

III-204 新潟地震により発生した永久変位の簡易解析

九州工業大学工学部 学生員 ○規矩 大義
同 上 正員 安田 進

※はじめに※

筆者達は液状化地盤の永久変位に関して模型振動台実験を行い、永久変位発生のメカニズムについて考察を行ってきた。また、永久変位量を予測するために簡易的な解析手法を考案して、模型実験をシミュレートする事により解析手法の妥当性を検証してきた。¹⁾これに引き続き今回は、新潟地震の際に永久変位が発生した地盤²⁾のモデルに解析手法を適用し、永久変位の実測値と比較検討を行ってみた。

※解析手法※

永久変位は初期せん断応力を受けている地盤が液状化して変形係数が低下し、せん断変形を起こすことにより発生すると考えられる。そこで解析モデルに対してまず静的初期応力解析を施して初期応力、変形量を求めた。その後、応力状態を保持したままで変形係数を低下させて、再び応力解析を行なって変形量を求め、両者の変形量の差分をとってこれを永久変位量とした。数値解析には2次元有限要素法を用い、変形係数の低下率は既往の室内実験³⁾および模型地盤での解析を参考にして1/250とした。また液状化層で発生している過剰間隙水圧比は0.95とした。

※解析対象地盤※

新潟地震の際に信濃川両岸で護岸の倒壊も含めて最大8m余りにも及ぶ永久変位が生じていた。²⁾また、少し内に入った白山通付近などでは地表面が水平に近いにもかかわらず1~2mの永久変位が生じており、液状化層下面勾配の影響が考査されている。そこでこの両者の地盤をモデル化して解析手法を適用してみた。

図-1、2に解析した地層断面図を示す。初期のヤング率はN値からE=28Nの式で求めた。

※解析結果※

図-3、4に液状化後の変形図、永久変位量の実測値、解析値を示す。図-3は信濃川沿岸の護岸を含んだモデル、図-4は内陸側のモデルである。このなかで網掛けの部分が非液状化層である。また、護岸を含んだモデルに対しては新潟地震の際に矢板護岸が倒壊したようだとの話があることをふまえて、護岸を液状化後も存在させた解析（ケース1）と護岸がなくなったと仮定した解析（ケース2）を行った。

まず、3つの変形図について深さ方向の変位分布を見ると、地盤が液状化した事により軟化してせん断変形した解析結果となっている。

図-3(b)(c)の深さ方向の変位分布を見ると、ケース1、2共に液状化層厚が比較的薄いところでは変位は少ないが、層厚が増してくると変位量も急激に大きくなっている。また、液状化層下面勾配が大きくなってくるにつれて、液状化層下部での変位も大きく生じている。ケース1では護岸部近傍では護岸の拘束を受けて変位は小さくなってしまい、液状化層上部で変位が戻っているのに対して、ケース2では護岸が無いため地表面で右向きの変位を生じ、川沿いの地表面は大きく流れ出した形となっている。地表面での水平変位量を比較した図-3(a)を見ると、内陸側から地点1付近までは両ケースの解析結果とも変位量にあまり差はない、この付近までは

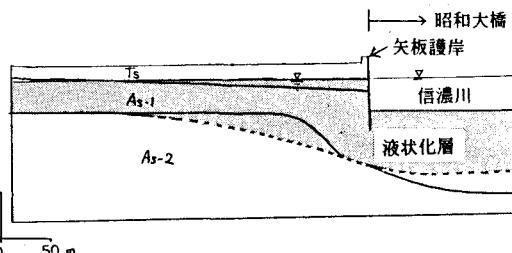


図-1 地層断面図 (A-Type)

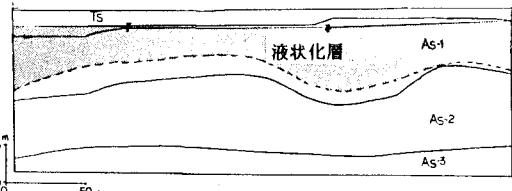


図-2 地層断面図 (B-Type)

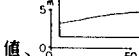


図-3 液状化後の変形図、永久変位量の実測値、解析値を示す。

図-3は信濃川沿岸の護岸を含んだモデル

の部分が非液状化層である。また、護岸を含んだモデル

に対しては新潟地震の際に矢板護岸が倒壊したようだとの話があることをふまえて、護岸を液状化後も存在させた解析（ケース1）と護岸がなくなったと仮定した解析（ケース2）を行った。

まず、3つの変形図について深さ方向の変位分布を見ると、地盤が液状化した事により軟化してせん断変形した解析結果となっている。

図-3(b)(c)の深さ方向の変位分布を見ると、ケース1、2共に液状化層厚が比較的薄いところでは変位は少ないが、層厚が増してくると変位量も急激に大きくなっている。また、液状化層下面勾配が大きくなってくるにつれて、液状化層下部での変位も大きく生じている。ケース1では護岸部近傍では護岸の拘束を受けて変位は小さくなってしまい、液状化層上部で変位が戻っているのに対して、ケース2では護岸が無いため地表面で右向きの変位を生じ、川沿いの地表面は大きく流れ出した形となっている。地表面での水平変位量を比較した図-3(a)を見ると、内陸側から地点1付近までは両ケースの解析結果とも変位量にあまり差はない、この付近までは

