

京都大学防災研究所 正会員 ○ 関口 秀雄

同 正会員 柴田 徹

はじめに 局部載荷や掘削を受けた粘土地盤の破壊予測という問題は、古くから新しい問題といえることができる。筆者らは、“地盤破壊に先立って特有の前兆が現われるはずであるから、それを現場で適切にキャッチすることによって地盤の破壊予測が行える”と考えている。そしてこのことを実現に近づけていくには、“どのような前兆が、地盤内のどこに、どのように発達していくか？”を明らかにしなければならぬと考えている。本稿は、漸増盛土荷重を受ける粘土地盤を対象として、いま述べたことからアプローチした結果を報告するのである。

粘土地盤の非排水等動の弾・粘塑性解析：結果と考察 設定した盛土—基礎地盤モデルは、前報¹⁾と同様に帯状等分布荷重下の正規圧密粘土地盤である。この粘土の応力—ひずみ挙動は、筆者らの提案する弾・粘塑性モデル^{2), 3)}で表現できるものとし、それを有限要素解析プログラムの中に取り込んでいる。なお、今回の計算に用いた構成モデルの物質定数値や地盤の初期状態変数値については講演時に紹介する予定である。

図-1に地盤内の代表的な土要素の有効応力経路を示している。図-1において、負のダイレイタンスーのために平均有効主応力の値がせん断過程中に減少すること、載荷速度が大きい程有効応力経路は原点からみて外側へ移行すること、およびcritical stateにおける有効応力比の値は載荷速度によらず一定であることが注目される。いま非排水せん断強度 c_u を $(\sigma_1' - \sigma_3')_{\max} / 2$ で定義すると、図-1に示した結果から載荷速度 $\dot{\epsilon} = 0.09 \text{ t/m}^2/\text{day}$ のときで $c_u = 1.9 \text{ t/m}^2$ 、および $\dot{\epsilon} = 0.54 \text{ t/m}^2/\text{day}$ のときで $c_u = 2.01 \text{ t/m}^2$ であることがわかる。

図-2は、載荷中心軸上の地表沈下量 ρ を載荷圧 q に対してプロットしたものである。載荷速度 $\dot{\epsilon} = 0.09 \text{ t/m}^2/\text{day}$ に対する極限載荷圧 q_{ult} の値は 10.8 t/m^2 、つまり $5.65 c_u$ に等しくなっている。他方、 $\dot{\epsilon} = 0.54 \text{ t/m}^2/\text{day}$ に対する q_{ult} の値は 11.3 t/m^2 、つまり $5.64 c_u$ に等しくなっている。このように図-2から、載荷圧—沈下量曲線は載荷速度の影響を受けるが、安定係数 $(N_c = q_{ult} / c_u)$ の値は実質的に載荷速度に影響されないことがわかる。

