## 東北地方における地震被害と地盤の関係(その4、高架橋被害と脱線)

元前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

# 1.はじめに

東北地方における各種構造物の地震被害を地盤に焦 点を当てて調べており,地盤の不連続点で被害が多い ことを明らかにして本発表会で既に発表している.今 回は東北地方の地震による高架橋被害や脱線と地盤の 関係について調べた結果を報告する.

### 2. 地震被害と地盤の関係例

(1)2011 年東北地方太平洋沖地震の際に仙台東部道路 東部高架橋で桁全体の横ずれや積層ゴム支承の破断・

亀裂等が発生した(図-1)<sup>1),2)</sup>.治水地形分類図 上に東部高架橋を書き入れると図-2のように なり、この図をみると橋脚 P56と P58 は氾濫 平野と自然堤防の境界部で不同地盤変位で被 害が発生しやすい位置にあり、P56(I桁側)で 支承全部破断し橋軸直角方向に大きくずれた のは地盤不連続点にあったためと考えられる <sup>1)</sup>.なお、同図中の地震動記録は南西方向に離 れた位置のものであるが、橋桁の変位方向と 対応してほぼ一致することがわかる<sup>2)</sup>.

以上は既に報告<sup>3)</sup>したことであるが、今回 東部高架橋の地質縦断図が文献 4)に発表され ていることが分かった. それは図-3 の通りで あり, 図-2の治水地形分類図上の自然堤防の 両端 P56, P58 が, 図-3 の地質縦断図の砂層 As2 の比較的厚い部分の両端部近くにあり、 治水 地形分類図と地質縦断図がほぼ一致すること が分かる.なお、支承損傷が橋脚 P58 上より も P56 上で酷く発生したことには、図が示す ように P56 が P58 よりも自然堤防の端部近く に存在していたことの影響も考えられる. (2)2011 年東北地方太平洋沖地震の際に東北 新幹線の上り回送列車が仙台駅構内に進入中 に4両目の前台車の2軸が左側に脱線した<sup>5)</sup>. 図−4 に示すように、線路構造物は高架橋と橋 梁(ともに合成桁)からなり, R1 ブロックの 基礎は直接基礎で、T2 ブロックの 1P より右側 (新青森駅方)の橋脚の基礎は深礎杭である<sup>5)</sup>. 脱線は直接基礎と深礎杭区間の境界部でなく, 深礎杭区間内で発生している. 当初は直接基礎 と深礎杭区間の境界部では地震時に地盤の相対 変位が発生しやすく、それに伴ってレールに通 り狂いなどが発生して脱線が発生したのではな いかと考えた.しかし、今回は深礎杭区間内で 発生しているので、ここで地盤をみなおすと図 -4 の左側の土質柱状図では標準貫入試験の N 値 には小さい極小値が最上部付近に認められるだ けであるが,右側の土質柱状図には深さ方向に 大きい極小値が2つ認められる.N値の極小値の 大きい土層は軟弱な粘性土等からなり、地震時 にすべり面になったり変位が大きく発生したり する所であることが多い. そのため深礎杭区間 内の脱線地点付近が N 値極小値の大きい土層の 無い所(左側)と存在する所(右側)の境界に当たると すると、地震が発生すればその土層境界部左右で地盤 変位に差が生じて、表層の第四紀層が砂層で地盤反力 係数が大きいことも影響して、構造物の動きに差が発 生し、それに伴って構造境界部にずれ等が発生して軌 道狂い(レール相対変位、通り狂い等)が発生し、脱線 が発生すること等が推察される.そのときの脱線機構 の推定図を図-5に示す.脱線地点付近でレールがAか ら B に変位して(屈曲して)、走ってきた列車には慣性



図-2 仙台東部道路東部高架橋の被害箇所の地盤(文献2)に加筆)



図-3 東部高架橋(P52~P58橋脚間)の地質縦断図(文献4)に加筆)

キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震, 東部高架橋被害, 脱線, 地盤不連続点

があるから直進して進行 方向左側に脱線すること が考えられる.あるいは左 車輪はレールに強くあた って摩擦が大きく,右車輪 はレールから離れ気味に なって摩擦が小さいため, 左車輪輪は回転速度が小さ く右車輪輪は回転速度して 左側に脱線すること等が 推察される.

(3)同上地震で東北本線長 町駅構内を通過中の上り 貨物列車が脱線した.脱線 貨車1両は現ホームの中間 より南寄りの長町駅南架 道橋Bv上に停止した<sup>6)</sup>.線 路構造物は架道橋の前後 に高架橋が続き,図-6をみ ると脱線地点付近ではAg 層とAg層の間のAc層の幅





が狭い所と広い所が存在している. 異種の地盤(Ac層の 幅の広い・狭い)に異種の構造物(架道橋と高架橋)が存 在しているところで地震が発生すれば各構造物の動き に差が発生して構造境界部にずれ等が発生して軌道狂 いが発生し、それに伴って脱線が発生することも推察 される.

なお,昭和40年代に2軸貨車に2段リンク装置を取 り付けて脱線を防止したことがあり,その装置の取付 理由(振動を厳しく抑さえるのではなく振動に対して 余裕を持たせること等)が列車の脱線防止に当てはま ることもあるのではないかと推察される.

### 3.おわりに

以上の地震による高架橋被害や脱線は地盤 の不連続点で発生しており、主な被害原因とし て不同地盤変位が考えられる.なお,今回の調 査で参考にさせて頂いた文献の著者に厚く御 礼を申し上げます.

#### 参考文献

- 1)山田金喜外:東北地方太平洋沖地震により被災した東部高架 橋の被災要因の推定について,第15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(2012年7 月), pp. 353-360.
- 2) 那須載: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 回土木学会年次講演会講演概要集 CD-R0M, I-254, pp. 507-508, 2012. 9.
- 3) 那須誠:東北地方の地震被害と地盤の関係,平成24年度 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集,CD-ROM, I -29,2013.3.
- 4)山田金喜,曽田信雄,木水隆夫,広瀬剛,名古屋和史,鈴木 基行:東北地方太平洋沖地震により被災した東部高架橋 のゴム支承に関する解析的検討,構造工学論文 集,Vol. 59A, pp. 527-539, 2013. 3.
- 5)鉄道事故調査報告書, RA2013-1-I, 東日本旅客鉄道株式 会社東北新幹線仙台駅構内列車脱線事故, 運輸安全委員 会, 2013. 2. 22.
- 6) 鉄道事故調查報告書, RA2012-5-I,日本貨物鉄道株式会 社東北線長町駅構内列車脱線事故,運輸安全委員 会, 2012. 6. 29.
- 7)国鉄仙台新幹線工事局編:東北新幹線(桑折・有壁間)地質 図,1981.12.
- 8) 宮城県地震地盤図, c\_w3, 宮城県, 1985.3 (1978年宮城県沖 地震 30 周年記念シンポジウム CD, 2008.6).



図−5 脱線機構推定図



**図-6** 長町高架橋の被害と地盤地質の関係(文献 7)と 8)を集成、 加筆)