

軟弱地盤盛土施工における限界盛土高さの推定に関する考察

京都大学工学部 正会員 畠 昭治郎
 京都大学工学部 正会員 谷本 親伯
 京都大学工学部 正会員 飯塚 敦
 京都大学工学部 学生員○青木 大成

1. はじめに

ここ10年間あまりの間に、破壊に至るまでの変形を考慮して、盛土および基礎地盤の安定性を検討できる手法が開発されてきた。これらの方法は施工中に計測される、ある特定地点の変形量をもとにして破壊と将来の盛土および基礎地盤の安定性の検討を行うものである。この多くは規格化された破壊基準図表としてまとめられている。しかし、これらはいずれも変形量の計測が前提となっている（例えば、松尾・川村(1975)、柴田・関口(1980)の基準）。本研究は、施工前に知りうる地盤条件、および施工速度により限界盛土高を推定する方法を提案するものであり、まず均一地盤における限界盛土高を有限要素計算（弾・粘塑性、土/水連成解析）により求める。そして、これを利用して多層地盤における限界盛土高の推定方法の提案を行う。

2. 均一地盤における限界盛土高の推定方法

Iizuka & Ohta(1987)によれば、地盤の材料定数は、PI（塑性指数）、 σ'_{vi} （有効上載圧）、OCR（過圧密比）、H（層厚）の4つによってすべて求める事ができる。ところが、有限要素計算では、境界条件や初期条件は対象地盤それぞれについて個別的であり、計算結果を一般的に表わす事は難しい。そこで、要素剛性マトリックスを形式的に無次元化することによって計算結果に一般性を持たせる事を試みた。すなわち、盛土地盤では、盛土形状および地盤の境界条件に大きなちがいがないので、地盤の初期地圧 σ'_{vi} と盛土荷重（単位体積重量 γ_t ）を用いて無次元化できる。この無次元化により、ある地盤の限界盛土高が求まれば、その地盤と同じPI, OCRを持つ任意の均一地盤（PI, OCRが深さ方向に一定）の限界盛土高の算定が可能になる。PIを20, 50, 80, OCRを1.0, 1.5, 2.0, 施工速度Vを20cm/day, 5cm/day, 1cm/dayの各3通り、計27通りの無次元化有限要素計算をおこなった。限界盛土高算定には松尾・川村、柴田・関口の基準を用いた。ただし有限要素法の計算は増分計算により解を求めるため、破壊に近づくにつれ誤差が蓄積され破壊近傍になるほど顕著となる。したがって得られた変形量を破壊の近傍で松尾・川村、柴田・関口の基準に適用する事はできない。そこで、松尾・川村の基準図において基準線との距離が単調に減少し、直線的に基準線に向い始める点（図-1中の△印）を、柴田・関口の限界盛土高推定直線の最初の点とした。この方法の妥当性は、限界盛土高の算定に用いた有限要素解析手法と同一の理論的背景を持つ弾

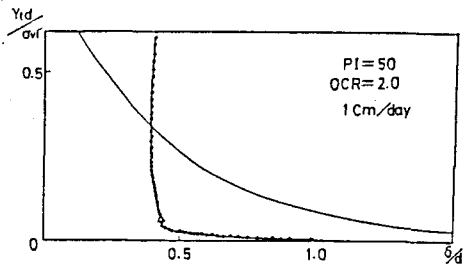


図-1 松尾・川村の基準
 (PI=50, OCR=2.0, V=1 cm/day)

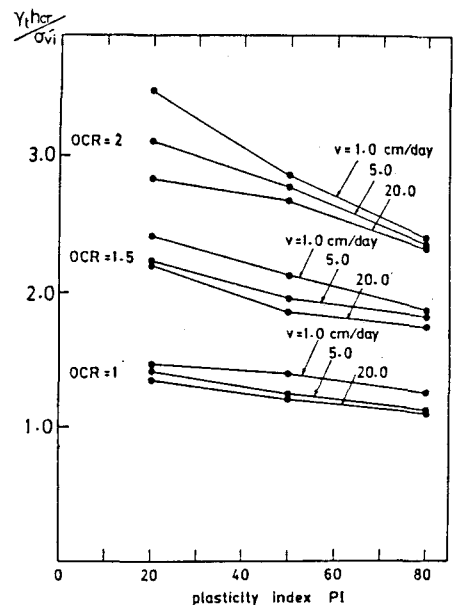


図-2 限界盛土高推定図

Shojiro HATA, Chikaosa TANIMOTO, Atsushi IIZUKA & Daisei AOKI (Kyoto University)

