

Ⅲ-A125

液状化対策用深層混合処理改良地盤に作用する地震時滑動力の評価法

(株)大林組 ○正会員 伊藤浩二 (株)竹中工務店 同 鈴木吉夫
(株)竹中土木 同 堀 淳二 不動建設(株) 同 荻島達也

1. はじめに 液状化対策としてセメント系深層混合処理を用いた場合の耐震設計では、震度法により、改良地盤の所定の滑動安全率を確保する検討が行われる。レベル2地震動相当の設計震度を想定した場合には、改良地盤の滑動安全率の確保が困難となり設計が成り立たなくなる場合がある。地震時滑動力である改良地盤に作用する地震時動水圧、改良地盤の慣性力は、改良地盤の回転ならびに滑動を許容することにより低減可能と考えられる。本報では、セメント系深層混合処理の耐震設計で用いられる Westergaard の動水圧式と同様の、剛体壁の回転を考慮した動水圧式の適用性を地震応答解析との比較から検討した。また改良地盤の滑動を許容した地震応答解析から、震度法による滑動安全率と改良地盤の滑動量の関係を検討した。

2. 回転を考慮した動水圧 回転のみが生じる剛体壁に作用する水の圧縮性を考慮した動水圧は、(1)式の固定壁に作用する動水圧¹⁾の誘導で仮定した境界条件において(2)式で表現される。

$$p(z,t) = \rho_f g \alpha_m \frac{8H}{\pi^2} \cos \frac{2\pi t}{T} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{(2k-1)^2 C_k} \sin \frac{(2k-1)\pi}{2H} z, \quad C_k = \sqrt{1 - \frac{16H^2}{(2k-1)^2 C^2 T^2}} \quad (1)$$

$$p(z,t) = \rho_f g \alpha_d \frac{8H}{\pi^2} \cos \frac{2\pi t}{T} \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{1}{(2k-1)^2 C_k} - \frac{1}{(2k-1)^3 C_k} \left(\frac{4}{\pi} \right) \right\} \sin \frac{(2k-1)\pi}{2H} z \quad (2)$$

ここに、 ρ_f ：質量密度、 g ：重力加速度、 H ：水深、 C ：伝播速度、 T ：周期、 $\alpha_m g$ 、 $\alpha_d g$ は、剛体壁頂部、底部の加速度 $\alpha_t g$ 、 $\alpha_b g$ で定義した並進加速度 $(\alpha_t + \alpha_b)g/2$ 、回転加速度 $(\alpha_t - \alpha_b)g/2$ である²⁾。

(1)、(2)式の動水圧分布について、図1の回転ばねの定数を $K_R = \infty$ （並進のみ）から $K_R = 0$ （回転のみ）まで低減し、剛体壁の並進と回転を許容した地震応答解析と比較した。(1)、(2)式で用いる $\alpha_m g$ 、 $\alpha_d g$ は、解析による剛体壁頂部の応答加速度 $\alpha_t g$ 、入力加速度 $\alpha_b g$ （＝100 gal）から設定した。ここで解析による動水圧は、モデル化等により、 $\alpha_m g$ 、 $\alpha_d g$ を用いた(1)、(2)式の動水圧と比較して小さく評価されたため、(1)、(2)式で用いる $\alpha_m g$ 、 $\alpha_d g$ を1.4割低減した。

剛体壁の並進のみ、回転のみが生じる場合の動水圧分布の比較を図2に示す。(1)、(2)式は、解析と概ね対応する。剛体壁の並進と回転

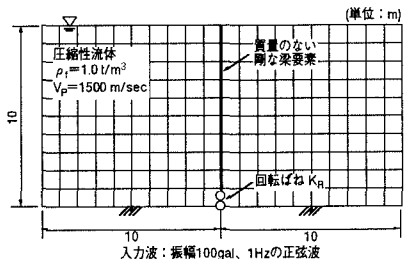


図1 解析モデル

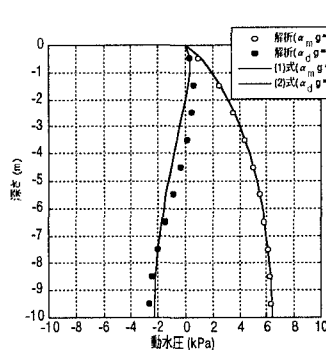
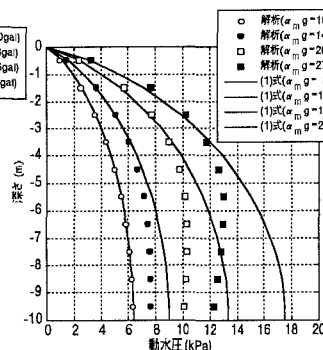


図2 動水圧分布の比較



が同時に生じる動水圧分布について、(1)式の並進のみとの比較を図3に、(1)、(2)式の並進と回転を加えた場合との比較を図4に示す。回転加速度 $\alpha_d g$ が大きくなるに伴い、解析と(1)式の動水圧分布の差は大きくなるが、(1)、(2)式を加えることにより、解析と概ね対応する。

