

(156) 北海道南西沖地震・後志利別川流域における 地盤の永久変位と埋設管等の被害

○北海道電力(株) 氏家 禎男
日本技術開発(株) 磯山 龍二
日本道路公団(株) 後藤 誠

1 まえがき

北海道南西沖地震により後志利別(しりべしとしべつ)川流域では、大規模な液状化とそれに伴う地盤変位が見られた。著者らは、航空写真を用いてこの地盤変位を判読すると共に、地震前後の航空写真を用いた測量を行い、最大3mにおよぶ永久変位が発生していることを確認した¹⁾。地盤変位と永久変位の発生は、後志利別川の蛇行に伴う旧河道の影響が大きいと考えられた。本論文では、この永久変位と地盤条件、特にこれまで指摘されていた、液状化層厚と地表面勾配との相関について調べた。また、永久変位が構造物に与える影響について、特に電力施設・水道管の被害について考察した。



図-1 後志利別川の位置

2 永久変位と地盤の関係

図-2に詳細な地盤調査の行われた河口上流約4km左岸の愛知地区における永久変位の測定結果および地盤調査を行った測線を示す。この地区では、ボーリングおよびサウンディングが行われており、それらを元にこの地区の地盤構成を推定した。また、ボーリングデータをもとに、液状化層を推定した。その一例として、図-2中のA-A'測線に沿った土層断面図を地盤の水平変位量と共に図-3に示す。液状化層の推定は、F_L法をベースに地盤の性状、地盤変位の状況等も勘案して行った。また、各ボーリング間では、スウェーデン式サウンディング結果を参考にしながら推定した。この結果、およそN値10以下の飽和砂質土層が液状化したものと考えられ、この地区における液状化層厚はおおよそ3mから7mであった。また、図-2中の各測線に沿った水平変位を、変位の方向ごとにいくつかのブロックに分け、そのブロックごとの水平方向変位量の平均値と、液状化層厚および地表面勾配との相関を、浜田ら²⁾による既往の地震による研究結果と共にプロットした。これを図-4、図-5に示す。

