

老朽化したゲルバー形式橋梁の補修について

湊川裕介¹・田中達也²

^{1,2}近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 道路管理課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂 142)

国道 42 号下里大橋 (和歌山県那智勝浦町) では、ゲルバーヒンジ部の損傷、支承の腐食等が課題となっている。

本橋は 1956 年 (昭和 31 年) に建設され建設後 62 年経過しており、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひびわれや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、打換え工法、RC 連続工法、桁吊り工法等のゲルバー桁の補修工法についての現場の適用性を検討した。

今回、損傷の発生原因を調査するため、橋梁点検車で近接し、ファイバースコープで目視が不可能な中桁付近の内部状況まで確認を実施した。その結果、橋梁の全体構造としての安全性に問題が生じる状況ではないと判断し、補修対策は支承の腐食の原因となっている伸縮装置からの漏水を防ぐため、二重止水構造の埋設ジョイントへの交換、支承については金属溶射と樹脂コーティングによる耐久性の向上等を実施することにした。

キーワード ゲルバー、コンクリートひびわれ、現地調査計測、原因究明、補修・補強

1. はじめに

下里大橋は和歌山県那智勝浦町の国道 42 号に位置し、1956 年 (昭和 31 年) に建設されたゲルバーヒンジを有するコンクリート橋で、供用開始後 62 年が経過した橋梁である。これまで定期的な点検を行っている中で、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひび割れや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、2013 年 (平成 25 年) には補強鉄筋を設けた断面修復を実施した。しかし、3 年後の 2016 年 (平成 28 年) に実施した定期点検で、その補修箇所が再度損傷し、ファイバースコープで目視が不可能な中桁付近の内部状況まで確認を実施した。本報告では、これまでの補修・補強の検討内容の概要について紹介する。

位置図を図-1 に、橋梁一般図および全景写真を図-2 に、橋梁諸元を表-1 に示す。



図-1 位置図

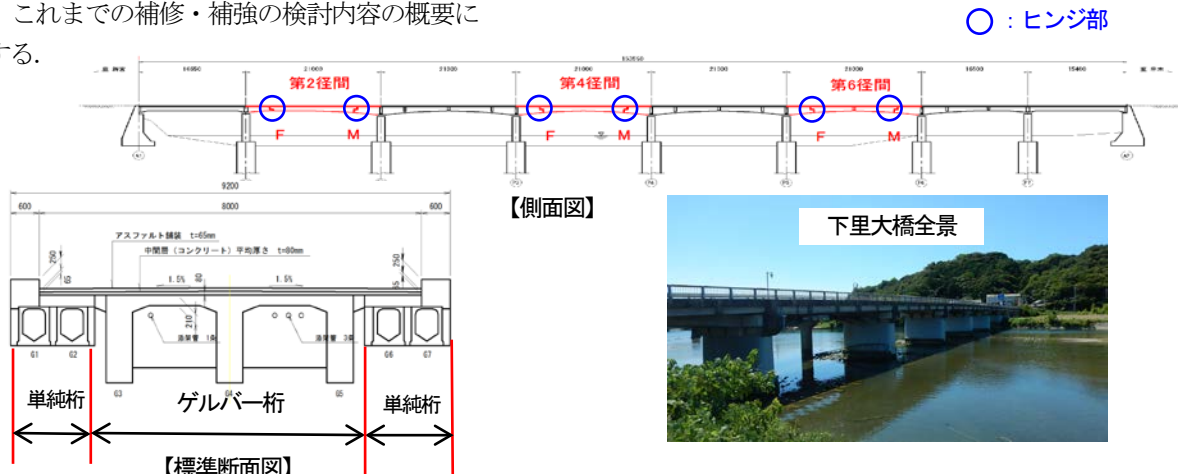


図-2 下里大橋 一般図および全景写真

表-1 橋梁諸元

構造形式	7径間連続ゲルバーRC T桁橋+単純RC T桁(1連)
拡幅部形式	単純PCプレテンション中空床版橋(8連)
橋長(支間長)	153.55m(16.65+5@21.0+16.5m+15.4m)
幅員	9.2m(全幅員), 8.0m(有効幅員)
平面線形	R=∞
下部工	橋台:重力式橋台, 橋脚:柱式RC橋脚
基礎工	直接基礎, オープンケーソン基礎

