に損傷が著しい箇所については、応急補修的な方法では根本的な改善が図れないことから、環状線の通行止補修工事にあわせて、既設のRC桁を撤去しPC桁への架け替え工法を選定した。

本稿ではひびわれ発生原因から、RC単純桁の架け替え工事までの一連を報告するものである。

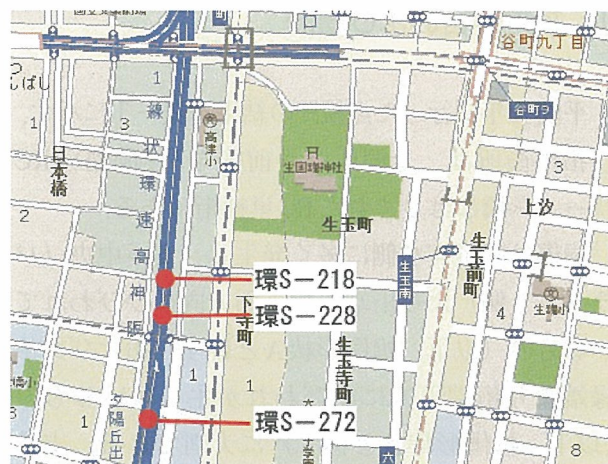


図-1 位置図



写真-1 損傷状況（環S-218）

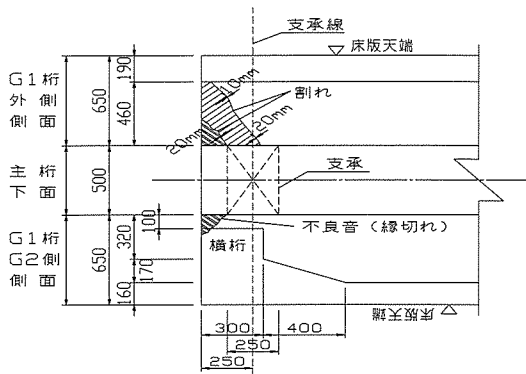


図-2 桁端部損傷状況図 (環S-218)

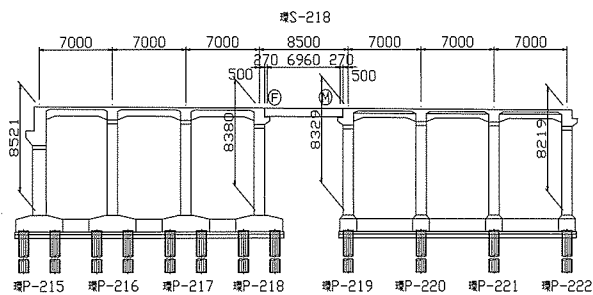


図-3 損傷桁付近全体構造図 (環S-218付近)

1. 損傷内容および履歴

平成12年に行った点検²⁾の結果を表-1に示す。

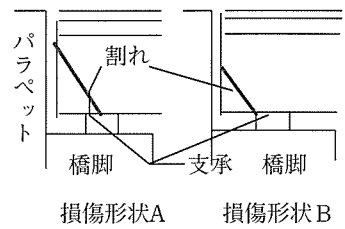
損傷箇所は、全箇所とも前後を3径間連続RCラーメン橋にはさまれたRC単純桁である。

損傷は固定支承側に多く発生し、支承中央(パラペット側)より桁端床版下面方向にひびわれているもの(以下、損傷形状Aと称す)および支承縁端より桁端下方にひびわれが生じているもの(以下、損傷形状Bと称す)に大別できる。支承は鋼製平钣型であるが固定・可動とも完全に腐食し減肉しており、可動は移動の形跡がなく固定状態となっている。支承の減肉等により桁自体が橋脚梁上に載っている状態の箇所もあった。損傷原因を解明するにあたり、Aランクについて抽出した損傷履歴結果を表-2に示す。

環S-272以外は比較的最近に発生しており、ひびわれは突如発生し、Aランクまで進行していると考えられる。平成7年度の点検では損傷が生じていない桁があることから、兵庫県南部地震が原因ではない。

