

(89) 地盤の永久変位と地震被害について

東海大学 海洋学部

浜田 政則

同

恵本 克利

日本技術開発(株)

○磯山 龍二

基礎地盤コンサルタンツ(株)

安田 進

1. はじめに

著者らは昭和58年日本海中部地震による能代市の地盤の永久変位を地震前後の航空写真を用いて測定した。<sup>1)</sup> この結果、(I)平均勾配5%以下の緩やかな砂丘斜面に沿って最大5mにも達するすべりが生じていること、(II)すべり面の長さは最大で1kmにも及ぶこと、また(III)すべりは砂質土層の液状化が原因であり、地下水位下1~3mのすべり面上の土塊が薄層状ですべったこと、などを明らかにした。

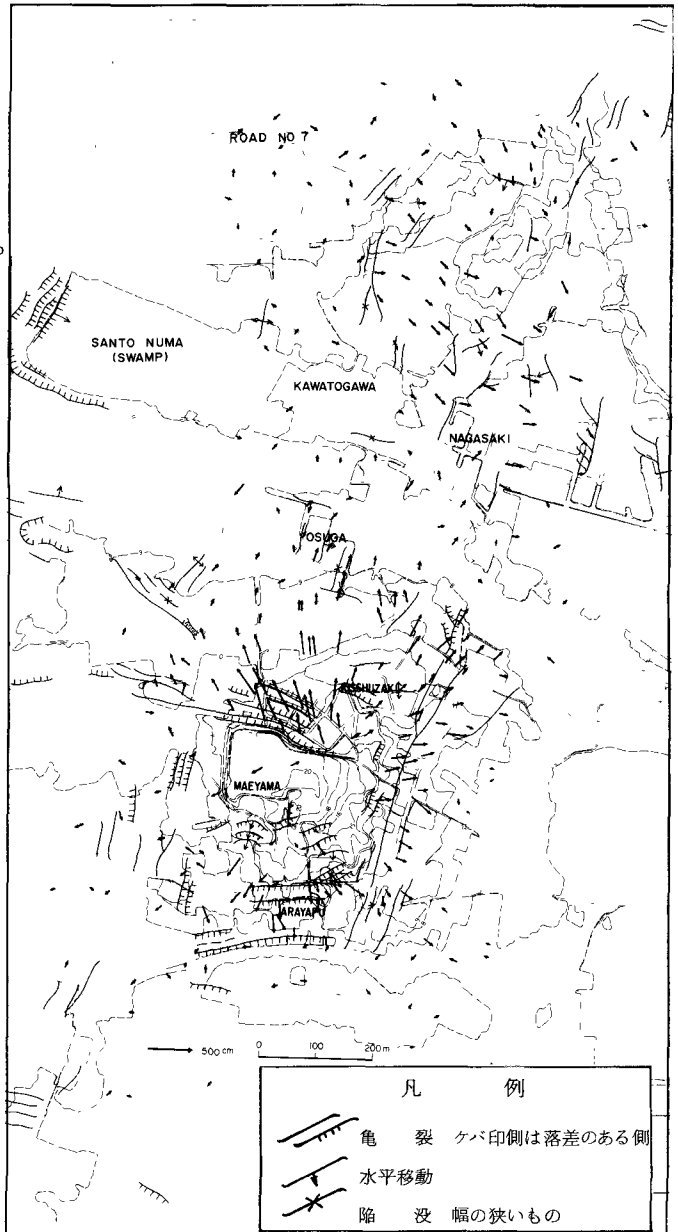
本文の目的は、地盤の永久変位と建物、埋設管の地震被害との定性的関係について調査し、液状化による構造物被害のメカニズムについて基礎的な考察を行うことにある。