の永久変位量は護岸の影響をあまり受けていないと考えられる。また、実測値と解析値とを比較すると解析値の方が多少大きくなっているが全体の傾向はよく一致していると言える。地点2付近から右側の護岸付近になってくると実測値が両解析値の中間に

きている。護岸が倒れた時点はいつか、またどの程度の拘束を有していたか不明であるが、両極端な解析条件で解析した値の中間に実測値が一致することは興味深い。

図-4(b)に関して地表面が水平な区間(②から③)では液状化層下面の傾き方向に水平変位が生じている。それに対し地表面が傾いている区間(①から②)では液状化層下部での変位は下面の傾き方向に生じているものの、浅部になるにつれて地表面の傾き方向への変位が大きくなり、最終的に地表面では地表面の傾き方向へ変位が発生した格好となっている。

次に、図-4(a)で地表面での水平変位の実測結果と比較してみると、ほぼ同じ様な値が解析結果で得られているといえよう。

※まとめと今後の課題※

今回永久変位の解析手法を考案してそれを実地盤に適用してみた結果、実際の被害と比較的よい対応結果が得られた。ただ、構造物などの特性の適切なモデル化や地盤の液状化程度をどう取り込むかといった問題も今後考慮して行かなくてはならないと考えている。なお、ここでは紙面の都合で省略したが締固め等による液状化対策工を施した解析も行い、対策工の効果も検討している。

文末ながら本研究は文部省科学研究費(一般B)の補助を受けている。また、基礎地盤コンサルタントの土谷、菅野、荒岡、松村の各氏のご援助をいただいた。さ

らに永久変位に関して東海大学の浜田教授に御助言を頂いている。感謝する次第である。

※参考文献※

- 1) 安田 進 他：液状化による永久変位の解析、第23回土質工学研究発表会、1988
- 2) 浜田政則 他：液状化による地盤の永久変位の測定と考察、土木学会論文報告集 第376号III-6、1986
- 3) 安田 進 他：液状化にともなう地盤の変形特性の変化、第22回土質工学研究発表会、1987

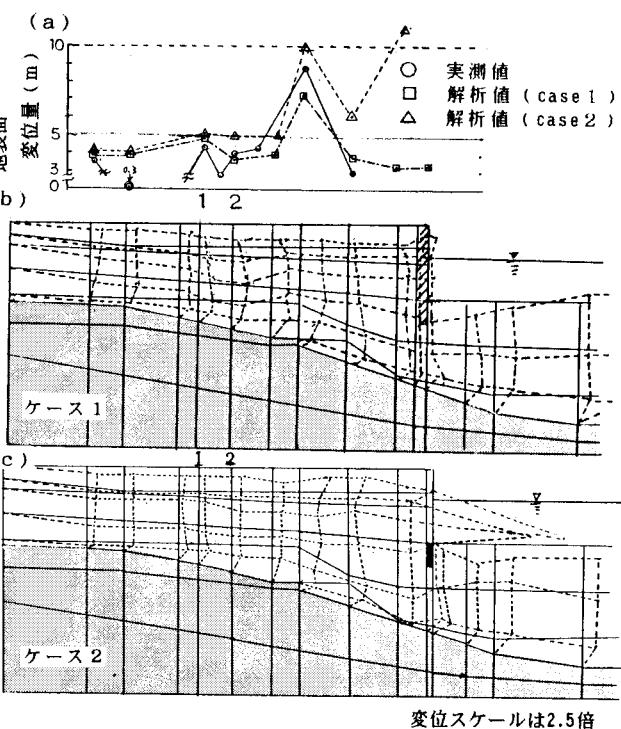


図-3 解析結果(A)

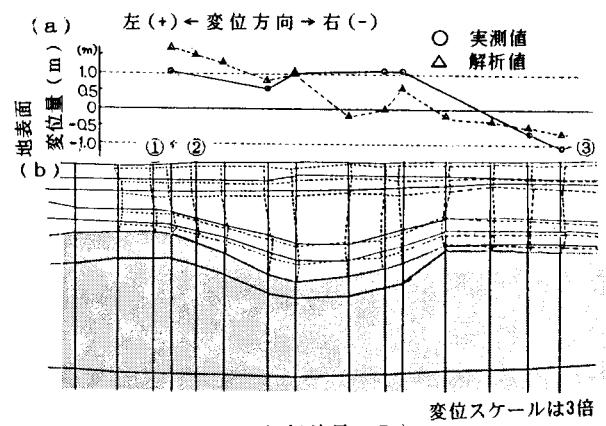


図-4 解析結果(B)