

## III-PS10 地震被害と地盤条件(その10)

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 那須 誠

## 1. はじめに

これまでに、地震被害調査報告書や新旧地形図等をもとにして、盛土や建物、橋梁等の比較的大きい地震被害が構造物の種類にかかわらず特異な地盤条件のところ、即ち軟弱土層の厚さが一様でない地盤や、極軟弱な土層を挟む地盤等で多く発生していることを明らかにして、既に発表している<sup>1)~4)</sup>。今回は、その後主として建物の地震被害発生箇所の地盤構造について調べた結果を報告する。

## 2. 地震被害発生箇所の地盤状態

## (1) 1964年新潟地震

数10cm沈下した石油タンクの砂地盤中に、シルト等の粘性土からなるN値12~15程度の弱層がある<sup>5)</sup>。

## (2) 1971年サン・フェルナンド地震

オリーブビュー病院(地上5階地下1階RC)<sup>6)</sup>では、繋ぎ梁のない独立基礎の本館4棟の1階の柱が剪断破壊して、1階が7°傾く大変形を起こし、倒壊寸前であった。本館各棟の端部の階段室のコアは3ヶ倒壊し、1ヶ傾斜した。コアの地盤は盛土で、のり尻の方向へ倒壊した。本館北側の2階建の別館は1階が南方向へ倒壊し、1階建のようになった。北側の道路は高く、直接2階に通じていた。ここの地盤は小高い山の麓で全般的にみて南へ下がる傾斜地形で、整地に当たって切り盛りした不均質地盤のようだ。

## (3) 1975年大分県中部地震

被害をうけた九重レークサイドホテル<sup>7) 8)</sup>の地盤は、建物の南東部で約20mの深さに岩盤が確認されているほかは、22~24m程度の深さまで岩盤が認められず、特に建物北東端部では約30mの深さにおいても岩盤が認められていない。レークサイドホテル周辺構造物<sup>9)</sup>の転倒、傾斜或いは移動はほとんどの場合に北向きである。また、このホテルの基礎は剛なベタ基礎と言われ、災害後の測定では不同沈下や亀裂もなかったと言われる。ここの東側の基礎が3地点(ポーリングNo.6, No.7, No.8の柱状図)で地盤の中間の弱層に位置しており<sup>10)</sup>、東側のベタ基礎が動き易かったようだ。

## (4) 1978年宮城県沖地震

(a) 一関市弥栄中学校<sup>11) 12)</sup>では同じ建物でも、盛土部で被害を受けている。ここでは盛土が崩壊したという別報告もある。地盤は一見良好に見えるが、深さ6mのところに弱層がある。長町トーコーストア<sup>12)</sup>の地盤も一見良好であるが深さ10~12m付近に弱層がある。東北工業大学3号館<sup>12)</sup>でも同様に深さ14~15mに軟弱でコアが採れない弱層がある。朝鮮学園高校<sup>12) 13)</sup>では、谷を埋め立てた盛土部に増設した校舎の杭が盛土のすべりにより破損した。この周辺の地盤も沈下した。仙台電話局長町分局事務棟<sup>12)</sup>も、地盤は一見良好だが深さ9m付近に弱層がある。オビスン<sup>13)</sup>の建物は自然堤防の端にあって倒壊し、隣接した同社の倉庫は自然堤防の上であって無被害である。高砂サニーハイツ<sup>14)</sup>では地盤の中間にN値≒0の弱層がある。また、長町郡山団地や丸吉産業建物は硬軟地盤に跨がっていて捩じれたように変形している。