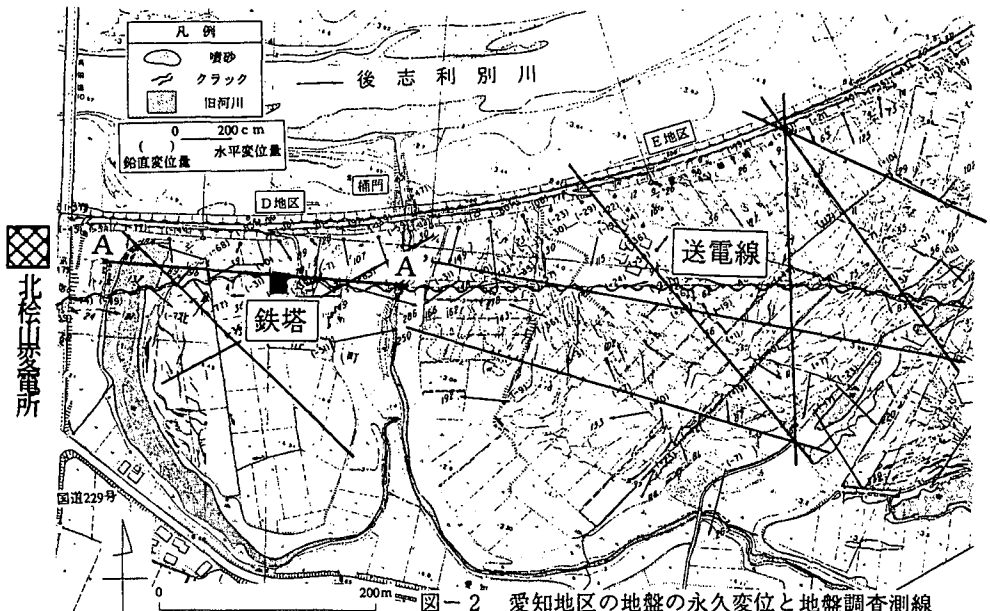
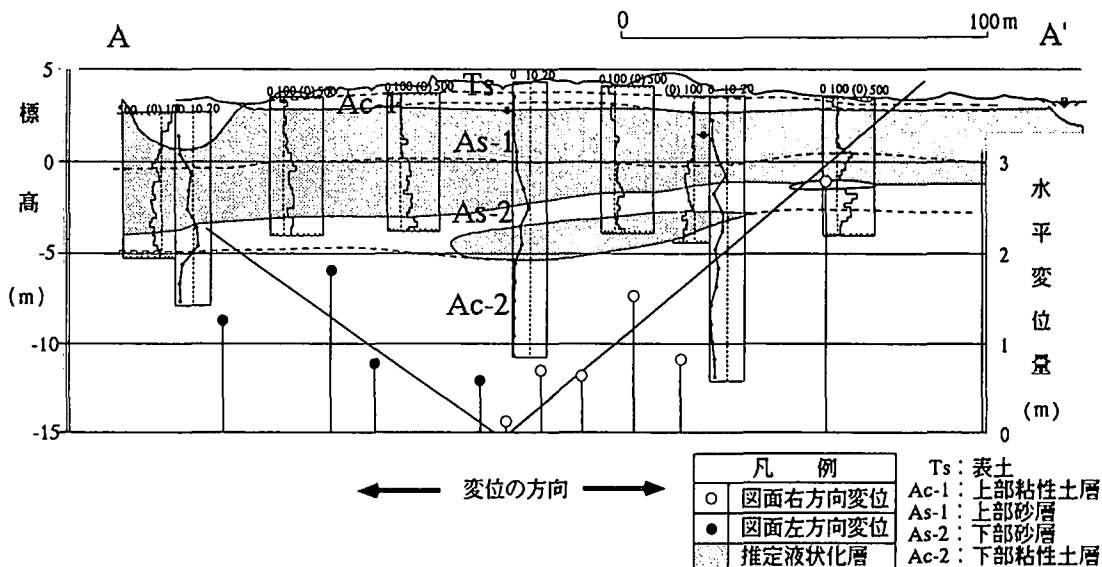
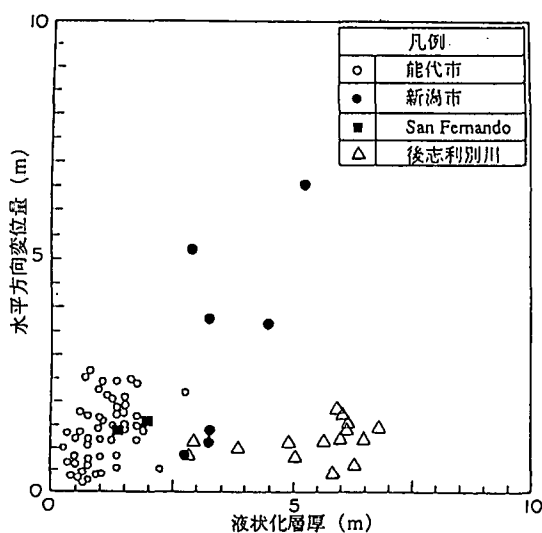


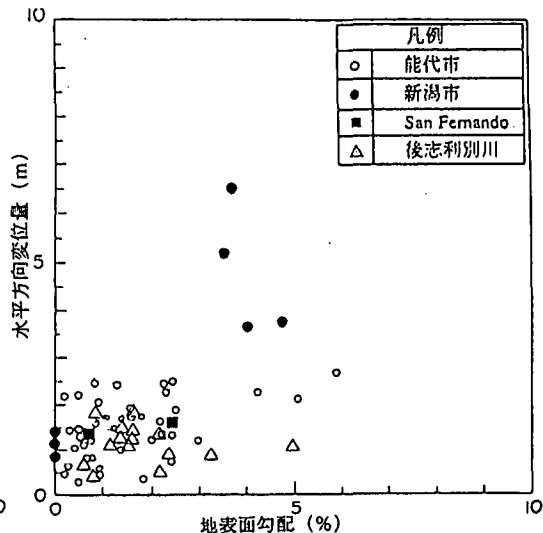
図-2 愛知地区の地盤の永久変位と地盤調査測線



図－3 推定地盤断面図と水平変位量（図－2のA－A' 測線）



図－4 水平変位量と液化化層厚の関係



図－5 水平変位量と地表面勾配の関係

図－4は水平方向変位と液化化層厚の関係を示したものであるが、今回のデータは既往のものに比べて水平方向変位量がやや小さいことがわかる。この理由としては、液化化層厚を厚めに見積った可能性が考えらる。また、水平方向変位量の大きいデータは新潟の信濃川沿岸のものであり、護岸の崩壊による影響が大きく、これらを除外することができると考えられる。このように考えると、今回のデータも含めて、液化化層厚の平方根に関係があることがわかり、既往の研究結果と整合していると言える²⁾。

