

地震動作用時の橋梁における支承反力に関する基礎的検討

東北大学 学生会員 ○佐々木千肅

東北大学 正会員 松崎 裕

東北大学 正会員 運上 茂樹

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震や 2016 年熊本地震では、橋梁のゴム支承の破断が確認された。こうしたゴム支承の破断は、せん断力だけでなく、鉛直方向に引張力が作用した場合に生じやすい。曲線橋等の複雑な地震応答を示す橋梁では支承に引張力が生じ得る¹⁾ことを考慮する必要がある。さらには、直線橋であっても、3 方向から地震動が作用した場合大きな引張力が発生する可能性があり、支承反力特性を把握しておく必要がある。そこで、本研究では、地震動作用時の橋梁における支承反力特性に関する基礎的な検討として、直線橋における地震動の入力条件の違いが支承反力特性に及ぼす影響について比較検討を行う。

2. 対象橋梁

道路橋示方書²⁾に従って設計した II 種地盤上の積層ゴム支承を有する 3 径間連続鈑桁橋を解析対象とした。解析対象橋梁を図-1 に示す。支間長は 40m、橋脚高さは 10m、橋台高さは 5m である。橋脚は RC 単柱 T 型橋脚、断面は 2.5m×4.0m の矩形断面である。上部構造は I 型断面を有する 5 主桁である。支承は道路橋支承便覧³⁾に従って設計しており、橋台上の支承は平面寸法が 0.78m×0.76m、総層厚が 0.175m の G14 の積層ゴム支承であり、橋脚上の支承は平面寸法が 0.78m×0.76m、総層厚が 0.160m の G14 の積層ゴム支承である。

3. 解析モデルと解析条件

橋脚は塑性ヒンジ区間のみファイバー要素とし、それ以外は線形の梁要素でモデル化した。また、橋脚の基部は固定条件とした。支承は線形のばね要素でモデル化し、鉛直方向に関しては、引張剛性が圧縮剛性の 10%⁴⁾となるようにモデル化した。桁は RC 床版と鋼鈑桁について鋼を用いた等価な断面に換算し、梁要素でモデル化した。基本固有周期は橋軸方向に 0.91s、橋軸直角方向に 0.90s、鉛直方向に 0.27s である。

入力地震動は 2016 年熊本地震の KiK-net 益城記録である。図-2 は KiK-net 益城記録の加速度応答スペクトルを示している。UD 成分において固有周期 0.27s の時、応答加速度が 31.8m/s²である。解析手法は Newmark β 法による直接積分法を用い、時刻歴応答解析を行った。入力方向は水平 1 方向および 2 方向、3 方向、鉛直方向である。1 方向入力地震動の NS 成分と EW 成分のいずれかで支承のせん断ひずみが大きい方の入力とした。益城記録は EW 成分の方が大きな応答ひずみを示したことから、橋軸方向と橋軸直角方向での解析における地震動の入力成分は表-1 に示す通りとした。

図-3 は、橋台や橋脚上にある 5 支承のうちの外側と中央の支承に関して、それぞれの鉛直応力の最小値を示したものである。ただし、図の負側が引張応力、正側が圧縮応力であり、 -2.0MPa の赤線が引張応力度に関する設計

4. 解析結果

図-3 は、橋台や橋脚上にある 5 支承のうちの外側と中央の支承に関して、それぞれの鉛直応力の最小値を示したものである。ただし、図の負側が引張応力、正側が圧縮応力であり、 -2.0MPa の赤線が引張応力度に関する設計