(b) 泉高等学校<sup>12)</sup>の敷地は、元の谷底に細長い沼のあった東南へ下がる谷の盛土で、被害の大きいC棟は元の沼にもっとも近い。鶴ヶ谷市営住宅(鶴ヶ谷6丁目16, 9階建)<sup>13)</sup>は池に近い傾斜地盤上の建物で、基礎は直接基礎と場所打コンクリート杭を併用していた。この建物は南北方向に長く池の方(西側)の廊下の非耐力壁にせん断ひび割れが生じた。鶴ヶ谷団地仙台市営住宅<sup>13)</sup>で第14棟だけが小破した。ここでは傾斜地の一部を掘削し一部を盛土している。基礎は地山の低い方から杭基礎、ラップルコンクリート基礎、直接基礎の3種が混用されている。ここでは元の谷の上と思われるところにある基礎コンクリートが25cm以上沈下したため、その上の上部構造に被害が集中した。これは函館大学の被害<sup>15)</sup>のミニ版のようである。

## (5) 1983年日本海中部地震

弘前市役所, 弘大医学部, 秋田営林局, 本金デパート<sup>16)</sup> をみると, 秋田営林局の地盤には中間弱層があり<sup>16)</sup>, 旧版地形図をみるといずれも旧濠, 溜池, 小川に接近している。

## (6) 1990年ルソン島北部地震

Hotel Nevada<sup>17)</sup> が盛土に沈下が生じて崩壊した。Pines City Education Center<sup>17)</sup> が盛土崩壊によって不同沈下が生じて倒壊した。S & L Building<sup>17)</sup> は崖下に建ち, 崖にすべりが生じて最下階の柱すべてがせん断破壊した(RC8階建)。Hill Top Hotel<sup>17)</sup> は7階建て崖上に建ち, 崖側に倒壊した。ここは前から不同沈下が著しく, 営業停止となっていた。Bagio University<sup>18)</sup> の地盤は北側が高く東側がやゝ低く, 倒壊は北東側に生じた。この建物は8階建てであるが5階以上は増築で, 4階の圧潰はもっともであると報告書に書かれている。Hyatt Teraces Hotel and Tower 棟<sup>17)</sup> は, 北側のテラス棟(7F)と南側のタワー棟(11FとB1F)の間にアトリウム部が介在し, その屋上床梁の崩壊により両棟が中間のアトリウムに向かって倒れ込んだ形で倒壊した。南北方向に長い西側の西棟(7F)と東側(8F)は無被害である。斜面の中腹に建ち, 地盤は北側と東南側が高い地形である。

(7) 特に被害報告に地盤状態の詳細記述は少ないが, 盛土の変形が原因と思われる建物の被害が多い。即ち, 1978年伊豆大島近海地震の稲取厚生年金住宅と大川小学校<sup>19) 20)</sup>, 1978年宮城県沖地震の富谷ゴルフ場クラブハウス<sup>12)</sup>, 千蔵福祉会館<sup>12)</sup>, 将監西小学校<sup>12)</sup>, 西郷小学校<sup>12)</sup>, 倉吉市東庁舎<sup>21)</sup>, 1985年メキシコ地震のホイタ(JOYITA)地区の倉庫郡<sup>22)</sup>(盛土と思われる), 1990年ルソン島北部地震の(B)EPZA工場<sup>17)</sup>(盛土上で全壊), テキサスインスツルメント工場<sup>17)</sup>(元の谷を埋めた盛土)などである。

(8) 外国でも地盤内に中間弱層がある所での被害例がある<sup>23) - 25)</sup>。中間弱層のすべりが確認された例は非常に少ないが, 新潟地震で新潟駅付近のNビルで中間弱層でRC杭の完全破断が観察されている<sup>26)</sup>。また, 1964年アラスカ地震で中間弱層のすべりにより, 大規模地すべり(ターナアゲイン・ハイツ)と繋ぎ梁のない6階建アパートの完全崩壊が起きた<sup>27) 28)</sup>。

