

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

1. はじめに

耐震設計を行っても地震被害が生じ、耐震設計を行わなくても地震被害が生じない例が多い。そのため地盤構造に着目して地震被害例を調べた結果、各種構造物の地震時の変形状態と地盤構造が密接な関係を有することが分かった^{1) - 6)}。今回は特異な地盤内強度分布の被害例と、石油タンク等の被害例を紹介する。

2. 橋梁と建物の被害例

(1) 昭和大橋 (新潟地震, 1964.6.16, M=7.5)

地盤内の硬い層上面 (Ls層上面) は右岸側が牡丹山砂丘の端で勾配が急で、左岸側から右岸側にかけては緩く傾斜し、後者の緩傾斜部分で橋脚P2～P7の範囲で落橋が生じた (図1)^{3) 6) - 8)}。N値分布に0に近い極小値を示す(A)～(C)点があり、落橋範囲とこれらの極軟弱層の存在範囲が一致するようだ。地盤は主として砂質土からなるが、(A)点付近は粘性土、(C)点付近は腐植土からなる⁷⁾。また、(D)点付近にもN値の極小点がある。

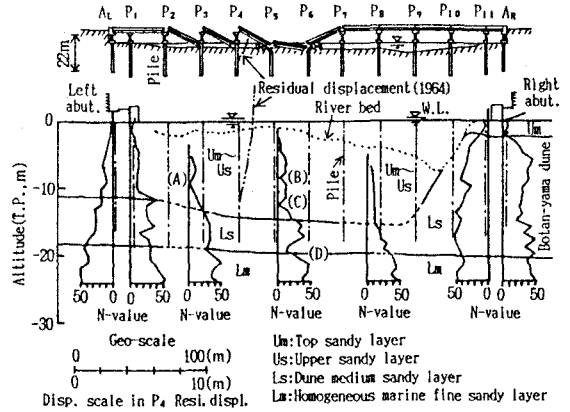


図1 昭和大橋 (1964年)^{6) 7)}

(2) 長町郡山団地 (宮城県沖地震, 1978.6.12, M=7.4)

東西方向に桁行方向をもつ11階建のA棟が梁間方向 (南側) に特に大きく傾斜した (図2)。敷地は南北に長い沼の南端の埋立地で、基盤面は北側に傾斜する。この建物の傾斜方向は震央方向と略直角な方向で、杭にはその慣性力に応じた亀裂が生じた^{4) 6)}。また、図2のNew1のN値が深さ15m付近(E)で急激に小さくなり、これは前述の昭和大橋の落橋範囲で見られた強度の極小点(A)～(D)と似ている。

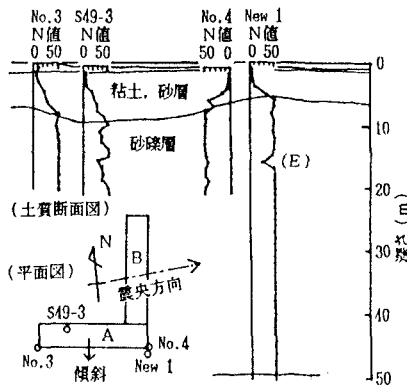


図2 長町郡山団地 (1978年)⁶⁾

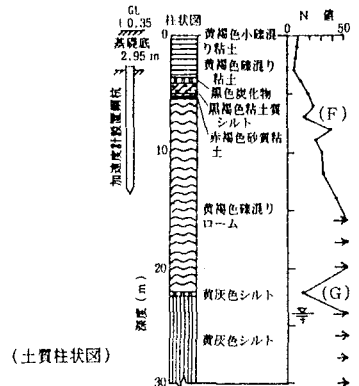
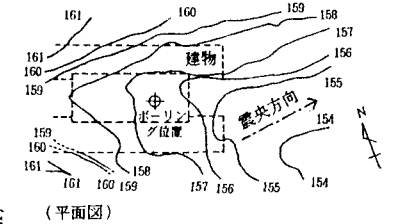


図3 東北大学建設系建物 (1978年)⁶⁾

(3) 東北大学建設系建物 (宮城県沖地震, 1978.6.12, M=7.4)

この建物は段丘上の小さな沢地形 (原地形) に跨るように建っている (図3)⁶⁾。桁行方向は沢軸と略平行でかつ略震央方向を向き、震央方向と略直角な方向に大きな力が作用し、東西両端の妻壁に剪断亀裂が生じた⁶⁾。柱状図のN値は地表より深さに略比例して16m付近まで増大し、それ以深では50以上の大きい値を示すが、深さ7m付近(F)と22m付近(G)に15程度の小さいN値を示す土層が存在する。

このように地盤内のN値分布に弱点 (約N ≤ 15) をもつ震害例は、以上の外に天竜川橋梁 (1944年)、八千

代橋, 新松浜橋(以上1964年), 函館大学(1968年), 九重レクリビル(1975年), 江合川橋梁, 七北田橋梁, 阿武隈橋, 津谷川橋梁, 横山高架橋, 錦桜橋, 閉上大橋, 千代大橋, 新江合橋(以上1978年), 国道静内橋(1982年), 桜沢橋梁, 男鹿大橋(以上1983年)等でもみられる。

なお, 昭和大桥(1964年)の地盤内のLs層上面形状と, 震害経験のある東北本線荒川橋梁(1923年), 東海道本線天竜川橋梁(1944年), 国道静内橋(1982年)等のN値30以上の基盤面形状が似ている。

