

防衛大学校土木工学教室 正員 ○森 雅美

同 上 正員 山口 晴幸

1. まえがき 斜面安定解析に関しては従来より極限平衡法による解析が行われてきており、また近年土の構成式に関する研究が進むとともに有限要素法による応力・変形解析が行われるようになってきた¹⁾。有限要素法による解析においては、強度定数 c 、 ϕ を用いるMohr-Coulombの破壊規準を用いた解析が多く行われているが、 c 、 ϕ を求めるためには三軸圧縮試験を実施せざるを得ず、斜面を構築中の現場にその結果が直ちに反映しにくい面がある。一方、非排水圧縮強度 c_u は一軸圧縮試験により現場でも簡単に求められることおよび現場においては短期強度に関する情報も必要となるなどのことから一軸圧縮強度 q_u を用いる方法は実用上有利であることが多い。本研究は上記の観点から、一軸圧縮強度 q_u を土質パラメータとして用いるvon Mises の降伏条件を用いた有限要素法による盛土斜面の弾塑性応力・変形解析を行い、地盤の深さ方向にわたる強度定数および変形係数の変化が塑性領域の進展状況や変形性状におよぼす影響について考察を試みたものである。

2. 解析方法 解析は、4節点アイソパラメトリック要素を用い、Gauss 積分次数を2次として平面ひずみ条件下で荷重増分法により行い、非線形解析には修正Newton-Raphson法を用いた。土の構成則は、現場でも簡単に求めることのできる材料定数を用いる構成モデルという観点から、von Mises の降伏条件を用いた。

3. 解析モデルおよび解析結果 図-1は、本研究で対象とした基礎地盤上に構築された台形盛土斜面の半断面の解析モデルを示したものである。斜面勾配 $\theta=30^\circ$ 、高さ $H=5\text{ m}$ 、天端半長 $L=5\text{ m}$ であり、境界条件の解析結果におよぼす影響を少なくするため、基礎地盤の水平長を $8L$ 、鉛直長(地盤厚)を $2H$ とした。主に盛土斜面部の応力を精度よく評価するため斜面部は等間隔で、基礎地盤部は等比級数により、対象盛土斜面-基礎地盤系を175要素(206節点)に分割した。荷重は天端の全長にわたり等分布荷重として作用する上載荷重とし、自重を無視した。強度定数および変形係数等の材料定数に関しては、基礎地盤が通常自然堆積地盤であり圧密による強度増加が期待できるのに対し、盛土斜面はその上に人工的に構築されるものであることから次のように定めた。すなわち図-1に示すように、盛土斜面に関しては一定値とし、基礎地盤に関して、Case 1: 深さに無関係に一定値とCase 2: 深さ方向にわたる増加を考慮とを考えた。Case 2の場合、一軸圧縮強度 q_u および変形係数 E と地盤表面からの深さ z との関係を表(1)、(2) のように定めた。

$$q_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 2c_u \text{ (t/m}^2\text{)} = 0.4z \text{ (m)} + 2 \quad \cdots (1) \quad E \text{ (t/m}^2\text{)} = 100 q_u \text{ (t/m}^2\text{)} \quad \cdots (2)$$

Case 1の場合、式(1)、(2)において深さ $z=0$ に相当する値を与えた。またポアソン比は盛土斜面および基礎地盤とともに $\nu=0.45$ とした。

解析結果の一例を図-2, 3および 4に示す。図-2は上載荷重強度 w を逐次増分的に増加させたときの解析モデルの塑性領域の進展状況を示したものである。これより、Case 1の場合は、斜面の一部から降伏が始まり、ついで基礎地盤部の底部まで降伏がおよぶという進展状況を示し、塑性領域の水平方向への広がりほとんど見られない。

