

III-562

鋭敏な粘性土地盤におけるヒーピングに関する考察

東京臨海副都心建設（株） 木村 一博

株式会社 鴻池組

俵積田 弘文 宮辺 啓輔 ○上村 和也

1. まえがき

東京臨海副都心青海地区の共同溝構築工事は開削工法により行われたが、根入れ部付近の土層がN値0~1の鋭敏な沖積地盤であった。鋭敏な粘土地盤では掘削に伴う応力状態の変化により強度低下が生じやすく、従来の方法ではヒーピングに対する安全性の判定を過大評価する恐れがある。そのため本工事では強度低下の原因となる地盤内の変形状態とせん断応力状態に関し計測管理を行った。その結果を強度低下を考慮する有効応力解析にフィードバックし、全体の安定性についての比較検討を行ったので報告する。

2. 計測結果と解析

図-1に掘削断面および計測結果を示す。ヒーピングに対する地盤内挙動の観測は、傾斜計、層別沈下計、せん断ひずみ計を用いた。最大水平変位量は掘削数以下8.0m付近で $\delta_h = 26\text{mm}$ 、掘削数以下4.0m付近でのリバウンド

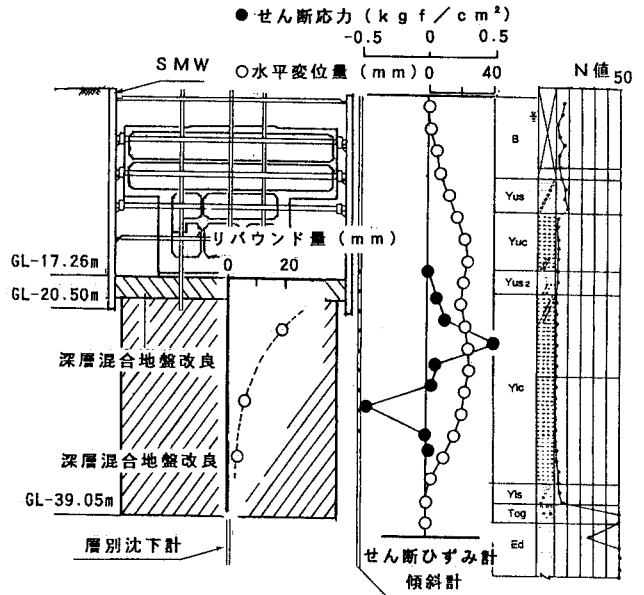


図-1 掘削断面および計測結果

表-1 解析方法の比較表

全応力解析		有効応力解析	
解析方法①	解析方法②	解析方法①	解析方法②
$F_s = \frac{\int_0^H \left(\frac{1}{2} \gamma \cdot x^2 \cdot d\theta + \int_0^H C_i \cdot x \cdot dz \right)}{\frac{(\gamma \cdot H + q) \cdot x^2}{2}}$ C_i: iの要素の粘着力(地盤の乱れによる強度低下は考慮しない) x: すべり面の半径 γ: 地盤の単位体積重量 H: 掘削深さ q: 上載荷重	$F_s = \frac{\sum (C_i \cdot l_i)}{\sum (\tau_i \cdot l_i)}$ τ_i: iの要素のせん断力 C_i: iの要素の粘着力(地盤の乱れによる強度低下は考慮しない) l_i: iの要素のせん断面の長さ	$F_s = \frac{\int_0^H \left((C_i - \Delta C_i) \cdot x^2 \cdot d\theta + \int_0^H (C_i - \Delta C_i) \cdot x \cdot dz \right)}{\frac{(\gamma \cdot H + q) \cdot x^2}{2}}$ C_i: iの要素の粘着力 ΔC_i: 地盤の乱れによる強度低下量 $\Delta C_i = \frac{\sin \phi'}{1 - \sin \phi'} \cdot \Delta u_s$ Δu_s: 地盤の乱れにより発生する過剰間隙水圧 $\Delta u_s = A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)$ A: Skemptonの間隙水圧係数 $\Delta u_s = K_v \cdot \varepsilon_v = K_v \cdot D \cdot d(q/p)$ D: 7°41'の圧縮係数 ε_v: せん断変形による体積ひずみ, K_v: 体積弾性係数 $d(q/p)$: 主応力比の変化量	$F_s = \frac{\sum ((C_i - \Delta C_i) \cdot l_i)}{\sum (\tau_i \cdot l_i)}$ τ_i: iの要素のせん断力 C_i: iの要素の粘着力 l_i: iの要素のせん断面の長さ

量は $\delta r=20\text{mm}$ となった。また、すべり面底部と推測される最大水平せん断応力の生じる深さはGL -28.0m付近で顕著に現れた。以上の計測結果から地盤内の応力状態を把握するために表-1に示す各手法で掘削地盤全体の解析を行った。さらに地盤改良の効果を確認するために改良を行わないケースについても解析した。