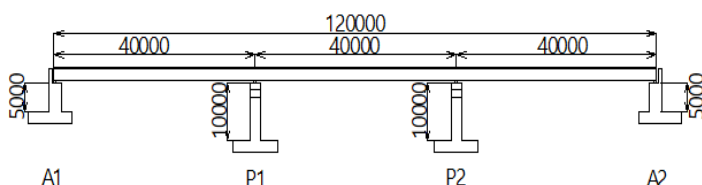


図-1 対象橋梁

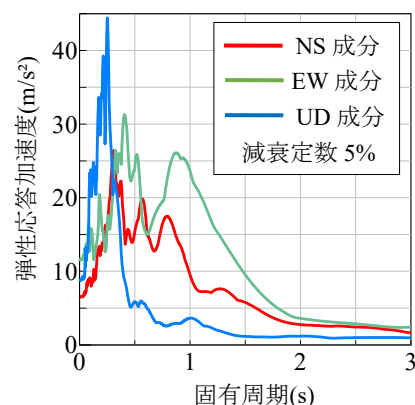


図-2 KiK-net 益城記録の加速度応答スペクトル

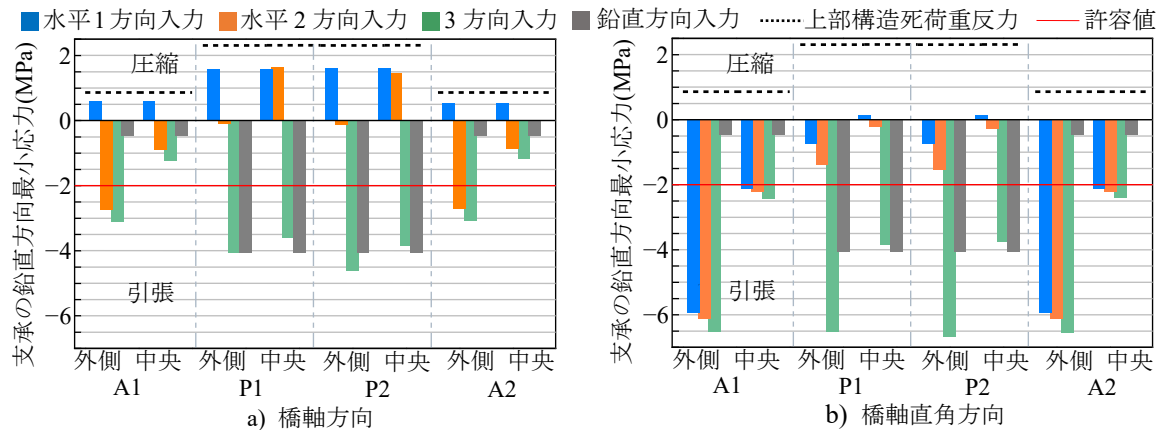
キーワード 支承、橋梁、反力、地震応答、動的解析

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

東北大学工学部建築・社会環境工学科 構造設計学研究室 TEL 022-795-7449

表ー1 KiK-net 益城記録を用いた解析における橋軸方向と橋軸直角方向の入力地震動の条件

		橋軸方向に着目した解析			橋軸直角方向に着目した解析		
		橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向	橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向
入力条件	水平 1 方向入力	EW 成分	—	—	—	EW 成分	—
	水平 2 方向入力	EW 成分	NS 成分	—	NS 成分	EW 成分	—
	3 方向入力	EW 成分	NS 成分	UD 成分	NS 成分	EW 成分	UD 成分
	鉛直方向入力	—	—	UD 成分	—	—	UD 成分



図ー3 支承の鉛直方向最小応力の比較(圧縮を正)

上の許容値を示している。また、黒色の点線が、上部構造死荷重反力である。どちらの図も 3 方向入力で最も大きな引張応力が生じていることが確認される。3 方向入力に対して、水平方向入力と鉛直方向入力の影響を橋台上と橋脚上の支承に関してそれぞれ考察する。まず、橋台上の支承に関して、a) 橋軸方向においては水平 2 方向入力、b) 橋軸直角方向においては水平方向入力で大きな引張応力を示す。NS 成分よりも大きな加速度を持つ EW 成分を橋軸直角方向に入力する b) 橋軸直角方向の方が、a) 橋軸方向よりも大きな引張応力が発生していることから、橋軸直角方向への加振とその大きさが、橋台上の支承に作用する引張応力に大きな影響を与えることを示す。これは、橋脚よりも剛性が高い橋台によって支承の下端が拘束され、橋軸直角方向の加振によって桁がねじれるため、支承に大きな引張応力が発生すると考えられる。また、橋脚上の支承に関しては a) 橋軸方向、b) 橋軸直角方向ともに鉛直方向入力で大きな引張応力が発生していることから、鉛直方向の加振が橋脚上の支承に作用する引張応力に影響を与えることを示す。これは、支承上の上部構造死荷重反力が橋台上よりも橋脚の方が 2 倍程度大きいため、等しい加速度が作用した場合、死荷重反力が大きい方がより大きな引張応力が発生すると考えられる。

5. まとめ

支承に生じる引張応力は 3 方向入力で最も大きくなる。また、連続橋の場合、橋台上の支承では水平方向入力、特に橋軸直角方向の加振だけでも引張応力が大きくなり、橋脚上の支承の場合、鉛直方向入力が支配的となることが示された。曲線橋のような複雑な橋梁において今後さらなる検討を行う予定である。

参考文献

1) 大塚久哲, 崔準祐, 山内春絵 : 4 径間連続曲線箱桁橋における地震時の支承反力に関する研究, 土木学会地震工学論文集, Vol. 29, pp. 485-492, 2007.

2) 日本道路協会 : 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.

3) 日本道路協会 : 道路橋支承便覧 2004.

4) 崔準祐, 岩本周哲, 植田健介 : ゴム支承の引張特性試験に基づく解析モデルを用いた橋梁全体係解析によるゴム支承の地震時挙動特性とコンパクト化について, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 71, No. 4, pp. I_650-I_658, 2015.