## 1.はじめに

東北地方において発生した地震による盛土や建物, 橋梁等の各種構造物の被害事例を収集して地盤に焦点 を当ててまとめた.その結果,地震被害の殆どは地盤の 不連続点で発生したことが分かったので報告する.

# 2. 主な被害構造物と地盤の関係

# (1)タンク

1964 年新潟地震で昭和石油新潟製油所の石油タンクに 火災が発生した<sup>1)</sup>.第1火災のタンク(図1の①●印)は被覆 砂丘(Sd)と砂丘間低地及び低湿地(Id)との境界部に存 在し,異種支持地盤状態で被害を受けた.第2火災出火 点は同図の②の範囲であり,被覆砂丘と砂丘間低地及 び低湿地(南側と東側)の境界部付近に当る.タンク地盤が 非一様であったため被害が生じたものと推定される<sup>1)</sup>.

1978 年宮城県沖地震の際に被害が生じた東北石油仙 台製油所敷地は埋没谷基盤面傾斜部にあり, タンク底部に 顕著な破断が発生した3つのタンクは埋没谷斜面部(基盤 面急傾斜部)に位置する. タンクに大きい不同沈下が埋没 谷斜面(基盤面)傾斜方向に発生し, タンク底面の破断箇所 は不同沈下量の大きい所と略一致する. 普段から比較 的大きく発生した不同沈下方向に内容液体が大きく動 いて被害が発生したことが考えられる<sup>1)</sup>.

2003 年十勝沖地震の際に苫小牧地区の出光興産北海 道製油所で原油タンクでリング火災, ナフサタンクで全面火災等が 発生したが.それらの位置はともに砂丘(Sd)の縁の砂 丘間低地との境界部で,一様地盤でなくて傾斜のある 地盤で発生した<sup>1)</sup>.

1978 年宮城沖地震の際に仙台市ガス局原町工場内の 有水式ガスホルダーの上部支柱が倒壊した<sup>1)</sup>. 図2の旧地形 図によると倒壊したガスホルダーは旧河道部に位置し,旧 河道部埋立地盤の軟弱地盤の方へ倒壊したことから, 異種支持地盤状態で被害が発生したことと,倒壊後の 破壊形状に地盤が大きく関わっていたことが分る<sup>1)</sup>. (2) 盛土

図3(a)は1983年日本海中部地震の際の奥羽本線鯉 川・鹿渡間の崩壊盛土・地盤であり,盛土は腐植土層を 含む軟弱地盤と良好地盤の境界部にある.崩壊は腐植 土層存在範囲で基盤面傾斜方向に生じた.ここから 110m 青森寄りの無被害盛土は極軟弱粘性土地盤上にあ るが,地盤は略一定厚さで水平に堆積する(図3(b))<sup>2</sup>.

1964 年新潟地震で崩壊した羽越線出戸・西目間の盛 土は良好地盤と腐植土地盤に跨り,1968 年十勝沖地震 で崩壊した国道の目時盛土は沢渡り盛土で腐植土や浸 透水がある地盤上にあり<sup>2)</sup>,1986 年三陸はるか沖地震で 崩壊した八戸貨物駅・陸奥市川駅間盛土は洪積層と腐 植土層を含む軟弱地盤に跨る<sup>3)</sup>.

## (3)橋梁

1964 年新潟地震で落橋した昭和大橋(杭基礎)は橋 軸方向に軟らかい砂質土層(河成層)の薄い所(右岸 側,牡丹山砂丘)と厚い所(左岸側~右岸側)の境界部

キーワード:東北地方, 地震被害, タンク, 盛土, 橋梁, 建物, 地盤
 連絡先:〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢 2-34-8

前·前橋工科大学 7ェロー会員 那須 誠



第2火災)と地盤<sup>1)</sup>



た<sup>4)</sup>.1978 **実線C** 年宮城県沖 地震で錦桜 橋の吊桁部(橋脚 P7-P8間)が落下した. 表層地盤には橋梁全 体に分布する砂質土 層の下の粘性土層(N 値=6〜9)は右岸側が 薄く左岸側が厚く堆 積しており地震時に 大きい不同変位がそ の土層に生じ,土層 厚さの変化部にした ことが考えられる



-0.62







<sup>4)</sup>.2003 年三陸南地震で被害を受けた東 北幹猿ヶ石高架橋では橋脚に軽微な亀 裂が発生したが、この位置は地盤境界部 (の遷急点)である(図 5)<sup>5)</sup>.

#### (4)建物

1968年十勝沖地震と1987年岩手県中 部地震,1994年三陸はるか沖地震で被害 を受けた,旧八戸市庁舎はお壕跡埋立地

と地山に跨る(図6).1994年三陸はるか沖地震で壁面に 亀裂等が入り,2008年岩手地震で天井落下等の被害が 生じた八戸市公会堂も壕埋立地と地山を跨がる(図6). 両者とも異種支持地盤状態にあったことが被害の主原 因であると考えられる<sup>7)8)9</sup>.

