

2007年7月16日新潟県中越沖地震調査(第2回)報告

中央大学理工学部土木工学科土質研究室

調査日：2007年8月7日～8日

行程：

7月7日：(調査員： 國生)

東京電力のご好意により5学会共同調査団の一員として柏崎刈羽原子力発電所を訪問。

7月7日夕方 7月8日：(調査員： 國生・石澤・平賀・西田・古地)

液状化地点調査。

I. 東京電力柏崎刈羽原子力発電所

順路

6・7号機建屋内の視察

2・3号機建屋周辺、2号機非常用取水ピットの視察

地震記録と視察についての感想

発表された各原子力建屋基礎版での最大加速度は No.1、No.2 では 600gal 以上だが、No.3 以降、新しく建設された施設ほど小さくなる傾向が読み取れる。また、No.6、7 の ABWR では BWR に比べて多少小さくなっている。基礎や建屋の寸法・質量・剛性などの違いによって、入力損失効果が表れた可能性が考えられる。

発表された加速度応答スペクトルではピーク周期は 0.2～0.5 秒だが、速度スペクトルにすれば大多数の号機で 2 秒付近のピークが最大となると思われる。地盤や建物の安定性には速度が支配的であるため、この長周期震動に注目する必要がある。一般社会に向けても加速度だけでなく速度あるいは地震動エネルギーの重要性をもっと訴えていく必要がある。

発電所敷地は、固結した第三紀西山層の岩盤を更新世の密な砂丘性砂地盤(番神砂層)が覆い、さらに地表付近が砂丘性沖積砂層となっている。柏崎 K-net 地点の記録を参考にすると、地下水位以下の更新世の密な砂地盤が設計を上回る強い揺れにより Cyclic mobility を起こした可能性も想定された。しかし、今回東京電力から発表された地盤系記録波形から、発電所サイトでは Cyclic mobility の特徴は認められず、柏崎市内のような液状化に近い現象は原地盤では起きなかったと考えられる。実際、地盤変状は建屋周辺や埋設物の埋め戻し地盤と想定されるところに限られ、原地盤と思われるところでは地盤変状は認められなかった。

重要構造物である非常用冷却水取水路は番神砂層中に非岩着で建設されているとの説明があった。今回の大きな揺れによっても密な砂層は支持機能を失わず、取水機能に問題は起きていないことが報告された。設計者の判断の妥当性が実証されたと言えよう。

原子炉建屋など重要施設の基礎は第三紀西山層中に設置され、その安定性については従来より十分な余裕をもって設計されてきた。今回、設計をはるかに越える揺れを受けたが、いわゆる支持機能上問題となることは起きず、安全に原子炉の停止・余熱冷却と放射性物質の格納機能を維持できた。

ただし、念のため建屋基礎の正確な測量を行って、周辺地盤との相対変位についての精密なデータを得ることにより、建屋基礎底面でのせん断滑りの有無を確認しておくことは重要と考える。

原子炉建屋など重要構造物の埋め戻し土の液状化や揺すり込み沈下などが起き、心象的に一般社会へ悪いイメージを植えつけたことは否めない。これに関しては施設ごとに埋設埋め戻し工事の状況を公表すると共に、その波及効果を明確にすべきと考える。そして重要構造物への波及効果がなく原子力の安全性とは無関係な施設については、原子力と言えども経済設計の観点が重要であり、耐震重要度Cクラスとしての位置づけが必要であることを専門学会サイドからも十分に説明すべきであろう。

このように、異例の緊急事態にも関わらず、早期に地震影響の詳細やすべての本震データを公表されたことを高く評価し、東京電力のこのようなオープンな姿勢が一般社会や専門家の信頼を勝ち取り、原子力発電が社会から支持される大きな力になるものと信じる。