## 3. おわりに

以上に示したように, 一つ一つの被害例で地盤との関連性がある。例えば同型建物14棟の中の1棟だけの被害(鶴ヶ谷団地仙台市営住宅の4階建建物)<sup>13)</sup>, 同型建物3棟の中の1棟だけの被害(ナポリ市10階建公営住宅倒壊)<sup>29)</sup>は元谷上の盛土と元池で生じ, 震害と地盤との関連性が非常に明瞭である。なお, 後者の建物には杭が無く, 地震で地盤に大きく穴があいている。特記すべきものとして, 軟弱地盤で上方の地盤がそれ程弱くないのに, 中間に弱層(粘性土からなることが多い)があるため被害が生じているのが特に目立つ。また, 多くの場合地盤に傾斜構造があるので, 地震時には最初に不同変位が地盤に生じてそれから各種被害が発生するようだ。なお, 以上の調査に当たって御世話になった方々に厚く御礼を申し上げる。

文献 (1)那須功:地震被害発生箇所地盤構造, 第8回日本地震工学シンポジウム(1990)論文集, 43/48, 1990. (2)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. (3)那須功:建物の地震被害と地盤構造, 鉄道総研報告, 4-4, 35/44, 1990. (4)那須功:地震被害と地盤条件(06), 第25回土質工学研究, 865/868, 1990. (5)渡辺:新潟地震におけるリクエフィケーションの効果, 土と基礎, 13-4, 27/33, 1965. (6)例えば, 大沢:建築物の被害, 建築雑誌, 86-1041, 705/708, 1971.8. (7)有馬功:大分地震の震害調査報告書, 建築技術, No.289, 123/149, 1975.9. (8)建築学会:1975年大分県中部地震によるRC建物の被害調査報告, 1976.6. (9)広沢功:大分地震の震害調査報告書, 建築技術, No.288, 109/119, 1975.8. (10)守屋:地震災害の防止と対策, 鹿島出版会, 1978.5. (11)宮城県:1978年宮城県沖地震災害の教訓, p.154, 1980. (12)建築学会:1978年宮城県沖地震災害調査報告, 1980.2. (13)1978年宮城県沖地震, 建築研究報告, 第86号, 1979.2. (14)1978年宮城県沖地震による既成コンクリート杭の被害調査報告, 建研資料, No.31, 11/35, 1981.10. (15)1968年十勝沖地震調査委員会編:同左調査報告, 1969.3. (16)建築学会:1982年浦河沖地震・1983年日本海中部地震災害調査報告, 1984. (17)建築学会:1990年フィリピン地震災害調査速報, 1990.10. (18)渡部:1990年7月16日ルソン島北部地震災害速報, 16/17, 1990.9. (19)構造標準委員会:1978年伊豆大島近海の地震被害調査報告, 建築雑誌, 93-1136, p.71, 76/77, 1978.6. (20)藤本:鋼構造建物と構造設計法について, 建築雑誌, 93-1136, p.7, 10/12, 1978.6. (21)塚越功:1983年鳥取地震による倉吉市東庁舎の被害と分析(01), 建築学会大会講演梗概集, 1984. (22)建築学会:ホウ(Joyita)地区の倉庫群, 1985年メキシコ地震災害調査報告, p.427, 1987. (23)W. R. Stephenson: Observation of a Directed Resonance in Soil Driven by Transverse Rock Motion, Bull. of New Zealand Natl. Soc. for Earthq. Eng., 22-2, 81/85, 1987.9. (24)建築学会:1985年メキシコ地震災害調査報告, 332/337, 1987. (25)M. J. Pender, et al.: Edgecombe Earthquake, Reconnaissance Report, Bull. of New Zealand Natl. Soc. for Earthq. Eng., 20-3, 201/207, 1987.9. (26)M. Hamada, et al.: Earthquake Damage by Liquefaction-Induced Permanent Ground Displacement, Proc. of 9th WCEE, Vol. VIII, 213/218, Aug. 1988, Tokyo, Japan. (27)H. B. Seed: The 4th Terzaghi Lecture, Land Slides during Earthquake due to Liquefaction, ASCE SM5, 1075/1095, 1968.9. (28)主集 アラスカ地震, 建築雑誌, 79-944, 511/526, 1964.9. (29)1980年フィリピン南部地震による建築物の被害調査報告, 建築雑誌, 96-1183, 1981.8.