表-1 損傷発生箇所

損傷箇所	損傷形状	判定ランク
環S-218	形状A	
	形状B	
環S-228	形状A	
	形状B	
環S-272	形状A	
	ひびわれ	
環S-280	形状A	
	形状B	A
環S-297	形状B	A
	形状A	



注) ランクは、損傷が著しく緊急に補修の必要がある場合、Aランクは、早急に補修する必要がある場合。

表-2 損傷部の損傷ランク履歴

管理番号	箇所	定期点検実施年度における損傷ランク				今回点検
		昭和60年度	平成2年度	平成7年度	平成11年度	
環S-218	G1-1					
	G2-2	損傷なし	損傷なし	損傷なし		
	G4-1					
環S-228	G5-1	損傷なし	損傷なし	損傷なし	損傷なし	
環S-272	G1-1	不明	不明	不明	不明	
	G4-1					
環S-297	G1-1	損傷なし	損傷なし	損傷なし		

2. 損傷調査

損傷箇所(環S-218)の主桁コンクリートをはつりだし、配筋等内部状況を調査した。支承部縁端からの割れは貫通し、桁本体から分離していた。

コンクリート圧縮強度試験は平均で27N/mm²とほぼ所定の強度を有していた。

配筋は設計図に対して、主鉄筋が所定の位置に配筋されてなかったり、主桁端部のスターラップが一部不足しており、ひびわれが生じている箇所は鉄筋比が低くなっていた。

目視点検の結果、平成11年度の点検で確認されていないひびわれが多数発生しており、損傷は進行状態であり、今後も拡大すると推測された。

3. 構造解析

3-1 温度変化による桁端部の水平力解析

支承は損傷が激しく可動支承は機能していないと考えられ、RC桁の支持条件は両端ピン固定構

造とみなされる。支承には、温度変化による両端のラーメン橋およびRC桁の温度変化による水平力が作用する。

図-2に示す構造を対象とし支承の水平反力を算出した。温度変化(20℃)により生じる水平反力は最大200kN/沓となり、地震時(震度法)の水平反力(60kN/沓)の約3倍と、設計水平震度0.8に相当する水平反力が発生する。

3-2 FEM解析による桁端部の発生応力

桁端部に着目した平面FEMモデルを作成し、死荷重、活荷重、および、前項で求めた水平力による引張応力度を算出した。

死荷重および活荷重による支承直上の引張応力度は、支点直上に載荷した場合が最大になるが、それでもその値は0.7N/mm²である、

一方、温度変化による桁端の引張応力度は、最大で5N/mm²(20℃当り)に達し、コンクリートの引張強度(2.7N/mm²)程度を超えており、その結果、ひびわれが発生したと考えられる。

4. 損傷発生原因

可動支承の拘束により単純桁が両端固定状態となり、温度変化に伴う水平力によりひびわれが発生したと考えられる。また、支承の腐食により桁自体が橋脚梁上に載っている状態の場合、鉄筋量の少ない端部から損傷が発生し(損傷形状B)、その後損傷形状Aに損傷が進展すると考えられる。また、固定側は可動側と比べて配筋量が少ないため、損傷が発生しやすいと考えられる。

5. 補修方法検討

5-1 施工条件

環状線通行止め期間8日間の内、舗装、埋設ジョイントの施工に4日間必要とするため、桁補修を4日で完了する必要がある。

当該箇所は、住宅密集地で構造物外側線が民家等と60cm程度しか離れていないため、低騒音工

法を前提とし、建設機械の選定にも配慮した。

5-2 工法選定

損傷している桁端部コンクリートを打換える工法を第1案とし、桁によって補強鉄筋による剛性の差をなくすため固定側端部全体を打換えるのを第2案とする。また、根本的対策として、RCT桁橋を撤去し、新設桁を架設する架け替え案を第3案とした。新設桁は、スパンが10m以下であることから主桁を架設すると横締めだけで現場施工(作業)が完了するPC床版桁を候補とした。表-3に施工機械の選定、表-4に工期短縮検討項目を示す。