なお、構内での写真は多数撮影しましたが、原子力発電所特有のテロ対策上などの理由から、ホームページには掲載しませんのでご了承ください。

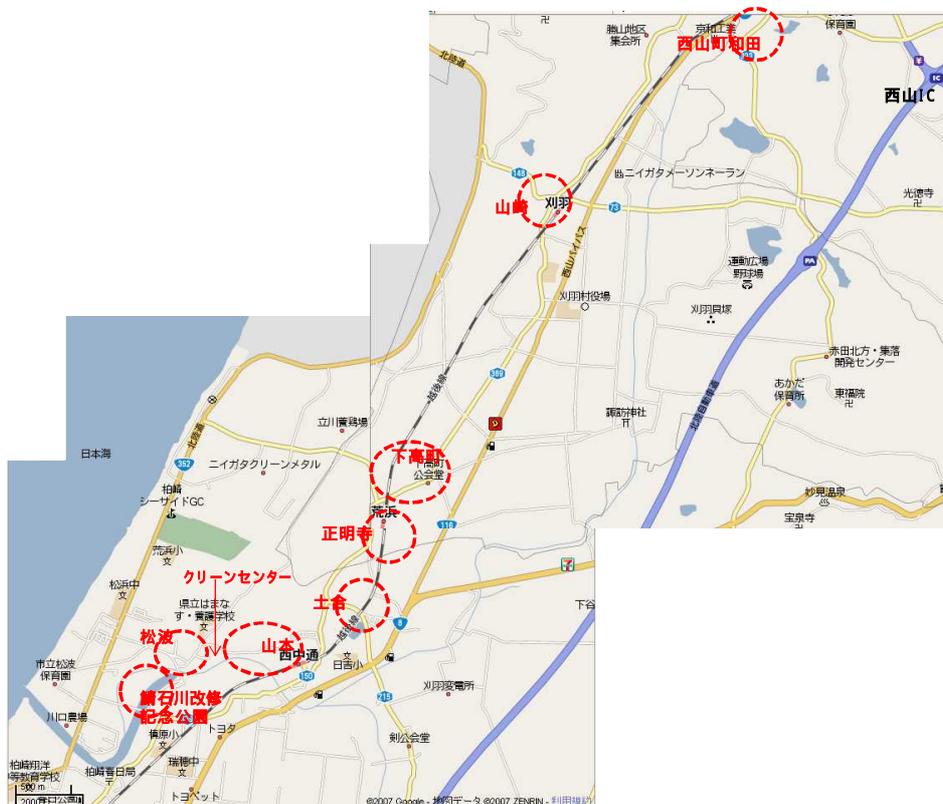
II. 液状化地点の調査

7月7日午後

長岡駅→西山IC→県道393→国道116→刈羽村大字刈羽・山崎

7月8日

西山IC 県道293 国道116 県道73-148 国道352 クリーンセンター 鯖石川改修記念公園 橋場町 松波4丁目 山本 土合 長崎 正明寺 下高町 刈羽 国道116 西山町和田 県道393 西山IC→長岡駅



地点別のメモ

今回、限られた時間内であったが、鯖石川の改修記念公園から北に向かって砂丘背後の造成地での液状化被害を調査した。

1) 刈羽村大字刈羽・山崎：

背後砂丘斜面が崩壊し、数軒の家屋が全壊・半壊状態になっていた。崩壊箇所の 10~20m 上部には段差 50cm 程度の開口亀裂が伸びている。日頃から斜面からの湧水があり、地震時には付近で噴水・噴砂が起きたとのこと。斜面崩壊には地震の慣性力以外に液状化が関わっていた可能性がある。ただし、崩壊土砂はあまり流動性は示していなかった。



写真-1

2)鯖石川改修記念公園では堤防背面の盛土地盤に、多くの地盤変状が起きていた。まず、下流側の駐車場周辺では公園中心部から駐車場入口に向う勾配に沿って、流動変位(最大 1m 程度?)が見られた。これにより、駐車場の広い範囲で舗装やインターロッキングが圧縮変形を受けていた(写真-1)。また、軽微な流動による亀裂は西側の旧河道沿いの斜面にも散見されるが、大きなものではない。



