

名古屋大学工学部 学 〇大塚 悟
戸田 建設 尾関 恒典
名古屋大学工学部 正 浅岡 顕

1. はじめに

粘性土地盤に盛土のような局部新增載荷を継続すると、地盤は圧密が部分的に進行しながら破壊に到る。この状態を本論文では部分排水状態での載荷と呼ぶが、このときは圧密による粘土強度の増加が期待され、したがって極限荷重は非排水条件下での極限荷重 q_{fu} よりも少し大きくなると考えられる。この部分排水効果について報告する。

2. 弾塑性圧密変形解析の逆解析による極限荷重算定法

地盤のある場所 x での時刻 t における沈下を $s(x, t) = s_i(x)$, 側方変位も同様に $\delta_i(x)$ と時刻を Δt 間隔で離散化すると、Biot の線形弾性圧密理論は載荷時 (載荷速度 $\dot{s}$ 一定) に

$$s_i(x) = \alpha_p(x) + \sum_{s=1}^n \alpha_s p_{i-s}(x) + \left(1 - \sum_{s=1}^n \alpha_s\right) p_{i-n-1}(x) \quad (1)$$

$$\delta_i(x) = \alpha_\delta(x) + \sum_{s=1}^n \alpha_s \delta_{i-s}(x) + \left(1 - \sum_{s=1}^n \alpha_s\right) \delta_{i-n-1}(x) \quad (2)$$

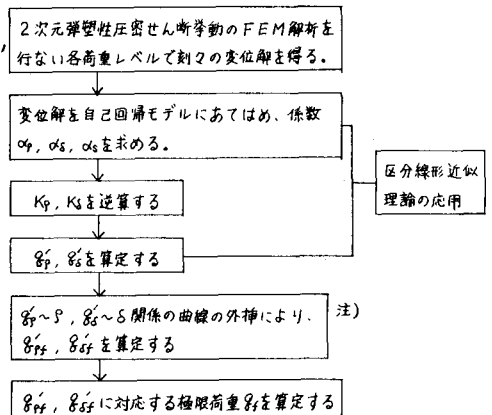
と表わされる (α_p , α_δ および α_s は地盤条件、荷重条件に固有な定数)。 (1), (2) 式は透水性と弾性に異方性があっても、また不均質な地盤であっても成立する極めて一般的な形式である。この一般性のゆえに、地盤の弾塑性圧密せん断挙動は区分的には不均質異方弾性体とらえて解析される (区分線形近似)。弾塑性圧密せん断挙動に (1), (2) 式をあてはめると、まだ生じていない最終変形 ($p_f(x)$, $\delta_f(x)$) が予測される。最終状態は有効応力に等しいことから、荷重 $\bar{s}$ と p_f , δ_f の比 (骨格変形係数) $K_p (= \bar{s}/p_f)$, $K_\delta (= \bar{s}/\delta_f)$ は最終変形の予測を得た (1), (2) 式をあてはめ時に発揮している地盤全体を代表する骨格弾性係数を含んでいる。これを用いて有効荷重 (Virtual load effective to mobilized consolidation) を

$$\bar{s}'_p = K_p \cdot p, \quad \bar{s}'_\delta = K_\delta \cdot \delta \quad (3)$$

と定義すれば、地盤の破壊は $d\bar{s}' = 0$ であることから (3) 式により次の破壊の定義が得られる。

$$\tilde{K}_p = K_p + \frac{dK_p}{dp} = 0, \quad \tilde{K}_\delta = K_\delta + \frac{dK_\delta}{d\delta} = 0 \quad (4)$$

以上の所論より極限荷重は図1に示すフローチャートから求められる。図2は図1の手順にしたがい極限荷重を算定する具体例である (表1参照)。



注) この外挿は観測 (計算) される $s \sim \delta$ 変位関係を常微分方程式で記述し、その安定性を確認し定常状態 $d\bar{s}'/dp$ (or $d\bar{s}'/d\delta = 0$) を求める手法によった。

図1 区分線形近似理論を用いた極限荷重の算定手順

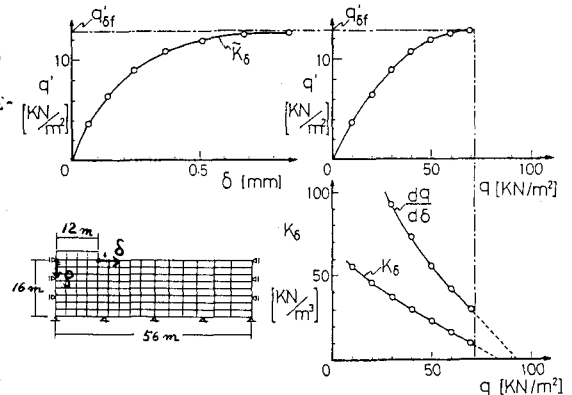


図2 極限荷重算定法 (具体例)

(盛土中央地表面沈下量 s , 法尻地表面側方変位量 δ)

3. 極限荷重に及ぼす部分排水効果

局部漸増荷重を行なう際の地盤の極限荷重 q_f は、非排水条件での極限荷重 q_{fu} と排水条件(間げき水圧は常に消散)での極限荷重 q_{fd} の2つの極限荷重の間に存在する。そのため q_f は部分排水効果を示す係数 α を用いれば、

$$q_f = \alpha q_{fd} + (1 - \alpha) q_{fu}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (5)$$

