

地震動と津波外力を受ける津谷川橋梁の破壊の進展

早稲田大学 学生会員 ○五十嵐 裕哉 早稲田大学 正会員 安 同祥
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震では、地震に伴って起きた津波により橋梁をはじめとする社会基盤構造物が多数被災し、避難・救助ルートの確保が難しくなった。設計の際津波外力を考慮する必要がある、また発生する橋梁被害を予測することが重要で、災害時の避難路の確保に必要なことである。今回取り扱う津谷川橋梁（鉄道用：昭和 49 年竣工）は地震もしくは津波により橋脚が破壊され、桁が流出した。本研究では汎用ソフト T-DAPⅢを用いて解析し、破壊の状況を数値解析により追跡して破壊原因を推測する。

2. 解析モデルと条件

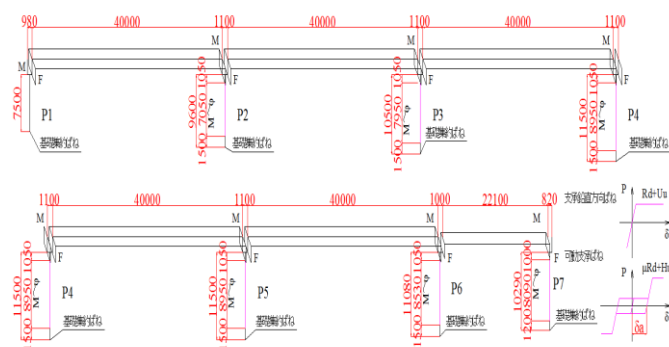


図1 解析対象モデル

津谷川橋梁の解析モデルを図 1 に示す。被害が激しかった P1 橋脚～P7 橋脚間（全長 228m）を対象にした。構造物の PC 桁を線形はり要素、RC 橋脚を非線形はり要素（武田モデル）、鋼製支承をばね要素でモデル化する。可動支承はバイリニアモデル、支承の橋軸方向を非線形弾性（非対称）モデルとする。下部の地盤は砂礫と砂が互層で PC 杭基礎である。

入力地震動は図 2 に示す同じ津谷川に架かる小泉大橋での推定波形を使用した。最大加速度が約 600Gal で二つの主要動からなっている。津波外力

は、津谷川橋梁に作用した津波の遡上解析から推定した桁および橋脚に対しての流速と水位の津波移動方向の時刻歴を用いた。P1~P2 間に作用した橋軸直角方向と鉛直方向の津波外力を図 3 に示す。桁には水平津波波力と揚圧力、橋脚には水平津波波力を作用させた。

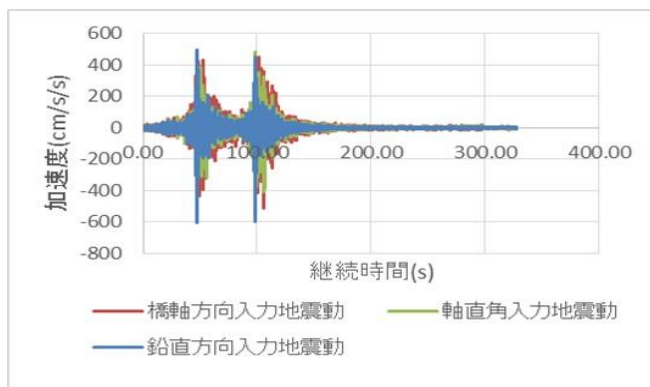


图 2 入力地震波形

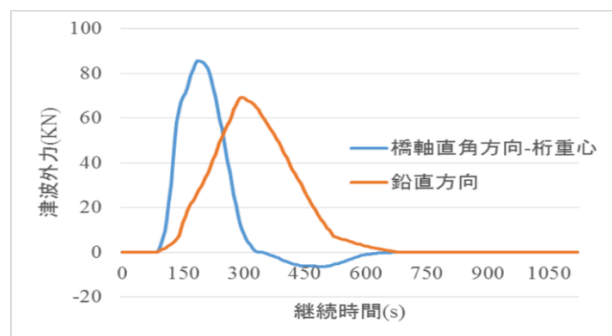


図3 P1~P2間入力津波外力(橋軸・鉛直方向)

3. 解析結果 時刻歴応答解析の例として P2 橋脚の結果について述べる。図 4 より地震波形入力時は橋脚中央部の段落し部付近以高でせん断耐力 P_{S0} を上回りせん断破壊した可能性がある。津波外力の応答値は橋脚の全ての断面でせん断耐力 P_{S0} を上回り全体的にせん断破壊したと推定できる。図 5 より地震波形入力時はひび割れ発生曲率を超えているが降伏曲率までには達していない計算結果となった。津波外力を入力時には、終局曲率 ϕ_u を大きく上回り破

キーワード 橋梁、津波、地震応答解析、せん断耐力

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学創造理工学研究科清宮研究室 TEL:03-5286-3852