図1で剛体壁深度12 m(支持層への根入れ2 m)、水平震度 $\alpha_l = 0.18$ 、水平震度の低減係数 $\gamma_d = 1.0 - 0.015 \times Z$ ($\alpha_m g, \alpha_d g = 161, 16 \text{ gal}$)、低減効果が大きい $\gamma_d = 1.0 - 0.030 \times Z$ ($\alpha_m g, \alpha_d g = 145, 32 \text{ gal}$)を用いた(1)、(2)式の動水圧分布を図5に示す。並進と回転を加えた動水圧は、水平震度の低減係数が大きいほど小さくなり、従来法で用いる動水圧の近似式($\alpha_m g = 176 \text{ gal}$)と比較して2～3割低減される。

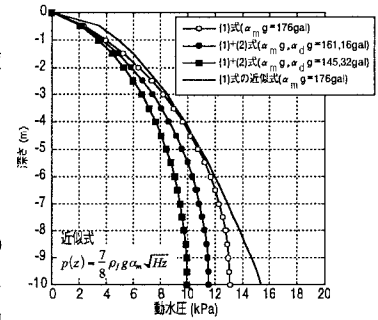


図5 従来法の動水圧分布との比較

3. 滑動を考慮した地震応答解析 セメント系深層混合処理の改良地盤の地震時滑動力は、一般に地震時動水圧より改良地盤の慣性力の寄与率が高い。水平震度 $\alpha_l = 0.18$ 、低減係数 $\gamma_d = 1.0 - 0.030 \times Z$ を用いて地震時滑動力を低減した、図6の震度法による滑動安全率 $F_s \approx 1.0$ の盛土法尻の改良地盤(改良幅 $B = 40 \text{ m}$ 、改良深度 $H = 10 \text{ m}$)を対象として、周辺地盤が一様に液状化した場合の改良地盤の滑動量を地震応答解析により試算した。解析では改良幅を $B = 40, 35, 30, 25, 20 \text{ m}$ とし、改良幅に応じて、図7の集中質量 $M (= \rho_f \times B \times H)$ を800～400 t/m、並進ばねの最大抵抗力 $Q_{\max} (= C \times B)$ を1960～980 kN/mに低減した。盛土の等分布荷重 q による偏土水圧は、改良地盤底面の初期せん断力 $Q_i (= -q \times H = -753.2 \text{ kN/m})$ として考慮した。入力波は、図8の最大振幅180 galに調整した東京都臨海部レベル2相当模擬地震波を用いた。

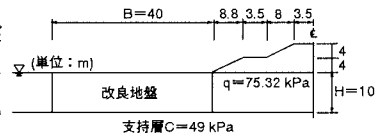


図6 解析対象

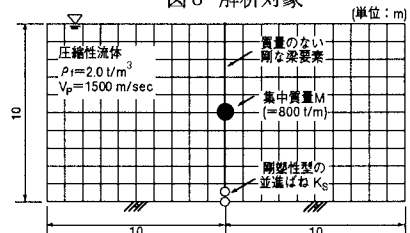


図7 解析モデル

$B = 25 \text{ m}$ における改良地盤の滑動量と底面のせん断力応答、各改良幅での震度法による滑動安全率と最大滑動量の関係を図8に示す。滑動安全率が減少するに伴い改良地盤の滑動量は増加し、 $F_s = 1.0 \sim 0.8$ で滑動量は小さいが $F_s = 0.8 \sim 0.7$ で急増する。

図8に示すように、改良地盤の滑動を許容し滑動安全率の低減ができる場合、地震時滑動力である改良地盤の慣性力、並進による地震時動水圧は低減され、さらに回転による動水圧の考慮により、合理的な改良諸元の設定が可能と考えられる。

4. まとめ 1)セメント系深層混合処理の改良地盤に作用する地震時動水圧は、改良地盤の回転の考慮により低減できる。2)周辺地盤が一様に液状化した改良地盤の滑動量は、震度法による滑動安全率が0.8以下の改良諸元で大きくなる。

参考文献 1)H. M. Westergaard(1933): Water pressures on dams during earthquakes, Trans. ASCE, Vol.98, pp.418-432.

2)Hiroshi Sato et al.(1995): An experimental and numerical study on the behaviour of improved ground by D.M.M against liquefaction, IS-TOKYO'95, pp.767-772.

3)鈴木等(1997):盛土構造物の液状化対策用深層混合処理改良地盤の地震時滑動量の検討(その1、2)、第32回地盤工学研究発表会、pp.1017-1020.

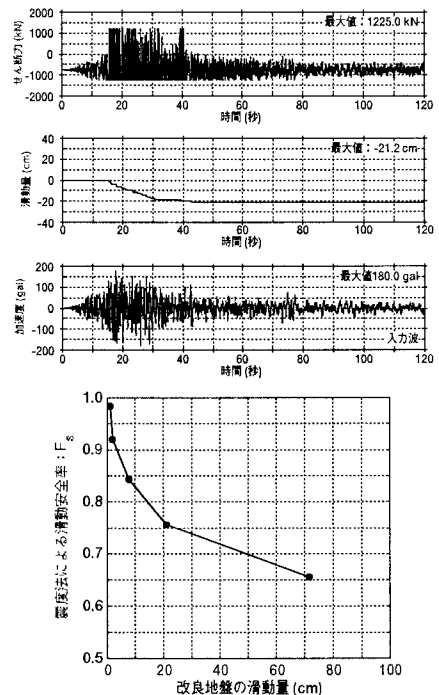


図8 改良地盤の滑動安全率と滑動量