1978 宮城県沖地震で被害を受けた長町郡山団地の A 棟(杭基礎)の地盤は南北に長い沼の南端の埋立地で, 埋立土層(礫混じりシルト層等)下の軟弱粘性土層下の基 盤面が北側に傾斜する(図7)<sup>7)</sup>.また,A棟建物は沖積礫 層 Ag と沖積粘性土層 Ac の境界部に位置する(図8).そ の建物の梁間方向は軟弱地盤の薄くなる南側に傾斜す る.また,軟弱粘性土層が西側から東側へ厚くなってお り,建物の梁間方向の傾きはその厚さに比例するよう に,西端で小さく東端で大きい.即ち,地盤変位と建物 の変位が軟弱粘性土層厚さにほぼ比例する.また,南側 の杭の亀裂をみるとせん断亀裂(斜め亀裂)が南下がり に,北側の杭の水平亀裂がほぼ東西方向に発生し,その 斜め亀裂上端が圧壊しており,これらから地盤が地震 時に軟弱土層が厚くなる北方向に大きく動いて被害が 発生したことが推察される<sup>7)</sup>.

1978年宮城県沖地震で崩壊した丸吉産業ビル(杭基礎)ではフーチングA内で杭長がすべて異なる(図9<sup>7)9)</sup>)最大で約3.5倍の差).ここは砂礫層と後背湿地堆積物(湿地性粘土に腐植物混入)の境界部で支持層深さが急変する.梁間方向は軟弱層の薄くなる北側(杭の短くなる方向)へ,桁行方向は軟弱層の厚くなる東側へ傾斜した.同図(e)にはフーチングA内の杭のひび割れ(黒く塗りつぶした輪)の位置も示されている.以上から表層地盤の動きとして,地震で梁間方向は軟弱層の厚くなる方向へ動いたことが推察される.この動きは長町郡山団地A棟と同様である.

2005 年宮城県沖地震の際にスポパーク松森(支持杭基礎)で温水プール天井脱落等が生じた<sup>11)</sup>.地震力の作用方向(ほぼ南北方向)は表層地盤(軟弱地盤)内の有機物混じり粘土層厚さの最大変化方向とほぼ一致する.しっかりした基礎をもつ構造部分が地盤のその方向の動きに対して大きく抵抗したため,基礎が大きい力(偏土 圧)を受け,ダルマ落しのような現象で天井落下等が発生したことが推察される<sup>11)</sup>.

## 3.おわりに

以上に述べたように、東北地方で発生した各種構造 物の地震被害の殆どは地盤の不連続点で生じ、地盤の 不同変位や偏土圧が原因で被害が発生し、地盤変位抵 抗型構造物が被害を受けやすく、地盤変位追従型構造 物が被害を受け難いことが推察される.なお、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) 那須誠:各種工場の地震被害と地盤条件変化点の関係, 土木建設技



図5 SGI 高架橋と地盤状態<sup>5)</sup>

術発表会 2008 概要
集, pp. 241-248, 2008.11.
(2) 那須誠:盛土の地震被害

と地盤構造,鉄 道総研報告, 3-8, 1989, 8, (3) 那須誠:地震被害 への地盤の影響 と被害機構の推 定(その2,地震動 と盛土),前橋工 科大学研究紀要, 第 3 号, pp. 9-16, 2000 .3. (4) 那須誠:砂 質土地盤における 地震被害,鉄道総研 報

告, 6-6, pp. 17-26, 1 992. 6. (5) 那 須 誠:橋梁の地震被 害と埋没谷の関 係, 第 39 回地盤工 学研究発表会発 表 演



建築学会編:1968年十勝沖地震災 害調査報告, 1968.12. (7) 那須 誠: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, pp. 35-40, 1994.5. (8) 那須誠: 地震による被害構 造物と無被害構造物の地盤の 違い,土木建設技術シンポジウム 2003, pp. 299-306, 2003. 7. (9) 那須誠,羽矢洋:建物の地震被 害と地盤構造,鉄道総研報 告, 4-4, pp. 35-44, 1990. 4. (10) 宫城県編:宫城県地震地盤 図, c\_w3, 1985.3. (11) 那須誠, 宮崎博敏:2005年宮城県沖地震 によるスポパーク松森建物被害へ の地盤の影響の考察,第30回土 木学会地震工学研究発表会論 文集,2009.5.



 図6八戸市公会堂とお壕跡と旧 地形図(文献6)に追加)



図7長町郡山団地の地震被害と基礎と地盤7



18 宮城県地震地盤図<sup>10)</sup>上の 建物の位置(赤丸印)



図9 丸吉産業建物の被害と地盤<sup>7)</sup>