

L2地震動に対応する格子状固化改良による液状化対策工

東洋建設(株) 正会員 小竹 望 北出 圭介
 日本鉄道建設公団 正会員 青木一二三 米澤 豊司
 日本鉄道建設公団 畑 英一 松雪 光明

1. はじめに

格子状固化改良による液状化対策工は、格子壁により格子内部未改良土のせん断変形を拘束し、過剰間隙水圧の発生を抑制するものである。格子状改良体の格子間隔 L と改良体高さ H の比 L/H (図-1)は、格子寸法比 $L/H \sim$ 最大過剰間隙水圧比 $(u/\sigma'_v)_{max}$ の関係から決定される。従来設計¹⁾では、改良体高さ $H=10m$ 程度、地震加速度 $200 \sim 250gal$ 程度を対象とする模型振動実験から導かれた $L/H \sim (u/\sigma'_v)_{max}$ 関係を用いて、 $L/H=0.5 \sim 0.8$ の範囲に設定すると液状化の防止が経済的に図られるとしている。一方、L2地震動により液状化深度が $20m$ 程度に及ぶ場合、上記と同様な L/H を有する改良地盤では格子間隔 L が大きくなり、格子内部未改良土の拘束効果が十分に発揮されないと考えられる。本研究では、L1 および L2 に相当する地震動に対して、2次元有効応力 FEM による地震応答解析 (FLIP²⁾) から $L/H \sim (u/\sigma'_v)_{max}$ 関係を把握し、L2地震動に対応する L/H を検討した。

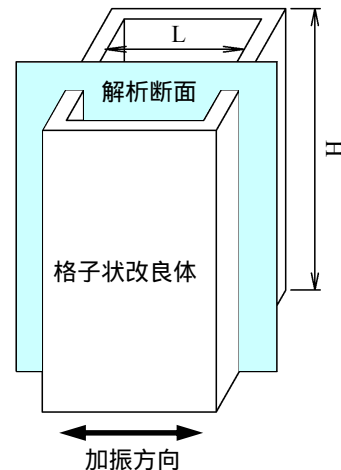


図-1 格子状改良体の解析断面

2. 地盤モデル

地盤条件を表-1 と図-2 に示す。層厚 $20m$ の液状化層 (3層に区分) は、平均 N 値 $10 \sim 18$ 、相対密度 $Dr=70\%$ 程度の細粒分を含まない細砂とし、層厚 $10m$ の非液状化層は平均 N 値 50 の礫質土とした。この地盤モデルについて累積損傷度理論による液状化判定³⁾を行うと、L1地震動時($=150gal$)は液状化抵抗率 $F_L=1.2$ 程度、L2地震動時(G3地盤用スペクトル、 $=975gal$)は液状化抵抗率 $F_L=0.3$ 程度となる。各土層の動的変形特性および液状化特性に関するパラメータは、平均 N 値に基づく簡易設定法⁴⁾により設定した。

表-1 地盤条件

地下水位は $GL \pm 0.0m$ とする

土層区分	標高GL(m)		層厚 (m)	σ'_v (kN/m ³)	平均 N 値	V_s (m/s)	Dr (%)	D_{50} (mm)	Fc (%)	動的変形特性				液状化パラメータ					
	上端	下端								v	σ_{m0}' (kPa)	G_{m0} (kPa)	h_{max}	W_1	P_1	P_2	C_1	S_1	ρ (°)
As1	0.00	-6.00	6.00	10.0	10	172	68.0	0.125	0.0	0.28	20.4	67500	0.24	5.853	0.5	0.961	1.6	0.005	28.0
As2	-6.00	-12.00	6.00	10.0	14	193	69.3	0.125	0.0	0.27	60.4	84800	0.24	5.774	0.5	0.962	1.6	0.005	28.0
As3	-12.00	-20.00	8.00	10.0	18	210	69.3	0.125	0.0	0.26	106.1	100600	0.24	5.245	0.5	0.973	1.6	0.005	28.0
Dg	-20.00	-30.00	10.00	10.0	50	295	-	-	-	0.20	153.6	201600	0.24	-	-	-	-	-	-