2. 地表面の変化

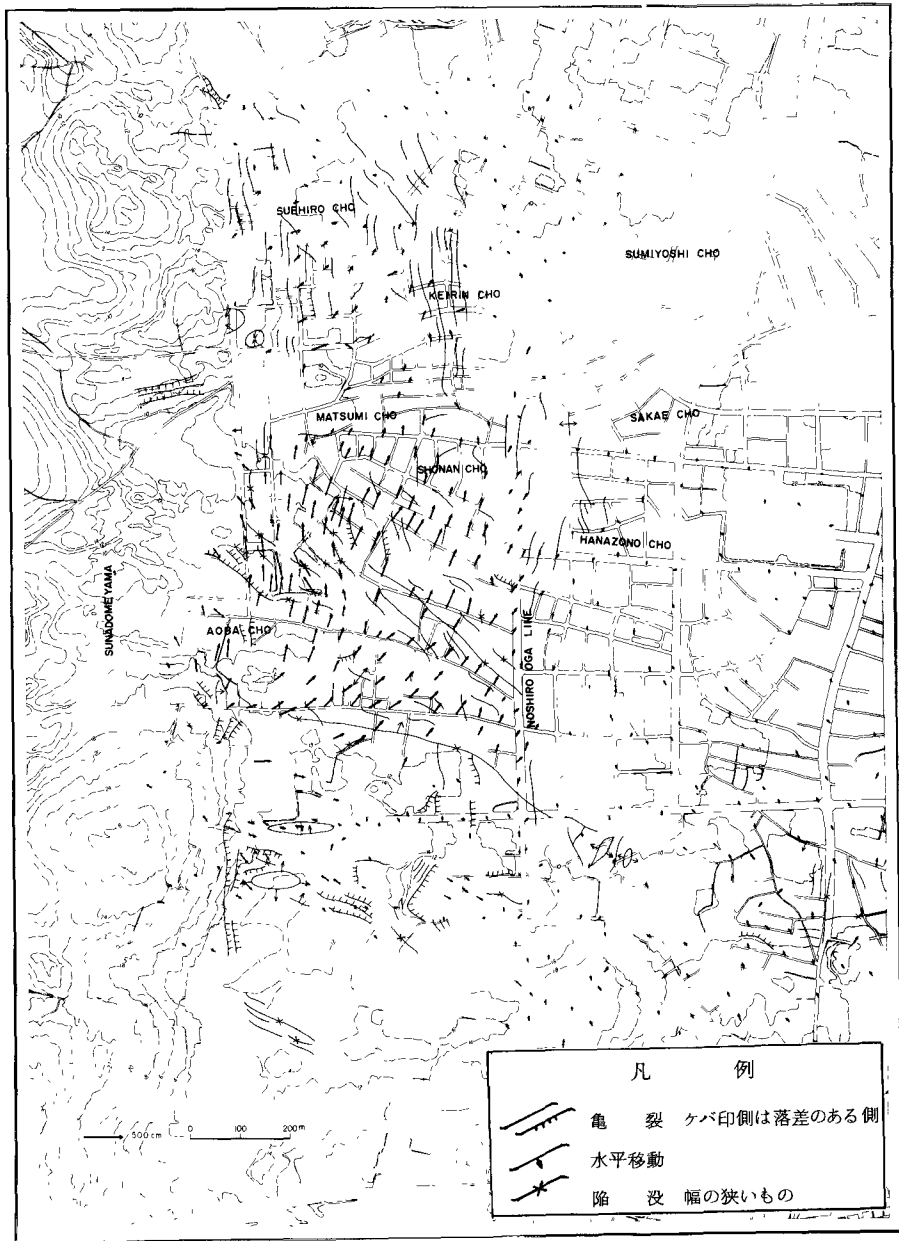
図・1, 2は著者らが測定した能代市の2地域の地盤永久変位に、秋田大学<sup>2)</sup>および東海大学によって調査された地表面の変状を重ねたものである。図・1は能代市の南部地域であり、図・2は中心街を含む北部地域を示す。

