

## (60) 1983年日本海中部地震による秋田港付近の地盤変位の調査

九州工業大学 工学部 ○安田 進  
東海大学 海洋学部 浜田政則  
基礎地盤コンサルタンツ(株) 森本 巖

### 1. まえがき

1983年日本海中部地震の際、能代市や若美町の砂丘端部のゆるやかな斜面で、液状化に起因した地盤の永久変位が発生した。また、1964年新潟地震においても信濃川沿岸などで大きな永久変位が生じた。筆者達はこれらの事例について航空写真を用いて永久変位の定量的な解明を行ってきた<sup>1)</sup>が、その他にもいくつか永久変位が生じた事例をさらに調べているところである。ここではそのうちの1つ、秋田港における日本海中部地震の際の事例をとりあげ、能代市などの調査と同様に、永久変位量の測定、液状化層の推定、および両者の対応関係について調べた結果を報告したい。

### 2. 調査範囲および永久変位の測定方法

秋田港は旧雄物川の河口に位置し、図-1に示すように、外港、大浜、本港、向浜の地区からなっている。また、その南側には石油基地がある。日本海中部地震ではそれぞれの地区のかなりの区域で液状化が発生した。そこで、これらの全域をカバーできるように、図-2の範囲について永久変位を測定することにした。測定方法としては、能代市や新潟市に対して行ったもの<sup>1)</sup>と同様の方法をとった。つまり、地震前(今回は地震の4年前)に撮映された航空写真と地震後(今回は地震発生から3か月後)に撮影されたものを用い、同一の比較測定点の移動量を測定した。撮映縮尺は前者で1/10,000、後者で1/8,000である。なお、今回の対象地区は港湾地区であり、比較測定点となりうる物が少なく、永久変位を測定できたポイントは限られてしまった。

### 3. 永久変位の測定結果

永久変位の測定結果のうち、外港地区、本港地区、石油基地地区での結果を図-3~5に示す。以下、各地区について測定結果の特徴を、地震時の被害状況と合わせて述べてみる。

外港地区では-13mのケーソン岸壁が地震により全体的に蛇行滑動し、背面のエプロンは陥没した。さらに外港全体に噴砂がみられ、写真-1に示すように、地盤全体のすべりを物語る大きなクラックも発生していた。噴砂、クラックの発生位置<sup>2)</sup>と永久変位の測定結果を示すと図-3となる。図にみられるように、地区の中央部から西~北西にかけて1.5m程度の永久変位が生じていたようである。中央部のクラックはこのために発生したのではないかと考えられる。また、南西部のケーソン岸壁付近では海側に向か

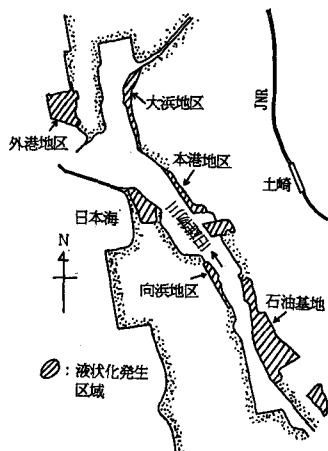


図-1 秋田港における液状化発生区域

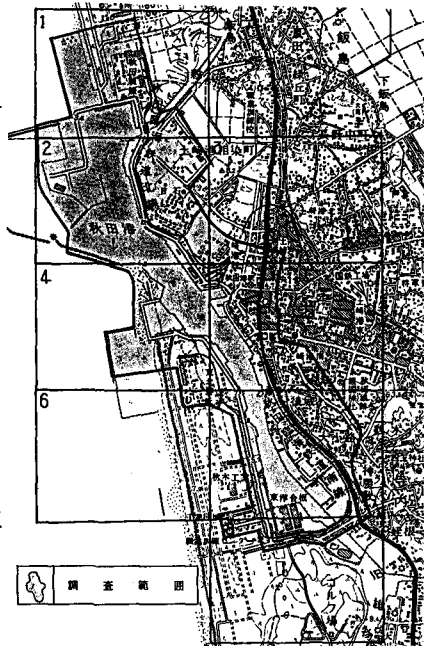


図-2 永久変位の測定範囲

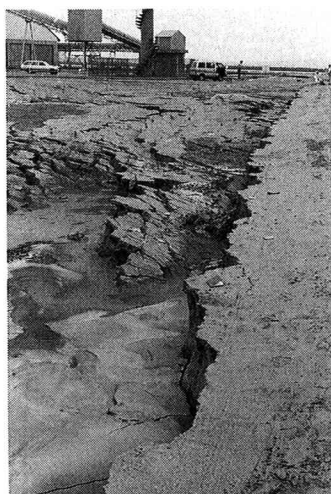


写真-1 外港地区で生じていたクラック

って1~2m程度の変位が生じていたようである。

本港地区のうち中島1号岸壁付近の地盤変状<sup>2)</sup>と永久変位測定結果を示すと図-4となる。ここではセルラブロックの岸壁ははらみ出し、エプロンも沈下していた。永久変位の測定結果によると、数十cmの変位量となっている。

