

## 地震動と津波外力を受ける橋梁構造物の破壊の進展

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・救助ルート確保が難しくなった。災害時に交通路の確保のため、設計の際津波外力を考慮する必要があり、また発生する橋梁被害を予測することが重要である。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

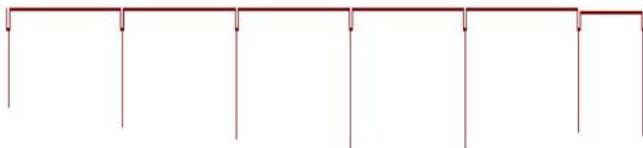


図1 解析対象モデル（正面図）

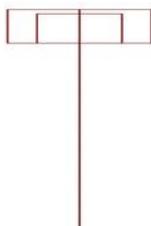


図2 解析対象モデル（側面図）

今回取り扱う津谷川橋梁の解析モデルを図1、図2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3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。また、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、水位、津波移動方向の時刻歴を用いた。P1～P2間に作用した橋軸方向と鉛直方向の津波外力を図4に示す。桁には水平津波波力と揚圧力を作用させた。

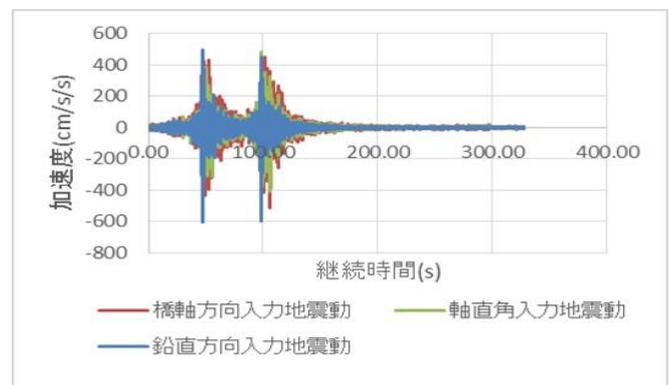


図3 入力地震波形

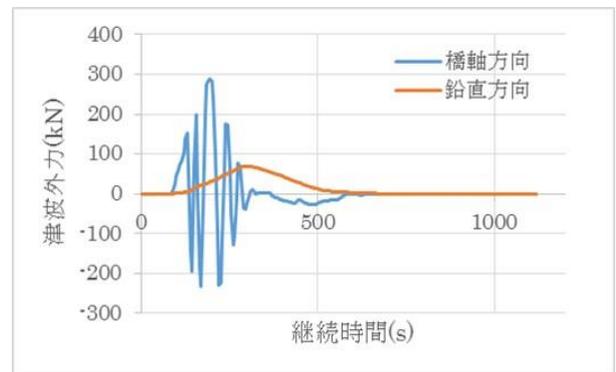


図4 P1～P2間入力津波外力（橋軸・鉛直方向）

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5および図6に橋脚の曲率分布を示す。地震時にはひび割れ発生曲率は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。津波外力を入力した際には、終局曲率 $\varphi_u$ を大きく上回り破壊に達したと計算された。また、図7より地震動入力時は橋梁中央部でせん断耐力 $P_{S0}$ 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。