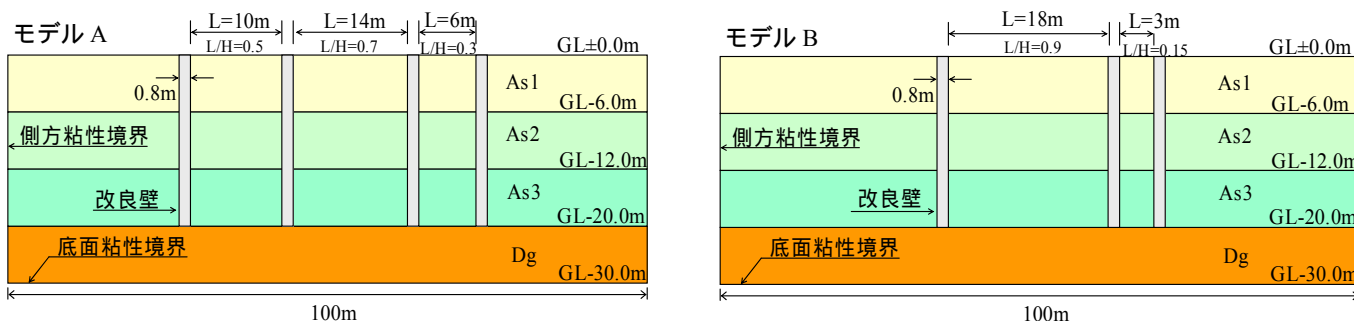


図-2 解析モデル図

3. 解析モデル

解析モデルを図-2 に示す。改良体は非液状化層に着底し、改良体高さ H が液状化層厚 $20m$ と等しい。格子状改良体の加振方向を解析断面とし(図-1)、格子間隔 L について $L=3, 6, 10, 14, 18m$ の5パターンを解析対象とした。キーワード：格子状固化改良体，L2地震動，地震応答解析

連絡先：〒101-8463 東京都千代田区神田錦町 3-7-1 東洋建設(株) 土木本部土木設計部 TEL03-3296-4623

モデル A により L=6, 10, 14m のパターンを、モデル B により L=3, 18m のパターンを解析した。モデル A・B の解析領域は同様であり、その両側面に側方粘性境界を、底面に底面粘性境界を配置した。また、3次元形状の格子状改良体を2次元領域で解析するため、改良壁は十分な剛性を持ち、加振方向の改良壁は加振直角方向の改良壁と一体となって挙動すると仮定した。基盤入力加速度波形として、八戸波(S-252 NS Base)と神戸波(PI-79 NS Base)の主要動部分を用いた。

4. 最大過剰間隙水圧比

最大基盤入力加速度 =200gal、400gal の八戸波に対して得られた最大過剰間隙水圧比(u/σ'_v)_{max} の分布図を図-3 にそれぞれ示す。同図より以下の点が認められる。
 () 周辺地盤が完全に液状化しているのに対して格子内部では (u/σ'_v)_{max} が抑制されている。
 () 格子間隔 L が小さくなるほど格子内部の(u/σ'_v)_{max} が小さく、格子壁の拘束効果が大きく発揮される。
 () L > 10m に関して、 =200gal の場合では(u/σ'_v)_{max} 比較的小さいが、 =400gal の場合では(u/σ'_v)_{max} が十分に抑制されていない。なお、格子内部未改良土の中心部に比して上層・下層部分で(u/σ'_v)_{max} が大きくなる傾向が見られる。これは、上層部分は格子壁の拘束効果が小さいためであり、下層部分は改良地盤と非液状化層との境界で滑動によるせん断応力が作用するためと考えられる。また、L の大きい場合に格子内部の中心部よりも格子壁近傍において(u/σ'_v)_{max} が大きくなる点については、さらに検討を要する。

