

I - B512

地震被害を受けた橋梁と地盤

前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. まえがき

橋梁の地震被害への地盤の影響について調べており¹⁾, 今回は橋梁の杭の変形と地盤の関係並びに, 不連続地盤に作られた橋梁の変形と地盤の関係について考察した結果を報告する。

2. 橋梁の地震被害状況と地盤状態及び被害機構の考察

(1) 姉沼高架橋では, 図1に示すように1968年十勝沖地震で水平・鉛直両方向の残留変位が生じた。地盤内に12~25mの厚い軟弱ピート層があり, その下の基盤表面がW形に窪んで軟弱層の厚い所で水平変位が特に大きく生じた²⁾。このピート層は北端部では極薄くそれより南側に厚く堆積する。橋脚基礎周辺の盛土も沈下し, 残留水平変位が大きい所の杭頭部に曲げひび割れが生じた(図2)。杭は橋軸方向にピート層の薄くなる北側(終点側)で軟弱層底面の緩く傾く方向に湾曲した。基盤の窪みの最深部とその斜面法肩付近の深度差(軟弱層厚さの差)が約7~12mと大きい。そのため, 地震時に両地点の軟弱地盤に不同変位(伸張や短縮や食い違い等)が大きく生じて高架橋ブロック間に変位差が生じたことが考えられる。このことは1994年三陸はるか沖地震のとき高架橋のNo. 21, No. 22ブロック境界において, 両ブロックの杭長差が約12mもあるため地震で地盤に不同変位が大きく生じてブロック間が開いてバラスト碎石が落下したことからも確認できる。このとき十勝沖地震後施工のアンダーピニング横梁脇の盛土が20~40cm沈下した場所はピート層存在区間のみで, 上記の残留水平変位発生箇所とほぼ一致し, その沈下量はピート層厚にほぼ比例する。No. 24ブロック付近より北側のほぼ一定厚さで薄く堆積するN値約0の腐植土層の下にN値約0の軟弱粘性土層が比較的厚く堆積する北部で生じていないことは注目に値する。

高架橋の西側への大きい残留水平変位が高架橋から東側に約30m離れた線路盛土の沈下が大きい位置の脇で生じたのは, 同盛土の沈下に伴う軟弱地盤の側方流動で杭が軟弱地盤底から同盛土と反対側の西側に凸型に曲げられたためと推定された³⁾。ここで図1, 2⁴⁾をみると杭(No. 16, 21ブロック)は橋軸直角方向に, 軟弱地盤底でなくそれより上方の位置から西側に凹型に湾曲している。このような杭の大きい湾曲位置や曲がり方等は, 阪神高速湾岸線の南港中央公園付近の高架橋の杭が近接盛土の施工で変形⁵⁾したのと似ている。なお高架橋と線路盛土の間の地盤は最上層の埋立土層や基礎周囲の盛土が比較的硬く, その下のピート層が極軟弱で, 地震被害が多くみられる上下逆転型の互層地盤⁶⁾である。また残留水平変位のピーク値がW形窪みの最深部で無く, その急な方の斜面部で生じたのは地震被害が一般に硬軟地盤境界部の軟地盤側(剛性変化点の軟質側)で生じるのと似ており⁹⁾, 姉沼高架橋と昭和大橋の変形と地盤を比べると杭の変形方向と地盤等が似ており, 両者の被害機構が類似であると推定される。

(2) 旧温根沼大橋(1961年架設)で1993年釧路沖地震のとき沓座モルタルに軽微な破損が生じた⁷⁾。脇に架替られた新温根沼大橋の免震支承が, 1994年北海道東方沖地震で降伏変位を少し越える程度に橋軸方向に約1.5cm変位した⁸⁾。ここで図3をみると, 架替橋梁の杭先端深さが皆異なり, 特に橋脚P2, P3の間で基盤深さが大きく変化することが分かる。また基盤・軟弱粘性土層境界が傾斜し(異種支持地盤状態), 表層地盤には砂礫層あるいは砂層の下にN値約0のシルトや粘土からなる軟弱粘性土層がある(上下逆転型地盤)。

(3) 道道池田大橋(1961年架設)で1993年釧路沖地震のとき顕著な損傷がP7橋脚上の沓に発生して, 東側の鉸桁が下流(南)側へ約7cm, 西側のトラス桁が上流側へ約16cm移動し, さらに西側桁は西側へも約9cm移動した。その後の橋梁の下流側への架替工事⁹⁾のための地盤調査結果(図4)によると, 基盤(砂礫層や軟岩)が橋台A1側(帯広側)で深くて同A2側(池田側)で浅く, 特に橋脚P6とP7の杭底面深さが大きく異なり(異種基礎), 両橋脚の中間付近で基盤深さ(軟弱地盤厚さ)が急変することが分かるし, 表層地盤は砂礫層やシルト, 粘土層の互層から成立つ。温根沼大橋と池田大橋でこのような特異な地盤構造(地盤形状と土層構成)が被害発生に影響したことが考えられる。