写真-2

一方、公園敷地平坦部の北側上流端付近から始まり北側 40% 程度の範囲で長さ 250m にわたる 2 条の亀裂が見つかった(写真-2)。亀裂はほとんどが圧縮タイプで横ズレ成分は目立たないが、上下の相対変位は 50cm 程度に達するところもある。亀裂では部分的に噴砂が見られ(写真-3)、液状化を伴っていることも分かる。公園東側の堤防にはまったく変状が認められないが、堤防天端(幅 5m)の境界にある U 字溝際には公園側盛土に相対沈下(5~10cm 程度)が認められ(写真-4)。そこから 9m あるいは 24m ほど入ったところに 2 条の亀裂が走っている。亀裂はところどころで湾曲したり枝分かれしたりしているが、大局的には直線性を保ち、堤防に対しほぼ平行性を保っている。また、亀裂は公園中央の遊歩道付近で見えなくなり、南側には一切現れていない。



写真-3

この亀裂の発生メカニズムについては地盤の高低差による流動は考えにくい。可能性として、埋設物の存在や盛土施工手順、盛立材料などの要因がまず考えられる。海岸にほぼ直角方向に卓越した強い揺れによりレイリー波が発生し、液状化し易かった地表面に過大なひずみを生じさせたことが考えられる。一方、基盤の断層との関係については検討してみる必要はないだろうか。



写真-4

3) 松波4丁目住宅地

砂丘沿いの造成地の盛り切り境界で亀裂が発生したり小規模ながら流動が発生し、家屋の基礎や上部構造に不同沈下や亀裂を及ぼしていた(写真-5,6)。



写真 5



写真 6

4) 山本団地

やはり、砂丘沿いの造成地の盛り切り境界で 50cm ほどの段差が発生し、水平移動も伴ない、同じ道路沿いの数軒の家屋の基礎や上部構造が引き裂かれ屋根まで及ぶ不同沈下や亀裂を及ぼし、ほぼ全壊状態となっていた(写真-7,8)。たまたま掘削していた穴での地下水位は GL-60cm 程度と非常に浅く(写真-9)、噴砂も多数見られ、液状化が大きく関わったと考えられる。



写真 7



写真 8



写真 9

5) 土合・岩野台団地付近

付近の不動産住職の話によれば、この付近は、固結砂丘砂（更新世砂丘砂？）からなり、地盤被害は少ないが、揺れによる被害は大きかったとのこと。実際、岩野台団地付近では屋根のブルーシートが目立った。かえって、これより低地の軟弱地盤が厚い新開地では、家屋の被害が目立って少なかったようである。付近にある新池（農業用アースダム）では道路盛土の路肩を含んだ滑りが起きていた（写真-10）。



写真 -10

6) 刈羽村正明寺

JR 越後線沿いの造成地で砂地盤が大邸宅を載せたまま広域にわたり数 10cm 程度流動をしていたが、外観的には屋根瓦の部分的崩落以外大きな被害は見られなかった（写真-11）。



写真 -11

7) 刈羽村下高町

造成地の盛り切り境界で段差が発生し、家屋の基礎の施工継ぎ目から段差 10cm 以上の沈下が発生し、上部構造に及ぶ不同沈下や亀裂が生じた（写真-12）。



写真 -12

1. 全体のまとめ

- 1) ほぼ全域が砂丘性の砂からなり、地下水位も高く液状化による噴砂が随所で見られた。
- 2) 特に盛土部では側方変位をともなった沈下がおき、住宅の基礎や上部構造に大きな被害を与えた。
- 3) 特に布基礎はベタ基礎にくらべてこのような地盤変状に対する抵抗性が小さく、建物へ大きな被害が及びやすいことが感じられた。
- 4) 砂丘斜面の崩壊による住宅被害も一部で発生した。
- 5) 鯖石川改修記念公園では噴砂を伴ない 250m におよぶ直線状の圧縮亀裂が現れたが、その生成メカニズムについては今後の検討が必要である。

以上