

原位置繰返し試験による液状化判定法高精度化の研究

正会員 ○益田和夫

1. 概要

2011年の東北大震災以来「液状化判定法の高精度化」の研究が目立っている。

これは液状化マップの見直しを含め、基礎構造物の耐震設計を合理的に進める上で不可欠な地盤情報を得る研究であると云える。

但し、この研究は乱れの少ないボーリングサンプルを用いた土質試験の情報を基にしているが、これらはサンプルの乱れや応力開放の影響及び試験時の圧密応力に依存している。

ここでは土質試験に代わる手法として、直接地盤に繰返し载荷を行い得られる応力とひずみの関係から自然地盤の液状化動的特性を求め、また最も高品質とされる凍結サンプリングによる土質試験結果、及び現液状化判定法による液状化抵抗率 F_L を比較検討した。

この結果、この原位置試験法は凍結サンプリング試料よりも高い剛性率が得られ、かつ液状化抵抗率 F_L は現液状化判定法よりも3~5倍高い値が確認された。

2. 原位置繰返し試験方法

最も一般的に行われているボーリング孔の孔壁を利用して試験できるのが最大の利点である。

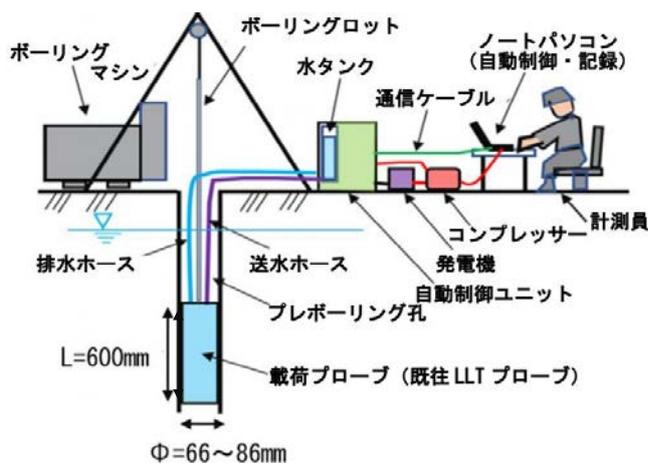


図-1 試験機構図

試験は片振り試験・ひずみ制御法で行われ、ひずみ範囲を $\gamma \approx 0.1 \sim 10\%$ の大ひずみ領域で5~7のステップに分けてそれぞれ目的に応じた繰返し载荷を行い、計測される履歴ループの「応力とひずみ」の関係からひずみ依存性のせん断剛性及び液状化強度比などを求めるものである。

試験は地下水位以深の地盤で、载荷プローブに圧力水を送り孔壁地盤に加圧・減圧を繰返しステップ毎にひずみの程度を上げて行くと、地盤内にはダイラタンシー現象による過剰間隙水圧が漸増し、ある時点で過剰間隙水圧は最大値に達して有効応力はゼロとなり、プローブ周辺は液状化状態となる。

発生する過剰間隙水圧は最大値に達するまでは常にプローブ内の計測圧より低いいため計測圧には影響を与えず、地盤に伝わる有効応力のみが計測圧からプローブゴムの検定圧を差し引くことで求められる。

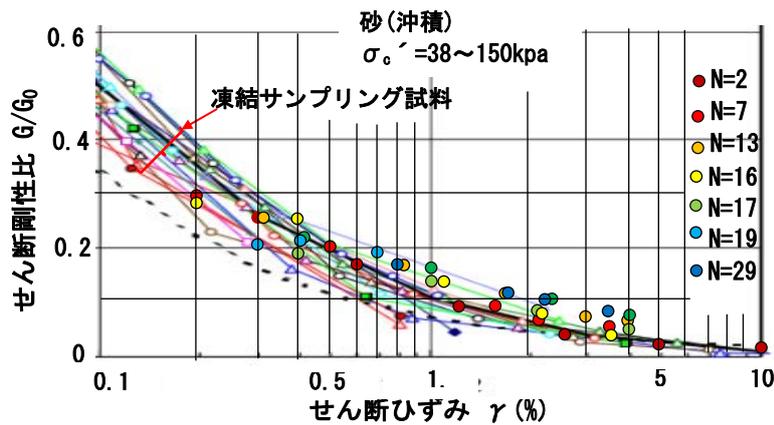
地盤に発生する過剰間隙水圧の最大値は有効応力がゼロになった時点のプローブ内の計測圧と同じであり（プローブ内外の水圧が釣り合った状態）、この最大過剰間隙水圧は初期有効拘束圧と同等である。