2. ゲルバー橋の概要

ゲルバー橋とは、1867年にドイツ人のハインリッヒ・ゲルバーによって考案された構造形式である。連続桁橋の中間部にヒンジを設けることにより、径間長を延ばすことが可能となったため、欧米で急速に普及した。(図-3及び写真-1, 2参照)

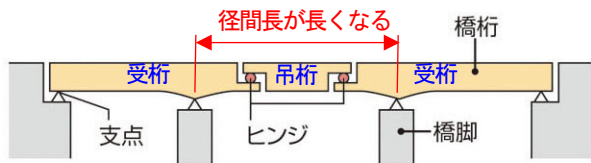


図-3 ゲルバー橋 概略図



写真-1 ヒンジ部近景

写真-2 ヒンジ支承

ゲルバーの支持方法は、連続桁橋と同様であるが、ヒンジがあるため、その力学的性質は異なる。この構造では支点到大きな不等沈下が生じた場合でも上部構造内に無理な応力や変形が生じることはない。また、単純桁を数径間並べるよりもゲルバー形式とすることによって全体の曲げモーメントが小さくなり、工事費の縮減、全体の桁高を小さくすることが可能で経済的となる。

ただし、伸縮継手の数が連続桁に比べ多くなってしまったため、構造上の弱点が出来てしまい、設計や桁製作も複雑となる。また、伸縮継手部を通過する車両に衝撃を与えることから走行性はあまり好ましくないという側面もある。

3. ひびわれ損傷の経緯

本橋はこれまで定期的な点検を行っている中で、ゲルバーヒンジ受桁部のコンクリートにひびわれや剥離の損傷が確認された。対策として、一般的なポリマーセメント系で断面修復を実施したが、再劣化したため、2013年(平成25年)には補強鉄筋を設けた断面修復を実施した。しかし、3年後の2016年(平成28年)に実施した定期点検で、その補修箇所が再度損傷し、ひびわれを生じた。点検及び工事履歴を表-2に、損傷写真を写真-3, 4に示す。

表-2 点検・工事履歴一覧

年度	項目	点検・調査	補修工事	経過年
1956年(昭和31年)	竣工			0
1977年(昭和52年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部に剥離鉄筋露出		21
1983年(昭和58年)	定期点検	ゲルバーヒンジ部、杵座や支承の損傷		27
1990年(平成2年)	拡幅工事		幅員をPC桁で拡幅	34
1992年(平成4年)	定期点検	ゲルバーヒンジ腐食、剥離鉄筋露出		36
2001年(平成13年)	定期点検	ゲルバーヒンジ腐食、剥離鉄筋露出		45
2007年(平成19年)	定期点検(H16要領)	ゲルバーヒンジ腐食、剥離鉄筋露出		51
2010年(平成22年)	補修工事		ゲルバー受桁のひびわれに対して断面修復補修	54
2011年(平成23年)	補強工事		橋脚耐震補強	55
2011年(平成23年)	異常時点検	台風12号による被害に対して異常時点検		55
2013年(平成25年)	調査、異常時点検	ゲルバー受桁のひびわれに対して緊急点検		57
2013年(平成25年)	補修工事		ゲルバー受桁のひびわれに対して断面修復補修	57
2016年(平成28年)	定期点検(H26要領)	ゲルバー受桁の補修箇所が再度損傷		60



【ポリマー系断面修復後のひびわれ】

【補強鉄筋による断面修復】



【補強鉄筋による断面修復】

【断面修復部の再劣化】

写真-3 ゲルバー部補修・損傷の経緯



【第4径間起点側】

【第6径間起点側】

写真-4 ゲルバー部のひびわれ損傷状況

4. 補強検討概要

ゲルバー部の抜本的な対策として下図に示すような打換え工法(非連続)、RC連続工法、ケーブルPC連続工法等の補強工法について、現場の施工性も含め、その適用性を検討した。概要について図-4、工事費を表-3に示す。

