

III-A 243

有限要素解析結果を用いた限界盛土高さ推定法

東京工業大学大学院 学生員○青木宣頼  
 金沢大学大学院 学生員 小林一三  
 金沢大学工学部 正会員 飯塚 敦  
 金沢大学工学部 正会員 太田秀樹

1. はじめに

盛土施工において、施工前に盛土地盤の限界盛土高さを知るということは、施工管理上非常に重要な事である。限界盛土高さは境界値問題の解と考えられるので、有限要素法が威力を発揮すると思われる。そこで本研究ではこの有限要素法を用いてモデル化した盛土施工地盤の限界高さを求め、この結果を利用して有限要素解析なしに、任意の実盛土地盤における限界盛土高さを推定する。

2. 盛土施工地盤のモデル化

任意の実盛土地盤における限界盛土高さを推定するために、先ずモデル化した盛土地盤の限界盛土高さを求める。地盤のモデル化は限界盛土高さに影響を及ぼすと考えられる要因に関して以下のようにして行った。また図-1に解析対象メッシュを示す。①盛土形状は日本道路公団標準断面を用いる。②構成式に関口・太田の弾塑性モデルを用いることから、地盤物性を代表させるものとして塑性指数PIを考える。③応力履歴を代表させるものとして過圧密比OCRを考える。④施工過程を代表させるものとして盛り立て速度を用いる。以上、塑性指数について4通り、その他につき各3通り考え、計36パターンでの盛土地盤のモデル化を行った。

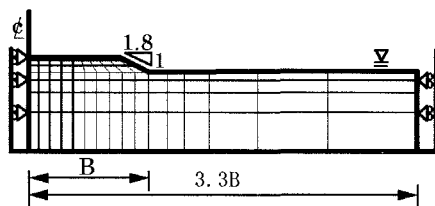


図-1 解析対象メッシュ図

3. 土/水連成変形解析手法と施工管理法

盛土地盤の限界盛土高さを有限要素法で求めることを考えれば、変形解析手法に何らかの数値解析上の工夫を組み込んだものを用いるのが、通常的手法であろう。しかしながらこのような数値解析手法は、地盤材料の限界状態を解析対象とするためその取り扱いが難しい場合が多い。そこで本報では、このような方法とは別に、通常の上/水連成変形解析手法を用いて限界盛土高さを推定する方法について考える。

ここで改めて盛土の破壊形態を考えれば、盛土の変形は圧密変形とせん断変形が重なりあって生じ、遂にはせん断変形が圧密変形を卓越して破壊に至ると考えられる。この盛土の破壊形態に着目して幾つかの施工管理法が提案され、実務において用いられている。本報では松尾・川村の施工管理法(松尾, 川村,1975)と柴田・関口の施工管理法(柴田, 関口,1980)を変形解析結果に適用して、盛土地盤の限界盛土高さを推定することを考える。単に限界盛土高さを求めようと考えれば、図-3に示す柴田・関口の施工管理法図に変形解析の結果をプロットさせればよいことになるが、図-3のように変形解析の結果のみでは、どこで盛土地盤の剛性がなくなったかということが明確ではない。そこで図-2に示す松尾・川村の施工管理法図に変形解析結果をプロットし、得られた破壊基準線、

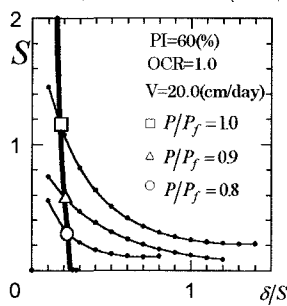


図-2 土/水連成変形解析結果と松尾・川村の施工管理法

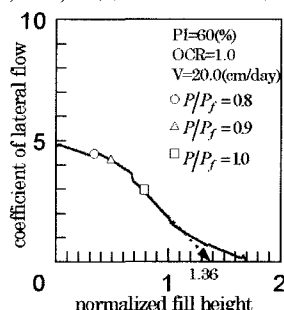


図-3 土/水連成変形解析結果と柴田・関口の施工管理法

$P/P=0.9$ ,  $P/P=0.8$  との交点を求める。この点が盛土地盤の剛性のなくなった時点の応力状態を示すと考えられるので、図-3に示す柴田・関口の管理図にこの交点を対応させることによって限界盛土高さを推定できる。

