

2011年東北地方太平洋沖地震による橋梁の津波被害と地盤の関係

元前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. まえがき

事例調査から各種構造物の地震被害が地盤の不連続点で多く、地震被害と地盤の関係を地盤不連続点における地盤の不同変位とせん断歪あるいは垂直歪に着目して推定した構造物の被害を既に発表してきた¹⁾。今回は前報²⁾に続いて、2011年東北地方太平洋沖地震で発生した津波による幾つかの橋梁被害と地盤の関係について考察を行った結果を報告する。

2. 橋梁の地震被害への地盤の影響

コンクリートや鋼製の橋梁の地震時の損傷は剛性変化点で地盤不連続点が多い。地盤不連続点では地震時に変位変化(不同変位)が大きく、その勾配の歪も大きく集中する。この歪には図-1のように(広義の)せん断歪と垂直歪がある。また、地盤不連続点では不同沈下量と水平距離の比でせん断歪(図-1(1))が、水平変位差と水平距離の比でせん断歪(紙面垂直方向変位, 図-1(2))と垂直歪(紙面平行方向変位, 図-1(2))が求められる。作用地震力と構造物の変形の関係例も図-1に示す。以上のことは簡単に述べると、地震被害は地盤変位抵抗型橋梁が受けやすく、地盤変位追従型橋梁は受けにくいことを示す³⁾。

3. 東北地方太平洋沖地震による津波被害橋梁と地盤

1) 新北上大橋(国道398号線, 橋長566m, 2径間連続2連と3径間連続1連の合計7径間の鋼連続下路トラス橋)では津波で左岸側高水敷上の2径間連続トラスが1連流出し約600m上流に移動した(図-2)³⁾。なお、新北上大橋右岸側の釜谷橋と富士川橋は流出していない³⁾。ここで、図-3の新北上大橋の地形分類図(原図⁴⁾に表層地質⁴⁾を加筆をみると、左岸側の高水敷きは「瀬」に当たり、地震被害の多くみられる地盤⁵⁾に当たる。

2) 新相川橋(国道398号線, 鋼単純箱桁1連)では津波で全上部構造が流出した^{6),7)}。前後の重力式橋台は図-4⁶⁾~5⁴⁾をみると山地の頁岩と海岸平野部の比較的軟質な地盤に支持された直接基礎と杭基礎(異種基礎)をもっており、橋梁は異種支持地盤状態にあり地震で変状しやすく^{2),5)}、津波

地盤変位と歪	歪		
	(1)不同沈下(せん断歪)	(2)紙面垂直方向水平変位(せん断歪)	(3)紙面平行方向水平変位(垂直歪)
地盤変位と歪の求め方 ここで、 V2:V1鉛直変位 HT2:HT1紙面垂直方向水平変位 HL2:HL1紙面平行方向水平変位	鉛直変位差 $\Delta V = V2 - V1$ せん断歪 $\gamma = (V2 - V1) / L$	水平変位差 $\Delta HT = (HT2 - HT1)$ せん断歪 $\gamma = (HT2 - HT1) / L$	水平変位差 $\Delta HL = (HL2 - HL1)$ 垂直歪 $\epsilon = L = (HL2 - HL1) / L$
(軟質地盤) 砂質土 粘質土 砂質土			
作用地震力	せん断力	せん断力	偏土圧(横圧力や衝撃力)
橋梁の変形	せん断変形(鉛直断面内)	振れ変形(せん断変形)	橋脚間隔変化、橋脚折損

図-1 地盤の不連続点と橋梁の地震時変形の関係¹⁾

の前に地震で変状していたことが推定される。

3) 小泉大橋(国道45号線, 3径間連続鋼板桁2連, 下部構造は逆T式橋台・小判型T型橋脚, 鋼管杭基礎)において、全径間の上部構造が約400m上流に、P3橋脚が基部付近の打継面で破壊しフチクから分離して約50m上流に流出し、両端取付部道路も流出した⁷⁾。図-6⁷⁾~7⁸⁾をみると、地質は礫・砂・粘土で、杭長は石巻側から気仙沼側にかけて長くなり支持層が傾斜するとともに、破壊したP3橋脚では低水敷上の中央部で杭本数が両側橋脚と比べて少ない。P3橋脚の破断面の写真⁷⁾をみるとほぼ水平に近くみえるので、地震時の地盤の傾斜方向の動きで損傷していたことが推察される。

