

桁端部緩衝材の低温時特性と桁衝突挙動に関する検討

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 西 弘明
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

既往地震において橋梁上部構造と橋台の接触による桁衝突が橋梁上部構造の変位を拘束し、橋脚が大きく損傷しなかった事例を踏まえ、その変位拘束効果の耐震補強設計への考慮が期待される。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による緩衝効果を把握する要素実験（衝突実験）および解析検討を行ってきた。本研究では、緩衝材の低温時特性を把握することを目的に、桁衝突を想定した要素実験（衝突実験）を行い、そこで得られた緩衝材の初期剛性を用いて橋梁下部構造の地震時応答感度分析を実施した。

2. 実験概要

図-1に実験装置概要、表-1に実験ケースを示す。衝突実験は質量1,000kgの重錘を引き上げ、振り子運動によって供試体に衝突させることにより行った。重錘衝突は落下高さを段階的に高くし、供試体に累積的に衝撃力を作用させた。緩衝材（クロロプレンゴム、硬度65°±5、幅350mm、奥行50mm、高さ100mm）は鋼板（幅350mm、奥行575mm、高さH100mm、SS400）の前面に設置し、既往実験²⁾で用いた縮小橋台供試体を反力壁とした。測定項目は重錘に設置した加速度計による重錘加速度、高速度カメラ撮影（1000fps）による緩衝材圧縮変形量、緩衝材中央部に埋設した熱電対による緩衝材内部温度である。実験ケースFRにおける緩衝材は冷凍室内に48時間存置し、内部温度-25℃となるまで冷却したものである。

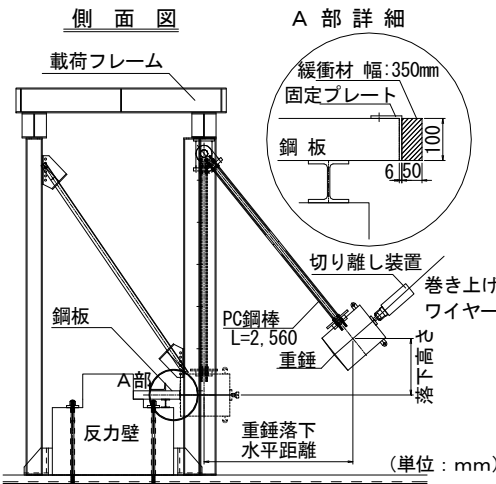


図-1 実験装置概要

表-1 実験ケース

ケース名	NR	LR	FR
緩衝材	無	有	
外気温 (°C)	—	2.3～3.2 ³⁾	
緩衝材内部温度 (°C)	—	3.4～4.6	-21.6～-1.0
重錘落下水平距離 (m)	0.3 0.6 0.8 1.0	0.3 0.6 0.8 1.0×5 回	1.0×5 回
重錘速度 (m/sec)	0.6～1.9	0.6～1.9	1.9

3. 実験結果

図-2に重錘衝突速度と衝突時の最大衝撃力の関係を示す。最大衝撃力は重錘質量 m と衝突時最大加速度 α_{max} との積 ($m \times \alpha_{max}$) である。実験ケースNRでは重錘衝突速度が速くなるとともに最大衝撃力は線形的に大きくなり、重錘衝突速度1.8m/sec（重錘落下水平距離1.0m）の時の衝撃力は1758kNであった。実験ケースLRではNRと同様に重錘衝突速度が速くなるとともに最大衝撃力は増加するが、重錘衝突速度1.8m/sec（重錘落下水平距離1.0m）の時の最大衝撃力は232kN～254kNであり、実験ケースNRの約1/7であった。実験ケースFRでは後述の緩衝材内部温度の上昇にともない最大衝撃力は398kNから269kNへと低減し、実験ケースNRの約1/4～1/7であった。

図-3に最大衝撃力と緩衝材圧縮変位の関係、写真-1に緩衝材の最大圧縮変形時の状況を示す。実験ケースFRの緩衝材内部温度は時間経過とともに-21.6℃から-1.0℃まで上昇し、圧縮変位量も大きくなった。緩衝材の初期剛性（最大衝撃力／圧縮変位量）を算出すると、約20kN/mmから135kN/mmの範囲であった。