工法	概略イメージ図	構造概要
ケーブルPC連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・かけ違い部を支持桁両端を定着部とし、外ケーブル方式で吊り桁にプレストレスを導入する事により、桁連結及び支間中央部の補強を同時に行う補強工法。 ・橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・桁間にある添架管と干渉する際には、移設検討が必要である。 ・緊張作業の際には、一時的な通行規制が必要となる。 ・かけ違い部の支承を撤去するか否か検討が必要である。 ・撤去する場合にはワイヤーソーによる沓の切断等検討が必要である。 <p>概算工費(百万円) 72</p>

図-4 ゲルバー部補強工法検討図

表-3 各工法の概算工事費

補強工法 概算工費(直接工事費)					
工法案/対策項目	単位	数量	単価(千円)	金額(千円)	備考
①打換え工法(非連続)					
コンクリート打換工	m ³	28.8	150	4,320	
ゴム沓交換工	個	18	200	3,600	ヒンジ部
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
仮橋設置工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
				257,420	
②RC打ち換え連続工法					
コンクリート打換工		28.8	200	5,760	
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
仮橋工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
				282,260	
③RC連続工法					
コンクリート増厚工(上面)	m ²	126	50	6,300	
コンクリート増厚工(下面)	m ²	30	60	1,800	
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
間詰コンクリート工	m ³	4	800	3,040	アンカー工含む
吊り足場工	m ²	300	5	1,500	
				39,640	
④ケーブルPC連続工法					
外ケーブル工	箇所	6	3,000	18,000	桁両側2本想定
支承交換工	個	27	1,000	27,000	橋台及び橋脚部
添架管移設工1	m	155	60	9,300	
添架管移設工2	m	155	60	9,300	
吊り足場工	m ²	1,550	5	7,750	
				71,350	
【参考】架替え案					
上部架替工	m ²	1,426	200	285,200	幅9.2m×延長155m
仮橋設置工	m ²	1,240	200	248,000	幅8m×延長155m
				533,200	

工法	概略イメージ図	構造概要
打換え工法(非連続)		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部を撤去し切り欠き部の内角にハンチを設けることにより応力集中を避けた構造とする改良型の打換え工法。 ・補強前と同様の構造でのかけ違い部の完全改良ができ、耐力増強が期待できる。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吊り桁を支持する支保工が必要となるが、現道を供用しながらの施工は、3主桁の構造であるため、2車線中央に位置する中桁の施工に課題がある。 ・全面通行止めで施工する際には、迂回路確保が困難であるため、仮橋設置の検討が必要となる。 <p>概算工費(百万円) 258</p>
RC打ち換え連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部を撤去し鉄筋を配置してRC連続構造に改善する打ち換え工法。 ・打換え工法に対して、橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・吊り桁を支持する支保工が必要となるが、現道を供用しながらの施工は、3主桁の構造であるため、2車線中央に位置する中桁の施工に課題がある。 ・全面通行止めで施工する際には、迂回路確保が困難であるため、仮橋設置の検討が必要となる。 <p>概算工費(百万円) 283</p>
RC連続工法		<ul style="list-style-type: none"> ・既設かけ違い部の上下面を鉄筋で補強し、かけ違いの遊間部分を間詰めすることにより、RC部材として一体化する工法である。 ・打換え連続工法に対して、既設コンクリートを打ち替えずに、橋梁形式を連続に替える構造改善案である。 ・連続化により、橋脚に過大な水平力が作用しないよう支承構造検討が必要となる。 ・既設橋脚は耐震補強済みであるため、変化した反力に対する照査が必要である。
		<p>施工概要</p> <ul style="list-style-type: none"> ・かけ違い部の支承を撤去するか否か検討が必要である。 ・撤去する場合にはワイヤーソーによる沓の切断等検討が必要である。 <p>概算工費(百万円) 40</p>