能代市の地盤変状発生地域は概略2つの地域に大別される。第1は、能代市街地西側の南~北方向に位置する地域(図・2)で、北側の末広町、景林町から南の青葉町に至る南北約2.5km東西約600mの領域である。第2は、市街地東側の米代川に接する中川原から北北東~南南西にのびる地域で、図・1の長崎、河戸川、新屋布などはこの地域の南部にあたる。2つの地域とも日本海に沿って発達した砂丘の東端と砂丘間の低湿地が複雑に入り組んだ地域である。

図・1, 2の結果から、地盤の永久変位と地表面の変状の関係について次のことが明らかにされる。



図・1 能代市南部地域の地盤変状と地盤の永久変形



図・2 能代市北部地域の地盤変状と地盤の永久変形

(i)地盤の亀裂や段差は地盤の永久変位が大きい地域に集中している。例えば、図・2の能代市の北部地域では、県道能代～男鹿線の西側の青葉町～景林町に至る地域で亀裂、段差が著しいが、この地域では永久変位も大きい。反対に能代～男鹿線の西側では一部を除いて地表面の変状はほとんど見られず、地盤の永久変位も小さい。

(ii)地盤の亀裂の方向は地盤の水平変位ベクトルの方向とほぼ直交している。例えば図・1の能代市南部地域の前山周辺では、北および南側斜面で東西方向、東および西側斜面で南北方向の亀裂が生じており、水平変位ベクトルと直交している。また図・2の青葉町から昭南町に至る付近では亀裂の方向がほぼ北西～南東であり永久変位ベクトルと直角である。

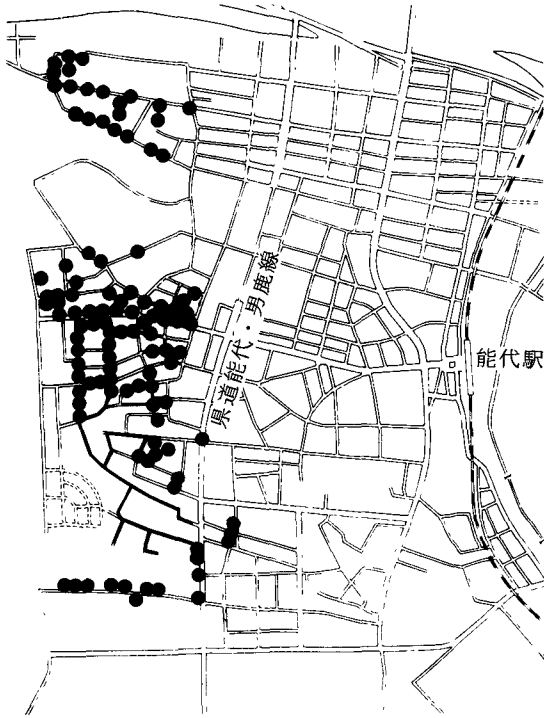


図. 3 能代市北部地域の低圧ガス管被害  
(代表的なもの)

[ 太い実線は布設替えされた路線 ]

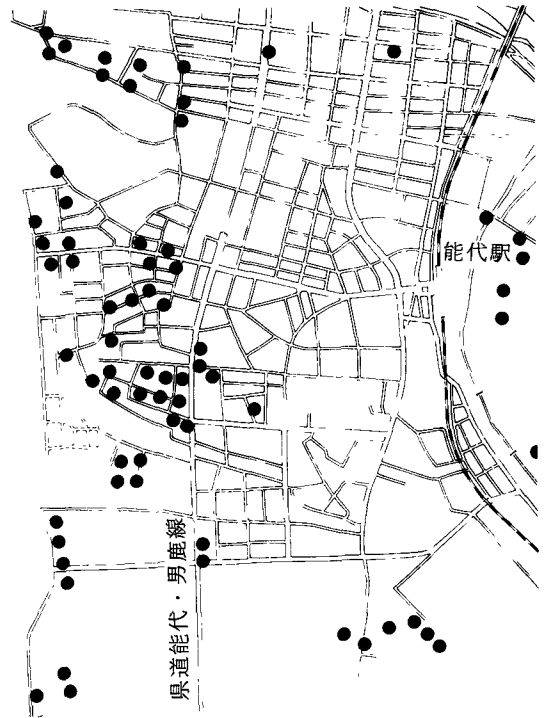


図. 4 能代市北部地域の水道管被害  
(代表的なもの)