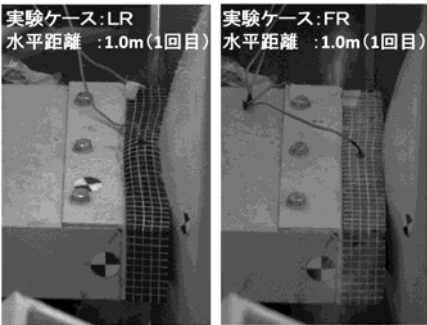


写真-1 緩衝材変形状況

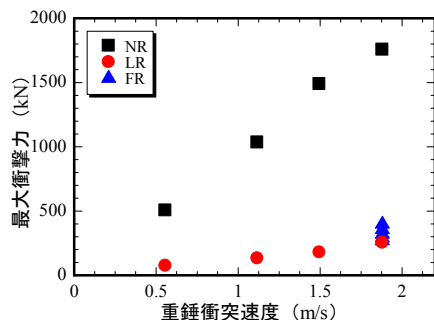


図-2 重錘衝突速度と最大衝撃力の関係

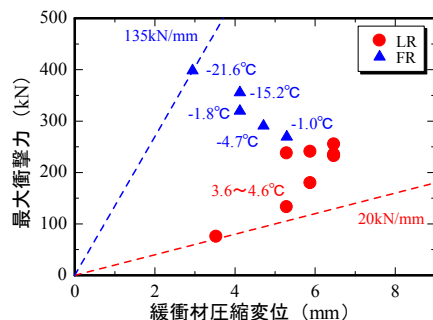


図-3 緩衝材変位と最大衝撃力の関係

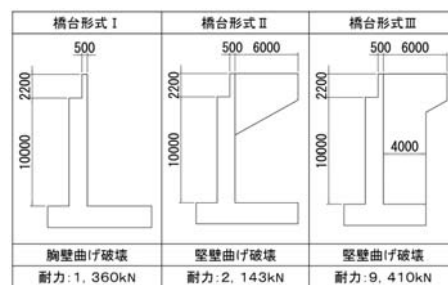


図-4 橋台ウィング形式

4. 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（支間長30m、遊間70mm）を想定している。下部構造は、堅壁高さ10mの逆T式橋台（高さ2.2m、厚さ0.5mのパラペット）および躯体高10mの壁式橋脚とした。図-4に解析ケースに考慮した橋台ウィング形式を示す。ここで破壊形態は、堅壁、パラペット各部位の曲げ、せん断、押し抜き耐力を比較し最小となるものとした。なお、押し抜き耐力の算出には既往実験¹⁾で得られた衝撃力による押し抜きせん断応力度（ $\tau=4.00\text{N/mm}^2$ ）を用いた。図-5に橋梁全体系の非線形解析モデルを示す。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、せん断破壊型を設定し、せん断破壊型の場合の押し抜き抵抗バネ値は、既往実験²⁾で得られた $E_s=1.2\times 10^3\text{kN/mm}$ とした。橋台背面土バネおよび桁衝突バネは既往解析¹⁾の値と同様にした。緩衝材を設置した場合の桁衝突バネのバネ値は、衝突実験結果より緩衝材初期剛性の20kN/mmおよび135kN/mmの2ケースとした。

5. 解析結果

図-6に解析結果における橋脚照査値（最大応答変位 $\delta_{\max}$ /許容変位 δ_a ）およびパラペット天端変位を示す。橋台形式Iにおいては緩衝材設置の効果は見られず橋脚照査値は1.0を超えており、橋脚は損傷した。しかしながら橋台形式IIおよびIIIにおいては、いずれの緩衝材剛性においても橋脚は損傷を回避できており、低温時においても緩衝材による緩衝効果を期待できると考えられる。

6. まとめ

本研究では、低温環境下での要素実験（衝突実験）によって得られた緩衝材の初期剛性を用いた橋梁下部構造の地震時応答感度分析を実施し、低温環境下における緩衝効果を確認した。

参考文献

- 1) 西城能利雄, 佐藤孝司, 西 弘明: 桁衝突に伴う橋台抵抗特性の実験及び解析的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.2, 2016
- 2) 寺澤貴裕, 佐藤孝司, 西 弘明, 山澤文雄: 桁衝突に伴う橋台抵抗特性に関する実験的検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 第73号
- 3) 気象庁 HP-過去の気象データ検索, 2016年11月7日, 札幌市

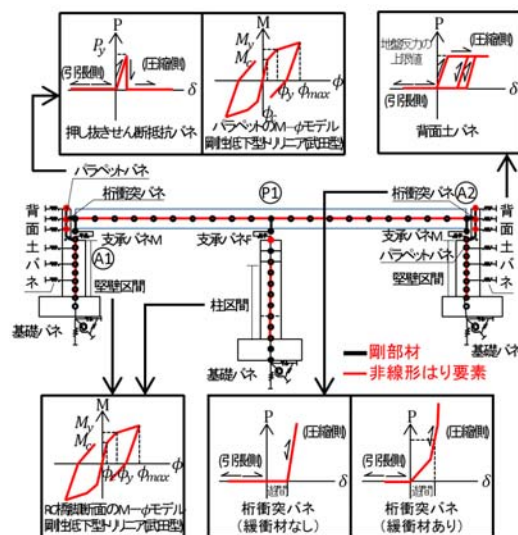


図-5 解析モデル

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	1/10,000sec
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

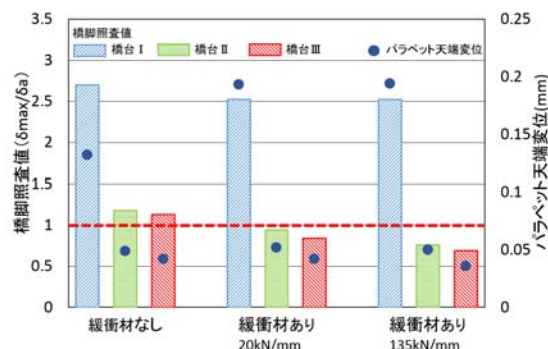


図-6 橋脚照査値およびパラペット天端変位