

I - B 419 傾斜地盤における側方流動量の予測法に関する実験的研究（2）

—実験結果の実地盤への適用性に関する検討—

早稲田大学理工学部 フェロー会員 濱田 政則
早稲田大学大学院 学生会員 ○河野 暁 那須 太郎

1. 研究目的

文献 1) で示された相似則を用い、実験結果を実地盤へ適用することを試みる。本研究では3種の土質材料を用いて文献 1) と同様の模型実験を行い、定常状態の流動速度と相対密度および加振加速度との関係を求め、相似則を用いて実地盤での観測事例との適合性を検討する。

2. 実験方法および条件

模型地盤材料は図 1 に示す粒径を有する砂 A（遠州灘の浜砂）、砂 B（新潟砂）、砂 C の3種であり、模型地盤の相対密度は 30～50%，土槽の加振加速度は 100～700(cm/s²)である。また地表面勾配は6%と一定とした。

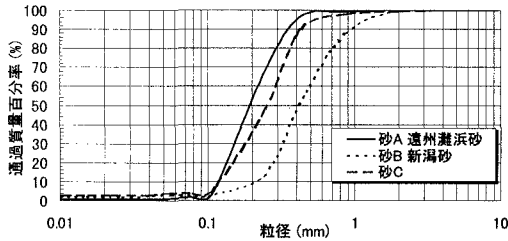


図 1 土質材料の粒径加積曲線

3. 実験結果

模型実験における土槽中央部での液状化土の流れを1次元の粘性流体の流れとすれば、定常速度 V_{AS} (cm/s) は次式で示される。

$$V_{AS} = \frac{1}{2} \frac{H^2}{\mu_A} \rho g \theta \quad (1)$$

上式において μ_A , ρ , g , θ , H はそれぞれ粘性係数、密度、重力加速度、地表面勾配、液状化層厚を表す。砂 A について定常速度 V_{AS} と土槽の加振加速度 A (cm/s²) および相対密度 Dr (%) の関係を図 2, 3 に示す。図示した結果によれば、流動速度は模型地盤の相対密度に大きく影響を受けることが分かる。また加振加速度が増大することにより流動速度が増大している。砂 B, C を用いた実験においても同様の傾向が見られた。砂 A, B, C の全ての実験データを用いて定常速度 V_{AS} と相対密度 Dr および加振加速度 A の関係を最小 2 乗法によって求めた。この結果を式 (2) に示す。ここで V_{AS} (cm/s)。

Dr (%), A (cm/s²) である。

$$V_{AS} = 480 \cdot Dr^{-1.75} \cdot A^{0.48} \quad (2)$$

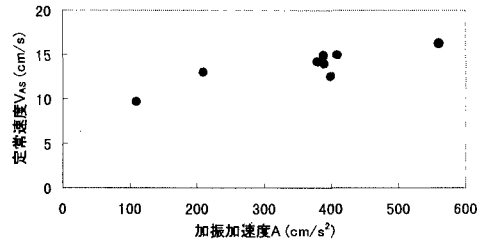


図 2 定常速度 V_{AS} と土槽の加振加速度の関係 (砂 A)

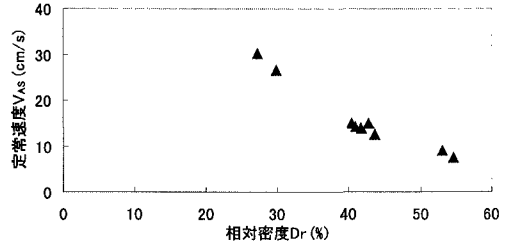


図 3 定常速度 V_{AS} と相対密度の関係 (砂 A)

実際の実験データと式 (2) による加振加速度と定常速度の関係を図 4 に示す。

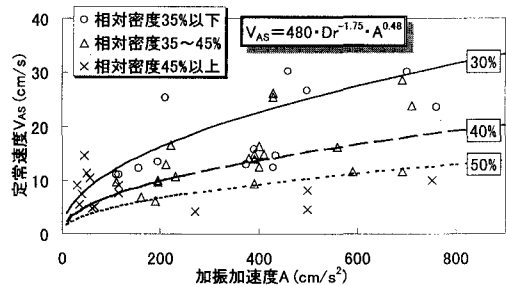


図 4 定常速度 V_{AS} と加振加速度・相対密度の関係 (砂 A, B, C)

4. 模型実験結果の実地盤への適用

4.1 実地盤への適用

筆者らは、液状化土の流動に関して模型地盤と実地盤の間に Reynolds の相似則が成立し、流動速度が液状化層の平方根に比例して増大することを示している。式 (2) によって

キーワード：液状化、側方流動、模型実験、相似則

連絡先：〒169-0072 新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部濱田研究室 TEL03(3208)0349

表される速度 V_{AS} は液状化層厚 25cm、地表面勾配 6%の模型地盤の速度である。相似則を用いて層厚 H (m)、地表面勾配 θ (%)の实地盤へ拡張すると、实地盤での地表面速度 V_R (cm/s)は

$$V_R = 480 \cdot \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{0.25}} \cdot \frac{\theta}{6} \cdot Dr^{-1.75} \cdot A^{0.48} \\ = 160\sqrt{H} \cdot \theta \cdot Dr^{-1.75} \cdot A^{0.48} \quad (3)$$

