

平成 28 年熊本地震で被災したロッキング橋脚を有する橋梁の構造変更について

西日本高速道路（株）九州支社 熊本高速道路事務所 ○西谷 朋晃、岩尾 省吾
保全サービス事業部 保全第二課 工藤 昌生

1. はじめに

平成 28 年熊本地震により、九州自動車道熊本 IC ランプ橋（A 橋）でロッキング橋脚の傾斜や横変位拘束構造の破損等の重大な損傷が生じた。そのため、発災直後からランプ閉鎖を実施し、早期の復旧および交通解放を図るべく補修・補強工法の検討ならびに復旧工事を実施した。本稿では、熊本地震による A 橋の損傷状況や損傷要因の推定、復旧方針および補強設計について整理するとともに、復旧工事の概要を報告する。

2. 概要

2.1 対象橋梁（A 橋）の諸元

A 橋は国道 57 号と交差する熊本 IC のランプ橋で、ロッキング橋脚を有する RC3 径間連続中空床版橋(橋長 47.33 m、斜角 83°)である。図 - 1 に橋梁一般図を示す。

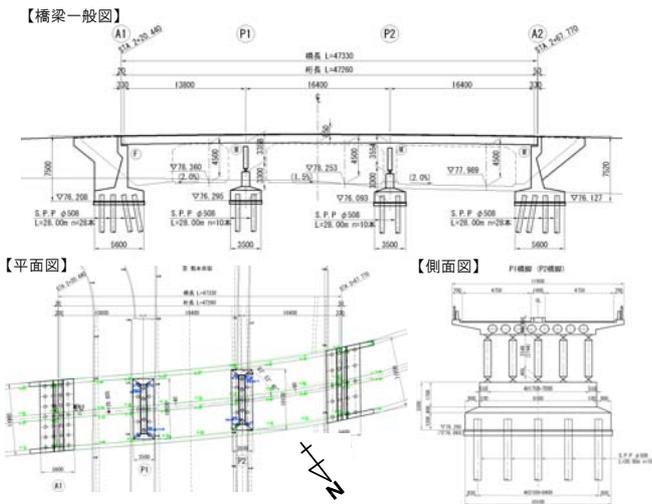


図 - 1 A 橋 橋梁一般図

2.2 損傷状況および損傷要因の推定

図 - 2 に損傷状況を示す。地震により東西方向に上部工が振幅移動したことにより、下部構造では西側に最大 3.9° のロッキング橋脚の傾斜(回転可能角度 2.3°)や A2 橋台に設置された横方向変位拘束構造にせん断破壊が生じた。一方、上部構造では A1 橋台（固定支点）を中心に A2 橋台側（可動支点）の床版が西側に約 350 mm 回転移動した。A 橋では、設計地震力以上の水平力が作用したことにより上記の損傷が生じたが、伸縮装置の拘束や横変位拘束構造等の影響により落橋までには至っていない。



図 - 2 A 橋の損傷状況

3. 復旧方針および補強設計

3.1 復旧方針

A 橋の復旧方針を策定するにあたり、上記の損傷状況に加えて、次の条件を考慮する必要があった。①復旧に際しランプの通行止めは可能であるものの、日交通量が約 30,000 台の国道に横架・接続するランプ橋であるため早期に開通する必要があること。②傾斜したロッキング橋脚の更なる傾斜防止対策が必要であること。③ロッキング橋脚の傾斜に伴う支点沈下により、橋脚上の主桁応力が許容応力を超過した状態であること。以上より、余震が継続する中、短期間のうちに上部工を安全に元の位置に復旧することが困難であることから、上部工位置は地震により移動した状態のまま全支点を剛結化し、橋梁形式を RC3 径間連続ポータルラーメン構造へと構造変更することとした(図 - 3)。なお、橋梁部と土工部の線形的なズレについては、土工部の平面線形を見直すことで対応した。

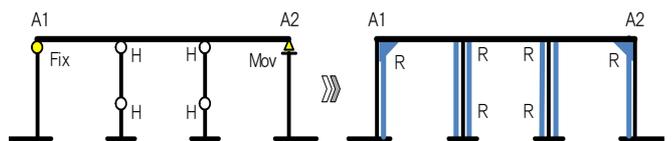


図 - 3 構造変更

3.2 補強設計

(1) 耐震性能

A 橋は、高速道路橋で一般国道に架かる橋(B種の橋)