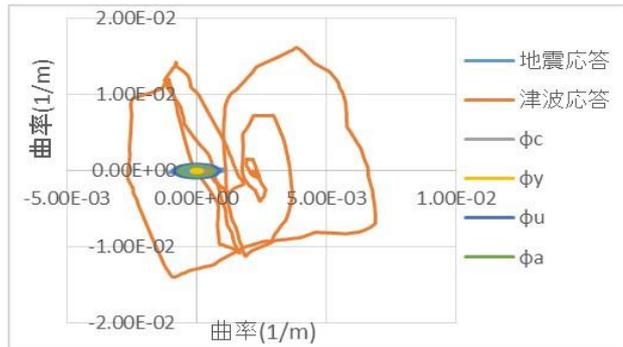


図5 P2橋脚基部付近の断面の曲率

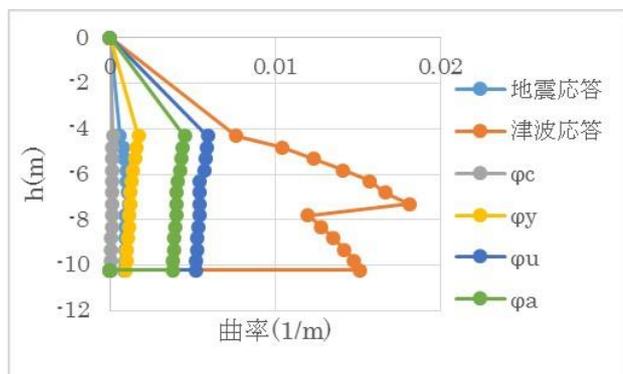


図6 P2橋脚の曲率の鉛直分布

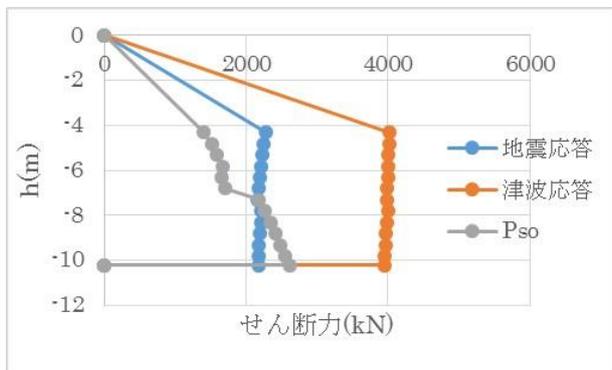


図7 P2橋脚のせん断力の鉛直分布

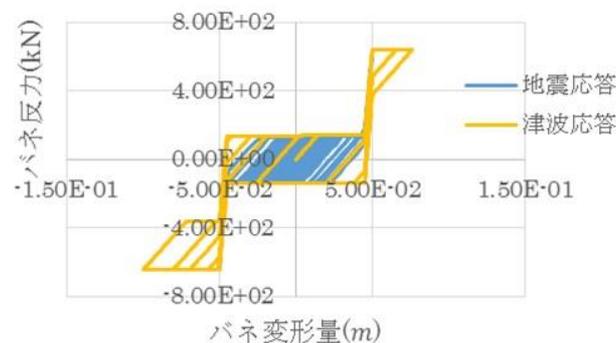


図8 橋脚支承の水平の反力と変形量 (橋軸方向)

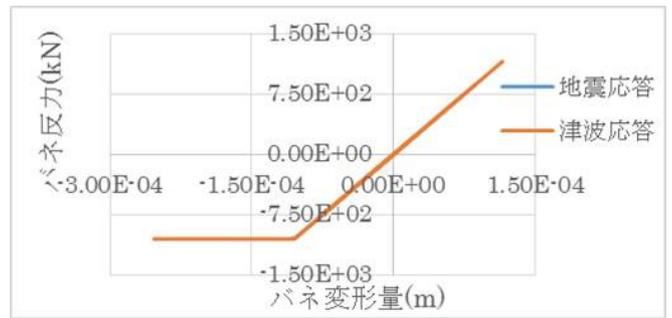


図9 橋脚支承の鉛直の反力と変形量

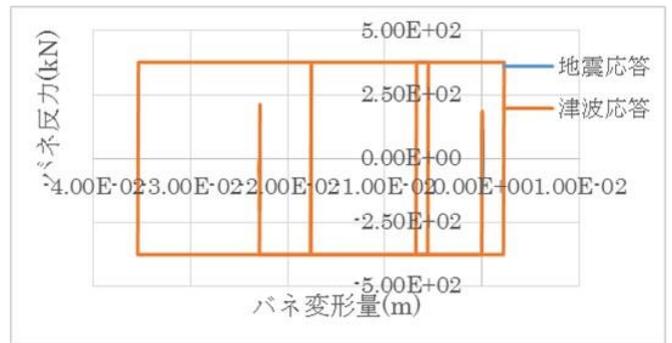


図10 橋脚支承の反力と変形量 (橋軸直角方向)

支承部について図8～図10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示承は破壊されていなかったと計算された。津波外力入力時は橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向いずれも支承の耐荷力を超えていた。この時点で桁は大きく橋脚から逸脱下と推定される。

**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ないと推定された。津波外力により橋脚部についてはせん断破壊、曲げ破壊ともに起こしている計算結果となった。また、支承部も各成分とも耐力を超えるため、津波による水平波力と揚圧力により落橋したと推定される。

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。

**5. 参考文献** (1) 道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説 社団法人 日本道路協会 (2) コンクリート標準示方書 設計編 土木学会