表-5の検討結果より、経済性では損傷が1主桁だけである場合は第1案が優れているが、環

表-3 低騒音を前提にした施工機械の選定

対策方法	昼夜区分	工種または使用機械
桁端部部分打替え	昼間のみ作業可能な工種	・ウオータージェットによるはつり作業 ・ブレーカー(舗装はつり) ・コンクリートポンプ車等の使用
桁端部全体打替え	やむ得ない場合に夜間作業が可能な工事	・鉄筋組立・型枠設置 ・支承設置
橋梁架替え	昼間のみ作業可能な工種	・ブレーカー(舗装はつり) ・コアドリルによる穿孔(横桁切断、吊用孔、アンカーバー孔等) ・ウォールソー(壁高欄切断) ・コンクリートカッター(床版切断) ・大型クレーン(桁撤去、桁架設)
	やむ得ない場合に夜間作業が可能な工事	支承取付に伴う人力作業(モルタル施工、沓設置)、遮音壁の取付

表-4 工期短縮項目

補強方法	工期短縮に取込んだ事項	備考
<第1案> 桁端部部分補強	・桁再構築に超早強コンクリートを使用する。	桁本体への超速硬コンクリートの使用実績はない。
<第2案> 桁端部全体補強	・桁はつり(ウオータージェット工法)を桁上面と桁下面とを同時に施工する。 ・桁再構築に超早強コンクリートを使用する。	桁本体への超速硬コンクリートの使用実績はない。
<第3案> 橋梁架替え	・現橋撤去における切断等は多くのパーティー数導入が可能な床版カッター、コアドリルによる方法を選定する。 ・桁撤去を大ブロックで実施し切断等の施工数量を減らす。 ・壁高欄はプレキャスト製とし、現場のコンクリート打設を省略する。	

S-218, 環S-272では2主桁以上損傷があり, 差が数%とほとんどなくなる. 信頼性や今後の維持管理も考慮の上, 総合的に判断し第3案を選定した.

5-3 新設桁の設計

補修対象の橋梁は, 桁高が低く (650mm) かつ現況の支承高も低いため (44mm), タイプBの支承は設置できない. 一方, 前後を3径間連続立体RCラーメンにはさまれているため, 道路橋示方書・同解説V耐震設計編³⁾の支承選定および落

橋防止システム構成の検討においては, RCラーメン橋の取扱いとなる.

隣接するラーメン橋は剛性が高く耐震性が優れ, 橋脚は鋼板巻立補強が行われており, 保耐法レベルの地震動に対しても十分耐力を有しているものと推定され地震時の変形は小さいものと考えられる. そこで, 「構造特性により橋軸方向に変位が生じにくい橋」として扱い, 支承はタイプAとし, 落橋防止システムは, 橋軸方向はけたかかり長, 変位制限構造 (アンカーバー) で, 直角方向は変位制限構造で対応するものとした.

表-5 施工法検討結果

項目	<第1案> 桁端部部分打替案	<第2案> 桁端部全体打替案	<第3案> 桁架替え案
対策概要図			
施工内容	ウォータージェットによる床版・桁はつり, 再構築, 支承取替え, 変位制限装置設置, 鋼板接着による床版補強, 桁塗装	ウォータージェットによる床版・桁はつり, 再構築 (3.18%), 支承取替え, 変位制限装置設置, 鋼板接着による床版補強, 桁塗装	現況RC, T桁撤去, 新設PC床版橋架設
日数	4日 (3日) <◎>	5日 <○>	4日 <◎>
工費	0.93 (0.77) <◎>	1.27 <△>	1.00 <○>
補修の信頼性	桁内部の損傷状態ははつり完了まで確認できない. 補修対象以外の桁に損傷が見つかった場合対応不可 <△>	桁内部の損傷状態ははつり完了まで確認できない. <○>	既設桁を撤去するため補修もれは生じない. 新設桁は工場製作で信頼性が高い. <◎>
施工上の課題	超早強コンクリートの本体使用の実績はない. 超早強コンクリートの発熱によるクラック対策が必要 <△>	超早強コンクリートの本体使用の実績はない. 超早強コンクリートの発熱によるクラック対策が必要 <△>	特になし <◎>
その他	既設構造物が残るため今後の管理費は架替え案より多くなる <○>	既設構造物が残るため今後の管理費は架替え案新設より多くなる <○>	新設のため今後の管理費小 <◎>
評価	<○>	<△>	<◎>