(ii) 砂丘斜面に発生した亀裂は、斜面下方が陥没する落差を伴っており、全体的に砂丘部分の標高が減少して周辺に拡がるような傾向にある。航空写真測定の結果からも砂丘頂部付近の地盤が陥没し、斜面下端部で隆起したことが明らかにされている。(1)

### 3. 埋設管路の被害

日本海中部地震により、能代市はガス、上下水道などの埋設管路に甚大な被害を受けた。図. 3, 4 に能代市北部地域における低圧ガス導管および上水道管の代表的な被害地点を示す。(2)

能代市全域における低圧ガス導管の被害は、低圧本管(口径80A以下)総延長21,224mのうち確認したものだけで152ヶ所、低圧支管(口径50A以下)総延長36,732mのうち244ヶ所となっている。このほか供給管、内管等にも多くの被害が発生している。低圧本管のうち硬質塩化ビニール製の管路の布設地区は液状化の最も激しかった青葉町、松美町等であり、65%の管が地震後鋼管に布設替されており、被害の総数は不明である。

上水道の被害は導水管総延長(φ450%ヒューム管)3,420mのうち10ヶ所、配水管総延長145,872mのうち512ヶ所で、特に導水管の複旧には半月余りの日数を要し市民生活に甚大な影響を与えた。

図. 3, 4 の埋設管路の被害地点と図. 2 の能代市北部地域における地盤の永久変位および地盤変状を比較することにより次のことが明らかにされる。能代市北部地域における埋設管の被害は県道能代～男鹿線の西側にある青葉町、松美町、景林町等に集中している。この付近は、地盤の永久変位が卓越している地域であり、亀裂、段差などの地盤変状も多数見られる。一方、能代～男鹿線の東側の花園町等では埋設管の被害はほとんど見られず、地盤の永久変位も1m以下と小さい。以上のことは下水道の埋設管の被害にも共通した事実で、一般的に地盤の永久変位の大きい地域で埋設管路の被害も多く、埋設管の被害率と地盤の永久変位量の間には定量的な相関性が存在するものと推定される。

地盤が液状化した場合の埋設管の直接的な被害原因として、従来から(i)液状化土層と非液状化土層との境界部に発生する相對変位、(ii)浮上や沈下による管路の変形、などが一般的に考えられて来たが、以上述べたように液状化による地盤の永久変位も大きな被害要因の一つと考える必要がある。

#### 4. 家屋の被害

図. 5は能代市南部地域の家屋の被害分布を示す<sup>(2)</sup>。家屋の被害形態としては、(i)基礎のひび割れ、段差およびブロック状の破壊、(ii)壁、床の亀裂、損傷、および、(iii)家屋全体の水平移動、傾斜等である。図中“全壊”とあるのは地震によって建替えあるいは放棄を余儀なくされたものを意味し、一部破損はごく軽微な被害を意味している。図1に示した能代市南部地域の地盤の永久変位の分布と比較することにより次のことが明らかにされる。

前山周辺の斜面、特に北および南側斜面に全壊被害が多数発生している。図. 1に示すようにこの地域では、水平移動量が最大5m以上にも達し、地表面に多くの亀裂段差が生じた。家屋の被害も、基礎地盤の大幅な水平移動や陥没による布基礎の破壊に起因しているものが多い。