図－5は水平方向変位量と地表面勾配の関係を示したものである。ここで、地表面勾配とは、各ブロックの標高差から求めた。なお、旧河道付近の標高差は、地表から川底までの深さを用いている。これによると、およそ既往のデータと一致しているものと言えるが、勾配の大きな部分で水平変位量が小さいデータがある。これは、勾配が前述したように、地表から川底までの深さを用いて与えたことが原因と考えられる。

3 永久変位が構造物に与えた影響

電力施設

後志利別川流域には33kVの送電線である瀬棚線があり、これに付随する変電所・送電鉄塔・配電柱等に被害が発生した。どの構造物も液状化による地盤変位の顕著な地域に被害が集中しており、いずれの被害も沈下・傾斜が主で、機能上の問題はなかった。

北桧山変電所は愛知地区の国道229号線をはさんだ向かい側にあり、図-2のすぐ左側に位置している。ここでは、地盤の13~15cm程度の沈下による直接基礎構造物の傾斜等の被害が発生したが、その程度はごく軽微であった。この理由としては、この変電所が標高約6mと周辺で液状化が顕著である地域(標高2~3m)に比べて、やや高かったことが考えられる。この変電所構内の地下水位は-2.8mとやや深く、液状化層厚に比べてその上部の非液状化層が厚かったため、地盤変位が顕著に地表面に現れなかったものと考えられる。

バンザマスト(送電線支持物)は、傾斜の被害が多く、この地区においては、7本中6本が約7~15°傾斜していた(いずれも目視による計測)。この理由のひとつとして、バンザマストの根入れ深さが約2mであり、液状化層あるいはその上部の非液状化層に根入れされていたことが挙げられる。液状化により地盤が水平移動するとそれに伴ってバンザマストも移動し、バンザマストが送電線に先端部を固定され、足元がすくわれたことにより傾斜が発生したと推測され(写真-1)、また、地盤の移動方向がたまたま送電線の線路方向に一致したため、傾斜が大きくなったものと考えられる。

D地区および北桧山変電所にはそれぞれ一基ずつ、高さ約36mの4脚独立基礎の鉄塔があり、D地区の杭部分に噴砂が認められたが、両者とも機能上の問題はもちろん、沈下・傾斜、部材の破損等の被害もなかった。写真-2にD地区(図-2参照)にあった送電鉄塔の様子を示す。この地域の液状化層厚は約7m程度と推定されるが、この鉄塔の位置が微高地にあり、左右の三ヶ月湖へ向かう地盤の変位がこの付近から発生しているため、地盤の水平変位量が約70cmと小さかったこと、また杭がφ500mmの鋼管杭で約30m根入れされていたことなどから、液状化が発生していたものの、大きな被害には至らなかったものと考えられる。

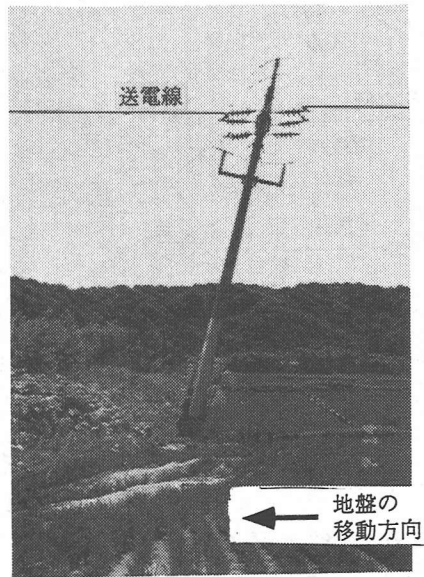


写真-1 バンザマストの被害
(図-2のA'付近)