キーワード 液状化判定 原位置繰返し载荷 液状化抵抗率 初期有効拘束圧 年代効果

連絡先 〒410-0306 静岡県沼津市大塚 3-40 1 グランメール千本 D104 TEL 055-919-4869

3. 原位置繰返し試験と凍結サンプリング試料によるせん断剛性比

原位置繰返し試験のせん断剛性比 G/G_0 を凍結サンプリング試料による G/G_0 図にプロットする。



出典：凍結サンプリング試料 内田明彦「審査論文」INより
図-2 せん断剛性比 $G/G_0 \sim \gamma$ の比較図

原位置繰返し試験の G/G_0 は全体に凍結サンプリング試料の G/G_0 より高いことが確認できる。但し、 $\gamma \leq 0.5\%$ の G/G_0 が低くなっているが、これはプレボーリング孔のために孔壁地盤の乱れや応力開放の影響によるものと考えられる。

4. 原位置繰返し試験による液状化曲線

ここでは液状化判定法に最も影響にあると思われる $N=13$ の砂質土 ($F_c=24\%$) の液状化曲線を示す。

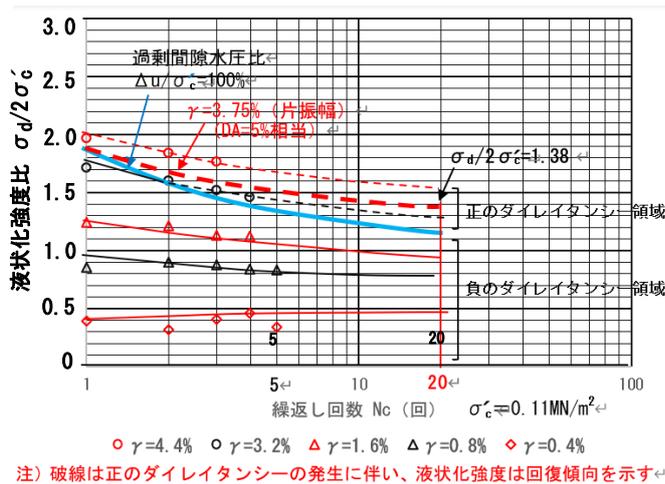


図-3 原位置繰返し試験による液状化曲線

液状化判定条件をせん断ひずみ片振幅 3.75% ($DA=5\%$ 相当), 繰返し回数 20 回とすると液状化強度比は $\sigma_d/2\sigma'vc=1.38$ であり, 現判定法の道路橋示方書の三軸強度比は $R_L=0.42$ である。この結果を基に液状化判定をすると, 現判定法では $F_L=0.90$ で液状化するとなるが, 原位置試験では $F_L=3.00$ で液状化しないとなる。(表-1 参照)

5. 液状化判定法の比較表

表-1 液状化抵抗率 F_L の比較表

N 値	F _c (%)	道路橋示方書				原位置試験				液状化抵抗率比 F_L/F_L^*	N 値	
		せん断応力比 L	$N1$	Na	三軸強度比 R_L	せん断強度比 R	液状化抵抗率 F_L	せん断強度比 R_{FL}	液状化抵抗率 F_{FL}			
2	27	1.38	2.8	4.7	0.147	0.17	0.12	0.16	0.19	0.14	1.2	10
7	6	0.98	9.5	9.5	0.210	0.29	0.30	0.58	0.79	0.81	2.7	20
13	24	0.93	19.0	25.1	0.420	0.840	0.90	1.38	2.76	3.00	3.3	30
16	21	0.98	19.9	32.5	0.413	0.826	0.84	1.50	3.00	3.00	3.6	50
17	10	0.99	20.1	20.1	0.308	0.521	0.53	1.28	2.16	2.18	4.1	10
19	15	1.02	23.6	26.2	0.470	0.940	0.88	2.15	4.30	4.22	4.8	20
29	25	0.88	46.1	60.8	0.53	1.06	1.20	2.95	5.90	5.70	—	50

検討条件
液状化の判定方法：
道路橋示方書・同解説
(V耐震設計編) 2012
地震動：レベル2, タイプII
地盤種別：III種
地域区分：A
設計水平震度 k_{hg} : 0.60

6. まとめ

原位置繰返し試験による液状化抵抗率 F_L は表-1 に示すように道路橋示方書による F_L よりも約 3~5 倍高い値が得られ(埋立土では 1.2 倍), これは試験法の違いと地盤の年代効果によるものと考えられる。この結果, 原位置繰返し試験は液状化判定法の高精度化に対応可能な試験法であると云えよう。