

オーガー併用圧入工法の空隙の影響に関する検討

戸田建設(株)	正会員	○藤井	豊
戸田建設(株)	正会員	利根	誠
戸田建設(株)	正会員	新井	碧

1. はじめに

本工事は、高速道路新設工事における橋梁区間の下部工工事（張出式橋脚 $L=17.9\sim 25.5\text{m}$ ）である。橋脚の基礎構造は直接基礎であり、土留工において鋼矢板（Ⅲ型）を用いる。橋脚施工箇所の支持地盤は凝灰角礫岩を主としており、平均 N 値は 200 以上を示し、設計より鋼矢板の打設工法はオーガー併用圧入工法（硬質地盤専用）であった。本工法は、施工時に鋼矢板周辺の硬質地盤に空隙部が生じ、鋼矢板を引抜いた後に空隙部が残ることにより、橋脚の沈下や近接民家への影響が懸念されたため、鋼矢板の引抜時における同時注入工法による空隙部の充填の必要性について FEM 解析により検討した。本稿においてその検討手法を報告する。

2. 解析条件

① 解析モデル

本検討に用いた解析モデルを図-1に示す.

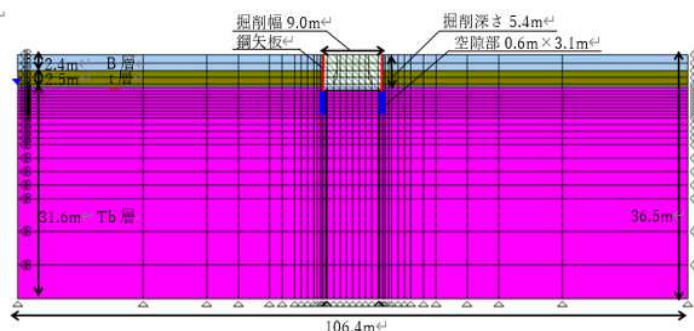
・解析手法は、二次元 FEM 弾性解析（平面ひずみ）とし、解析ソフトは二次元地盤解析ソフト **GeoFEAS**（フォーラムエイト社）を使用した。

・地盤のモデル領域は、地盤の変形の影響が無いよう掘削幅・深さの4~5倍程度以上を確保し、水平距離106.4m、鉛直距離36.5mとした。モデル両側の境界条件は鉛直自由・水平固定端、モデル下端は水平・鉛直固定とした。空隙部の大きさは、削孔オーガー径より、0.6m×3.1mとした。

・解析モデルは(a)空隙なしモデルと(b)空隙ありモデルの2種類で検討した。各モデルにおいてステップ1を自重解析、ステップ2を掘削、ステップ3を鋼矢板引抜、ステップ4を地震荷重作用時とした。

② 地盤物性値

地盤の物性値を表-1に示す。(a)及び(b)モデルにおいて、ステップ1~3は常時、ステップ4においては地震時の物性値を使用する。変形係数 $\alpha \cdot E_0$ は地盤反力の換算係数で、常時では $\alpha=1$ 、地震時において $\alpha=2$ とする。また、空隙部については、変形係数 $\alpha \cdot E_0$ を非常に小さな値としている。これは、空隙の物性値を変え、解析を繰り返した結果、FEM解析の計算上の限界となったため、空隙部を模擬する値として設定した。



図一1 FEM 解析モデル ((b) 空隙ありモデル)

表一1 地盤物性値

物性値 解析条件	名称	地層区分	色	単位体積 重量 γ (t/m ³)	N値	変形係数 αE_0 (kN/m ²)	粘着力 C (kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (°)
常時 $\alpha=1$	B層	盛土		20	25	72000	0	40
	t層	段丘堆積物		20	31	88000	0	40
	Tb層	凝灰角礫岩		21	280	520000	493	22
	空隙部	空隙		20	—	100	0	5
	地震時 $\alpha=2$	B層	盛土		20	25	140000	0
t層		段丘堆積物		20	31	176000	0	40
Tb層		凝灰角礫岩		21	280	1040000	493	22
空隙部		空隙		20	—	200	0	5

③ 地震時外力

地震動作用時の地盤反力度については、レベルⅡ地震動に対する照査における上部工反力による地盤反力度の値を使用した。（図－2 参照）

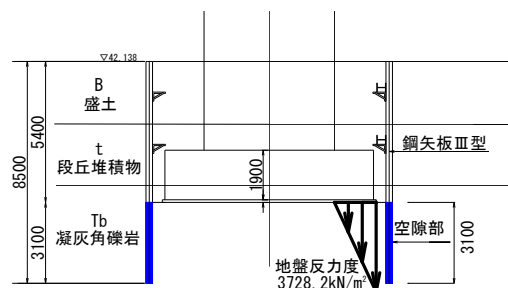


図-2 地震時荷重

キーワード 鋼矢板，オーガー併用圧入工法，空隙部，同時注入

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) TEL03-3535-1354 FAX03-3551-8910

3. 解析結果

FEM 解析による応力分布図を表-2 に示す.

