

熊本地震によるゴム支承の残留変位に対する安全性・耐久性の検討と対策

中央コンサルタンツ(株)福岡支店

正会員 ○中島 亮

非会員 富重 裕紀

非会員 高橋 厚彦

正会員 荒木 和哉

1. はじめに

熊本市が管理する千金甲橋側道橋は、平成 28 年に発生した熊本地震の影響により、支承部の損傷等が確認され、詳細調査及び復旧設計が必要と判断された。本橋は通学路として利用されており、地域住民の生活道路として重要な役割を担っている。本稿は、地震の影響により生じた支承部のゴム本体、サイドブロック等の損傷に対して、被災後の安全性・耐久性を考慮し、最適な復旧方法及び施工方法について、検討を行ったものである。

2. 橋梁概要と被災状況

2.1 対象橋梁概要

本橋は、平成 14 年に竣工された、橋長 78m、斜角 86°の鋼 3 径間連続鋼床版鈑桁橋である。支承部はタイプ B のゴム支承であり、支承条件は、A1 が固定支承、P1、P2、A2 が可動支承である。

2.2 被災状況

橋梁被災概要図を図 - 1 に示す。また、被災後の写真を写真 - 1, 2 に示す。代表的なゴム本体の残留変位として、A1 (固定支承)、A2 (可動支承) の支承変形状態図を図 - 2 に示す。全支承のゴム本体に残留変位が生じていたが、亀裂や有害な損傷は確認されなかった。

A1 (固定支承) は、ゴム本体が橋軸・直角方向に変形し、その結果サイドブロックが外れ、上沓のセットボルトが全て破断している状態であった。

P1、P2 (可動支承) は、ゴム本体に変形が生じていたが軽微であった。サイドブロック、セットボルトには、特に損傷は見受けられなかった。

A2 (可動支承) は、ゴム本体が橋軸・直角方向に大きく変形しており、上沓がサイドブロックに接触したことで、取付ボルトに変形が生じている。

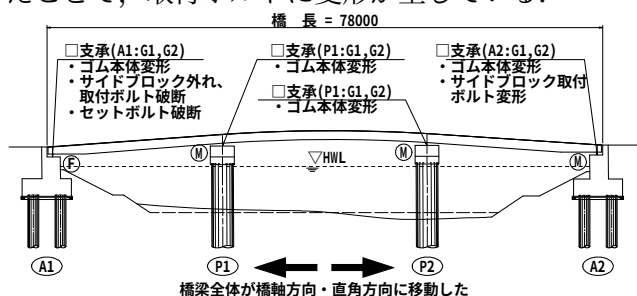


図 - 1 橋梁被災概要図



写真 - 1 支承 A1-G1



写真 - 2 支承 A2-G1

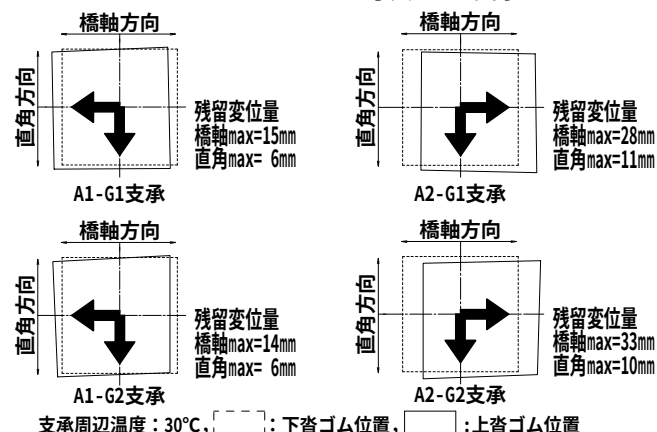


図 - 2 支承変形状態図 (残留変位方向と変位量)

一方、下部工には、損傷や沈下・移動・傾斜はなく、上部工は、パラペットとの衝突による損傷も確認されなかった。

よって、ゴム支承の変形は、地震の慣性力により橋軸・直角方向に移動したことが要因と推察される。

3. 復旧方法の検討

被災後のゴム支承において、残留変位が生じたゴムの安全性及び長期供用に対する耐久性を評価する。

3.1 被災後のゴム本体の安全性

残留変位が生じたゴム本体の安全性の照査結果を表 - 1 に示す。ゴム本体の安全性を検証¹⁾²⁾するにあたり、地震時に発生した最大せん断ひずみを把握することは困難である。本検討における最大せん断ひずみは、パラペットに衝突痕が見られなかったことを考慮した上で、地震後の「残留変位量+桁遊間量」と安全側に想定した。照査結果としては、許容値を満足する結果が確認できた。外観上、亀裂等も確認されなかったため、ゴム本体に残留変位は生じているものの、安全性を満足する結果を示した。

表 - 1 ゴム本体の最大せん断ひずみ照査結果 (橋軸)

橋軸方向の照査項目				A2-G1	A2-G2
ゴム本体	局部せん断ひずみ	γ_{tmax}	%	168.8	179.2
	地震時許容せん断ひずみ	γ_{sea}	%	(250.00)	(250.00)
判定				○	○

3.2 被災後のゴム本体の耐久性

被災後のゴム支承の応力度照査結果を表-2に示す。本橋設計当時の計算書を基に被災後のゴムの変形量を考慮し、変形分の有効面積を差し引いた状態で、ゴム本体の耐久性を検証した。¹⁾²⁾

