

永久変位解析における入力パラメータの影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○規矩大義

九州工業大学工学部 正会員 安田 進

同 上 学生会員 丸井 宏

1. はじめに

筆者達は、液状化によって地盤が大きくすべり出す”永久変位”について、その発生メカニズム、永久変位量に対する実験、検討を加え、その結果をもとに、永久変位の簡易的な解析手法を開発してきた。さらに、いくつかの地盤モデルに対して解析を施し、手法の妥当性を検証してきた。

今回の研究では、この永久変位解析における、入力パラメータの影響と、その適用性の限界、解析手法に対する再検討を行った。これらの結果を以下に報告したい。

2. 永久変位解析手法(再掲)

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、せん断に対する抵抗を失い、初期せん断方向に発生するのはないか、と考えられる。そこで、液状化前の地盤の剛性を用いた解析と、地盤の剛性を低下させ、土粒子に働く有効応力を減少させた上での解析を行い、両者の変形量の差分を取って永久変位量とする。¹⁾

3. 数値解析と考察

表1に解析に用いた振動台実験の地盤条件を示す。このうちAシリーズは地表面は水平で、液状化層下面が傾いているモデル、Bシリーズは地表面、液状化層下面共に傾いているモデルである。解析は、地盤の剛性(ヤング率)の低下率を変えて、数ケースずつ行った。但し、液状化の程度(過剰間隙水圧比)は0.95に固定した。

図1にヤング率の低下率と変位量の関係を示す。このうち、横軸はヤング率の低下率の逆数(E_0/E)、縦軸は実験値と解析値の比(D_H/D)である。ここで、 D_H/D が1のときの E_0/E が、解析値と実験値が一致する時の、ヤング率の低下率である。この解析では、液状化後の土塊を線形弾性体として取り扱っているため、ヤング率の低下率と変位量の比は直線関係になってくる。各ケースで、実験値を満足するヤング率の低下率は異なっているが、Aシリーズが1/150~1/250、Bシリーズが1/350~1/450程度にヤング率を低下させると実験値と一致してくるようである。ここで、Bシリーズの方が、ヤング率を大きく低下させないと合っていないのは、解析上の問題点に加えて、実験においても、振動の影響や、表層の滑動によって生じた変位が含まれている為と思われる。そこで、完全に液状化した時の、ヤング率の低下率として、Aシリーズは1/200、Bシリーズは1/400

表-1 解析モデル

SERIES	θ_s	θ_b	H	変位量
	(%)	(%)	(cm)	(cm)
A-2	0	5	20	0.10
A-3	0	10	20	0.21
B-2	5	5	20	1.03
B-3	10	10	20	1.83

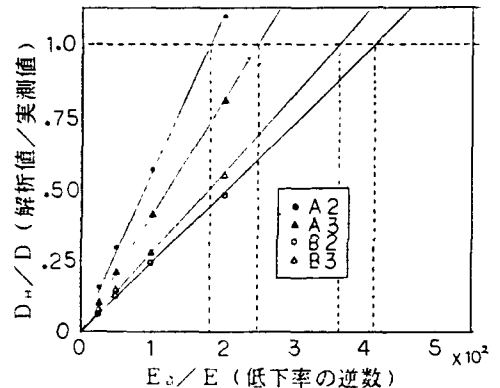


図-1 ヤング率の低下と変位量

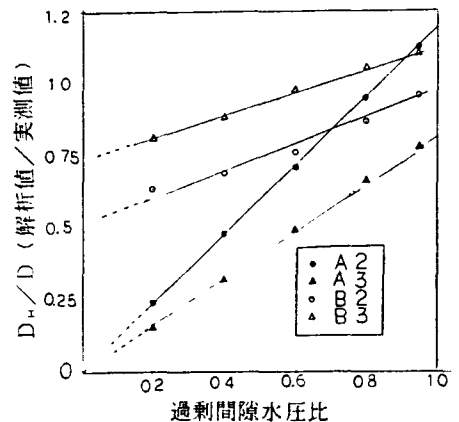


図-2 過剰間隙水圧比と変位量

を採用し、この値に固定して、液状化程度のみを変化させて解析を行った。図2に過剰間隙水圧比と変位量の関係を示すか、過剰間隙水圧比の値に比例して永久変位量も増加している。Aシリーズはヤング率の低下だけでは変形が小さく、過剰間隙水圧の影響を大きく受けるのに対し、Bシリーズでは、ヤング率の低下の方が大きく変形に寄与している。しかし、実際に液状化が発生する時には、液状化程度に応じて、ヤング率が低下してくるはずであり、そのことを解析で考慮する必要がある。

