

極大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、橋梁における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、設計地震動より強度が大きい地震動(以降、極大地震動と呼ぶ。)が作用した場合の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、橋梁における極大地震動作用時の支承反力特性に関する基礎的な検討として、直線橋を対象として極大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. 解析対象橋梁

道路橋示方書²⁾に従って設計された II 種地盤上の積層ゴム支承を有する 3 径間連続鉄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⁾に従って設計されており、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。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。

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 床版と鋼鉄桁について鋼を用いた等価断面に換算し、梁要素でモデル化した。

極大地震動として、本検討では 2016 年熊本地震の KiK-net 益城記録を入力地震動とした。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。固有周期 0.27s において UD 成分の応答加速度として 31.8m/s^2 が生じるような地震動である。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。加振方向は水平 1 方向および 2 方向、3 方向、鉛直方向である。1 方向加振は地震動の NS 成分と EW 成分のいずれかで橋脚の応答変位が大きい方の加振とした。具体的には、EW 成分の方が大きな応答変位を示したことから、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。

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上

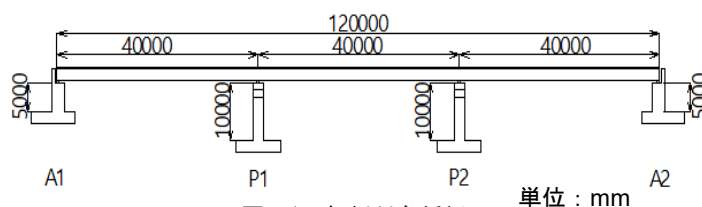


図-1 解析対象橋梁

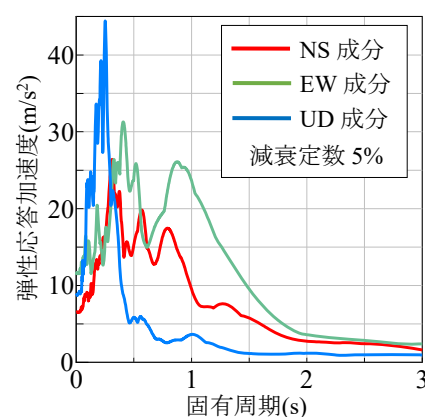


図-2 KiK-net 益城記録の加速度応答スペクトル

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-1 KiK-net 益城記録を用いた場合における橋軸方向と橋軸直角方向の入力条件

		橋軸方向の解析			橋軸直角方向の解析		
		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	1 方向入力	EW 成分	—	—	—	EW 成分	—
	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

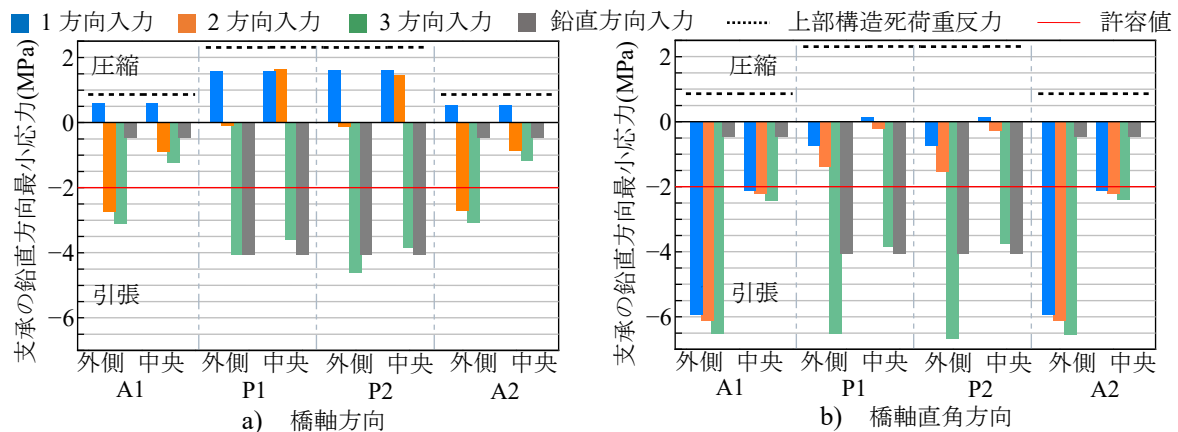


図-3 支承の鉛直方向最小応力の比較(圧縮を正)

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1方向加振時や2方向加振時よりも3方向同時加振時の方が大きな負反力が生じていることが確認される。橋台上と橋脚上の支承に関して比較すると、橋台上の支承に関しては、a) 橋軸方向において1方向加振以外で引張応力が生じ、b) 橋軸直角方向において鉛直方向のみの加振以外で大きな引張応力が生じ、また橋軸直角方向に橋脚天端の応答変位が大きいEW成分を入力する方が橋軸方向にEW成分を入力するよりも大きな引張応力が生じている。これらのことから、橋軸直角方向への加振とその大きさが橋台上の支承に生じる引張応力に大きな影響を及ぼしていることが確認される。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の加振時に大きな引張応力が生じていることから、鉛直方向の加振が橋脚上の支承に生じる引張応力に特に影響を及ぼしていることが確認される。さらには、入力条件が同じ場合、鉛直方向のみの加振以外では外側と中央の支承における最小応力の差について橋脚上よりも橋台上の方が大きいことが確認される。これは、橋脚に対して橋台の剛性が大きいため、変形しやすい橋脚の支承よりも変形しにくい橋台上の特に外側の支承に大きな引張応力が生じるからであると考えられる。

5. まとめ

支承に生じる負反力は水平方向加振時に橋台上、鉛直方向加振時に橋脚上で大きい。3方向同時加振時にさらに大きくなる。また、対称的な構造である直線橋において、橋台上と橋脚上の支承ともに外側と内側の支承間に応力の差が生じていることを踏まえて、複雑な地震応答を示す曲線橋等について今後検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 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系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.
- 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) 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.