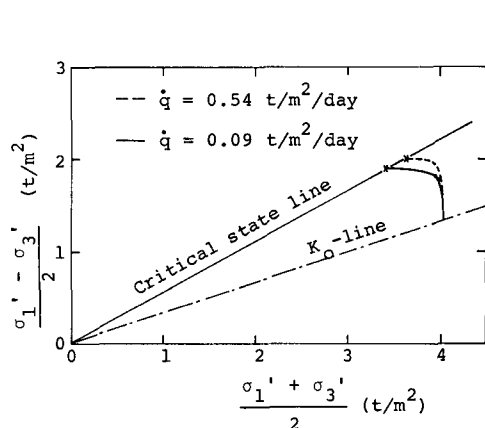


図-1

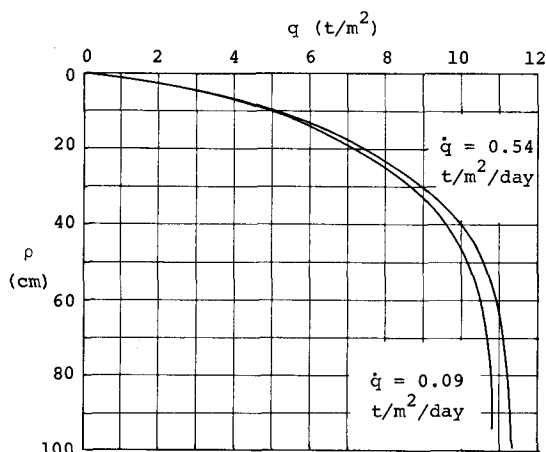


図-2

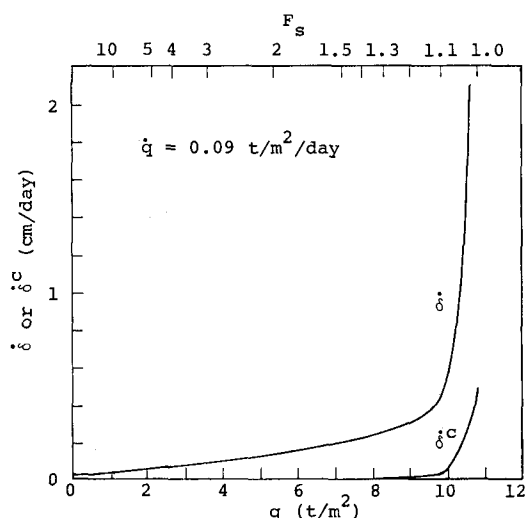


図-3

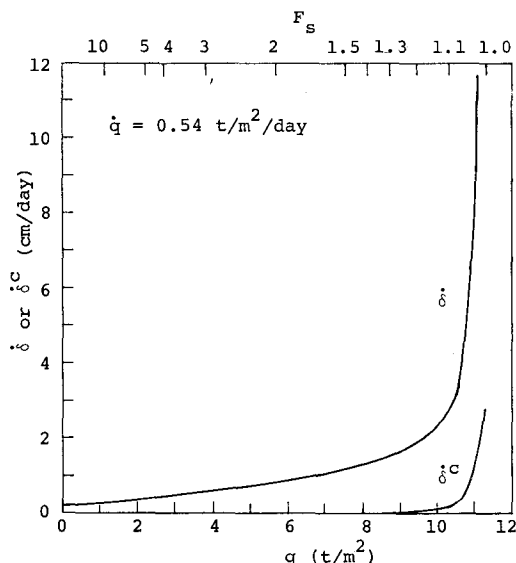


図-4

図-3は、 $\dot{q} = 0.09 \text{ t/m}^2/\text{day}$ の場合の地表面上のある地点 ($\frac{x}{B} = 1.5$, $\frac{y}{B} = 0$) における側方変位速度 $\dot{\delta}$ と、同地点における側方フリープ変位速度 $\dot{\delta}^c$ を載荷圧 q および安全率 F_s に対してプロットしたものである。ここに F_s は、 q_{ult}/q で定義している。図-3から、ある載荷圧の値を越えると側方変位速度の値は急激に増加することがわかる。そして、この限界の載荷圧の値は、ほぼ $F_s = 1.1$ に相当していることがわかる。したがって、このような $\dot{\delta} \sim q$ 関係の急変という兆候を原位置でキャッチできれば、それをとって“地盤破壊に近い”と判断することと可能であろう。

また図-3から、 $F_s > 1.3$ となる載荷レベルでは側方フリープ変位速度の値は実質的にゼロであるが、 $F_s < 1.1$ となる載荷レベルでは、明瞭に測定可能な大きさまで側方フリープ変位速度は発達していることがわかる。このことは、盛土作業休止中（夕方から翌朝まで）の側方変位計測によって、地盤の破壊予測に役立つデータが得られることを意味するのである。

図-4は、図-3と同様な整理を $\dot{q} = 0.54 \text{ t/m}^2/\text{day}$ の場合に対して行ったもので、この場合に上述のような $\dot{\delta} \sim q$ 関係と $\dot{\delta}^c \sim q$ 関係を認めることができる。ただし注意を要するのは、同一の F_s 値に対応する $\dot{\delta}$ ，ならびに $\dot{\delta}^c$ の値が載荷速度 $\dot{q}$ の値に強く影響されていることである。たとえば、 $F_s = 1.2$ における $\dot{\delta}$ の値に注目してみると、表-1のようになっている。

表-1 $F_s = 1.2$ における $\dot{\delta}$ 値

$\dot{q}$ ($\text{t/m}^2/\text{day}$)	$\dot{\delta}$ (cm/day)
0.09	0.31
0.54	1.90

栗原⁴⁾は最近、それ以上載荷を続けると盛土基礎地盤が不安定になる目安として盛土法尻部の地表側方変位速度が 2 cm/day に達することを挙げている。そしてこの値を越えないように盛土速度（ $\dot{q}$ に対応する）を制御することによって盛土施工を円滑に実施できた事例を数例、報告している。図-3，4からわかるように、 $\dot{\delta}$ および $\dot{\delta}^c$ が発達していく過程と基礎地盤が不安定化していく過程とは非常によく対応している。したがって、栗原⁴⁾の報告にみられるような“側方変位速度の発達過程に着目した盛土基礎地盤の安定管理”が今後有望になると思われる。

参考文献 1) 関口秀雄・柴田徹(1978)，第13回土質工学研究発表会。 2) 柴田徹(1963)，京都大学防災研究所年報，第6号。 3) Sekiguchi, H. (1977)，Proc. 9th ICSMFE, Vol. 1。 4) 栗原則夫・一本英三郎(1977)，昭和52年度土木学会関西支部講習会テキスト（動態観測の活用）。