

熊本地震にて被災した東無田橋のジャッキアップに関する検討について

(株)富士ピー・エス	正会員	○津留 和人
(株)富士ピー・エス	正会員	田上 研
(株)富士ピー・エス	正会員	妹川 寿秀
熊本県		永田 涼二

キーワード：災害復旧工事，ジャッキアップ，応力管理

1. はじめに

上益城郡益城町に位置する東無田橋は，平成 28 年 4 月に発生した熊本地震により上部工，下部工ともに損傷した。とくに，橋台部においては，杭の塑性化が確認されたため，迂回路による交通の切り回しを行い，上部工を存置した状態で橋台を撤去し，橋台および杭を再構築する計画とされた。

下部工の撤去・再構築は，上部工を橋台手前に設置したベントで仮受けし，主桁を外ケーブルで補強したのちに，上部工をジャッキアップした状態で施工している（別工事）。

本稿では，主桁の補強からジャッキアップの施工段階における検討，および主桁の応力管理について報告するものである。

2. 工事概要

本工事の概要を表-1，施工フローを図-1に示す。

表-1 工事概要

工事名	小池竜田線（東無田橋）28年発生橋梁災害復旧（過年）工事その2
発注者	熊本県 県央広域本部 土木部 災害復興課
工事場所	熊本県上益城郡益城町島田地内
工期	自 2017年11月30日 ～ 至 2019年12月27日
橋長	78.6m（桁長39.23m+39.23m）
有効幅員	L=10.00m（車道：7.5m 歩道：2.5m）
工事内容	構造物取壊し工，仮受ベント工，主桁補強工，ジャッキアップ工 橋梁補修工，支承工，床版・横組工，運搬処理工，橋梁付属物工
構造形式	PC2径間単純ポストテンションT桁橋

ジャッキアップを橋台手前に設置したベント上で行うため，支点位置が橋台支承上からベント上へと移る。そのため，現況とベント上仮受け状態とで主桁の断面力が大きく移行することとなる。ジャッキアップ完了時は，桁端部～仮受けベントまでが片持ちの状態となり，ベント上の主桁の上下縁の応力度が道路橋示方書・同解説¹⁾に示される許容値を超える。そのため，桁端部と支間中央部付近へ定着ブロックを設置し，外ケーブルにて補強する計画とされた。ジャッキアップ時の概要図を図-2，支間中央側の定着ブロック詳細図を図-3に示す。