打換え工法(非連続)、RC連続打ち換え連続工法では中桁を施工する際の作業スペースを確保することが必要となる。スペースの確保手段は中桁を挟んで吊り側の床版及び横桁を橋面からはつる必要がある。図-5に示す通り、中桁部の支承補修作業においては、上下線の中央で3.0m程度の規制範囲が必要であり、残存幅員が2.5mとなる。また、図-6に示す通り迂回路の確保が困難で、仮橋の設置費用が高価なので社会性・経済性共に悪く、本橋には

不適合と判断した。

ケーブルPC連続工法では、施工する際に通行止めの必要はなく、仮橋を設置する必要は無いので費用は安く収まる。よって、経済性は良いと判断した。だが、ケーブルに緊張作業を行う際には一時的に通行規制をかける必要があるため、社会性は少し悪く本橋には不適合と判断した。

RC連続工法では、施工する際に通行止めは必要なく、仮橋を設置する必要が無いので、経済性・社会性共に良いと判断した。

以上の考察より本橋にはRC連続工法が最もふさわしいと判断した。

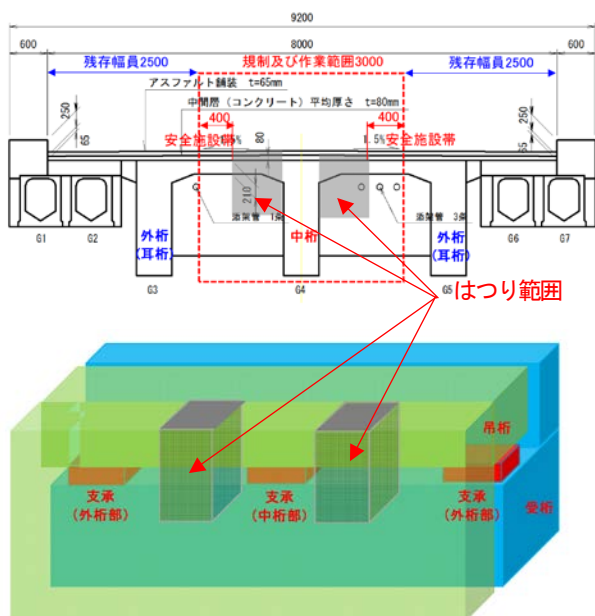


図-5 中桁支承補修時のはつりイメージ図



図-6 迂回路及び仮橋検討図

5. 現地調査概要

今回、損傷の発生原因を調査するため、橋梁点検車で近接し、目視が不可能な中桁の支承付近の内部状況までファイバースコープで確認を実施した。(写真-5 参照)



【点検車による近接調査】



【ファイバースコープ調査】

写真-5 ゲルバー部補修の経緯

結果、下記の内容について現地確認し、外的要因で腐食環境下にある外桁の支承については、すべり機能障害で受桁コンクリート断面にひびわれを起こしているものと判断した。

- ・ゲルバーヒンジ直上の伸縮装置からの漏水が確認され、伝い水が外桁支承の腐食原因となっている。また、外桁の支承周辺には土砂堆積もあり、腐食環境下に置かれていた。(写真-6 参照)



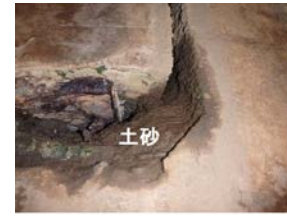
【漏水状況】



【土砂堆積状況】



【滞水状況】



【土砂堆積状況】

写真-6 ゲルバー部周辺の状況

- ・第6 径間(起点側)下流側の補修工事で新たに設置された断面修復部で発生している幅の広いひびわれは、支承位置付近から発生していた。(写真-7 参照)



【再劣化したひびわれ】



【ひびわれ内部状況】

写真-7 ひびわれ再劣化の状況

なお、中桁部の支承については、錆びて滲み出したような漏水跡もなく、鋼材の断面もしっかり残っていることを確認した。(写真-8,9 参照)

