

桁衝突に伴う橋台抵抗特性に関する解析的検討

土木研究所寒地土木研究所 正会員○西 弘明
北海道開発局室蘭開発建設部 正会員 西城能利雄
土木研究所寒地土木研究所 正会員 寺澤 貴裕

土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 孝司
土木研究所寒地土木研究所 正会員 山澤 文雄

1. はじめに

既設橋梁の耐震補強について、個々の部材の補強だけでなく、橋全体での耐震性能を向上させることも合理的な工法の選択として重要とされているが、その工法の1つとして変位拘束工法がある。著者らは、桁衝突を想定したパラペットおよびウィングの押し抜きせん断力や緩衝材の緩衝効果を把握する要素実験（衝突実験）をしてきた¹⁾。

本研究では衝突実験で得られた押し抜きせん断バネおよび緩衝ゴムの初期剛性をを用い、初期剛性の違いによる下部構造の応答感度分析を実施した。

2. 解析概要

解析対象には、昭和 55 年道示以前で設計された 2 径間連続のコンクリート橋を想定している。下部構造については、堅壁高さ 10 m の逆 T 式橋台（高さ 2.2 m、厚さ 0.5 m のパラペット）および躯体高 10 m の壁式橋脚とした。解析ケースに考慮した橋台ウィング形式（図-2）の各部位耐力および橋台の破壊形態を表-1 に示す。ここで、橋台の破壊形態は各部位の曲げ、せん断、押し抜き耐力を比較し、耐力が最小となるものを選定した。

図-1 に示す橋梁全体系の非線形解析モデルにおいて、破壊形態を想定した部位以外は線形モデルとした。考慮した水平抵抗は、橋台パラペットおよび橋台背面土の水平抵抗、桁の衝突である。橋台パラペットバネは、曲げ破壊型の場合には剛性低下トリリニア型 $M-\phi$ モデルを、せん断破壊型の場合には押し抜き抵抗バネとして考慮した。初期剛性は、既往解析²⁾で用いた値および実験結果に基づく値の 2 種類とした。本解析に使用した押し抜きせん断バネの諸元を表-3 に示す。緩衝材を設置した場合の桁衝突バネのバネ値は、以下の 3 種類の緩衝ゴム剛性とした。厚さ 50 mm のゴムの圧縮力-圧縮量の関係とした場合（静的剛性）、衝突実験結果よりゴム剛性の上限および下限（20 kN/mm および 60 kN/mm）とした場合である（図-3）。

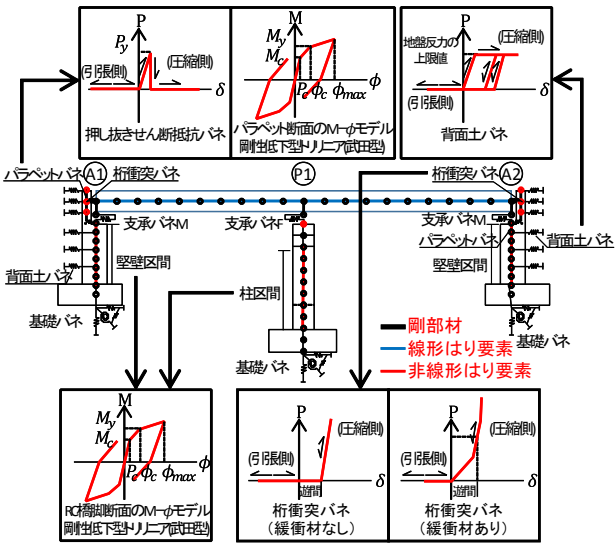


図-1 解析モデル

表-1 橋台破壊形態

橋台ウィング形式	堅壁			パラペット			破壊形態
	曲げ耐力 (kN)	せん断耐力 (kN)	押し抜きせん断耐力 [*] (kN)	曲げ耐力 (kN)	せん断耐力 (kN)	押し抜きせん断耐力 [*] (kN)	
(a)ウィング無し	2143	15357	—	1360	2501	—	パラペット曲げ
(b)パラレル	2143	15357	—	41905	—	9350	堅壁曲げ
(c)二辺固定+パラレル①	4724	—	18700	41905	—	9350	堅壁曲げ
(d)二辺固定+パラレル②	9410	—	20400	41905	—	9350	パラペット押し抜き
(e)二辺固定	14680	—	22100	41905	—	9350	パラペット押し抜き

※1 押し抜きせん断耐力は道示におけるコンクリートの圧縮強度の影響を考慮した許容押し抜きせん断応力度 ($\tau = 0.85 \text{ N/mm}^2$) と抵抗面積との積

表-2 解析条件

項目	条件
設計方向	橋軸方向
積分手法	Newmark β 法 ($\beta = 0.25$)
解析時間間隔	1/10000 秒
減衰考慮方法	Rayleigh 減衰
固有周期計算手法	サブスペース法
使用プログラム	TDAPⅢ
基礎地盤条件	Ⅱ 種地盤
衝突位置	桁中心
入力地震波	タイプⅡ-Ⅱ-1

表-3 押し抜きせん断バネ諸元

	許容押し抜きせん断耐力 (N/mm^2)	押し抜きせん断耐力 (kN)	バネモデル剛性 (kN/mm)
既往解析設定	0.85	9,350	7.0E+04
実験結果設定	4.00	44,000	1.02E+03

キーワード 桁衝突, 衝突実験, 橋台, 押し抜きせん断破壊バネ, 緩衝ゴム, 初期剛性

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL 011-841-1698

表-2 に示す解析条件で、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編のタイプⅡ地震動を入力波とした時刻歴応答解析を実施した。押し抜きせん断バネ剛性の影響を検討するケースでは、(1)支間長を 30 m で一定とし、遊間量を 20, 40, 70 と変化させた場合、(2)遊間量を 40 mm で一定とし、支間長を 30, 50 m と変化させた場合とした。緩衝ゴム剛性の影響を検討するケースでは、支間長を 30 m、遊間量を 70 mm で一定とし、剛性は 3 種類とした。