全塑性極限解析(飯塚ら, 1987)によって非排水条件における限界盛土高を求め、その一致を示す事により検証した。図-2は、以上の方法によって算定された均一地盤における限界盛土高を示したものである。PIが小さい程、OCRが大きい程、限界盛土高は高い。

3. 多層地盤における限界盛土高の推定方法

実際問題では、均一地盤を仮定する事はできない。そこで、実際の多層地盤の各層について図-2の結果を適用することにより、実地盤の限界盛土高の算定する方法を考える。地盤全体の破壊は、地盤内の破壊域が地表面からつながった時(飯塚ら, 1987)、さらに多層地盤が均一地盤の集合体であると考えれば、図-3(a)の場合は破壊とみなさず図-3(b)の場合を破壊とみなす。ここで各層における破壊の判定は図-2による。次に地盤内の応力分布について述べる。上記のように、地盤を各層にわけて各層の破壊を判定する場合、載荷重の地盤内分布を知る事が必要である。本研究においては、載荷重が鉛直:水平=2:1の傾きを持って広がっていく2:1法を採用した。ここで具体例を挙げてみる。図-3(b)の地盤は盛土の下端幅2Aの多層地盤である。今、第n層の限界盛土高は図-2を用いて h_{crn} と求める事ができる。これを2:1法を用いて換算した限界盛土高を x_{crn} とみると、第n層の層厚を H_n とした場合

$$x_{crn} = \frac{A + (\sum_{i=1}^{n-1} H_i + \frac{1}{2} H_n) \times \frac{1}{2}}{A} \times h_{crn}(m)$$

となる。こうして求められた限界盛土高 x_{crn} により各層の破壊の判定を行い、それが図-4(b)のように表層からつながった場合を破壊とみなす。

4. 現実地盤における適用例

今まで述べてきた方法を現実地盤に適用してみる。表-1、表-2はそれぞれBangkok(Eide et al., 1972)およびNew Liskeard(Lacasse et al., 1977)における盛土破壊例に対して解析を行った場合の地盤定数である。解析には上部クラスト層を無視して行った。この結果Bangkokでは、実測2mに対して解析2.1m、New Liskeardでは、実測6.1mに対して解析6.7mとなり、きわめて良好な推定値が得られている。

5. 参考文献

(1)Eide & Holmbery(1972):ASCE, Spec. Conf. on Performance of Earth and Earth-supported Structures, Vol.1. (2)Iizuka & Ohta(1987):S & F, Vol.27, No.3. (3)飯塚・良峰・太田・畠(1987):土木学会論報, Vol.382, III-7. (4)Lacasse et al. (1977):Can. Geotech. J., Vol.14. (5)松尾・川村(1975):土木学会論報, No.241 (6)柴田・関口(1980):土木学会論報, No.241

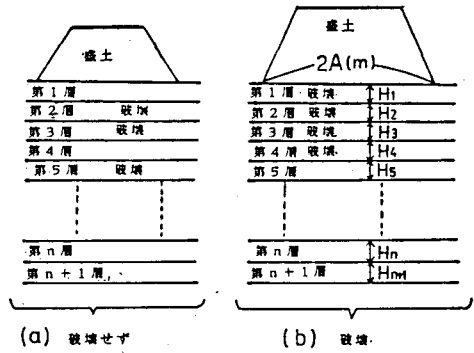


図-3 破壊の判定

表-1 Bangkok, 解析に用いたパラメータの一覧

DEPTH	$\sigma'_v(11/m^2)$	OCR	PI	$\gamma(11/m^3)$	$V(m/day)$
1 m	0.775	4.0	70	2.0	4.0
2 m	1.175	2.5	80		
3 m	1.525	2.1	80		
4 m	1.875	1.7	80		
5 m	2.225	1.6	80		
6 m	2.575	1.5	80		
7 m	2.925	1.5	80		
8 m	3.275	1.5	80		
9 m	3.625	1.5	80		

表-2 New Liskeard, 解析に用いたパラメータの一覧

DEPTH(m)	PI	OCR	$\sigma'_v(11/m^2)$	$\gamma(11/m^3)$	$V(m/day)$
2.1	50	2.56	3.68	2.1	20
3.1			4.48		
4.1	50	2.11	4.48		
5.1	40	1.78	5.23		
6.1	40	1.56	5.93		
7.1	40	1.39	6.63		
8.1	40	1.28	7.33		
9.1	30	1.22	8.03		
10.1	20	1.22	8.73		
11.1	10	1.22	9.43		
	40	1.22	10.13		