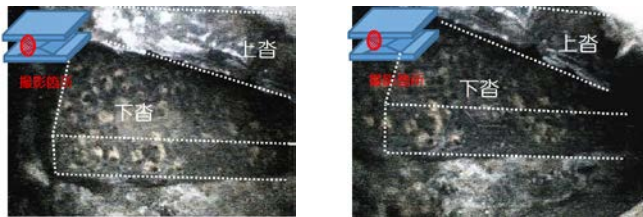


写真-8 ファイバースコープによる中桁支承の状況

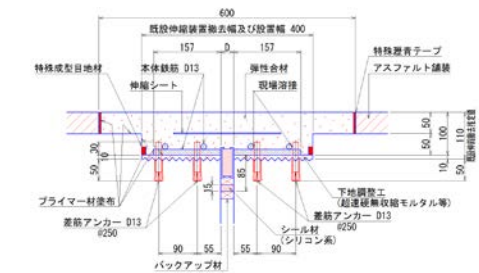


写真-9 桁下の漏水状況

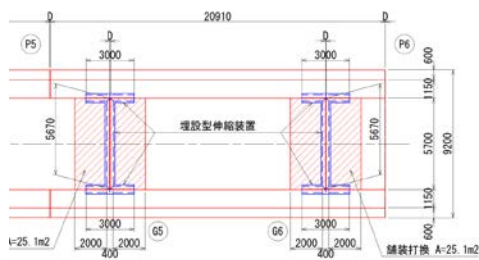
6. 補修対策概要

現況を鑑みて、補修対策は下記の内容を実施するものとした。

- ・ゲルバーヒンジ部の埋設ジョイント（施工から16年経過したシームレスジョイント）から漏水し、ゲルバーの外桁支承の腐食が進行しているため、止水性を向上させた二重止水の埋設ジョイントに取替える。なお、縦目地（同じシームレス）とは一体で施工し、弾性合材の端部処理も確実に（図-7 参照）



【断面図】



【平面図】

図-7 伸縮装置取替図

- ・補修断面に再劣化が発生したのは、固定支承の箇所である。劣化の一要因として、可動支承の腐食が原因であると推察される。すべり機能が低下し、可動側で移動しなくなることによって、固定支承側の水平力負担が増加し、再劣化が発生している。また、支承縁端距離が短いことも一要因でもある。従って、可動支承に潤滑性防錆材を注入し、すべり機能を回復させることによって、固定支承の損傷も防止し、かつ金属溶射と樹脂コーティングによる耐久性向上の補修対策を行う(写真-10 参照)。



写真-10 金属溶射補修前後

- ・ただし、支承が錆びて滲み出したような錆跡がなく、鋼材断面が残っていることで健全な状態であると判断した中桁部の支承については対策しない。
- ・受桁のひびわれ補修を再度実施するが、前回補修後3年程度でひびわれが再発している。前回の補修が支承の軸方向変位に効果のある水平方向のアンカー鉄筋しか設置されていない。支承の鉛直荷重より発生するせん断破壊に対して効果のある鉛直方向鉄筋をアンカー筋として設置する(写真-11, 図-8 参照)



写真-11 過年度配筋状況

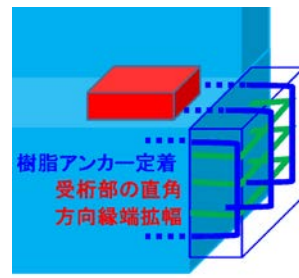


図-8 今回の配筋イメージ図

7. おわりに

今回の検討でゲルバー桁の補修工法についての知見を整理したことから、他のゲルバー桁形式橋梁の補修における参考になれば幸いである。

謝辞：本検討に際し、「橋梁ドクター診断」（川谷神戸大学名誉教授、高橋京都大学大学院工学研究科教授）で多大なるご協力とご助言を賜りました。深く感謝致します。

参考文献

- 1) コンクリートゲルバー橋補強対策マニュアル(案) (工法選定の考え方, 設計・施工の留意点), 平成 8 年 3 月, (財) 道路保全技術センター