図. 5に示した地域のうち、北側の国道7号線付近では“半壊”あるいは“一部破損”が多く、被害は比較的軽微である。この地域の永久変位が1~2mと前山周辺に比較して小さいことおよび地表面の変状が少なかった事実と家屋の被害状況は定性的によく一致している。

#### 5. あとがき

航空写真測量により得られた地盤の永久変形量と地盤変状、および埋設管・家屋の被害とを定性的にはあるが比較した。この結果、地盤の永久変位量と亀裂等の地盤変状はよい対応を示すこと、地盤変状、すなわち地盤の永久変位と埋設管および家屋の被害の間には明らかな相関があることなどがわかった。今後は、地盤の永久変位量と埋設管被害率の関係など、定量的な検討を加えていきたい。

本研究は地震予知総合研究振興会に設置された委員会(委員長 久保慶三郎埼玉大学教授)の活動の一環として行われたものである。協力いただいた委員各位に謝意を表す。

#### 参考文献

- (1)久保・浜田・磯山, “日本海中部地震における地盤の永久変位の測定”, 第18回土木学会地震工学研究発表会, 1985年7月. (2)能代市, “日本海中部地震. 能代市の災害記録”, 1984年.

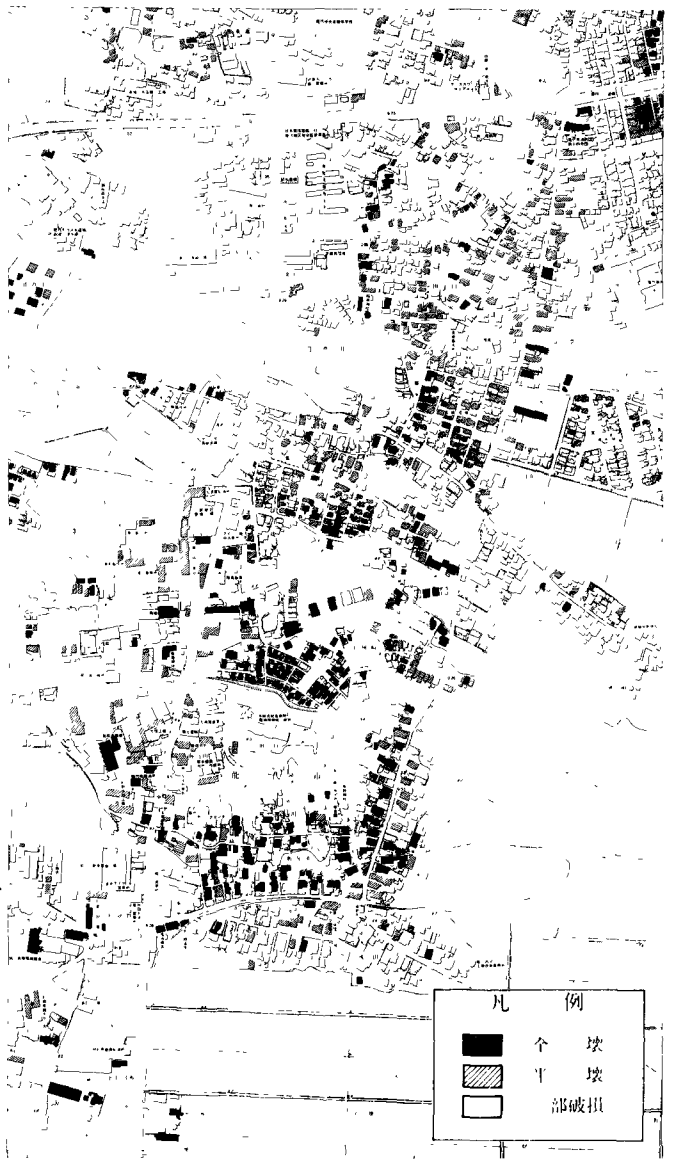


図. 5 能代市南部地域の家屋被害