3. タンク類の被害例

(1) 石油タンク

日本海中部地震(1983年)の時の内部液体の揺動方向に, 常時からの不同沈下方向(タンク傾斜方向)と略一致する石油タンクが新潟地区にある(図4)⁹⁾。なお, 新潟地震のときの新潟地区や日本海中部地震のときの青森地区で, 内部液体の揺動で部分的座屈が生じた石油タンクがあり, 被害タンクの周囲地盤に亀裂や隆起, 沈下等の変形が見られるものもある⁹⁾¹⁰⁾。不同沈下の方向や揺動方向は海岸線に直交な方向が多く, 海底地形の沖合への傾斜方向とほぼ同じものもあり, それらは盛土や建物と同様に土層の傾斜方向に生じたようだ¹¹⁾⁴⁾。また日本海中部地震の秋田地区の石油タンク被害は地盤の良い地区では生ぜず, 悪い地区で生じた¹¹⁾。

(2) 給水タンク(サンフェルナンド地震, 1971.2.9, M=6.6)

Limekiln Canyon Horse Flatsで, 比高100~150mの断層崖下の緩斜面上盛土の給水タンク(溶接高張力鋼板で1969年製)が略南北方向振動と反時計廻り回転をうけ, 側壁の南北面の部分的提灯座屈, 木造ルーフ南北縁の破損, タンク底と基礎の南北縁の隙空き等が生じた(図5)¹²⁾。この振動方向の南北方向は緩斜面の傾斜方向で盛土厚さの変化方向である。

4. おわりに

深さ方向に増大する強度分布や大きい強度をもつ地盤が, 部分的に強度の小さい土層(弱点)を挟むところで, 地震被害例が非常に多いことは注目に値する。地震時にここが滑り線になってその上の地盤が大きく動くのかもしれない。また, 地震時に石油タンク等の変形, 液体の揺動等が不同沈下の方向に大きく発生し, その方向が地盤の傾斜方向に等しい例があり, 盛土や建物の地震被害発生と似ている¹¹⁾⁴⁾。また, 1989年のサフランツシ湾橋崩落もBay Mud層等の傾斜方向への大変位によるのではないと思われる⁶⁾。なお, 以上の調査に当たってお世話になった池田俊雄博士¹³⁾, 柳沢栄司博士, 塩井幸武氏ほかの方々とともに, 利用させて頂いた多くの文献の著者に併せて厚くお礼を申し上げます。

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, 1989.8 (2)那須:地震被害と地盤条件, 土木学会第42回年報, III-44, 1987.9 (3)那須他:地震被害と地盤条件(その4), 土木学会第44回年報, III-PS19, 1989.10 (4)那須他:地震被害と地盤条件(その3), 第24回土質工学研究, 895/898, 1989.6 (5)那須:地震被害と地盤構造, 震央の関係, 第20回地盤工学研究, 1/4, 1989.7 (6)那須:地震被害と地盤構造, 地震動の関係, 表層地質が地震動に及ぼす影響の検討, 169/174, 1989.12 (7)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(8)土質工学学会編:地震と地盤, 土質工学学会, 1965.3 (9)1983年日本海中部地震震害調査報告, 土木学会, 891/896, 1986.10 (10)1983年新潟地震震害調査報告, 土木学会, 1986.6 (11)日本海中部地震被害調査報告, NIKKより, 危険物保安技術協会, No. 2, 21/58, 1984.9 (12)藤田:ロサンゼルス地震の被害, 財形月刊, No. 98, 新日本製鉄, 34/37, 1971.7 (13)池田:新潟震害と設計の問題について, 構造物設計資料, No.1, 日本鉄道建設協会, 3/5, 1964.12

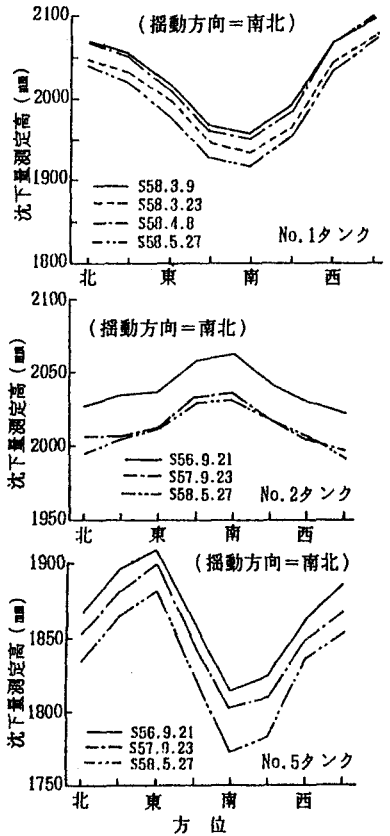


図4 新潟地区の石油タンク(1983年)⁹⁾

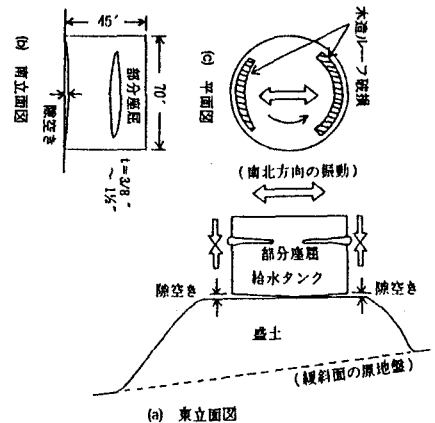


図5 L.C.H. Flatsの給水タンク(1971年)¹²⁾