石油基地には70基のタンクがあったが、このうち27基で最大20cm程度の不等沈下が生じた<sup>3)</sup>。敷地内には噴砂が発生し、液状化したことを物語っていたが、護岸の被害はみられなかった。図-5に永久変位の測定結果を示すが、護岸付近では変位はみられず、むしろ敷地中央部で0.5m程度陸側に向かって変位が生じていたようである。

#### 4. 液状化層の推定および永久変位との関係の考察

次に、土層構成の把握および液状化層の推定のため、ボーリング資料を収集した。これは、文献2)、3)、4)から収集し、さらに、地盤変状が広い範囲にわたって発生した外港地区については、ボーリングおよびスウェーデン式サウンディングの調査をつけ加えた。また、液状化は埋立地のみで発生しているため、埋立層の厚さを推定するために、埋立前の水深に関する資料を収集した。

これらをもとに、永久変位が生じたと推定される方向の測線を各地区で2~4本ずつとり、土層断面図を作成した。そして、その断面について液状化解析を行って液状化層を推定した。

液状化解析は道路橋示方書・同解説に用いられている簡易式で行った。粒径については試験結果があるものはそれを用い、ない場合には周囲の値や土層名から推定した。地表最大加速度は、近傍にある運輸省秋田港工事事務所で観測された地表最大加速度の値235gal(計器補正済み)を用いた。

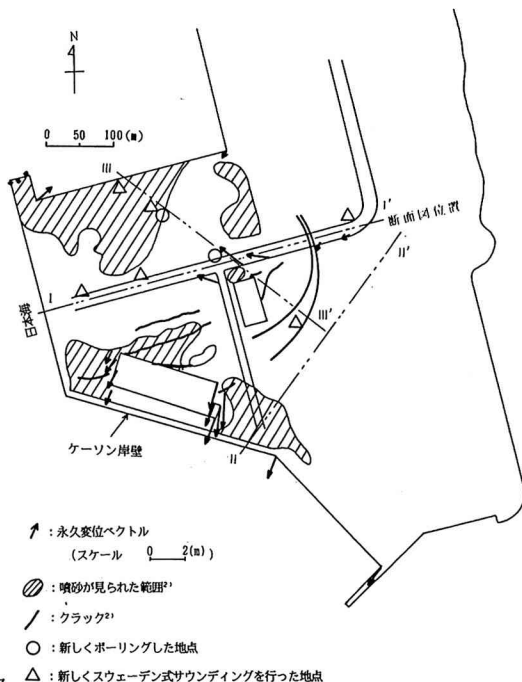


図-3 外港地区での永久変位測定結果

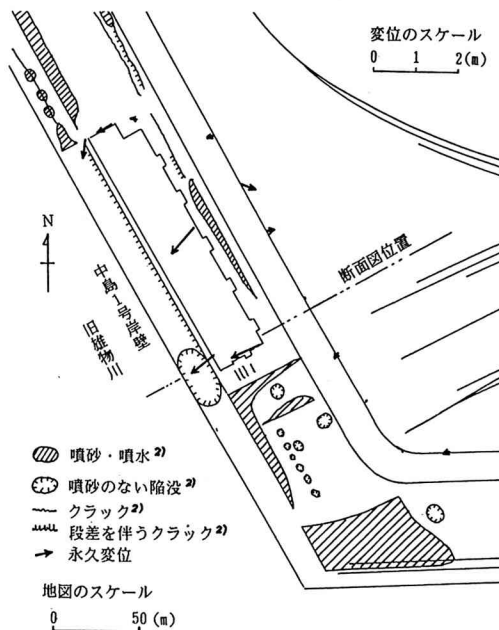


図-4 本港地区での永久変位測定結果

外港地区では3本の断面をとった。図-6にI-I'断面の結果を示す。旧海底面は北西～西側にかけて深くなっており、その土の埋立層の一部で液状化が発生したと推定される。このために、地表面が傾いている北西～西側にかけて変位が生じたのではないかと考えられる。