3. 施工段階における検討

主桁のジャッキアップは，図-4に示すように，施工段階でステップごとに構造系が変化するため，ステップごとの挙動を把握し適切な補強

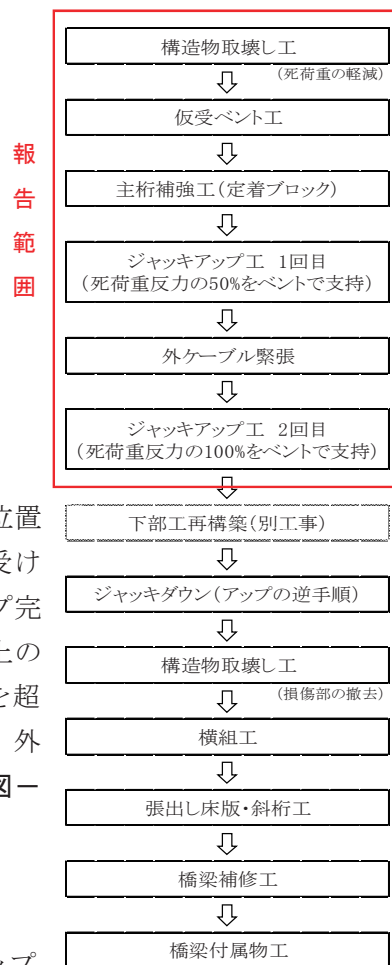


図-1 施工フロー

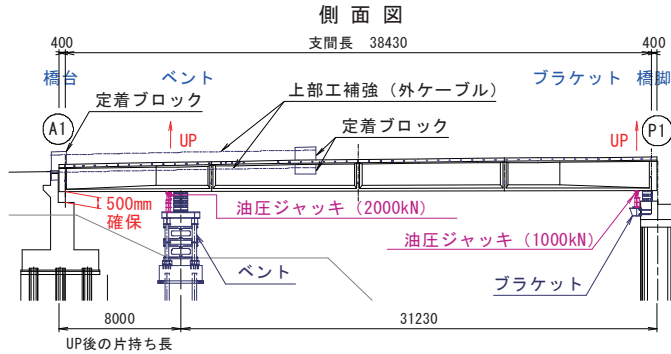


図-2 ジャッキアップ概要図

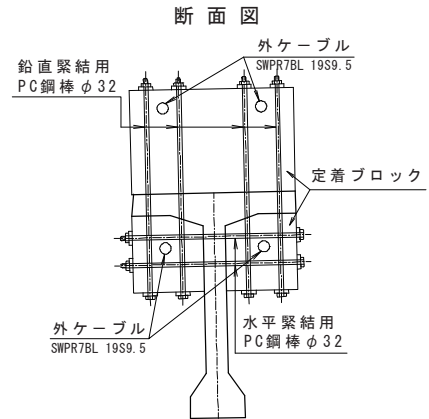


図-3 定着ブロック

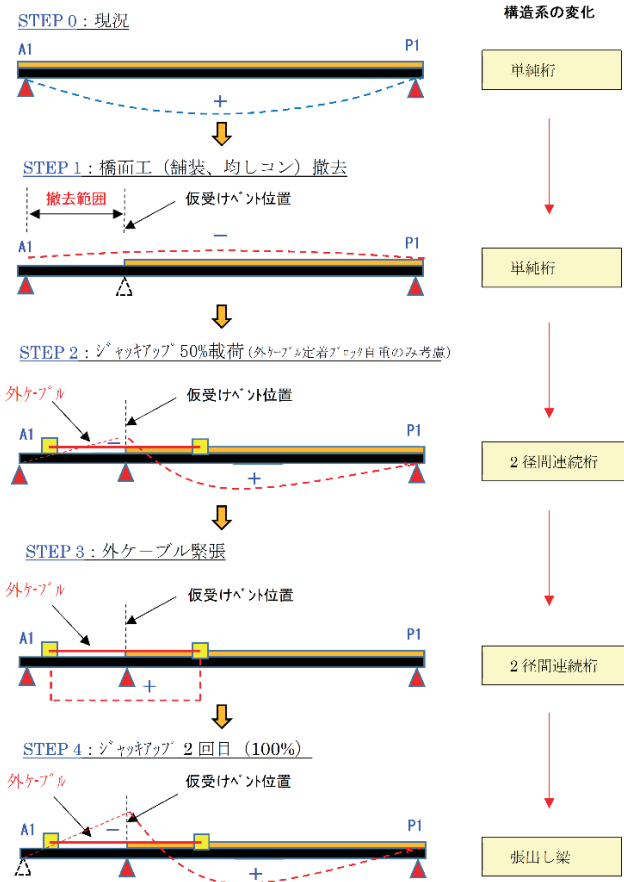


図-4 構造系の変化

を行うことが課題となった。このため、FEM解析にて、ステップごとの応力状態を再現した。解析結果を図-5に示す。

解析の結果、支間側定着ブロック上面の橋軸直角方向引張力に対し、計画時の設計にて決定した鉄筋量では必要鉄筋量を満足しないため、鉄筋を追加配置して、補強を行った(写真-1)。そのほかの部位は、発生している引張力に対して鋼板接着(写真-2)にて対応した。

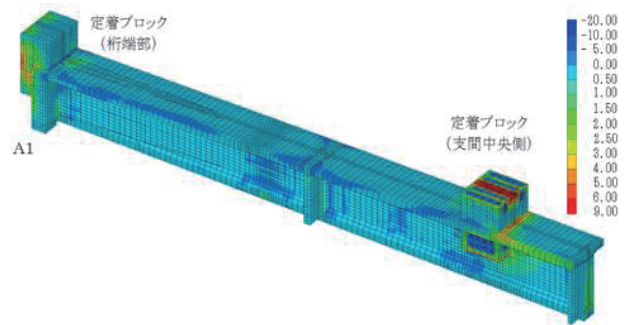


図-5 FEM 解析結果 (A1~P1 G1 桁)