と表わされる。部分排水効果は多くの因子による影響を受けるが、本論文では特にいわゆる圧密の効果について着目する。圧密は、その速さが圧密係数 C_v (地盤の堅さと透水係数)および最大排水距離 H_d に、そして進行する程度は破壊するまでの時間、すなわち載荷速度 $\dot{q}$ に依存する。

これらの影響因子の及ぼす部分排水効果は、係数 α との間に図3に示す関係で与えられる。そこで、これらの因子による部分排水効果について次の3つの場合すなわち、(i) $\dot{q}$, H_d を固定し、 C_v (すなわち $\dot{q}$)を変化させる。(ii) $\dot{q}$, C_v を固定し、 H_d を変化させる。(iii) C_v , H_d を固定し、 $\dot{q}$ を変化させる。場合の極限荷重を算定し部分排水効果について検討する。極限荷重は前章で述べた方法を用いて算出するが、本論文では弾塑性変形解析に閉口・太田の構成式を用い、解析における土質定数および地盤の初期条件には表1に示すパラメータを用いた(但し、 $m_{vo} = \lambda / (1 + e_0) \sigma'_{vo}$, $C_v = k / (m_v \cdot \gamma_w)$)。

表1 土質パラメータ

(A) 土質定数			
λ	K	D	M
0.235	0.093	0.054	1.059
(B) 地盤の初期状態			
e_0	K_0	σ'_{vo} (kN/m ²)	m_{vo} (m ² /kN)
1.5	0.5	60	1.5667×10^{-3}

表2 解析結果

case	k/γ_w (m ² /day·kN)	$\dot{q}$ (kN/m ² ·day)	H (m)	H_d (m)	B/H	$C_v/\dot{q}H_d^2$ (m ² /kN·day ²)	q_f (kN/m ²)
(i)	1.0×10^{-8}	2.0	16	8	1.5	5.0×10^{-8}	72
	1.0×10^{-5}					5.0×10^{-5}	76
	2.0					9.7	77
	4.0					19.4	77
	10.0×10^{-5}					4.8×10^{-5}	78
(ii)	1.0×10^{-5}	2.0	12	6	2.0	8.9	81
			8	4	3.0	19.9	90
(iii)	1.0×10^{-5}	2.0	16	8	1.5	10.0	80
						3.3	75
						2.5	74

上記の3つの場合についての計算条件および結果を表2に掲げる。表から通常の条件(無処理地盤)では部分排水効果が q_{fu} の高々30%程度であることが判る。一方、 q_{fd} は q_{fu} の数倍であり、しかも地質学的ともいえる程ゆくりした載荷速度で施工される場合に達成されることを考慮すれば、 q_f はほとんど q_{fu} に近く(5)式は現実的でない。

次に q_f を q_{fu} だけで表わすことを考える。図3に示す因子間の適合性を考慮してパラメータ $C_v/\dot{q}H_d^2$ に着目する。今回の解析を $C_v/\dot{q}H_d^2$ で整理したものが図4である。3本の直線は良く一致していて、これは $C_v(k)$, H_d , $\dot{q}$ が極限荷重に及ぼす影響を近似的には $C_v/\dot{q}H_d^2$ を通じてだけで表わせることを示す。すなわち、

$$q_f = q_{fu} \left[1 + \beta \frac{C_v}{\dot{q}H_d^2} \right] \quad (6) \quad \text{ここに} \quad \beta = 0.7 \times 10^5 \sim 1.0 \times 10^5 \quad (7)$$

q_{fu} は構成式の指定する非排水せん断強度を用いれば、剛塑性有限要素法より容易に解析されることがすでに判っている。(6)式は柴田・関口によってすでに報告されているものである。

(参考文献) 1)浅岡顯, 大塚悟, 尾関恒典, 粘性土地盤の破壊を取り扱う2つの方法とその比較, 才20回土質工学研究発表会, 1985 2)柴田徹, 関口秀雄, 盛土基礎地盤の弾粘塑性挙動解析と破壊予測, 土木学会論文報告集, No. 301, 1980

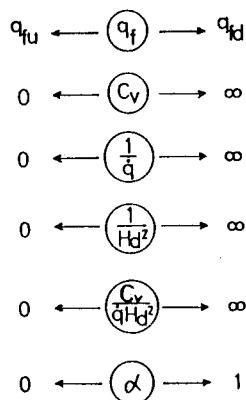


図3 各パラメータと q_f の関係

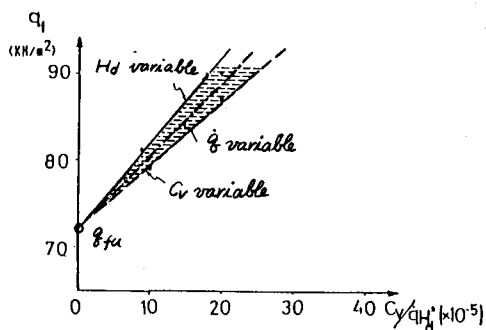


図4 $q_f \sim C_v/\dot{q}H_d^2$ 関係図