4. モデル化した盛土地盤の限界盛土高さ

この方法によって得られたモデル化した盛土地盤の限界盛土高さをまとめると表-1のようになる。各要因ごとの限界盛土高さの傾向を考えると、まず塑性指数については塑性指数が増加すると限界高さは低くなる傾向が得られた。これは塑性指数が大きいほど地盤内の間隙水の移動がし難いため、間隙水圧の高低が発生しやすいことになる。この結果として有効応力が低下する領域において破壊が起こるためだと思われる。また過圧密比については、過圧密比が増加するほど限界高さが高くなるという傾向が得られた。最後に盛り立て速度については、盛り立て速度が速くなると限界高さが低くなることが分かった。

表-1 モデル化した盛土地盤の限界盛土高さ

塑性指数 (%)	V (cm/day)	OCR=1.0	OCR=1.5	OCR=2.0
20	1.0	2.30	3.17	3.67
	5.0	1.60	2.30	3.03
	20.0	1.48	2.11	2.82
40	1.0	1.84	2.24	2.70
	5.0	1.51	2.00	2.41
	20.0	1.42	1.96	2.35
60	1.0	1.68	2.03	2.26
	5.0	1.43	1.89	1.97
	20.0	1.36	1.78	1.93
80	1.0	1.54	1.92	2.14
	5.0	1.43	1.86	1.93
	20.0	1.33	1.72	1.93

5. 実際の盛土地盤の限界盛土高さ推定法

以上、2種類手法によってそれぞれモデル化した盛土地盤の限界盛土高さが得られた。ここではこの結果（表-1）を利用した実盛土地盤の限界盛土高さ推定法を述べる。まず実盛土地盤全体の限界盛土高さ推定するために、実際の地盤を図-4のような多層地盤と考える。さらに応力伝播を鉛直方向：水平方向=2：1であると仮定すると、各層の限界盛土高さは次の式で表される。ここで、第k層の層厚を  $H_k$ 、第k層の限界盛土高さを  $h'_{cr|k}$ 、表-1のモデル化した盛土地盤の限界盛土高さを第k層の物性に見合うように内挿または外挿したものを  $h_{cr|k}$  とする。こうして各層の限界盛土高さを求める。

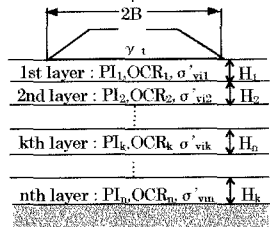


図-4 実地盤の概要

$$h'_{cr|k} = h_{cr|k} \times \frac{B + \left( \sum_{i=1}^{k-1} H_i + H_k/2 \right) / 2}{B} \quad (m)$$

次に地盤全体の限界盛土高さであるが、盛土が崩壊に至るのは始め盛土直下に発生した破壊域が、最小円弧すべり線を含む深度から表層まで進展した時に対応していると考えられる。つまり、まず各層について上式で限界盛土高さを求め、地盤全体の限界盛土高さは表層から最小円弧すべり線を含む深度までの層が破壊する限界盛土高さをその地盤全体の限界盛土高さとして推定できる。実際の破壊事例にこの推定法を適用すると、例えばアメリカのPortsmouth盛土の場合では、実際は5.62(m)で崩壊しているのに対して推定値は5.98(m)となり、良好な推定値が得られていることが分かる。

6. 結論

1) 変形解析と施工管理法を併用する方法で限界高さを推定できることが分かった。2) 地盤のモデル化に際して、各パラメータと限界盛土高さの関係は以下ようになった。塑性指数が大きくなるに連れ限界高さは小さくなる。過圧密比が大きくなると限界高さは大きくなる。盛り立て速度が遅いほど限界高さは大きくなる。3) 今後の課題として限界盛土高さ推定法を多くの破壊事例に適用し、有用性を示したい。

<参考文献>

1) 柴田 徹, 関口 秀雄: 盛土の基礎地盤の弾・粘塑性挙動解析と破壊予測, 土木学会論文報告集, No.301, pp.93-104, 1980. 2) 松尾 稔, 川村 国夫: 盛土の情報化施工とその評価に関する研究, 土木学会論文報告集, No.241, pp.93-104, 1975.