< >は, 工法に対する相対評価. 工費は, 桁架替え案を1.00としてその割合を表示している. ()は, 1箇所施工の場合

6. 工事報告

6-1 施工計画検討

以下の制約条件を考慮して、施工計画を立案した。

- ・桁撤去に先立ち、落橋防止装置（アンカーバー）等路下で作業が可能な工種は、可能な限り、事前作業で対応した。
- ・工事車両の輻輳を防ぐため、当該箇所は南行き一方通行とし、また、千日前分岐で進入車両を抑制した。
- ・撤去桁は、輸送可能な限り大ブロックで搬出し、現場外で小割りし、中間処理場に運搬することとした。
- ・支承の配筋等音の低い工種は、夜間に実施することで、工程の短縮を図った。

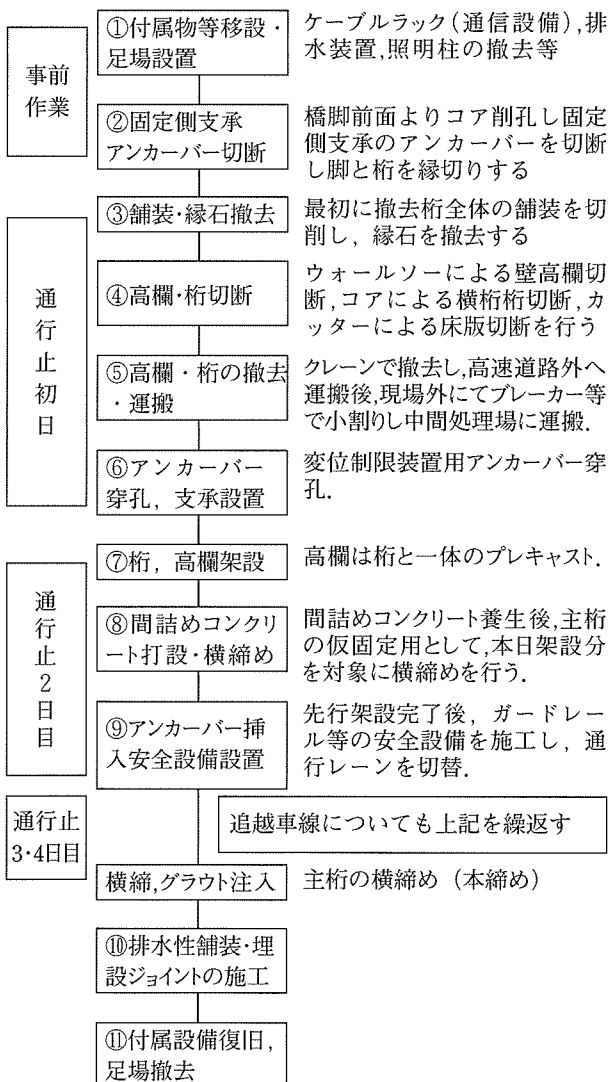


図-4 施工フロー

6-2 工事報告

追越車線側から施工に着手し、通行止め初日に既設桁の撤去、2日目にPC桁の架設を行い、その後走行車側も同様の手順で行い4日間で完了した。施工のフローについて図-4に示す。

(1) 通行止初日

撤去桁の重量の軽減、床版切断深さの低減、および、建設副産物の処理を考慮し、最初に既設桁全体の舗装を切削機で撤去した。(写真-2)

高欄切断は、高欄側面に吊り上げ用としてコア削孔を行い、レッカーで吊った状態で壁高欄をウォールソーにて切断を行った。切断作業中、ウォールソーの刃の拘束防止のため、切断完了部分に1mピッチでくさびを打ち込んだ。

桁撤去は、現場での短縮のため、運搬可能な範囲で大ブロックで搬出するために、図-5のように主桁間に切断線を設けた。その際、床版部分はコンクリートカッターで切断するものと、カッターの刃が届かない横桁部分はコアドリルで削孔し切断した。床版切断作業中、カッター刃の拘束防止のため、横桁下面と沓座ブラケット上面間にくさびを打ち込むとともに、切断完了部分にも一定の間隔でくさびを打ち込んだ。さらに安全性を高めるため、切断が1/3ほど進んだ段階で吊り上げ用ワイヤーをセットし、クレーンで吊り上げて転倒を防止した。

