

東北地方における地震被害と地盤の関係(その3)

元前橋工科大学 フェロー会員 那須 誠

1. はじめに

前回までに本発表会で主として東北地方で発生した各種の地震被害を地盤に焦点を当てて調べて発表してきた^{1),2)}。今回は東北地方において発生した発電所等の地震被害と地盤の関係について調べた結果を報告する。

2. 地震被害と地盤の関係

(1)白山変電所で 1964 年新潟地震の際に約 7m の地滑りが発生したが、ここは旧地形図をみると信濃川内の砂洲と河川敷の境界部の埋立地の砂質埋立地盤である。図-1 から埋立地盤底面(埋没砂丘表面)は傾斜し、途中深さに極軟弱粘性土層が存在し、この土層が地震時に滑り面になったことが考えられる。このように地盤に傾斜と N 値が極めて小さい極軟弱粘性土層が存在しており、この構造物は地震被害を受けやすい地盤である³⁾。

(2)仙台変電所で 1978 年宮城県沖地震の際に変圧器のブッシング折損や遮断器、避雷器等に倒壊等の大きな被害と、超高圧設備などの大型碍管類に損壊などの被害が多く発生した。ブッシング全数が破損して特に被害大の変圧器は盛土上にあり、切土部では被害が軽微で、碍子機器の被害も殆どが盛土と地山で、切土上では殆ど無被害であった。この敷地は旧地形の沢部に造成されており、図-2 より盛土・地山境界付近で、盛土が比較的薄くかつその底面が縦横断方向に傾斜したところで大きい被害が発生していることが推察される。なお、ここは砂・礫層の下に N 値極小の極軟弱土層(粘性土層)がある互層地盤で、かつ傾斜構造のある上下逆転型地盤で被害が大きく発生している³⁾。なお、ここでは東北地方太平洋沖地震のとき変圧器のブッシング破損や断路器碍子の折損が発生した⁷⁾。

(3)秋田火力発電所で 1983 年日本海中部地震の際にボイラー本体振止めサポート損傷、10 号タンクのスロッシングに伴う浮屋根付属装置の接触破損、構内道路舗装の亀裂、敷地の陥没が発生した。地盤は土崎砂丘台地で砂丘間低地にも跨って各施設がつくられ、切土・盛土されて敷地が造成されている。地盤に弱点層(N 値極小値の軟弱粘性土層)が位置によって異なる深さにあり(図-3)、施設の多くは異種支持地盤状態で、かつ軟弱粘性土層が中間深さに存在していたため各種被害が発生したことが推察される³⁾。

なお、ここでの地盤の亀裂や陥没等の変状と同様の地盤変状が次に述べる 2007 年新潟県中越沖地震の際に柏崎刈羽原発の敷地でも発生しており、両者で地盤構造(形状や土質構成等)の類似性が考えられる³⁾。

(4)柏崎刈羽原子力発電所で 2007 年新潟県中越沖地震の際に大きい地盤陥没や火災等が発生した。支持台沈下の影響で発生した変圧器火災は新期・古期砂丘堆積物の境界部で発生した(図-4,5⁴⁾)。地盤陥没は建屋・地盤境界部等で多く発生しており、それらは過去の地盤陥没箇所と同様に不連続点で発生している。さらに、原子炉建屋等の東側壁(山側側壁)に沿って地盤が隆起し、西側壁に沿って地盤と側壁が分離して隙間が発生しているのは、建屋が不動点となっていたためと地震で地盤が東側から西側に動いたた

めと推察される³⁾。

(5)新福島変電所で東北地方太平洋沖地震の際に変圧器のブッシング損傷等の比較的大きな被害が発生した。この地盤は図-6 に示すように、変電所敷地の北東端部は氾濫平野(旧河道)と台地の境界部である。その北東端部にある

