

金沢大学工学部 正会員 ○ 関口秀雄
京都大学防災研究所 正会員 柴田 徹

要旨 軟弱地盤上に盛土を行うと、盛り立て速度の大小に応じて、地盤には流動あるいは圧密変形が卓越して生ずる。本研究では、このような漸増盛土荷重下の粘土地盤の弾・粘塑性挙動を有限要素法で解析した結果に基づいて、盛土基礎地盤の極限支持力におよぼす盛り立て速度つまり載荷速度の影響をはじめ、地盤の圧密係数ならびに最大排水距離の影響を、シンプルな関係式で統一的に表現できることを明らかにする。ついで、この関係式のさつ実用的意義について簡潔に述べる。

1. 側方変形係数～盛土圧関係に基づく地盤の極限支持力の予測

前報¹⁾では、漸増盛土荷重下の粘土地盤の弾・粘塑性挙動を有限要素法で解析し、その結果、載荷段階の比較的後期において側方変形係数 $0.08/0.8$ が盛土圧 q に対して直線的に減少するというパターンを見出すとともに、このパターンを利用して実際に盛土の破壊予測が行えることを明らかにしている。図-1は、そのベースとなった計算結果を再掲したもので、図-2には、上述のパターンを利用して図-1から求めた極限支持力 q_{ult} の値を地盤の透水係数 k に対してプロットしてある。図-2にはまた、別途計算しておいた $\dot{\epsilon} = 0.45 \text{ t/m}^2/\text{day}$ の場合の $q_{ult} \sim k$ 関係も含わせてプロットしてある。同図において注目されることは、 q_{ult} が k とともに直線的に増加する傾向を示しているとともに、その割合が載荷速度 $\dot{\epsilon}$ の増加とともに低下していることである。これらの結果は、地盤の極限支持力におよぼす載荷速度の影響を明らかにするための出発点になり得ると考えられるので、次節でさらに詳しく検討することにした。

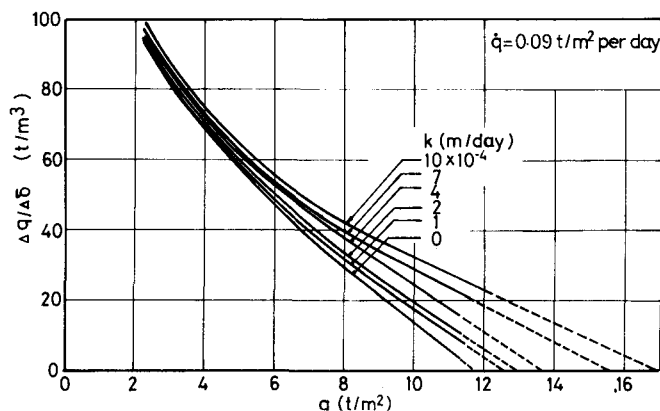


図-1 側方変形係数～盛土圧関係¹⁾

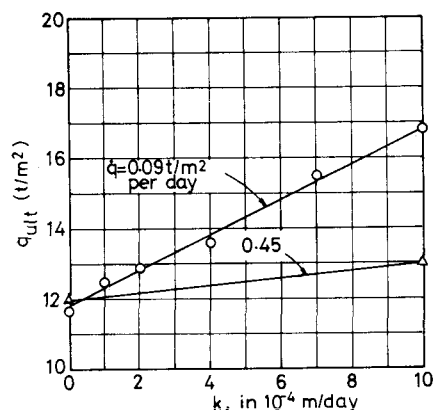


図-2 $q_{ult} \sim k \sim \dot{\epsilon}$ 関係¹⁾

2. 地盤の極限支持力におよぼす載荷速度の影響

本節ではまず、先述の図-2の結果を説明でき、かつ圧密に関する従来からの研究結果等と適合する次式の関係式を作業仮説として採用する。

$$q_{ult} = (q_{ult})_u \cdot \left[1 + C_R \cdot \frac{C_v}{H_{md}^2} \cdot \frac{(q_{ult})_u}{\dot{\epsilon}} \right] \quad (1)$$

ここに、 $(q_{ult})_u$ は地盤に圧密が生じない場合の極限支持力、 C_R は無次元の比例定数、 C_v は圧密係数で、本研究では初期圧縮係数 $m_{v0} = \frac{\lambda}{1+e_0} \cdot \frac{1}{\sigma_{v0}}$ を用い、 $C_v = \frac{k}{m_{v0} \dot{\epsilon}}$ と定義している。 H_{md} は軟弱層の最大排水距離、 $\dot{\epsilon}$

は載荷速度である。

本研究では最終的に、地盤の極限支持力の載荷速度依存性という現象が式(1)に従うことを提案するわけであるが、そこに至る過程をつぎの3段階に分けて説明しよう(表-1参照)。i) $\dot{\delta}$ と H_{md} を固定し、 C_R を変動させた場合の検討。ii) C_R と H_{md} を固定し、 $\dot{\delta}$ を変動させた場合の検討。iii) C_R と $\dot{\delta}$ を固定し、 H_{md} を変動させた場合の検討。