3. 解析結果

本検討では下部工応答として橋脚、堅壁およびパラペット天端の最大変位に着目した。橋脚と堅壁の応答に関しては、許容変位に対する比で整理している。

(1) 押し抜きせん断バネ剛性の影響

橋台ウイング形式(d), (e)において、遊間量・支間長を変えた場合の橋脚・橋台応答に及ぼす押し抜きせん断バネ剛性の影響を図-4 に示す。実験結果より設定した押し抜きせん断バネ剛性を採用することで、堅壁の曲げ耐力が最も小さくなり、破壊形態は堅壁曲げ破壊に誘導される。しかし、堅壁照査結果は 1.0 以下であり、堅壁は降伏まで至っていない。橋脚、橋台応答については、いずれのケースにおいても既往のせん断バネ剛性を採用した場合と比較して低減されている。また、本検討範囲内においては、支間が大きいほど、遊間が大きいほど橋脚、橋台応答は大きくなる傾向にある。

(2) 緩衝ゴム剛性の影響

破壊形態が異なる橋台ウイング形式(a), (b), (d)における橋脚・橋台応答に及ぼす緩衝ゴム剛性の影響を図-5 に示す。橋台形式の違いによる下部構造応答の違いは見られるものの、緩衝ゴム剛性の違いによる下部構造応答は大きな差は見られない。本検討条件の範囲内では、緩衝ゴム剛性の橋脚・橋台応答への影響は少ないといえる。

4. まとめ

本研究では地震時の桁衝突を想定し、要素実験（衝突実験）より得られた部材の抵抗特性等を用いた下部構造応答感度分析を実施した。今後は、本実験結果を反映した解析モデルにおいて、非線形バネを破壊形態によらずに各部位に設定した場合の解析を行い、下部構造応答感度分析を行う予定である。

参考文献

- 1) 西城能利雄, 西 弘明, 田崎賢治, 佐藤孝司, 具志一也: 桁衝突に伴う橋台抵抗特性の実験的検討, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.72, 2016.1
- 2) 西城能利雄, 岡田慎哉, 西 弘明: 地震時の桁衝突に伴う橋梁下部工応答特性の解析的検討, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.70, pp.225-226, 2015.9

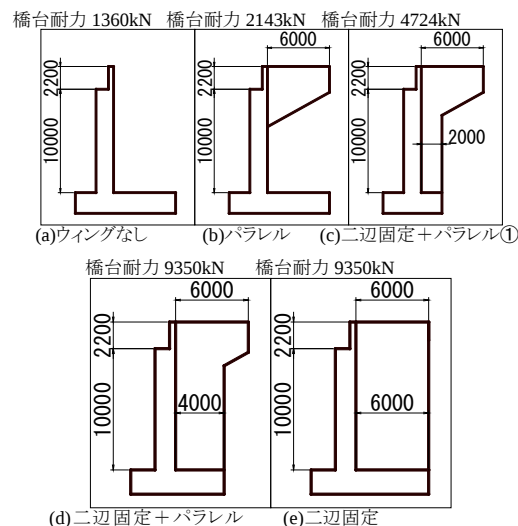


図-2 橋台ウイング形式

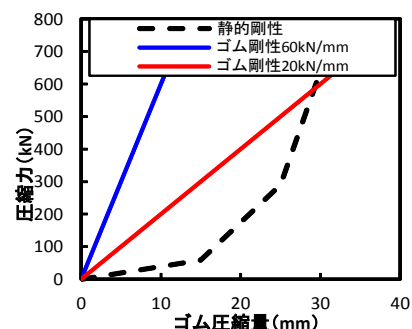


図-3 解析モデルの緩衝ゴム剛性

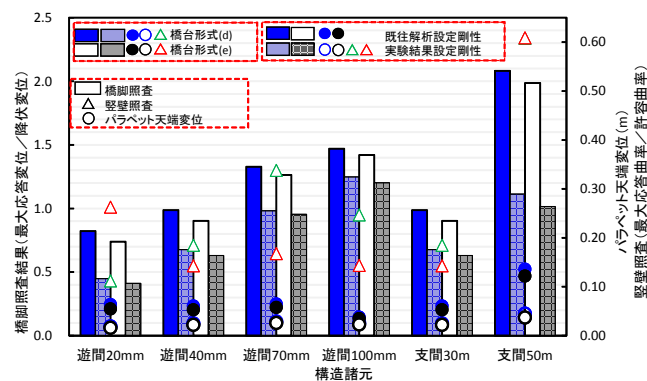


図-4 橋脚・橋台応答に及ぼす押し抜きバネ剛性の影響 (橋台形式 (d) (e))

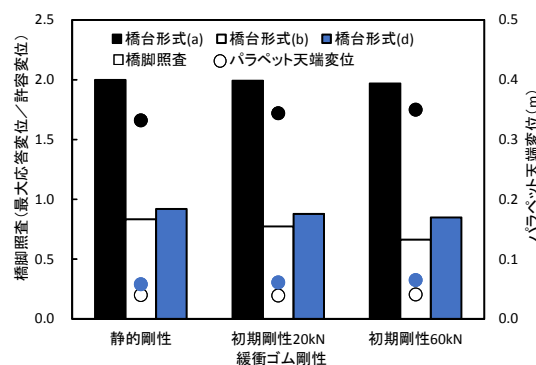


図-5 橋脚・橋台応答に及ぼす緩衝ゴム剛性の影響 (支間長 30m, 遊間 70mm)