応力度照査の結果、A1 支承（固定支承）、P1（可動支承）、P2（可動支承）は許容値を満足していたが、A2 支承（可動支承）は、圧縮応力振幅の照査及び座屈に対する安定性の照査において許容値を満足せず、今後の供用期間中の耐久性を担保することが困難な状態であることが判明した。

表-2 支承の応力度照査結果（橋軸方向）

橋軸方向の照査項目				A1-G1	A1-G2	A2-G1	A2-G2
圧縮応力振幅の照査				3.96	3.92	4.78	5.01
				(5.00)	(5.00)	(5.00)	(5.00)
座屈に対する安定性の照査	常時圧縮応力度	σ_{max}	N/mm ²	5.61	5.57	6.43	6.65
	常時許容座屈応力度	σ_{cRa}	N/mm ²	(8.33)	(8.33)	(6.25)	(6.25)
	地震時圧縮応力度	σ_{ce}	N/mm ²	3.10	3.10	3.67	3.67
	地震時許容座屈応力度	σ_{cRea}	N/mm ²	(13.89)	(13.89)	(10.42)	(10.42)
判 定				○	○	×	×

3.3 復旧対策方針の検討

復旧方針一覧表を表-3に示す。ゴム本体の復旧方針は、ゴム本体の耐久性が担保できていないが、安全性は確保されているため、残留変位を变形修正できれば機能回復を図れると判断した。³⁾ サイドブロック、セットボルトの復旧方針は、サイドブロックに変形は確認されず、再利用することが可能と診断した。また、ネジ孔の状態が良好なため破断ボルトを抜取り、セットボルト再設置が可能と診断した。各支承部の復旧対策概要は以下のとおりである。

- 1) A1（固定支承）は、許容値を満足しているため、ゴム本体の対策は不要である。但し、ゴム本体が直角方向に変形したことで、サイドブロックや上沓セットボルトの再設置が困難なため、直角方向の変形を被災前の状態に戻す。
- 2) A2 支承（可動側）は、許容値を満足していないため、ゴム本体の橋軸方向の変形を被災前の状態に戻す。また、上沓とサイドブロックの接触は、遊間を確保するために、ゴム本体の直角方向に生じた変形を被災前の状態に戻す。

表-3 復旧方針一覧表

部 位	復旧方針
A1（固定支承）	・セットボルト取替え ・サイドブロック再設置（サイドブロックボルト取替え） ※サイドブロック再設置のためゴム支承の変形・修正
P1（可動支承）	・ゴム支承の変形・修正は不要
P2（可動支承）	・ゴム支承の変形・修正は不要
A2（可動支承）	・ゴム支承の変形修正（ジャッキアップ+桁移動） ・サイドブロックボルト取替え

A2（可動支承）の橋軸方向の変形を被災前の状態に戻す目標値を表-4に示す。本橋は、設計当初の計画で現地温度 20℃時に、ゴム本体は直立した状態

となるように設計されていたため、施工時の現地気温に応じたゴム本体の橋軸方向の変形修正目標値の設定を提案した。また、直角方向の変形は、残留変位を直立状態まで変形修正する計画とした。

表-4 施工時の変形修正目標値（橋軸方向）

支承条件		温度変化 (mm)							
		0℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	50℃
A2	可動支承	-18.4	-13.8	-9.2	-4.6	0.0	4.6	9.2	27.6

※当初計画の20℃無変形の時の変形量を示す。

3.4 復旧対策時の施工方法

ゴムの変形を修正するための桁移動工法の比較表を表-5に示す。施工方法は、橋軸・直角の2方向へ移動させる必要がある。検討案として、鉛直ジャッキでテフロン板を設置した台座へ盛り替えして支持した後、水平ジャッキで水平方向へ移動を行う「第1案：水平方向ジャッキ、テフロン板+台座盛り替え」並びに送り台ジャッキで鉛直ジャッキを行い、手動ポンプで水平方向へ移動する「第2案：送り台（推進ジャッキ）」の2案を立案した。第1案では、鉛直方向、水平方向（橋軸・直角）は、各ジャッキに鋼製ブラケットが必要であるのに対して、第2案では、ジャッキ自体がコンパクトかつ、鉛直方向、水平方向を送り台のみで行うことが可能なため、鋼製ブラケットも省略化することができる。故に、施工性及び経済的優位性を考慮し、「第2案：送り台（推進ジャッキ）」を提案し、採用された。

表-5 桁移動工法比較表

工 法	第1案：水平方向ジャッキ、テフロン板+台座盛り替え	第2案：送り台（推進ジャッキ型）
概要図		
特徴	※鉛直方向ジャッキ、水平方向ジャッキ（橋軸・直角）は各々設置するため、3種類のジャッキが必要となる。	※橋軸・直角方向へ移動させる場合は、ジャッキを載換える必要があるが、推進ジャッキのみで良い。
補強方法	①主桁補強部材 ②縁端拡幅ブラケット※鉛直方向用 ③鋼製ブラケット※橋軸方向用 ④鋼製ブラケット※直角方向用	①主桁補強部材 ②縁端拡幅ブラケット※推進ジャッキ用

4. まとめ

残留変位が生じたゴム本体の地震時最大せん断ひずみを想定し、ゴム本体の安全性を確認できたことで、適切な復旧方針を提案できた。今後も支承の復旧方針を検討する際は、既設部材の再利用を含めた検討を行うことが重要と考える。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会 道路橋示方書・同解説, 2012.3
- 2) (社) 日本道路協会 道路橋支承便覧, 2004.4
- 3) (社) 日本道路協会 道路震災対策便覧（震災復旧編）平成18年度改訂版, 2007.3 p.81