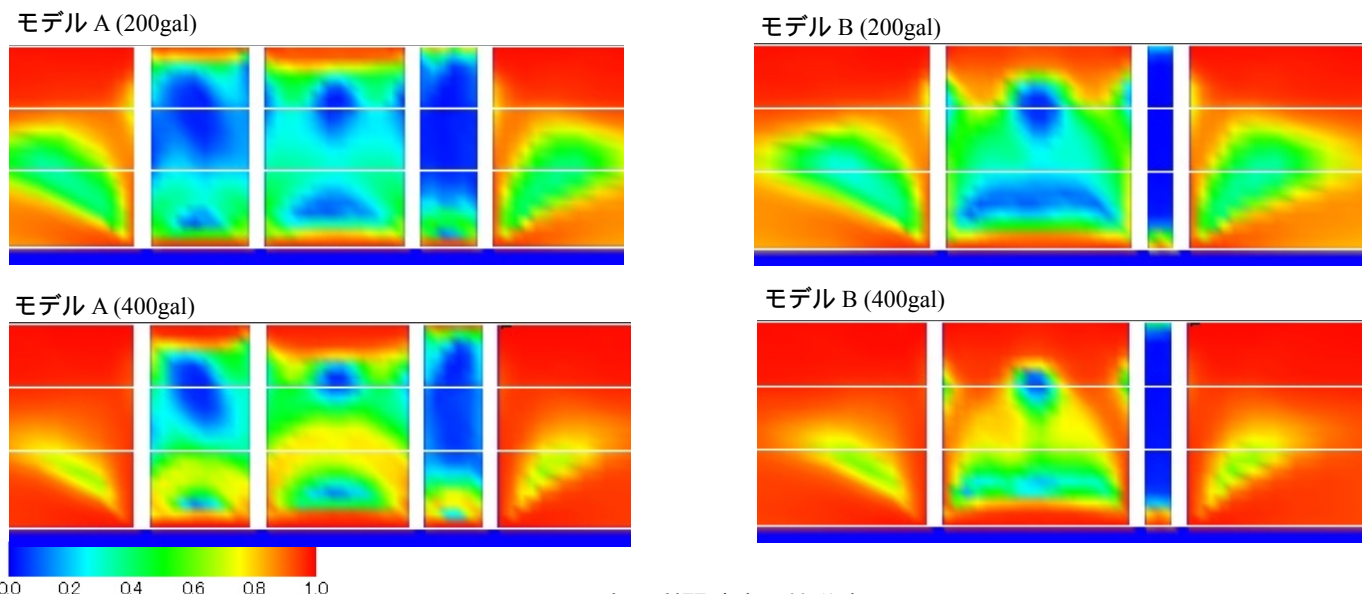


図-3 最大過剰間隙水圧比分布図

5. 格子寸法比

=100 ~ 400gal の八戸波、 =544gal の神戸波の 5 通りの解析結果について、L/H ~ (u/σ'_v)_{max} 関係を図-4 に示す。ここで(u/σ'_v)_{max} は格子中心部における最大値である。
 =200gal では従来設計の関係に近いが、 300gal になると従来設計の関係から離れていくことが判る。(u/σ'_v)_{max} < 0.3 程度を液状化対策の目標レベルとすれば、L1 地震動(200gal)に対しては従来設計と同様に L/H < 0.8 であるが、L2 地震動に相当する加速度(300gal)に対しては L/H < 0.5 とする必要がある。

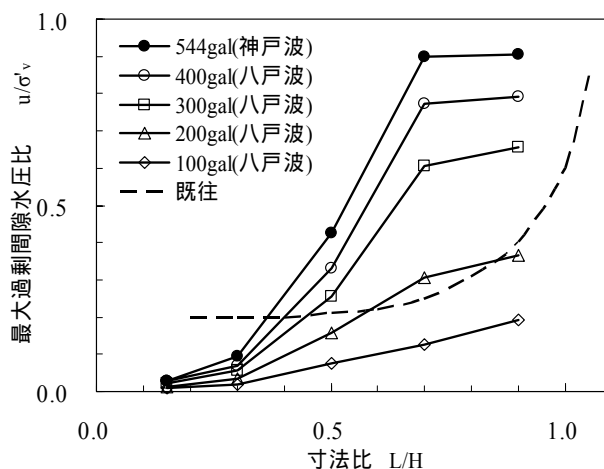


図-4 格子寸法比と最大過剰間隙水圧比の関係

参考文献 1) 建設省土木研究所：液状化対策工法設計・施工マニュアル共同研究報告書、第 186 号、1999。 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Report of the Port and Harbour Research Institute, Vol.29, No.4, pp.27-56, 1990。 3) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）丸善、1999。 4) 森田,井合,Liu,一井,佐藤：液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法,港湾技研資料 No.869, June 1997。