この他、ここには示していないが、II-II'断面ではケーソン岸壁付近で岸壁に向かって液状化層厚が急増している。このため、永久変位が生じたと考えられるが、その動きはケーソン岸壁があるために少しくい止められたり、また、逆に、土圧の増加に起因して岸壁が動いたために背後地盤の動きが助長されたことも考えられる。なお、この付近では、図-7に示すように、地盤が滑り、上屋の基礎ぐいが傾斜したのではないかとこの報告も行われている<sup>5)</sup>。

本港地区のうち中島1号岸壁付近の断面を示したのが図-8である。ここでは、埋立層および岸壁近傍の原地盤（あるいは岸壁建設にあたっての掘削埋戻し土か）が液状化したと考えられる。液状化層厚は岸壁に向かって急増しており、これにより変位が生じたことが考えられる。ただし、岸壁の近くなので、前述の外港のケーソン岸壁と同様に、岸壁があったために変位が止められたり、逆に、岸壁の崩壊にともない背後の地盤が動き出したことも考えられる。

石油基地では、埋立前の旧河床の深さに関する定量的な資料は入手できなかった。ただし、昔の航路竣工図によると、護岸付近は丁度中洲になっていたようで

図-7 外港岸壁のすべりの概念図(北澤、橋本<sup>5)</sup>による)ある。したがって、図-9に示したように、旧河床は敷地内で深くなっていたことが推察される。そして、液状化層も護岸付近より敷地中央の方が厚くなっていたのではないかと考えられ、このために、他の地区とは異なり、内陸に向けて逆方向の変位が生じたのではないかと考えられる。ただし、その変位量は小さい。

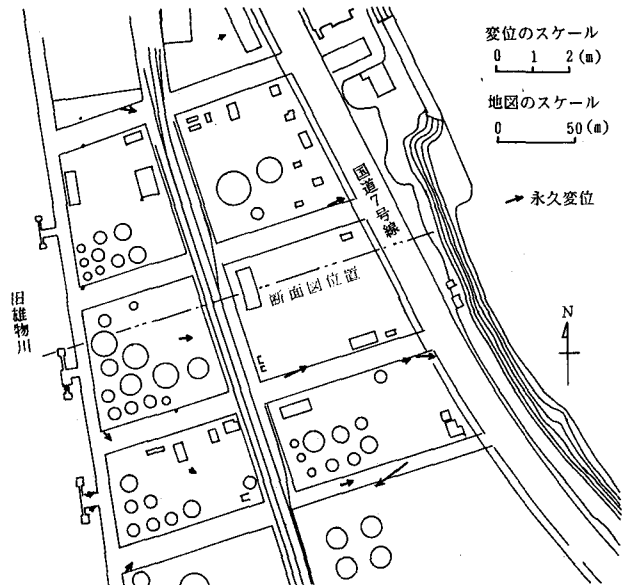


図-5 石油基地地区での永久変位測定結果

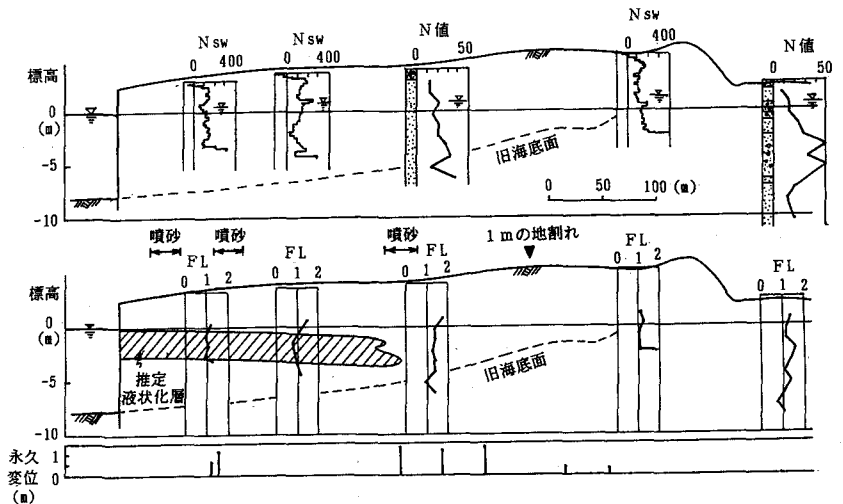


図-6 外港地区の推定液状化層と永久変位の関係

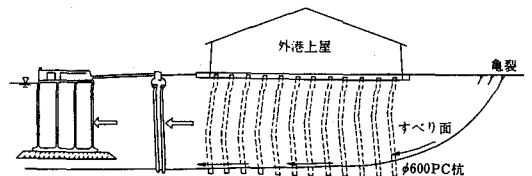


図-7 外港岸壁のすべりの概念図(北澤、橋本<sup>5)</sup>による)