キーワード: 地震被害, 橋梁, 杭, 地盤, 不同地盤変位

連絡先: 〒371-0816 前橋市上佐鳥町460-1, Tel. & Fax. 027-265-7342

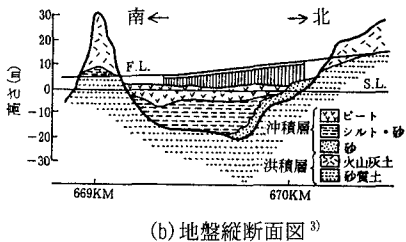
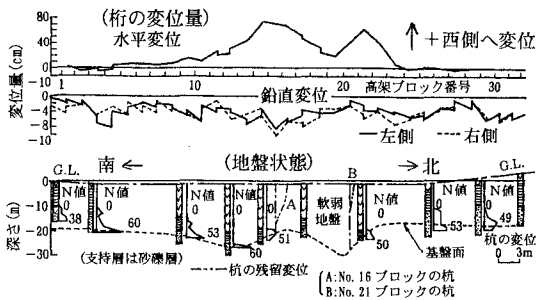


図1 姉沼高架橋の被害状況と地盤状態¹⁾⁻³⁾

3. あとがき

姉沼高架橋は埋立土層等の下に軟弱腐植土層がある互層地盤でしかも軟弱腐植土層が急変する所で、温根沼大橋と池田大橋も同様に構造が水平鉛直方向に変化する地盤で地震被害を受けている。被害は地盤構造に伴う大きい不同変位等によって発生したことが推察される。

参考文献 1) 那須: 橋梁の地震被害と地盤構造, 鉄道総研報告, 5-11, 27/36, 1991 2) 那須: 地震被害形態と地盤形状および土質構成の関係, 鉄道総研報告, 8-5, 35/40, 1994 3) 池田: 地盤と構造物, 鹿島出版会, 261/268, 1975 4) 熊谷: 東北本線三沢小川原間姉沼高架橋の変状とその検測について, 第1回建造物検技講習記録, 国鉄施設局, 40/58, 1969 5) 近接盛土の影響を受ける橋脚基礎杭, 土質基礎工学ライブラリー-38, 地盤の側方流動, 112/114, 1994 6) 那須: 地震被害への地盤の影響と

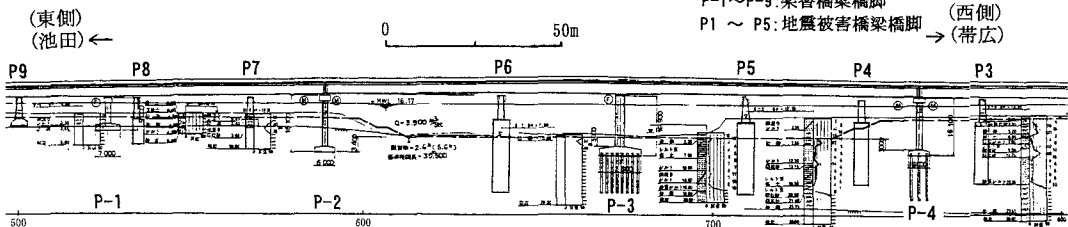


図3 温根沼大橋の地盤状態⁸⁾

被害機構の推定, 前橋工科大学研究紀要, No. 1, 1/8, 1998 7) 1993年1月15日釧路沖地震被害調査報告, 土木学会耐震工学委員会, p. 19, 1993 8) 佐藤他: 平成6年北海道東方沖地震時の免震橋(温根沼大橋)の挙動, 第23回地震工学研究, 497/500, 1995 9) 北海道帯広土木現業所編: 公示用, 池田大橋架換工事一般図, 1993-1994.

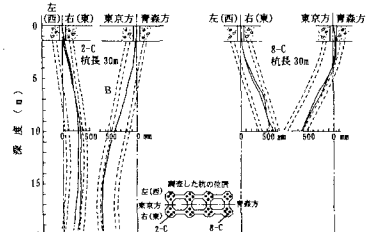
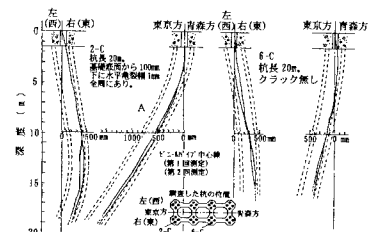
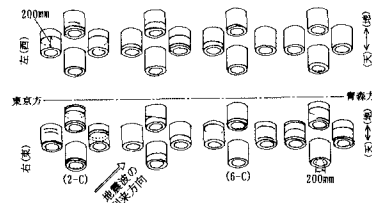


図2 姉沼高架橋の杭の変形状態⁴⁾

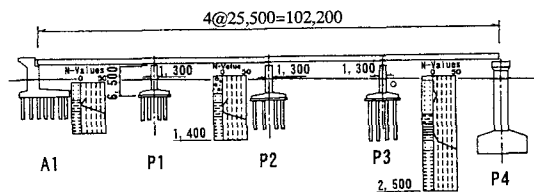


図4 池田大橋の地盤状態⁹⁾