キーワード 平成 28 年熊本地震, ロッキング橋脚, 構造変更, ポータルラーメン構造

であるため、各設計地震動に対して図 - 4 に示す耐震性能を確保することとした。

設計地震動	橋の耐震性能	耐震設計上の安全性	耐震設計上の供用性	耐震設計上の修復性	
				短期的修復性	長期的修復性
レベル1	【耐震性能1】 地震によって橋としての健全性を損わない性能	落橋に対する安全性を確保する	地震前と同じ橋としての機能を確保する	機能回復のための修復を必要としない	軽微な修復でよい
レベル2	【耐震性能2】 地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能	落橋に対する安全性を確保する	地震後、橋としての機能を速やかに回復できる	機能回復のための修復が応急復旧で対応できる	比較的容易に恒久復旧を行うことが可能である

図 - 4 耐震性能

(2) 部材の補強設計

A 橋の補強設計では、構造変更に伴う部材補強が必要となることから、各設計地震動に対する部材の補強設計を実施した。特にレベル 2 地震動に対する設計について、上部構造は長期的に供用性を確保する必要があるため塑性化を許容しないこととしている。一方、通常下部構造の設計では部材の塑性化を許容しているが、全ての橋台および橋脚の上下端剛結部で塑性化が生じると橋梁としての急激な耐力低下が想定されることから、本橋の設計では全ての部材で塑性化が生じない(塑性化が生じない部材を残す)よう、上下部構造の部材断面を決定することとした。ここで、図 - 5 に示す通り、A 橋の橋台は柱基部に向かってテーパを有しており、縦壁の塑性化を許容すると、塑性化が生じる箇所は部材厚の薄い上部工との剛結部付近となる。このとき、縦壁背面に増厚補強を行うには背面裏込め土の撤去が必要となり、限られた工期の中での施工は困難であったため、縦壁の断面計算でウイングの剛性を考慮したうえで、縦壁前面側のみの増厚補強を行った。また、断面力の大きい上下部剛結の隅角部では、PC 鋼材で緊張することで応力の改善を図っている。

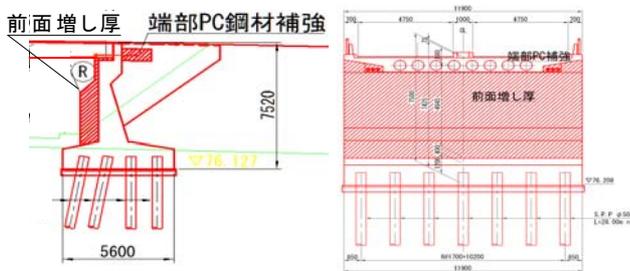


図 - 5 上下部構造の補強図

4. 復旧工事概要

図 - 6 に A 橋の復旧工程を示す。被災直後から復旧に向けての設計検討を開始すると同時に、現場では余震による落橋を防止するため、各支点部に支保工を設置した。特に A2 橋台では床版の横ズレおよび横変位拘

箇所	項目	5/月		6/月	
		上部	下部	上部	下部
準備工	橋脚(橋脚基礎・橋脚上部)				
	復旧準備・搬入				
A1	鉄筋・コンクリート剛結部(PC)	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生
P1	鉄筋・コンクリート剛結部(PC)	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生
P2	鉄筋・コンクリート剛結部(PC)	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生
A2	鉄筋・コンクリート剛結部(PC)	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生	基礎補強・鋼材・鋼材補強・鋼材補強・コンクリート打設・養生
その他	橋脚・交通管理施設				

図 - 6 復旧工程

束構造のせん断破壊が生じていたことから、変位制限用の支保工も併せて設置した。図 - 7 にロッキング橋脚の復旧状況を示す。支保工組替後にフーチングの掘削および壁面の表面処理を行い、傾斜したロッキング橋脚の RC 巻き立てによる壁化を行った。このとき、巻き立てた RC 壁の上下端をそれぞれ床版とフーチングにアンカー定着を行い剛結化した。なお、施工時は橋脚に変位計測器を設置し、傾斜等のモニタリングを実施した。なお、ロッキング橋脚の施工に際し、交差する国道 57 号の交通確保(一方向 2 車線の確保)が必要条件であったため、P1 および P2 の同時施工は困難であった。そのため、支保工組替後も交通確保が可能であった P1 から先行して実施した。



図 - 7 ロッキング橋脚の復旧状況

5. おわりに

図 - 8 に復旧完了状況を示す。発災から 74 日後の 6 月 27 日午前 7 時をもって交通解放を行った。本稿の事例が、今後、ロッキング橋脚を有する橋梁の耐震補強を行う際の一助となれば幸いである。



図 - 8 復旧完了状況