段階i)で使用した計算例は、Run 1, 4, 6, 7, 8, 9の6例で、式(1)の関係が成立することは当初の仮定からして当然であるが、最小二乗法の適用の結果、

$$C_R = 3.55 \quad (2)$$

と置けばよいことが判明した。図-2中の $\dot{\delta} = 0.09 \text{ t/m}^2/\text{day}$ に対する直線が、このように求まった直線である。

段階ii)で得られた結果を示したものが、図-3である。図中の実線が式(1)において $C_R = 3.55$ とした場合の計算曲線で、Run 9, 10, 11の結果をよくフィットしていることが明らかである。なお、その際、 $(q_{ult})_u \sim \dot{\delta}$ 関係として同図中の破線の関係を利用している。

段階iii)で使用した計算例はRun 5で、この場合には $q_{ult} = 15.2 \text{ t/m}^2$ なる値が、48/48 $\sim \dot{\delta}$ 法の適用の結果、求まった。他方、式(1)による予測値は $q_{ult} = 15.1 \text{ t/m}^2$ であり、上記の値とよく一致している。ただし、 $(q_{ult})_u$ の値としては、その値が盛土数値Bと軟弱層厚Hとの比B/Hに依存することを考慮して、Run 3から求まった値、 $(q_{ult})_u = 12.8 \text{ t/m}^2$ を用いている。

したがって、本解析によれば、盛土基礎地盤の極限支持力におよぼす載荷速度の影響は、式(1)によって表現できることになる。ただし、 $C_R = 3.55$ である。

3. 実界面への適用性について

軟弱地盤上の盛土施工では、盛土荷重に見合うだけの地盤の支持力が期待できるように載荷速度をコントロールすることが肝要である。この観点からして、式(1)より求めた関係が次式である。

$$\frac{(q_{ult})_u}{q_{ult}} = \frac{\sqrt{1 + 4C_R T_{ult}} - 1}{2C_R \cdot T_{ult}}, \quad T_{ult} = \frac{C_R}{H_{md}^2} \frac{q_{ult}}{\dot{\delta}} \quad (3)$$

上式によれば、盛り立て中に地盤の支持力かどの程度圧密によって増加したかを、実際の盛土破壊例から逆算することと可能である(図-4参照)。

今後、種々の角度から式(1)または式(3)の適用性を確かめていく予定である。

参考文献 1) 柴田・関口：盛土の破壊予測，第14回土質工学研究発表会，1979。

表-1 計算例における主要パラメータ

Run number	k (m/day)	$\dot{\delta}$ (t/m ² /day)	H (m)	H_{md} (m)	B/H
1	0×10^{-4}	0.09	16	-	2
2	0	0.45	16	-	2
3	0	0.09	8	-	4
4	1	0.09	16	8	2
5	1	0.09	8	4	4
6	2	0.09	16	8	2
7	4	0.09	16	8	2
8	7	0.09	16	8	2
9	10	0.09	16	8	2
10	10	0.18	16	8	2
11	10	0.45	16	8	2

N.B. $m_{vo} = 0.0172 \text{ m}^2/\text{t}$, $\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$.

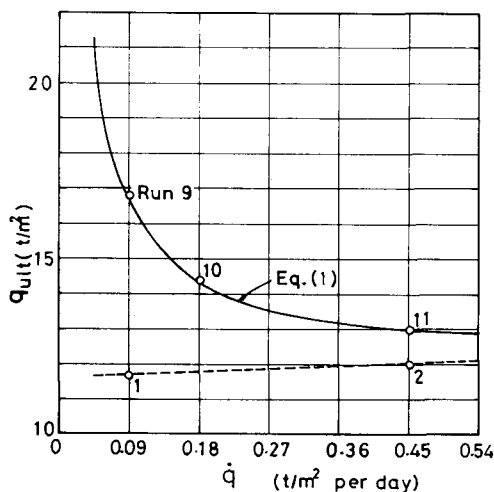


図-3 $q_{ult} \sim \dot{\delta}$ 関係

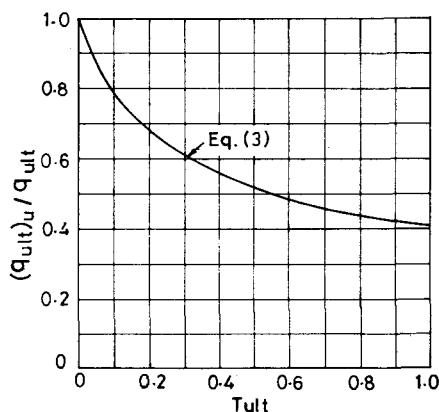


図-4 支持力比と T_{ult} の関係