新潟県中越地震で被災した橋梁における損傷評価に関する一検討

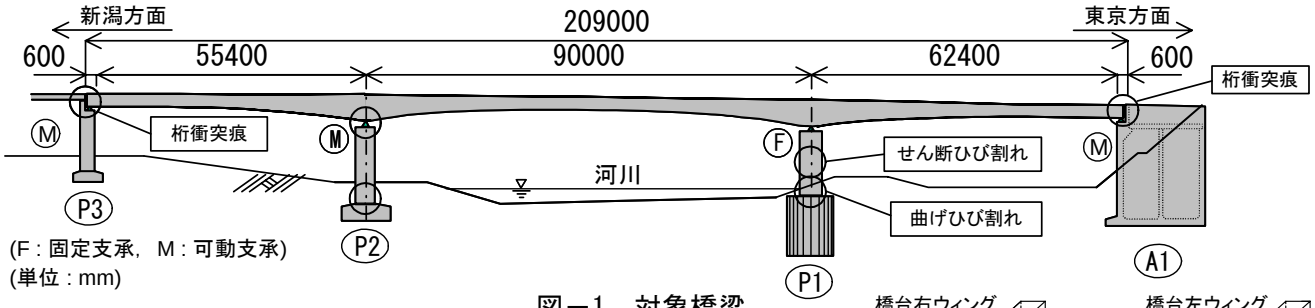
九州工業大学大学院　学生会員　○宮薗雅裕　　九州工業大学　正会員　幸左賢二
中日本高速道路株式会社　正会員　猪熊康夫　パシフィックコンサルタンツ株式会社　正会員　濵本朋久

１．はじめに

新潟県中越地震は，道路橋をはじめとして数多くの構造物に多大な被害をもたらした．被災事例として，上部構造桁端部と橋台の衝突や橋脚段落し部での損傷が確認された．本検討では，桁衝突による損傷が顕著であった橋梁を対象に，地震応答解析を行い，実損傷の発生原因を検証し橋台および橋脚の耐力評価を試みた．

２．構造緒元と被害概要

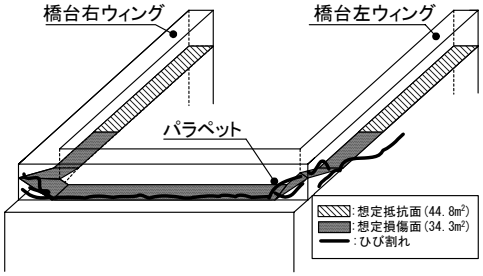
対象橋梁は，**図－1** に示すように橋長 209.0m の PC3 径間連続箱桁橋である．支承条件については，P1 橋脚が固定，その他の橋脚は可動である．損傷状況は**図－1** に示すように，A1 橋台および P3 橋脚では桁衝突の痕跡，P1 橋脚では段落し部でせん断ひび割れ，基部では曲げひび割れが確認された．A1 橋台の損傷は**図－2** に示すように，桁衝突によるひび割れがパラペット基部からウィングに沿って生じており，ひび割れより抵抗面を推定した．また，P1 橋脚段落し部でのせん断ひび割れは貫通には至っていなかった．



図－1　対象橋梁

３．解析モデル

解析モデルは，橋梁全体系の 2 次元フレームモデルを用いたが，隣接橋による衝突の影響は考慮していない．各モデルの設定方法は，各橋脚は弾塑性はり要素，A1 橋台は弾性はり要素，主桁および基礎は剛部材とし，支承，基礎はそれぞれ線形バネ要素としている．桁衝突バネは，既往の実験結果を参考に衝突時のバネ剛性を設定した．



図－2　橋台のせん断耐力の推定

４．動的解析による検討

(1)解析ケース

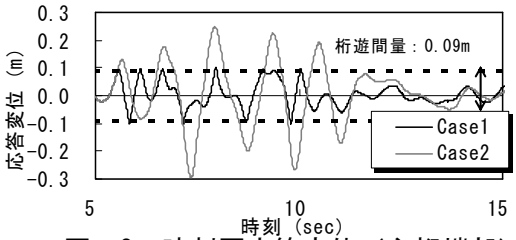
解析ケースを**表－1** に示す．Case1 は既往の実験結果から設定した．また，バネ剛性の影響を比較するため剛性を 1/100 倍から 10 倍に変化させた Case2,3,4 を設定した．なお，模擬的に Case2 は自由振動モデルに対応している．さらに，主鉄筋の定着長の影響を比較するため Case5 を設定した．入力地震動は，対象橋梁近傍で観測された気象庁川口町川口(E-W)の波形を橋軸方向に入力した．

表－1　解析ケース

解析ケース	衝突バネ(MN/mm)	定着長さ
Case1	39.8	1d
Case2	0.398 （桁衝突なし）	1d
Case3	398	1d
Case4	3.98	1d
Case5	39.8	30ϕ

(2)上部構造の応答結果

解析結果として，まず，**図－3** に主桁端部の時刻歴応答変位を示す．図より，Case1 および Case2 の最大応答変位を比較すると，桁衝突を考慮した Case1 は，桁衝突を考慮しない Case2 の 1/3 程度に



図－3　時刻歴応答変位（主桁端部）

キーワード：桁衝突　耐力評価　地震応答解析　地震災害　道路橋
連絡先：〒804-8850　福岡県北九州市仙水町 1-1　九州工業大学 建設社会工学科　　ＴＥＬ　093-884-3123