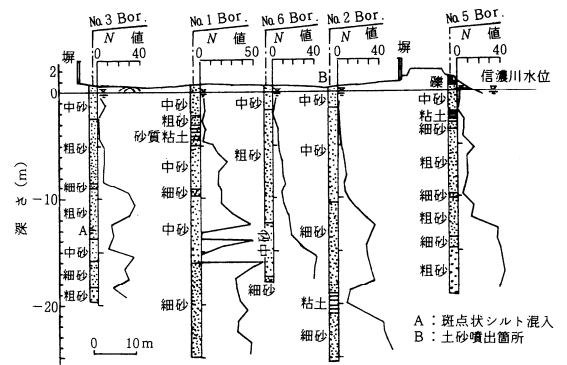


図-1 白山変電所の地盤断面図³⁾

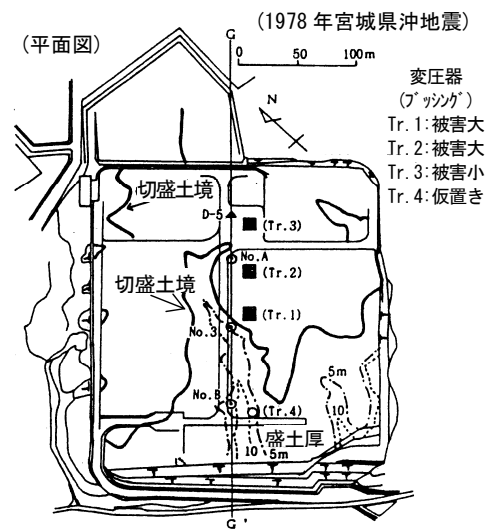


図-2 仙台変電所の原地形と変圧器位置³⁾

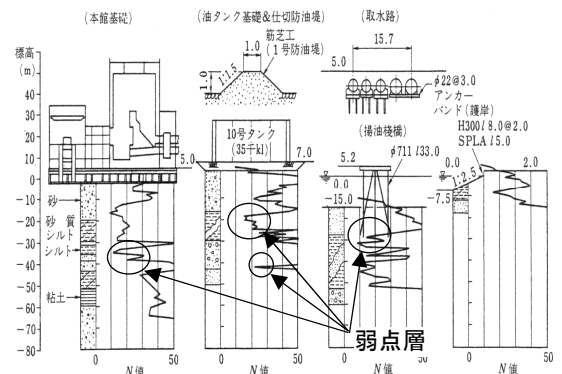


図-3 秋田火力発電所内地盤の土質柱状図³⁾

ブッシングが西側に曲がり、その内北端の地層境界部に最も近いものが最大屈曲し、地盤との関係が認められる。旧河道部には極軟弱な粘性土層等が堆積していることが多い。この変電所の大きい地震被害も地盤の不連続点でかつ上下逆転型地盤で発生したことが推察される³⁾。

(6)日和田変電所で東北地方太平洋沖地震の際に変圧器のブッシングが破損した⁷⁾。図-7 の地形分類図と表層地質図

をみると、ここは谷底平野に接する台地斜面部にあり、敷地地盤に軟弱層が含まれていたか、あるいは前記(2)仙台変電所の地盤に類似の傾斜地盤のようになっていたか等が想定される。

(7)仙台火力発電所で東北地方太平洋沖地震の際に換気ファンが固定用ボルトの折損で左側に90度程度回転したり、天井クレーン走行レール押え金具の損傷が発生したりした⁷⁾。図-8によると礫・砂・泥の地質であるが、被害が出ているので基盤面に不陸の存在が考えられる。

(8)新仙台火力発電所で東北地方太平洋沖地震の際に蒸気配管に接続する油圧防振器が外れたり、天井クレーンのケーブルが切断したりした⁷⁾。図-9をみると、新仙台火力発電所建物は異種支持地盤状態にあり、それらの被害にこの影響が考えられる。

(9)女川原子力発電所で東北地方太平洋沖地震の際に1号機の外部電源故障や2,3号炉のタービシカが地震の揺れで損傷が発生した^{8),9)}。ここで、図-10をみると建屋が地層境につくられており、それらの被害に異種支持地盤の影響が考えられる。