既設桁の落橋防止装置の切断の際、竣工図どおりに設置されていないことが多く、床版カッターの径を大きくしたり、コアドリルに切り替え対応した。

桁切断完了後、クレーンにより桁を撤去しトレーラーにより搬出を行った。切断ブロックの重心

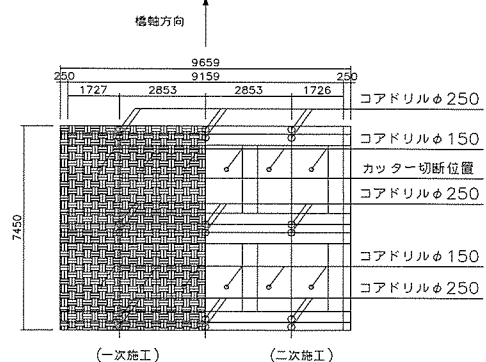


図-5 既設桁切断図



写真-2

が偏心しているのを、ワイヤーとチェーンブロックを併用し、桁が水平になるようの調整を行った。その際、クレーンで切断ブロックを少し吊り上げた状態で停止させ、大型バールを使用して切り離れた。(写真-3) その際、拘束が大きの場合に備えてジャッキを準備したが、結果的には使用しなかった。撤去後、落下防止のため、仮フェンスおよびネットを設置した。

次に、支承設置工として、桁撤去後、コアドリル削孔を行い、沓座モルタルの打設面の清掃、チップング、型枠組み立て後、沓座モルタルの打設を行った。養生後支承を設置した。



写真-3

(2) 通行止2日目

トレーラにより搬入した新設桁を、クレーンにより架設した。(写真-4) 高欄と一体となった外桁から順次架設を行った。据え付け位置の高欄上空30cmぐらいで一時停止し、両端の既設桁の高欄を傷つけないように吊り降ろした。据え付け後、転倒防止のため、揺れ止め金具を伸縮目地に配置し、ボルトにて固定した。

走行車線内の桁の設置終了後、支承部のアンカーを設置し、無収縮モルタルを打設する。終了後、

PCより線を挿入し、定着プレート、定着具のセットを行い、間詰め部にジェットコンクリートの打設を行った。所定の時間養生を行い、仮固定のため、PCより線の緊張を行った。



写真-4

(3) 通行止3日目, 4日目

追越車線側についても、通行止1日目, 2日目と同様の作業を行った。最後に、追越・走行両車線のPC桁の横締めを行い、付属物等を施工し完了させた。

あとがき

桁架け替え工事は、ほぼ工程どおり通行止めの4日間で完了することができた。補修工事は、図面と構造が異なっていたり、予期できないトラブルが生じることが多いが、今回は、事前に十分な調査と対応策を準備していたことにより、ほぼ順調に完了させることができた。

阪神高速道路も、竣工後40年近く経過し、経年劣化が進むにつれて、応急的な補修の限界が生じ、桁架け替え等根本的な補修や改良が必要になる事例が発生すると思われる。本稿が、今後の補修工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 財阪神高速道路管理技術センター：道路橋のメンテナンス 平成5年3月
- 2) 阪神高速道路公団：構造物の点検標準（土木構造物編）平成8年5月
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 平成8年12月

REPORT ON DAMAGE OF LOOP LINE RC SIMPLE GIRDER AND GIRDER REBUILDING

Yoshihiko Takada, Shyunichi Ito (now-dead) , and Takashi Yamamoto

The RC simple T girder in the Loop Line No. 1 put to common use in 1966 was found to have cracks on the support. The cracks were as wide as 10 mm, and some of the supports were found to be separated from the main girder unit with the crack as the border. The damage was observed at the RC simple girder engulfed by the 3-span continuous rigid-frame bridges, with some of the damages apparently dated back to 1985. We have recently made an investigation of the damage and carried out analysis of the cause in order to find out a repairing technique. As a result, the traffic to the loop line was stopped and the T girder was replaced with PC girder. This paper describes the outline of the girder replacement (rebuilding).

Keywords: crack, girder replacement, RC simple girder, temperature stress.