抑制され，橋台による水平変位の抑制，およびせん断損傷の抑制が確認された．

(3)P1 橋脚のせん断抵抗評価

P1 橋脚について Pushover 解析を行うことで，橋脚のせん断抵抗力と破壊形態の関係を比較した．せん断抵抗力の算出には，変形によってせん断抵抗力が劣化する Priestley 式を用いた．Case5 における荷重－せん断力関係を**図－4** に示す．図より，P1 橋脚はδ＝2.5cm において橋脚基部が曲げ降伏し，δ＝12.5cm で橋脚のせん断耐力に達することでせん断損傷に至る曲げ先行型のせん断損傷と考えられる．

(4)各ケースの応答結果

桁衝突を考慮したケースにおいて，桁衝突バネの剛性の違いや，段落し位置での定着長の違いが応答に与える影響を比較検討する．各ケースの応答結果を**図－5～7** に示すとともに概要を**表－2** に示す．

まず，主桁の橋台へのめり込み量を**図－5** に示す．図より，桁衝突バネの剛性が高くなるに従って，主桁のめり込み量が少なくなることが分かる．なお，実被害での主桁のめり込み量は 20mm であることから，桁衝突バネは，Case1 程度の剛性を有していると考えられる．

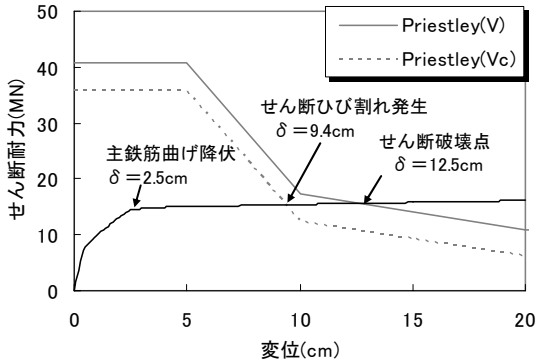
次に，P1 橋脚の最大応答塑性率は，**図－6** に示すように主鉄筋の定着長さを一定にした場合は，桁衝突バネの剛性が高くなるに従って，段落し部，基部ともに最大応答塑性率が低減しており，橋台抵抗の影響が高いことが分かる．また，定着長を変えた Case1 と Case5 を比較すると，定着長を 30φ考慮した Case5 は，段落し部の塑性率は低減するものの，基部の塑性率は増大する結果となり，定着長の違いにより変形形態に変化が見られた．

さらに，P1 橋脚段落し部に発生した最大せん断力を**図－7** に示す．図より，いずれのケースにおいても 20MN 程度の最大せん断力が発生しており，Case1, 3, 4 ではせん断抵抗力を超える結果となった．Case5 は，段落し部の最大応答塑性率が**図－6** のように他のケースよりも低いため，高いせん断抵抗力を維持しており，許容値以内に収まる結果となった．

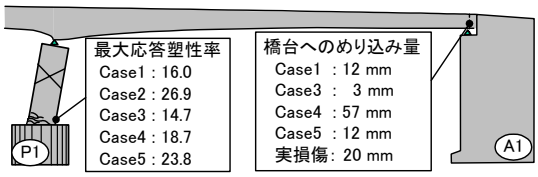
５．まとめ

(1) 本橋では，段落し部のせん断損傷が軽微であったが，これは，桁が衝突することで，主桁の最大応答変位が自由振動の 1/3 程度に抑えられ，P1 橋脚段落し部での応答が低減されるためと考えられる．

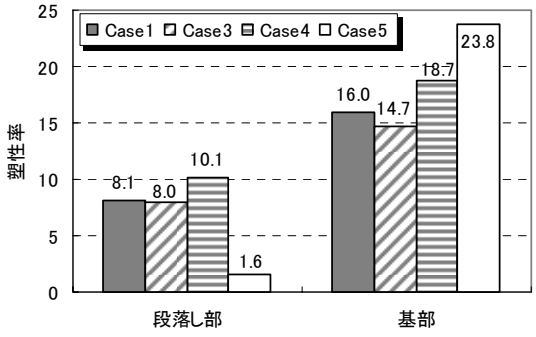
(2) P1 橋脚段落し部の定着長を 30φ低減したケースは，1d 低減したケースよりも段落し部の塑性率が小さく，せん断抵抗力が大きく見込まれるために，軽微なせん断損傷に抑えられた．



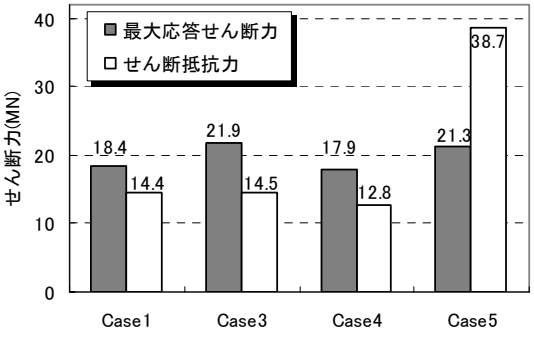
図－4　せん断耐力評価（P1 橋脚）



図－5　めり込み量および塑性率比較



図－6　最大応答塑性率



図－7　段落し部せん断耐力

表－2　各ケースの応答結果

	橋台へのめり込み量 (mm)	段落しせん断損傷	基部曲げ損傷
実被害	20	損傷	損傷
Case1	○	○	○
Case3	△	○	○
Case4	△	○	○
Case5	○	△	○

○:実被害と対応している
△:実被害と対応が十分でない