表-2 応力分布図

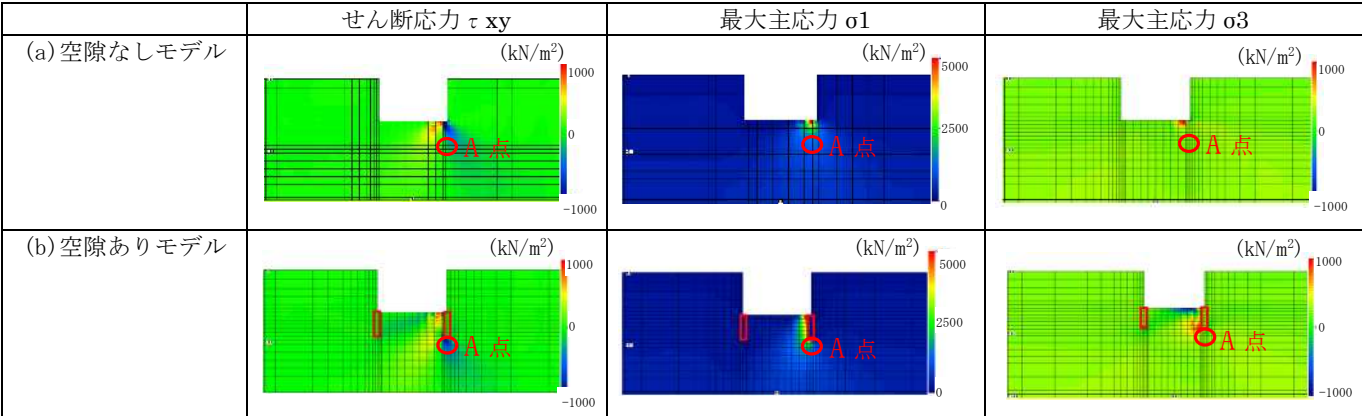


表-2 の解析結果をモール・クーロンの破壊基準にプロットし、破壊基準判定を行った. 表-3 に着目点である空隙部先端の境界(A 点)における各応力の値を示す. また、表-3 の結果をモールの応力円にプロットした結果を図-3 に示す. (b)空隙ありモデルの着目点の A 点では、モールの応力円が岩盤のクーロンの破壊基準式を超えることから、破壊を生じていることがわかる.

表-3 空隙部先端の境界 (A 点) における各応力

モデル	せん断応力 τ_{xy} kN/m^2	最大主応力 σ_1 kN/m^2	最小主応力 σ_3 kN/m^2
(a)空隙なしモデル	105.5	1032.8	36.3
(b)空隙ありモデル	1283.3	2976.3	262.8

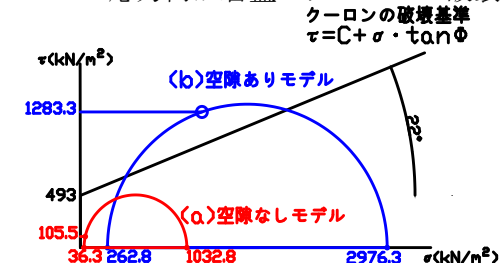


図-3 モール・クーロンの破壊基準判定

表-3 の各応力が大きく増加した要因を考察すると、地震荷重作用時において、地盤が変形する領域は、(b)空隙ありモデルの方が大きくなる. これは、地震動载荷による空隙閉塞に伴う背面地盤の変形の影響であり、広範囲で地盤の応力が増加し、地盤が押し込まれる様態となり、表-3 の各応力が大きくなったと考えられる.

4. 空隙部の同時注入工法の検討

空隙部の存在により空隙部先端に破壊が生じることから、鋼矢板引抜時の同時注入工法による空隙部の充填の検討を行った. 充填材の物性値として、グラウト強度が一軸圧縮強さ 0.3N/mm^2 の値を使用し解析を行った. 表-4 に同時注入モデルにおける空隙部の物性値を示す. また、図-3 と同様応力の結果をモールの応力円にプロットした破壊基準判定結果を図-4 に示す. モールの応力円が破壊基準線の下に収まり、破壊には至らないため、引抜時の同時注入工法を採用した. また、(c)同時注入モデルの応力円は、(a)空隙なしモデルと(b)空隙ありモデルの中間の大きさで描かれており、空隙部の物性値の強度と相関性が見られる結果となった.

表-4 同時注入モデルにおける空隙部の物性値

	変形係数 $\alpha \cdot E_0$ (kN/m^2)		一軸圧縮強さ q_u (kN/m^2)
	$\alpha=1$ (常時)	$\alpha=2$ (地震時)	
(c)同時注入モデル	30000	60000	300
			600

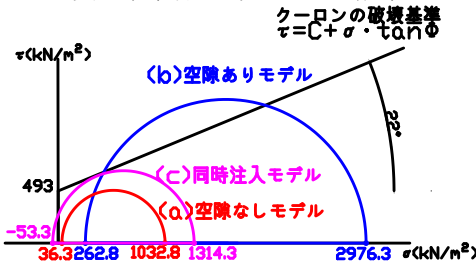


図-4 (c) 同時注入モデルにおける破壊基準判定

5. おわりに

鋼矢板の打設時に生じる空隙部をモデル化し、FEM 解析結果によりモール・クーロンの破壊基準判定を行った結果、空隙部先端においては、破壊に至ることが分かった. また、鋼矢板引抜時における同時注入工法による空隙部の充填の必要性について検討した結果、グラウト材の同時注入工法を採用した. 今後、同種工事における施工検討において本稿の解析手法が参考となれば幸いである.