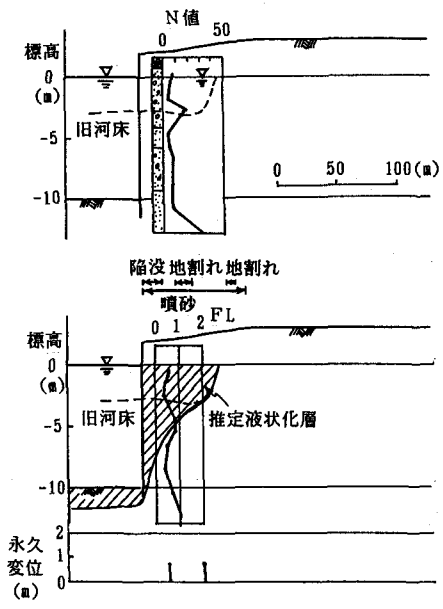


図-8 本港地区の推定液化層と永久変位の関係

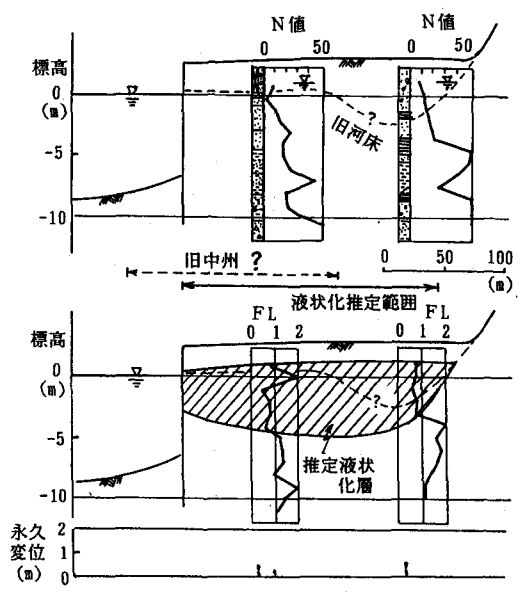


図-9 石油基地地区での推定液化層と永久変位の関係

5. あとがき

1983年日本海中部地震における秋田港の地盤変状について調べた結果を報告した。能代市などのケースと異なり、護岸近傍で液状化にともない発生する永久変位量は、岸壁の耐力と密接に結びついていると考えられる。つまり、背後地盤が護岸に向かって移動しようとしても護岸が強ければそれをくい止めるし、逆に護岸が液状化にともなう土圧の増加などにより倒壊してしまうと、大きな変位が発生するものと考えられる。これらの関係について今後研究を続けてゆきたいと考えている。

なお、本研究は日米共同研究「地盤変状と地中構造物の地震被害に関する研究」（財、地震予知総合研究振興会）の研究活動の一環として行ったものである。久保慶三郎委員長（東大名誉教授）始め、関係各位に感謝する次第である。また、馬場孝博氏（前、運輸省秋田港工事事務所長）には深淺図を見せていただき、九工大院生中島良二氏（現不動産建設）にはデータの整理を手伝っていただいた。お礼を申しあげる次第である。

参考文献

- 1) 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の測定と考察、土木学会論文集、No.376, III-6, pp.211-220, 1986.
- 2) 土田肇・野田節男・稲富隆昌・上部達生・井合進・大根田秀明・外山進一：1983年日本海中部地震港湾被害報告、港湾技研資料、No.511, 1985.
- 3) 危険物保安協会：日本海中部地震被害調査報告、KHKだより、第2号、pp.21-58, 1984.
- 4) 国土庁土地局：土地保全図、秋田・能代・御岳南麓地域、1986.
- 5) 北澤壮介・橋本俊昭：港湾施設の被災状況についての検討、昭和59年度土質工学会東北支部研究討論会「日本海中部地震シンポジウム」講演概要集、pp.69-76, 1984.