4) 矢の浦橋(国道45号線釜石バイパス, 3径間連続鋼床版I桁橋, RC小判型橋脚, 場所打杭, 図-8⁶⁾)では照明柱等が被災したが、橋梁構造は健全であった^{6),7)}。図-9⁹⁾をみると支持層の地盤は沖積世砂礫層で一様地盤と推定される。なお、上流側の水管橋(全3支間)の右岸側(南側)の高水敷上(瀬側)にあった2径間の上部構造が流出している。

4. あとがき

以上に述べた2011年東北地方太平洋沖地震の際の橋梁の津波被害は何れも、地震被害が発生しやすい地盤不連続点で発生しており、津波被害を受ける前に地震で変状(橋脚変状, 支承損傷等)が発生していたことが考えられる。津波被害を受けなかった橋梁の地盤は一様地盤で元々地震被害を受けにくい位置にあったと推察される。そのため、

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震、橋梁被害、津波、地盤不連続点、不同変位

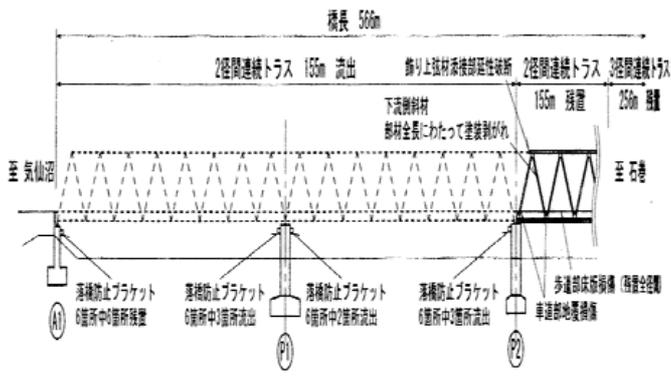


図-2 新北上大橋の被災状況³⁾



図-3 新北上大橋の地形分類図(原図⁴⁾に表層地質⁴⁾を加筆)

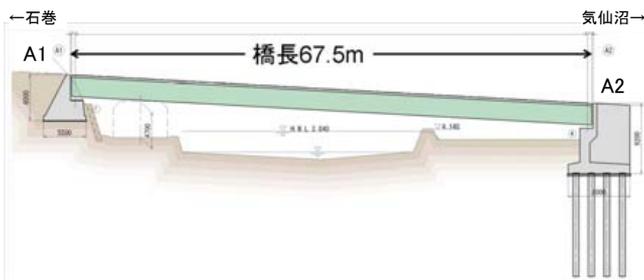


図-4 新相川橋の構造全体図⁶⁾

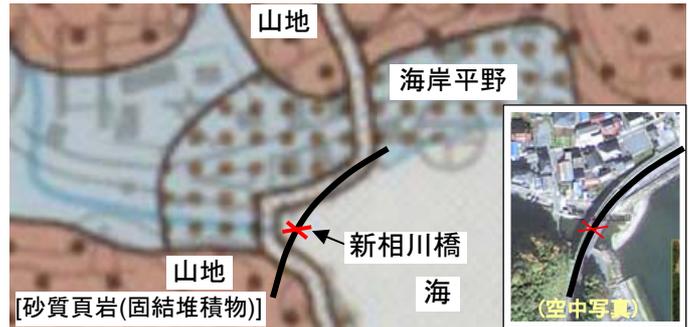


図-5 新相川橋付近の地形分類図⁴⁾(右下空中写真は文献⁶⁾)

