

## 遠心载荷実験による液状化地盤中の直接基礎の沈下に対する簡易解析

東京電機大学大学院 学生会員 出野智之<sup>1)</sup>

東京電機大学理工学部 正会員 安田 進<sup>1)</sup>

東京電力(株)工務部 正会員 河村直明<sup>2)</sup>

### はじめに

著者たちは、これまでに直接基礎の液状化に伴う沈下に関して、残留変形解析 ALID を用いて検討行ってきた<sup>1)</sup>。これをさらに進めるべく本論文では直接基礎を対象に遠心载荷実験が行われたモデル<sup>2)</sup>に対して解析を行い、解析値と実験値を比較して ALID の適用性を検討した。

### 解析概要

遠心载荷実験では実寸に換算して、層厚 10m の地盤上に 39kPa の荷重強度で、幅 7.5m(Case-1)または、3m(Case-2)の基礎が設置された。実験に用いられた砂は、豊浦砂で相対密度  $D_r=49.1\%$ 、この相対密度から 98kPa での N 値を推定すると 10.8 となった。加振は 1Hz の正弦波を 100Gal の大きさで 20 波加えられた。

ALID では液状化の程度を表すパラメータとして液状化に対する液状化安全率を用いるので、地震時せん断応力比  $L$  をもとめる必要がある。 $L$  は、本来なら 2 次元の地震応答解析から求める必要がある。しかし、この解析を多く行うことは大変なため、ここでは簡易式(式-1)を利用して、ブロックごとに  $L$  を求めた。

$$L = (1 - 0.015 \cdot Z) A_{\max} \cdot \sqrt{g / v'} \quad (\text{式-1})$$

この式において  $Z$  は、計算深度、 $A_{\max}$  は、地表最大化速度、 $g$  は、重力加速度、 $v'$  は、計算深度の全上載圧、 $v'_v$  は、計算深度の有効上載圧である。なお、 $v'_v$  は基礎直下で有効上載圧が大きいことを考慮するため、各ブロックにおいて、FEM の初期応力解析において得られる  $v'_v$  を式-1 に入れて  $L$  を計算した。また、繰返しせん断力  $\tau_d$  はもともと  $\tau_d = (1 - 0.0015 \cdot Z) A_{\max} \cdot \sqrt{g}$  と表される。そこで、建物直下とその周囲の同一深さでは  $\tau_d$  は等しいと考えて、 $v'_v$  は基礎の構造物の荷重が加わっていない水平地盤として求めた値を用いることとした。このようにすると、基礎

下の地盤では建物の荷重に起因して周囲の地盤より  $L$  が小さくなるのが考慮できる。また、液状化強度比  $R_L$  は、三軸一斉試験<sup>3)</sup>より 0.125 を用いた。こうして求めた  $F_L$  の分布を図-1 に示す。基礎下では拘束圧が大きい影響で液状化しにくくなった。 $F_L=1$  を液状化・非液状化の境界と考え、Case-1 では 4m 程度以深で液状化が発生する結果となった。これに対し、Case-2 では 2m 程度以深で液状化する結果となった。

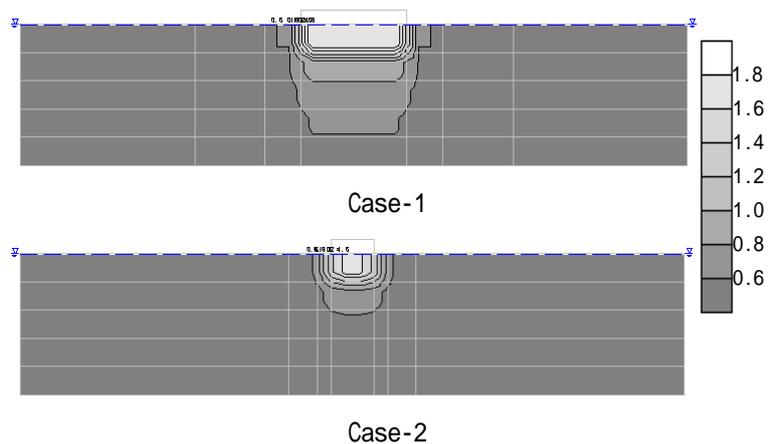


図-1  $F_L$  分布図 ( $F_L$  そのまま)

### 解析結果

解析結果として図-2 に Case-1 の変形図を示し、表-1、図-3 に基礎の沈下量と幅の関係を示す。これらに見られるように、基礎幅が大きくなると沈下量は減る結果となった。これは変形図を見てみると、液状化層の変形が関係していると考えられる。つまり液状化層が鉛直に押され、水平方向に押し出されるとともに基礎の沈下が発生するため、液状化層が厚くなった Case-2 の方が、沈下量が大きくなったものと考えられる。

キーワード：解析，液状化，直接基礎，沈下

1) 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 049-292-2911

2) 〒110-0015 東京都千代田区内幸町 1-1-3 03-4216-1111

遠心載荷実験の結果によると、Case-1, 2 とともに沈下量は 20 数 cm となっている<sup>2)</sup>。これと今回の解析結果は大きく異なった。この原因は、液状化領域の違いにあると考えられる。遠心載荷実験では、基礎下の地盤は底面まで液状化しない部分が残っていた。これに対して、変形解析の前処理として液状化層を推定した結果によると、図-1 に示すように基礎下でも 8m 近くの厚さで液状化が発生するようになった。このように液状化領域が実験と解析で大きく異なった原因は定かではないので、変形解析部分のみの適用性をみるため、遠心載荷実験での液状化領域に近いものに  $F_L$  の分布仮定して変形解析を行ってみた。