壊に達したと計算された。

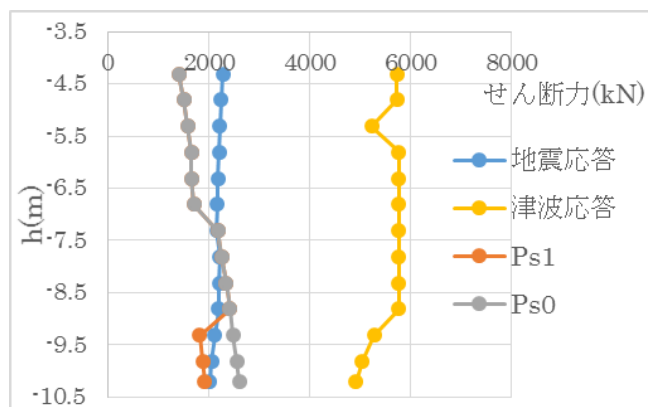


図4 P2橋脚のせん断力の鉛直分布

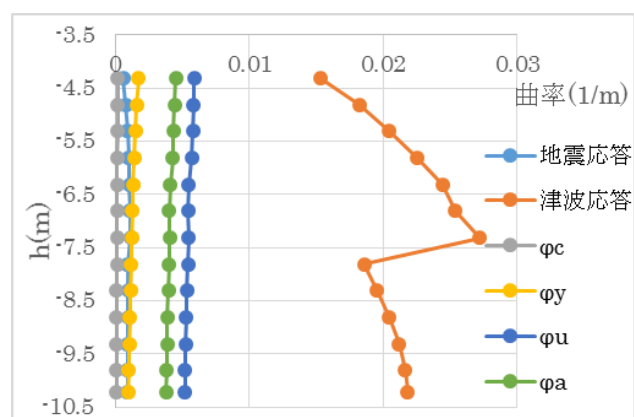


図5 P2橋脚の曲率の鉛直分布

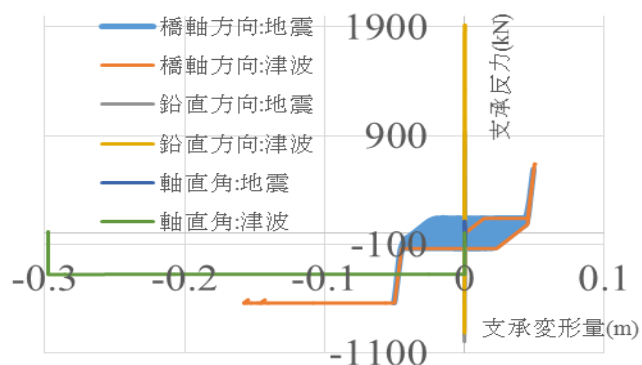


図6 P2橋脚の可動支承の反力と変形量

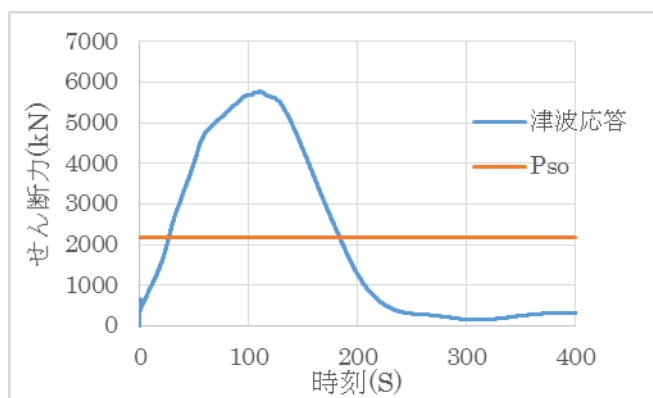


図7 P2橋脚中央部のせん断力と時刻の関係

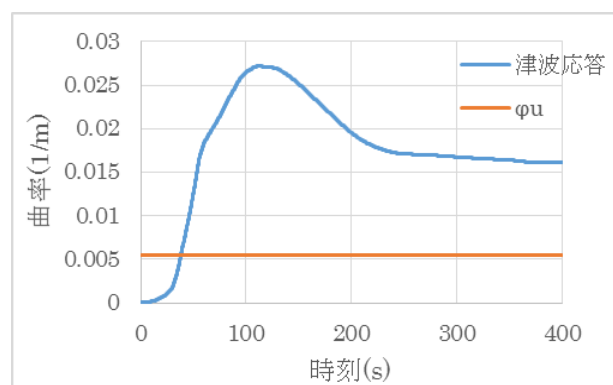


図8 P2橋脚中央部の曲率と時刻の関係

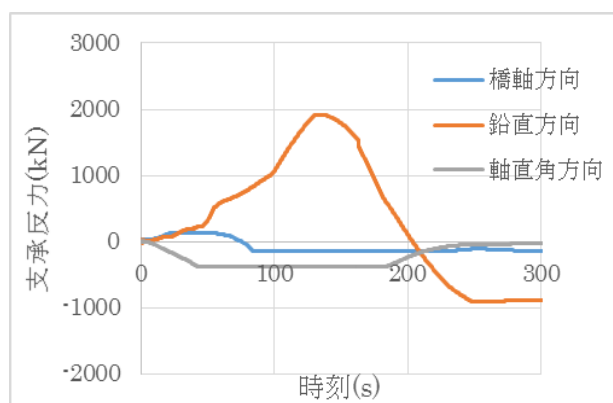


図9 P2橋脚の支承反力と時刻の関係

支承部について図6にP2橋脚の支承部の各成分の反力と変形量の関係を示す。地震動入力時はいずれの成分でも支承は破壊されていないと計算された。津波外力入力時は橋軸方向、橋軸直角方向の支承の耐力を超えていた。また、図7~図9より耐力に達したのは、可動支承の橋軸方向の耐力、せん断耐力、終局曲率、可動支承の軸直角方向の耐力の順序であった。

4. まとめ 本橋梁では600Gal程度の大きな地震動を受け、橋脚中央部の段落し部にせん断破壊が生じたものの橋脚基部でのせん断破壊と支承部ともに大きな被害は受けなく落橋には至っていないと推定された。津波外力により、橋脚はせん断破壊を起こしたと計算される。また、支承部は水平力により橋軸方向・軸直角方向の順で耐力に達した。図3より津波外力は水平力が先に作用し、その後鉛直力が作用する。そのため水平力で先に支承が破壊され、鉛直力により桁が浮き上がって流されたと推定される。

なお今回計算に使用した津波外力は九州工業大学幸左賢二教授、地震波形は国土交通省片岡正次郎氏より頂いた。ここに謝意を表する。