写真-2 送電鉄塔基礎部分の噴砂の様子

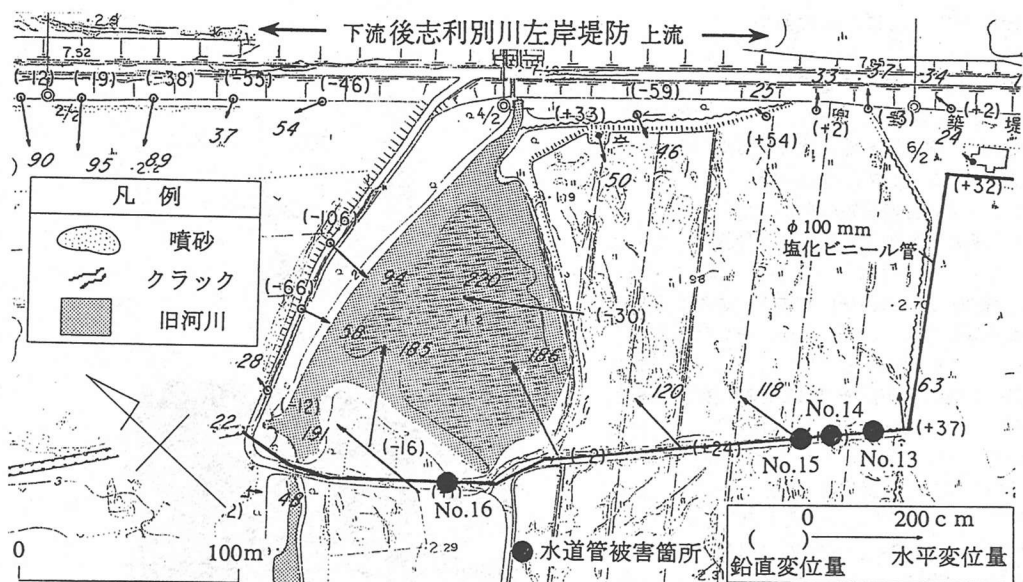


図-6 兜野地区の地盤変状と水道管の被害位置

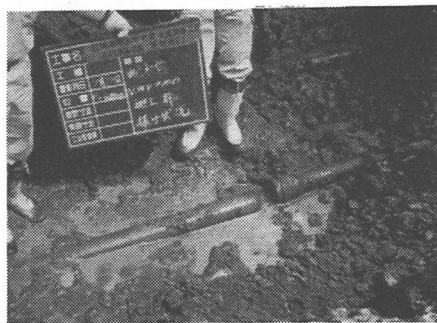


写真-3 水道管の被害状況 (No.16)

水道管の被害

後志利別川流域は、特に左岸はほとんど都市化されておらず、埋設管等の地中構造物の数も少ないが、ここでは永久変位が埋設管に与えた被害の例として、河口上流約2 km左岸の兜野地区の水道管被害を取り上げる。

図-6 に兜野地区の地盤変状の様子および水道管 ($\phi 100\text{mm}$, 塩化ビニール管) の被害位置を示す。水道管の被害の様子は、写真-3 からわかるように継ぎ手部の離脱によるものであった。そこで、図-6 より水道管の管軸方向の地盤の水平変位量を読み取り、それを被害位置と共にプロットしたものが図-7 である。この図から、被害が発生しているのは、図中の直線の勾配が大きい領域、すなわち、地盤の引っ張りひずみが大きい領域であることがわかる。さらに、水道管の許容ひずみが1.28% (管長5 m・有効挿入長6.4 cm) であるのに対し、地盤のひずみが1~3%に達しており、地盤の引っ張りひずみに水道管が追従できず、継ぎ手部分で抜け出しという被害が発生したものと考えられる。

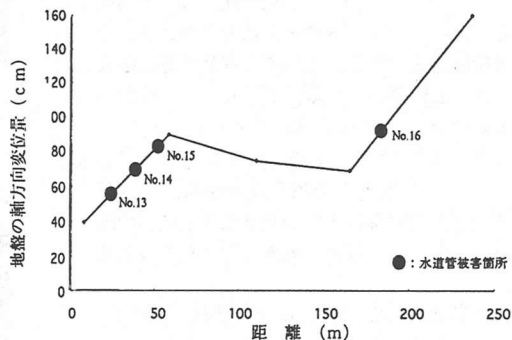


図-7 地盤の水平変位量と被害位置

4 結論

永久変位と地盤条件との関係については、液状化による噴砂・クラック等の地盤変状が発生したのは旧河道の蛇行の内側であり、永久変位の向きも旧河道に向かって生じている。また、永久変位量は、地震ごとにデータのばらつきはあるものの、液状化層厚・地表面勾配に相関が認められた。

一方、地盤が構造物に与える影響について、特に埋設管の被害の形態は、地盤の挙動と一致することが確認された。

(参考文献)

- 1) 悦永・濱田・澁谷：北海道南西沖地震・後志利別川流域における液状化と地盤変状、地震工学研究発表会、平成7年7月。
- 2) 浜田政則・安田進・磯山龍二・恵本克利：液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究、土木学会論文集、第376号/Ⅲ-6、1986年12月。