このために図-1 に示した  $F_L$  をすべて 1.5 倍と 1.8 倍にした。このように仮定した Case-1 の  $F_L$  の分布図を図-4 に示す。 $F_L$  を 1.5 倍にした前者では、基礎下にまだ液状下層が 4~6m ほどあるが、 $F_L$  を 1.8 倍した後者では、液状下層は基礎下にほぼ無くなった。従って、 $F_L$  を 1.8 倍すると遠心載荷実験に近い液状化発生分布になっていると言える。表-1, 図-3 には、このように  $F_L$  を仮定して変形解析を行った結果も示す。これらにみられるように  $F_L$  を 1.8 倍にすると沈下量が 16cm~57cm となり遠心載荷実験での沈下量と近い値となった。

**まとめ**

残留変形解析 ALID/win により、遠心載荷実験と同様のモデルに対して基礎形状比が沈下量に与える影響について検討を行った。その結果、基礎幅が大きくなると沈下量は減る結果となった。また、液状化の発生領域を遠心載荷実験結果と合わすと解析による沈下量と実験による沈下量がかなり合うことが分かった。

なお本研究は、(財)地震予知総合研究振興会の研究の一環として行った。関係者各位に感謝する次第である。

**【参考文献】**

1)安田進・安達健司・吉田望・規矩大義・出野智之・櫻井裕一：液状化に伴う盛土および直接基礎の沈下に対する ALID の適用性，第 46 回地盤工学シンポジウム，2001. 2)藤原斉郁・堀越研一・河村直明・安田進：液状化による直接基礎の沈下に関する遠心載荷模型実験，第 57 回土木学会年次学術講演会，(投稿中) 3)土岐祥介・龍岡文夫・三浦清一・吉見吉昭・安田進・牧原依夫：Cyclic Undrained Triaxial Strength of sand by a Cooperative Test Program，土質工学会論文報告集，Vol.26，No.3，pp.117-128，1986.

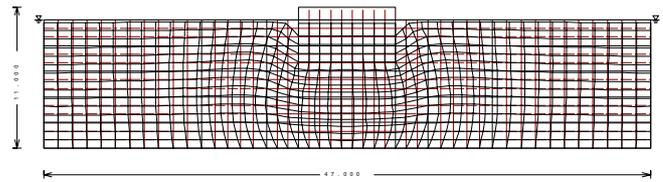


図-2 Case-1 変形図

表-1 基礎の沈下量と幅の関係

	$F_L$	実験ケース	基礎幅(m)	沈下量(m)
解析結果	解析値 そのまま	Case-1	7.5	1.267
		Case-2	3	1.479
	解析値 ×1.5	Case-1	7.5	0.533
		Case-2	3	0.914
	解析値 ×1.8	Case-1	7.5	0.163
		Case-2	3	0.565
実験結果	-	Case-1	7.5	0.276
		Case-2	3	0.271

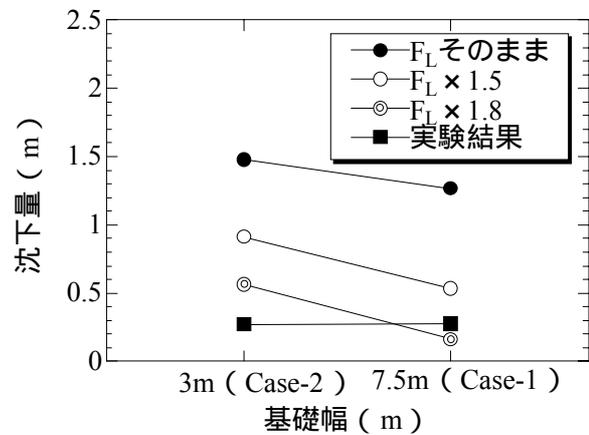


図-3 基礎の沈下量と幅の関係

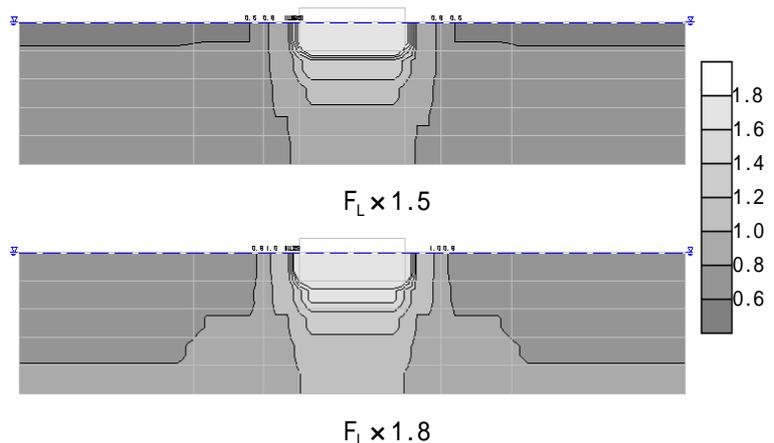


図-4  $F_L$  分布図 (Case-1)