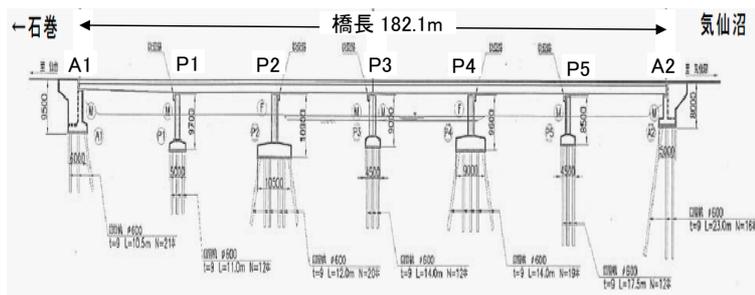


図-6 小泉大橋の構造全体図⁷⁾

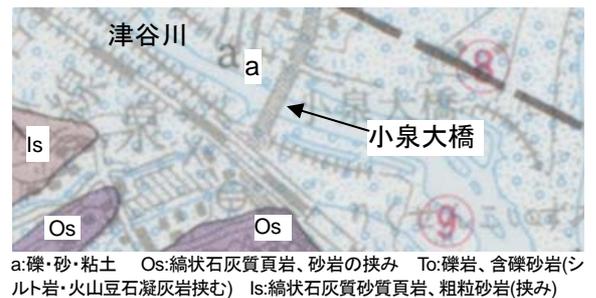


図-7 小泉大橋付近の表層地質図⁸⁾

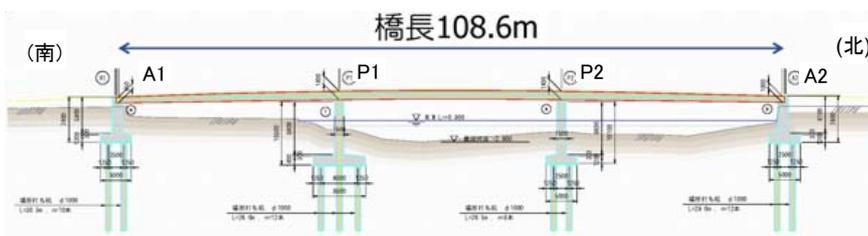


図-8 矢の浦橋の構造全体図⁶⁾



図-9 矢の浦橋の表層地質図⁹⁾(右下空中写真は文献¹⁰⁾より)

今後とも同様の調査を継続して深度化する予定である。終わりに、以上の調査でお世話になった文献の著者に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 那須誠: 各種構造物の地震被害機構と地盤不連続点の関係, 第31回土木学会地震工学研究発表会講演論文集, No.2-129, 2011.11.
- 2) 那須誠: 2011年東北地方太平洋沖地震による橋梁被害と地盤の関係, 第67回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM, I-254, pp.507-508, 2012.9.
- 3) 清水英樹・幸左賢二・竹田周平・佐々木達生: 鋼道路橋の津波による被害調査, 第14回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関

- するシンポジウム講演論文集, A2-2, pp.87-94, 2011.7.
- 4) 土地分類基本調査(5万分の1), 登米・大須, 地形分類図, 表層地質図, 1990(H2)年3月発行, 宮城県
- 5) 那須誠: 地震による被害構造物と無被害構造物の地盤の違い, 土木建設技術シンポジウム 2003 論文集, pp.299-306, 2003.7.
- 6) 片岡正次郎: 東日本大震災報告会～震災から2年を経て～, 構造物に対する津波作用の研究と今後の展望, 国交省国総研, 2013.3.
- 7) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 土木施設災害調査速報, 国総研資料第646号, 土研資料第4202号, 2011.7.
- 8) 土地分類基本調査(5万分の1), 気仙沼・津谷, 表層地質図, 1994年度調査, 1996年3月発行, 宮城県
- 9) 土地分類基本調査(5万分の1), 釜石, 表層地質図, 1975年度調査, 1976年3月発行, 岩手県
- 10) Googleマップ, 2013.4.