3. 解析結果と地盤改良効果の評価

図-2は有効応力解析を用いたときの地盤内せん断強度（粘着力）の低下に関する計算結果を示す。本工事のように地盤改良を行った場合においても地盤の乱れによるせん断強度の低下が僅かながらも生じるが、その低下割合は地盤改良を行わない場合に比べはるかに小さい値となる。図-3は有効応力解析と全応力解析を用いたときのせん断応力比(R_s)に関する計算結果を示す。 $R_s=1.0$ となる塑性化現象は地盤改良を行わない場合の有効応力解析において顕著に伺える。このときの塑性化領域を図-4に示す。塑性化領域は大きく分けて掘削数直下(A)とそこから水平に掘削幅ほど離れた場所(B)に発生する。A領域は受動塑性領域、B領域は主動塑性領域、その間の非塑性化領域(C)は主応力の逆転が起こる遷移領域である。せん断応力計による計測結果からも最大せん断応力発生深度が解析によるA,B,Cの領域の深度とほぼ同じになることが分かった。表-2にヒーピングに対する安全率の計算結果を示す。本工事では深層混合工法で地盤改良を行っているため著しい塑性化や強度低下は起こらず地盤改良効果が確認された。

5. まとめ

- ①従来の全応力法に基づくヒーピング解析では塑性化領域を求めることはできないが、有効応力法に基づき計算すると塑性化領域が顕著に現れた。
- ②ヒーピングによるすべり位置はせん断ひずみ計で把握することができた。
- ③ヒーピングに対する地盤改良効果が実測値に基づく解析結果から確認できた。

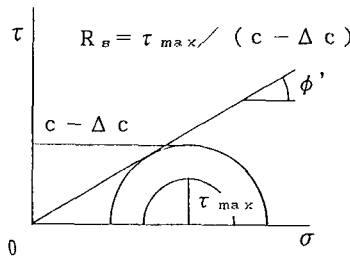


図-5 R_s の設定

表-2 安全率比較表

対象	全応力解析		有効応力解析	
	解析方法①	解析方法②	解析方法①	解析方法②
地盤改良有り	1.17	1.26	1.07	1.14
地盤改良無し	0.93	1.00	0.77	0.86

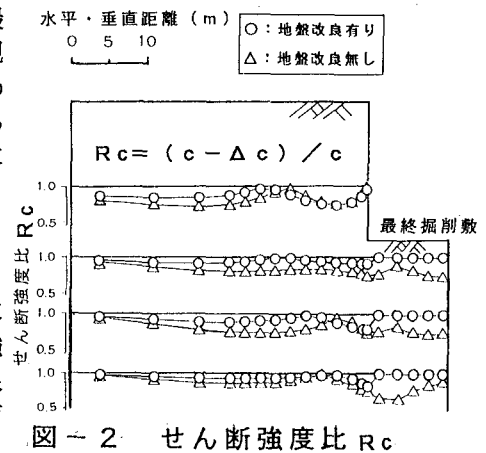


図-2 せん断強度比 R_c

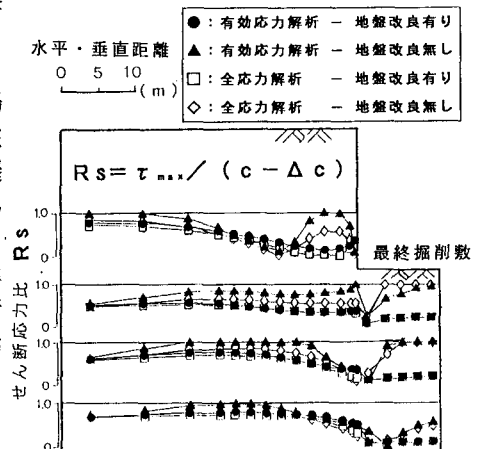


図-3 せん断応力比 R_s

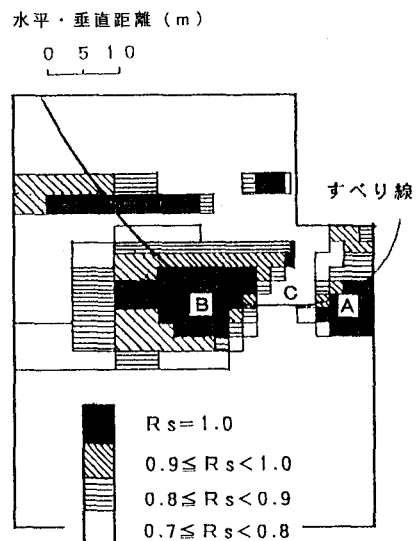


図-4 塑性化領域