

PSIII-5

地震被害と地盤条件（その7）

（財）鉄道総合技術研究所 正会員○那須 誠， 羽矢 洋
前国鉄鉄道技術研究所 上沢 弘

1. はじめに

現在，地震被害の生じやすい地盤構造を明らかにするため，地盤構造に着目して地震被害例を調べている。その結果から，盛土や建物，橋梁等の比較的大きい地震被害が特異な地盤条件の所，即ち軟弱地盤の厚さが不均等で，かつ極軟弱な土層を挟む所で多発していることと，震源方向と変形方向の関係を既に発表している^{1)~4)}。今回は，主として液状化被害の発生箇所の地盤状態について報告する。

2. 液状化被害発生箇所の地盤状態

(1) 新潟地震（1964.6.16, $M=7.5$ ）では，次のような液状化被害が発生した。

(a) 越後線信濃川橋梁で傾斜等が生じた1A橋台と1P橋脚付近の地盤表層は，砂丘の縁の傾斜した地盤の上の砂質土からなる河成層と人工埋立層からなるが，GL-3~9m付近の前者には多量の腐植土が混入し，さらに標高-19m付近にN値が極小を示すシルト層が存在している⁵⁾。

(b) 昭和大橋の地盤（図1）は主として砂質土からなり，軟い層（ U_m 層あるいは $U_m \sim U_s$ 層）が右岸側の薄い所と左岸側から右岸側にかけての厚い所に股がって作られていて落橋が生じた^{6) 7)}。ここでは，砂質土地盤中のA点付近（粘性土）とB点付近，C点付近（腐植土）でN値が0に近い極小値を示しており，落橋範囲はこれらの極軟弱層の存在範囲と一致する。また，D点付近にもN値の極小点がある⁷⁾。

(c) 八千代橋の9P橋脚の沓破損は，地震前後の河床変化の大きい所と小さい所の境界の，河床が左側に急傾斜し始める所に位置して左側に移動して生じた。9P橋脚下の地盤では，杭頭から深さ約6m下の約4m厚さの砂質土層に腐植物も混じっている⁸⁾。

(d) 白山変電所付近の地盤が信濃川に向かって大きく滑った（最大約7m，図2）⁹⁾。主として砂質土からなる地盤のN値の分布は一様でなく，局部的に小さい所が幾つかみられる。即ち，No.1孔の深さ15~17m 付近のN値が0に近い極めて緩い所や，No.3孔の深さ13~15m 付近のN値が小さい所，No.2孔の深さ20m 付近のN値が極小値を示す所である。

(e) 新潟駅では，殆ど無被害の建物の下の基礎面はほぼ水平であるが，西側に傾いた西側の6F建物の下の基礎面は西側に傾いている。この地盤には深さ約10m付近にN値の極めて小さい粘性土層がみられる²⁾。

(f) 海岸砂丘のうち斜面が滑り落ちた青山砂丘の地盤をみると，法尻付近のGL-8m 付近と斜面中腹付近の

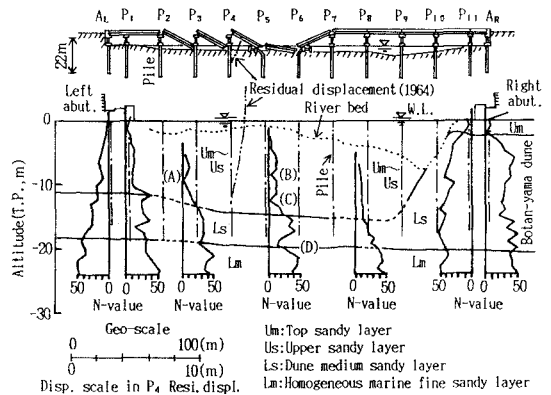


図1 昭和大橋（新潟地震）^{6) 7)}

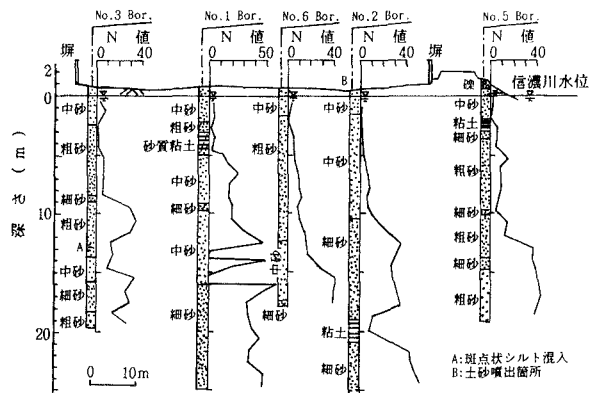


図2 白山変電所の地盤状態（新潟地震）⁹⁾

GL-12 ~16m 付近の地盤内に腐植土層が存在している⁸⁾。

なお、新潟市内の信濃川沿岸の地盤(旧河川氾濫原)は主として砂質土からなるが、腐植物混じり土層や腐植土層を含んでおり、新潟交通寮²⁾や川岸町付近の地盤でもそれらがみられる。羽越線出戸・西目間の崩壊盛土(砂丘砂)の下には腐植土層が不等厚さで分布している¹⁾。