写真-1 補強鉄筋配置



写真-2 鋼板接着による補強

ジャッキアップ時の仮支柱部反力は図-4のSTEP4の状態を設計値(100%)とした。ジャッキアップ(50%載荷)は、この設計値の50%の反力を仮支柱に設置した油圧ジャッキに導入した状態である。主桁は3点で支持された状態である。ジャッキアップ(100%)は仮支柱部設計反力を油圧ジャッキに導入した状態であり、2点支持の張出しモデルとなる。

4. 主桁の応力管理

本工事は、施工が進むにつれて構造系の変化にともない主桁の応力も変動していく。そのため、外ケーブルによる補強効果やジャッキアップ時の応力状態を把握し、定量的にも異常がないことを確認しながら施工を行うことが重要となる。そこで、事前に主桁の応力状態を確認するため、主桁の残存プレストレス量を調査した。

4.1 残存プレストレス量の事前調査

残存プレストレス量の調査は、スリット応力解放法、コア応力解放法、スロットストレス法、鉄筋切断法などがあるが、もっとも構造物への負担が小さい「コア応力解放法」を採用した。

コア応力解放法による調査結果と、設計計算による自重応力度をもとに、主桁における残存プレストレスの推定を行った。

本手法で計測されるのは、コアにより応力が解放された時のコンクリートのひずみであり、応力に換算するためには、弾性係数が必要となる。本調査においては、定着ブロック(主桁下側)打設孔のためのコア削孔を行っており、このコアサンプルにより、弾性係数の測定を行い応力換算に適用した。測定結果より、弾性係数は $3.23 \times 10^4 \text{N/mm}^2$ となった。

コア応力解放法の調査状況を写真-3に、プレストレス量の設計値と計測値の比較を表-2に示す。

本調査による残存プレストレス量の計測値は、設計計算による設計値とほぼ近い値であることが確認された。よって、主桁の残存プレストレス量は設計値の値を採用してジャッキアップに関する応力管理を行うこととした。



写真-3 コア応力解放法

表-2 コア応力解放法による調査結果

P1~A2	応力度(N/mm ²)			
	プレストレス		評価	
	設計値	計測値	計測値 -設計値	計測値 /設計値
G2-1	24.38	24.35	-0.03	100%
G2-2	23.98	24.25	0.27	101%
G2-3	23.46	23.17	-0.29	99%

4.2 主桁の応力管理

主桁の応力管理は、応力が許容値に対して余裕がないベント付近にひずみゲージを設置し(写真-4)、ジャッキアップ時の反力載荷10%ごと、および外ケーブル緊張後のタイミングで計測した。ひずみゲージの設置は、最外側のG1桁、G6桁とし、各桁の計測位置は、上床版付け根付近、桁高中央付近、下フランジ付近の上流側3箇所、下流側3箇所の6箇所とした(図-6)。

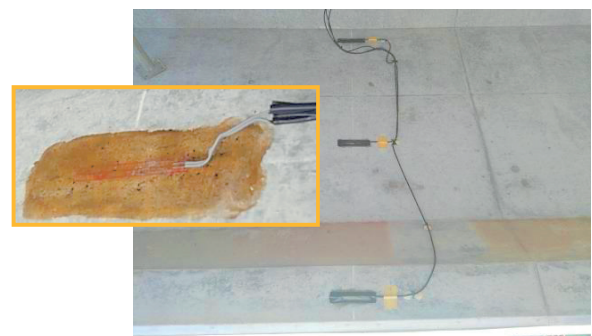


写真-4 ひずみゲージ貼付

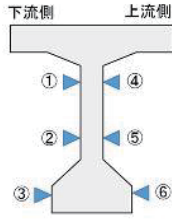


図-6 計測位置

4.3 計測結果および考察

各ステップの計測結果を表-3に示す。ひずみ値は、ジャッキアップ開始時点初期値0として計測を開始した。

表-3 計測結果

(N/mm²)