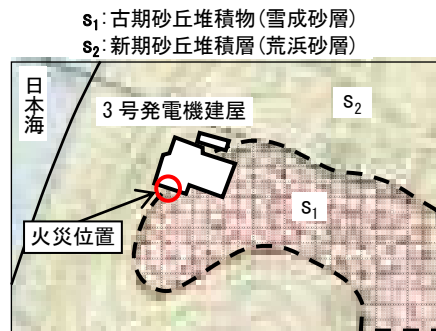


図-4 3号発電機建屋周辺の地質図³⁾

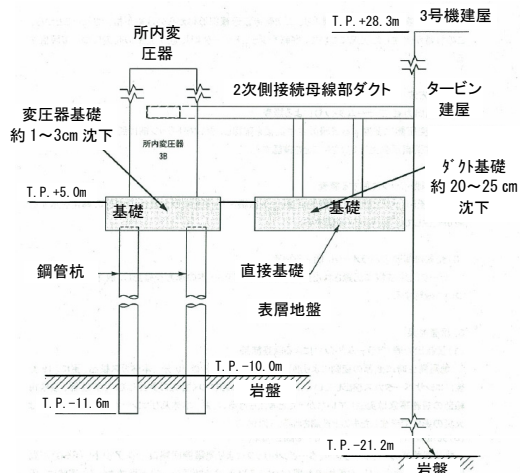


図-5 変圧器周辺の基礎と地盤の状態⁴⁾

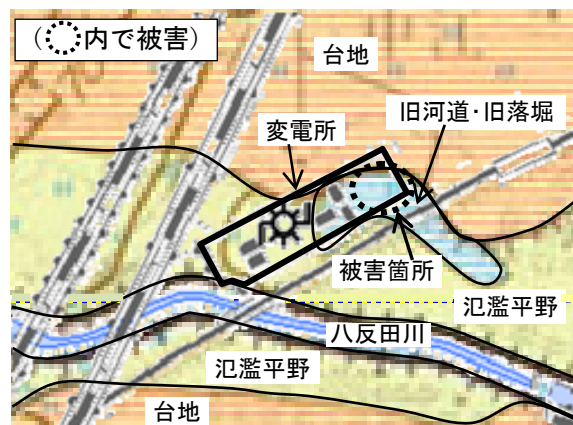
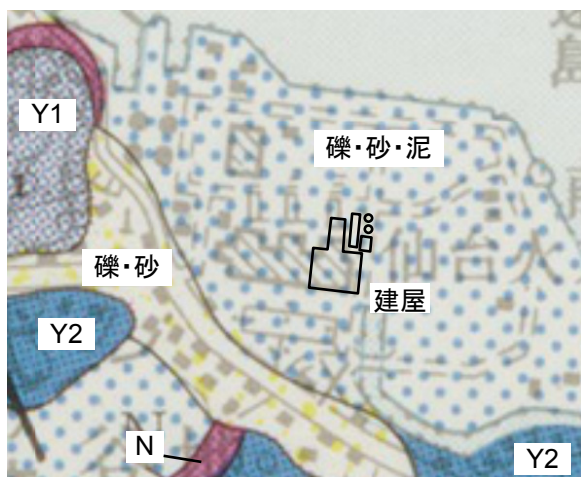
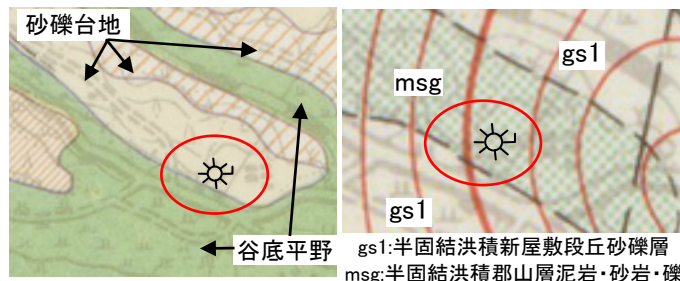


図-6 新潟島変電所の地盤³⁾



Y1:シルト岩・砂岩・凝灰岩, Y2:砂岩・シルト岩・礫岩
N:石英安山岩溶岩・火山角礫岩

図-8 仙台火力発電所の地盤⁶⁾



(a)地形分類図⁵⁾

(b)表層地質図⁵⁾

図-7 日和田変電所(図の丸印内)の地盤

3. おわりに

以上のように東北地方での発電変電所等の比較的大きな地震被害も地盤不連続点で多く、地盤の影響の大きいことが認められる。今回の調査で参考にし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:地震による電柱の損傷と地盤の関係,平成23年度土木学会東北支部技術研究発表会,CD-ROM, I-12, 2012.3. 2)那須誠:東北地方の地震被害と地盤の関係,平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会,CD-ROM, I-29, 2013.3. 3)那須誠:発電設備の地震被害等と地盤の関係,安全工学シンポジウム2012,GS5-3,2012.7. 4)平成19年新潟県中越地震による柏崎・刈羽原子力発電所3号機の所内変圧器による火災について(参考資料1-3),原子力安全委員会事務局,2007.9.20. 5)5万分の1都道府県土地分類基本調査(郡山),地形分類図,表層地質図,昭和42年現地調査,昭和43年3月発行,経済企画庁. 6)5万分の1都道府県土地分類基本調査(塩竈),表層地質図,昭和57年調査,昭和59年3月発行,宮城県. 7)被害状況写真,東北地方太

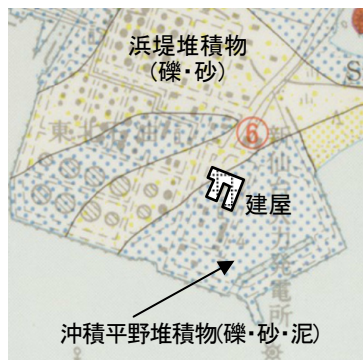


図-9 新仙台火力発電所の地盤⁶⁾

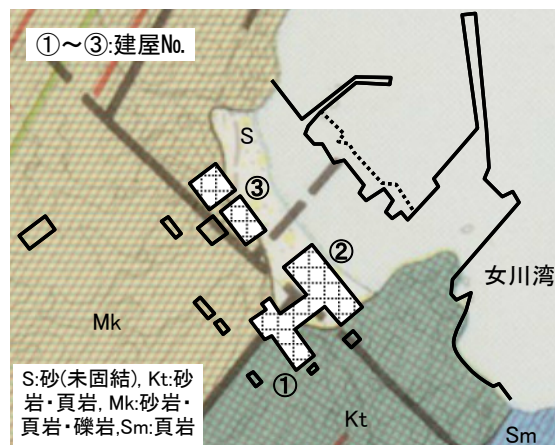


図-10 女川原子力発電所の地盤(文献10)に追加

平洋沖地震における変電設備地震被害,東北電力,2011.12. 8)女川原発,Wikipedia,2013.12.30. 9)8月19日2,3号炉のタービンが地震の揺れで接触し7割損傷していたことを発表,日本シーラス(株)Home Page,2013.12.28. 10)5万分の1都道府県土地分類基本調査(石巻・寄磯・金華山),表層地質図,昭和56年基本調査,昭和58年3月発行,宮城県.