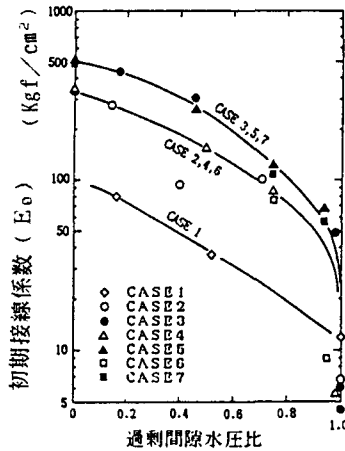


図-3 過剰間隙水圧比とヤング率

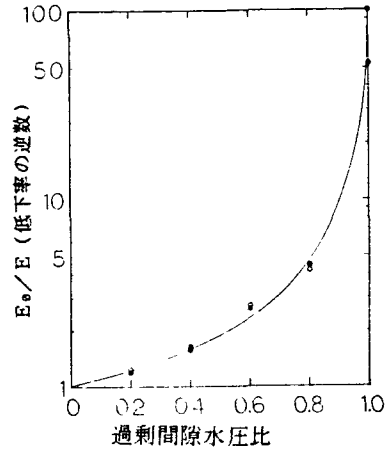


図-4 水圧比に対するヤング率の低下率

安田、中島、池端らは、繰り返し三軸試験で液状化後の変形特性試験を行っている。⁴⁾これは、供試体に対して繰り返し荷重を加え、過剰間隙水圧を発生させて、所定の水圧比に達した後、すぐに静的圧縮載荷を行い、応力～ひずみ関係を求めたものである。図3は、この実験結果のうち、過剰間隙水圧比と、静的圧縮載荷時の初期接線係数を示したものである。これより、過剰間隙水圧比とヤング率の低下率の関係を求めると図4のようになる。この値を用いて、過剰間隙水圧比（液状化の程度）

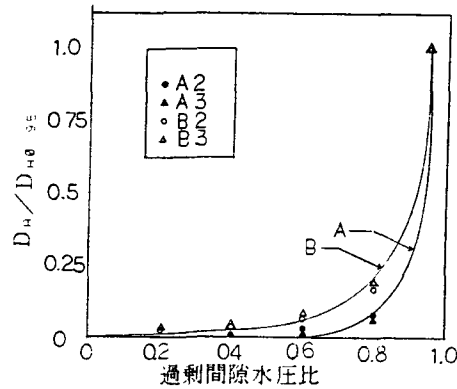


図-5 永久変位量（解析値）

、ヤング率の低下率の両方を変化させて解析を行った結果を図5に示す。ただし、ここで横軸は過剰間隙水圧比、縦軸の変位量は過剰間隙水圧比が 0.95 のときの変位量で割って正規化している。解析値自体は、実際の変位量に対してかなり小さいが、この結果から、永久変位は液状化程度が低い時は、ほとんど発生せず、過剰間隙水圧比が 0.8 近くまでは永久変位量も小さいことがわかる。そして、水圧比が 0.8 を越えるあたりから変位量は急激に大きくなってきている。さらに、AシリーズとBシリーズで比較すると、多少ではあるがBシリーズの方が、クラブの立ち上がり早い。これは、地表面の勾配の影響で、Bシリーズの方が、液状化程度が低くても永久変位が発生し易いのではないかと考察される。

4. まとめと今後の課題

永久変位解析に対して、入力パラメータをいくつか変えて解析を行ってみた結果、永久変位量に対して、液状化程度が大きく影響してくることがわかった。また、永久変位量は、完全液状化に達する付近で顕著になることも推察できた。今後は、より忠実なモデル化を行い、さらに永久変位に対する対策工の検討等、も行っていきたいと考えている。

なお、本研究は文部省科学研究費（一般B）の補助を受けて行っている。また、永久変位の問題に関しては日頃から浜田政則教授（東海大学）の御助言を受けている。感謝する次第である。

5. 参考文献

- 1) 安田 多田 規矩：液状化による永久変位の簡易解析、第23回土質工学研究発表会、1988
- 2) 安田 中島 池端：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