(3) 宮城県沖地震(1978.6.12, $M=7.4$)で、名取川の閑上上堤防(R2.4KM断面前後)に、亀裂や沼の滑り破壊等が発生した。この基礎地盤(図3)の上層部は、ゆるい砂層または軟らかい粘性土層から成り立ち、特に堤内地側小段直下では中粒砂層の下にN値の極く小さい軟弱シルト層が存在している。しかし、隣接の無被害堤防(R2.47KM断面)では基礎地盤の最上層部はシルトからなり、N値は深さとともに大きくなっている¹⁾。

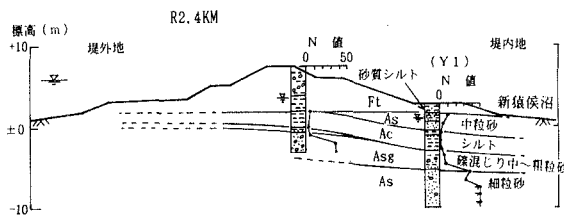


図3 閑上上堤防の地盤状態(宮城県沖地震)^{1) 6)}

(4) 日本海中部地震(1983.5.26, $M=7.7$)と1968年十勝沖地震で、青森駅で路盤や建物等に各種被害が生じた。被害は昔からある地山では生ぜず、主としてN値10以下の凌瀬砂等からなる海岸埋立地盤で発生した。しかも、旧海底下の地盤には腐植物混入砂層、シルト層の外にビート層も存在している¹⁰⁾。

その外に日本海中部地震では、勘助溜池土堰堤¹⁾が大きく沈下した範囲や、昭和・飯田川バイパス¹¹⁾、車力村牛瀧地区の集中発生箇所¹²⁾、砂丘周辺で被害が生じた秋田市飯島、中野本町¹³⁾の地盤でも砂層の下にビート層があり、牛瀧小¹²⁾の地盤にも砂層の下に腐植土層やシルト層が堆積している。さらに、能代南バイパス(中浅内)、岩木川堤防(富池)、男鹿工高、八郎潟堤防、車力村富池、屏風山幹線道路、同平滝、富池小、岩木川堤防(豊富)等でも砂層の下に軟らかい腐植土層あるいは粘性土層が存在している¹⁴⁾。また、ロマプリータ地震(1989.10.17, $M=7.1$)で被害が生じたサフランシノのマリナ地区、マーケット通り沿い、ウスマーケット地区の地盤にも、砂丘や砂質埋立土の下に軟弱なビート等も含む粘土や、ベイトが存在している³⁾。

3. おわりに

以上に述べたように、比較的大きい液状化被害は単一砂質土からなる水平成層地盤では少なく、沖積層や埋立層からなる表層地盤の中の砂質土層の中間部や底部に極軟弱な粘性土層や腐植土層等がある地盤で多く発生し、その土層境界が傾斜している所では特に多く発生している。後者の地盤では極軟弱土層が滑り面のようになって不同変位がより大きく発生し、またトップヘビーのような状態になって複雑な振動が生じ、その上の砂地盤の構造が変化して間隙水圧も発生し構造物の被害をもたらすようだ。動的剪断試験で振動荷重によって砂の構造が変化して水圧が発生するのと似ている。なお、文献4によると被害は、このような地盤構造に震央の位置や方向も関係して発生しているようだ。

おわりに、以上の調査に当たってお世話になった池田俊雄前長岡技科大教授他の方々、参考あるいは引用させて頂いた貴重な文献の著者に、厚く御礼を申し上げます。

文献 (1)那須：盛土の地震被害と地盤構造，鉄道総研報告，3-8, 50/57, 1989. (2)那須他：地震被害と地盤条件(703)，第24回土質工学研究，895/898, 1989. (3)那須他：地震被害と地盤条件(706)，第25回土質工学研究，1990. (4)那須：地震被害と地盤構造，震央の関係，第20回地震工学研究，1/4, 1989, 東京. (5)那須：地震被害と地盤条件，土木学会第42回年講，Ⅲ-44, 114/115, 1987. (6)地震時における砂質地盤の液状化判定法と耐震設計への適用に関する研究(第2冊)，土木研究所資料，No. 1729, 44/46, 1981. (7)地震被害と地盤条件(705)，土木学会第17回関東支部技術研究，Ⅲ-28, 226/227, 1990. (8)那須他：地震被害と腐植土の関係，土木学会第16回関東支部技術研究，Ⅲ-28, 224/225, 1989. (9)昭和39年新潟地震震害調査報告，土木学会，629/633, 1966. (10)那須他：日本海中部地震による青森駅構内の液状化現象：土木学会第39回年講，Ⅲ部門，1984. (11)長谷川他：日本海中部地震による昭和・飯田川バイパスの盛土被害，土と基礎，32-9, 15/20, 1984. (12)古藤田他：日本海中部地震による液状化現象と地形条件との関係，土と基礎，32-9, 59/63, 1984. (13)渡辺他：日本海中部地震における液状化現象と地盤特性，土と基礎，32-9, 35/40, 1984. (14)1983年日本海中部地震震害調査報告，土木学会，183/352, 1986.