P 1~A 2 径間	STEP2 (ジャッキアップ 50% 載荷)				STEP3 (外ケーブル緊張)				STEP4 (ジャッキアップ 100% 載荷 → 500mm)								
	ジャッキアップ (50% 載荷) 完了後				外ケーブル緊張後				ジャッキアップ (100% 載荷) 完了後				ジャッキアップ (500mm) 完了後				
	G1桁		G6桁		G1桁		G6桁		G1桁		G6桁		G1桁		G6桁		
	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	上縁	下縁	
設計値	死荷重	6.72	5.65	5.89	6.75	6.72	5.65	5.89	6.75	-4.80	24.47	-4.62	23.94	-4.80	24.47	-4.62	23.94
	ジャッキアップ 反力	-5.88	9.58	-4.76	7.75												
	ジャッキアップ+外ケーブル					6.75	2.93	7.87	1.10								
	外ケーブル									12.44	-6.55	12.44	-6.55	12.44	-6.55	12.44	-6.55
	合成応力度	0.84	15.23	1.13	14.50	13.47	8.58	13.76	7.85	7.64	17.92	7.82	17.39	7.64	17.92	7.82	17.39
計測値	既往桁応力	6.72	5.65	5.89	6.75	6.72	5.65	5.89	6.75	6.72	5.65	5.89	6.75	6.72	5.65	5.89	6.75
	計測値換算応力	-2.36	4.67	-2.53	4.42	3.24	3.90	4.21	2.95	3.30	5.19	2.39	5.50	1.97	8.01	2.79	5.25
	合計	4.36	10.32	3.36	11.17	9.96	9.55	10.10	9.70	10.02	10.84	8.28	12.25	8.69	13.66	8.68	12.00
許容値	合成応力度	0 < σ < 17.5				0 < σ < 17.5				0 < σ < 18.5							

【STEP2】ジャッキアップ (50% 載荷) 完了後において、想定どおりに主桁上縁側に引張ひずみが認められたが、合成した応力状態では、引張応力は発生していないと推定された。また、上縁の引張応力、下縁の圧縮応力ともに設計値より数値が小さく、許容値に対して安全側を示した。

【STEP3】外ケーブル緊張後において、上縁の圧縮応力、下縁の引張応力ともに設計値より数値が小さく、許容値に対して安全側を示した。また、外ケーブル緊張後以降、ひずみ計測値はすべての計測点で圧縮ひずみを示した。

【STEP4】ジャッキアップ (100% 載荷) は油圧ジャッキ導入圧力管理の状態であり、支点支持の状態は明確ではない。ジャッキアップ (500mm) は主桁を上方に500mmリフトアップしており明確に2点支持の状態である。STEP4におけるジャッキアップ (100% 載荷) とジャッキアップ (500mm) とに差異が生じた要因の一つと考えられる。そのため、ジャッキアップ (500mm) が設計値 (仮定) に近い状態であると考えられる。また、設計値と計測値の違いは、主桁や地覆などのモデルと実構造物の差異の影響も考えられる。

ステップごとの応力変動について、測定値は、設計で想定された挙動と類似した値を示しており、施工段階で補強効果や応力状態を定量的に確認することができた。

目視調査の範囲であるが、ジャッキアップ完了後にひび割れ調査を行い、主桁および定着ブロックにはジャッキアップに起因すると考えられるひび割れは認められなかった。

5. おわりに

本工事は、前例の少ない主桁のジャッキアップ作業であった。そのため、多から情報を収集し、検討を重ね、現場に即した施工や管理方法を計画・実施し、無事にジャッキアップ作業が完了した (写真-5)。5月に下部工の再構築は完了し、6月から主桁のジャッキダウンと復旧を行っている。最後に、本工事の施工・計画にあたり、ご指導いただいている関係各位の皆様へ深く感謝いたします。



写真-5 ジャッキアップ完了

参考文献

1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編，p124-127，平成24年3月