となる。これに流動継続時間 T (s)を乗じて实地盤での地表面変位 D (m)を表すと、下式が得られる。

$$D = 1.6 \cdot \sqrt{H} \cdot \theta \cdot Dr^{-1.75} \cdot A^{0.48} \cdot T \quad (4)$$

マイヤーホッフによれば相対密度 Dr と N 値の関係は

$$Dr = 21 \sqrt{\frac{N}{\sigma_v' + 0.7}} \quad (5)$$

で表される。 σ_v' (kgf/cm²)は上載圧である。一方、補正 N 値 $\bar{N}$ は

$$\bar{N} = \frac{1.7N}{\sigma_v' + 0.7} \quad (6)$$

と表されるので、式 (4) および式 (5)、(6) より

$$D = 0.0125 \sqrt{H} \cdot \theta \cdot A^{0.48} \cdot \frac{T}{\bar{N}^{0.875}} \quad (7)$$

が得られる。上式において T (s)は地震動の継続時間、 A (cm/s²)は継続時間内での加振加速度である。

4.2 実測値との比較

既往地震の事例において地表面変位 (D)、液状化層厚 (H)、地表面勾配 (θ)、補正 N 値 ($\bar{N}$) は表 1 のような結果が得られている。

地震名	地表面変位量 D (m)	液状化層厚 H (m)	地表面勾配 θ (%)	補正平均 N 値 $\bar{N}$
日本海中部地震 (1983年)	1.50	4.3	0.8	14
	1.90	2.9	0.9	8
	2.10	2.5	2.0	17
	2.20	2.0	2.3	12
	1.70	2.6	0.8	15
兵庫県南部地震 (1995年)	1.10	1.0	1.0	13
	0.59	12.8	0.2	11
新潟地震 (1964年)	0.80	9.3	0.6	20
	3.80	11.9	0.8	14
	2.60	12.4	0.9	12

表 1 既往地震での事例

さらに式 (7) を用いて地表面変位を推定するには加振継続時間 (T_s) と加振加速度 (A :cm/s²) が必要であるが、これらについては以下のように推定した。図 5 は既往事例における 3 地震の加速度記録を示す。新潟地震では川岸町での地表面記録、日本海中部地震では秋田港の地表面記録、兵庫県南部地震ではポートアイランドの地表面下 -32.5m での記録を用いている。これらの記録を図 5 に示すように加速度がほぼ一定値を保っていると考えられる複数の区間に分割し、それぞれの区間の継続時間 T_i とその区間における加速度の大きさ A_i (最大加速度とした場合および加速度のピーク値の平

均値とした場合の双方について検討した) を求め、全地盤変位を各区間での変位の総和として下式より求めた。

$$D = \frac{0.0125 \cdot \sqrt{H} \cdot \theta}{\bar{N}^{0.875}} \cdot \sum A_i^{0.48} \cdot T_i \quad (8)$$

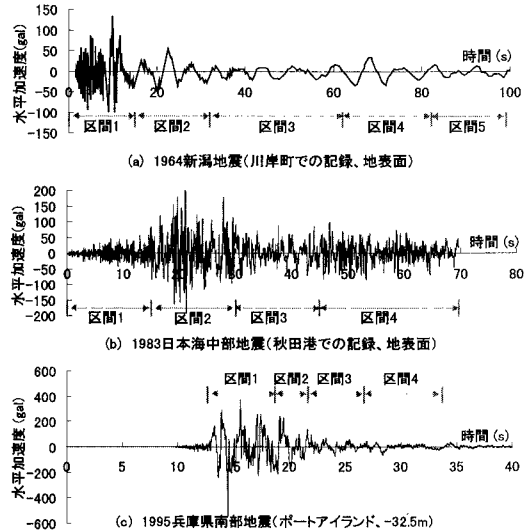


図 5 既往地震の加速度波形

以上の方法によって算定した地表面変位と実測値との比較を図 6 に示す。

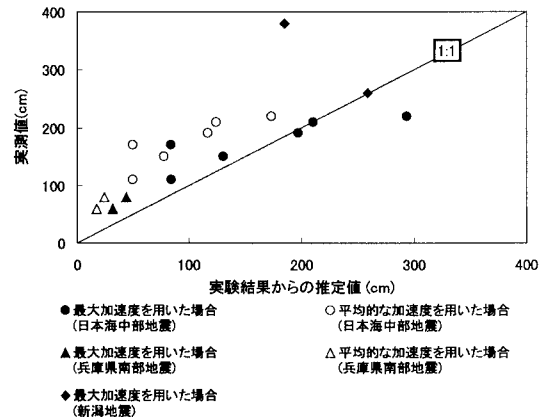


図 6 模型実験結果により推定された地表面変位と実測値との比較

図示した結果によれば、実測による地盤変位は模型実験からの推定値を上回っているものの、精度は概ね良好で、模型実験結果を用いて实地盤の変位を推定することが可能であることが示された。

参考文献

- 濱田政則、那須太郎、河野暁：傾斜地盤における側方流動の予測法に関する実験的研究 (1)、土木学会第 54 回年次学術講演会論文投稿中