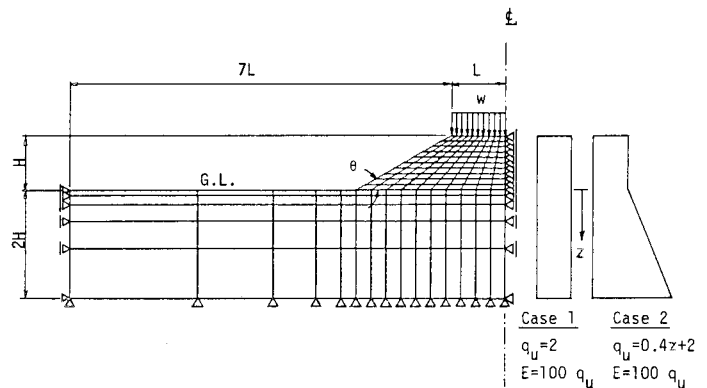


図-1 解析モデル

一方、Case 2の場合は、鉛直方向のみならず水平方向への塑性領域の進展が認められる。これは、剛性および強度の低い斜面部および基礎地盤上部に荷重の影響が集中することによるものと思われる。図-3は、各増分段階における変形図を示したものである。これより、Case 1では比較的広範な領域にわたって変形が生じており、特に、この傾向は最終段階（ $w=16.5 \text{ t/m}^2$ ）において著しい。一方、Case 2では斜面と基礎地盤の境界付近に変形が集中しており、中心付近の天端が上向きに変位していること、さらに、斜面先付近の側方変位が大きいことなど Case 1 とはかなり異なった変形性状を示すことが認められる。図-4は斜面先側方変位の地中方向分布を示したものであり、側方変位 v と深さ z を各々最終段階での地中最大変位 $v_{\max}$ と地盤厚 $2H$ とで無次元化している。これより、両ケースの場合において側方変位の地中方向分布に明瞭な相違が認められる。すなわち、Case 1においては $z/2H \approx 0.2$ 付近において側方変位の最大値が現われているのに対し、Case 2においては常に地表面（G.L.）で最大値を示す。

4. あとがき 本研究では、von Mises 降伏条件による盛土斜面-基礎地盤系の弾塑性有限要素解析を行い、地盤深さ方向の強度定数および変形係

数の増加の影響について検討した。その結果、増加を考慮する場合はしない場合に比較し、かなり異なった応力・変形性状が得られることが認められた。今後は、Mohr-Coulombの降伏条件や異方硬化モデルによる解析を行う予定である。最後に、本研究は、島内大氏の御援助を受けたことを付記し、謝意を表する。

参考文献 1) 例えば、柴田・関口：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 第 301号，1980年 9月，pp. 93-104.

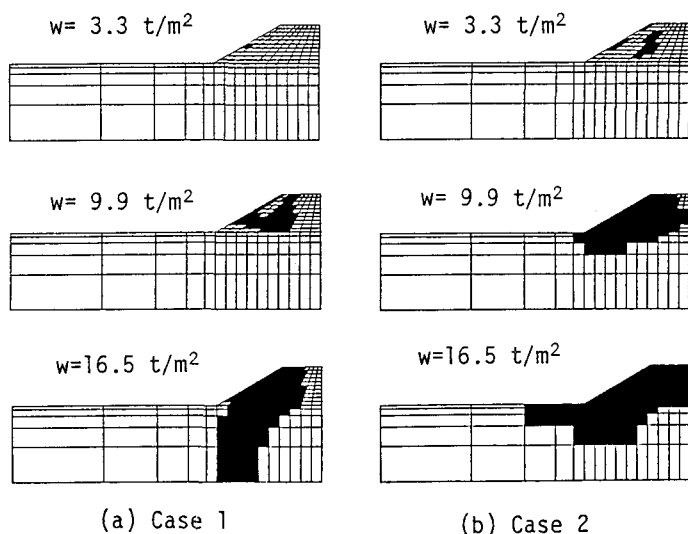


図-2 塑性領域の進展状況

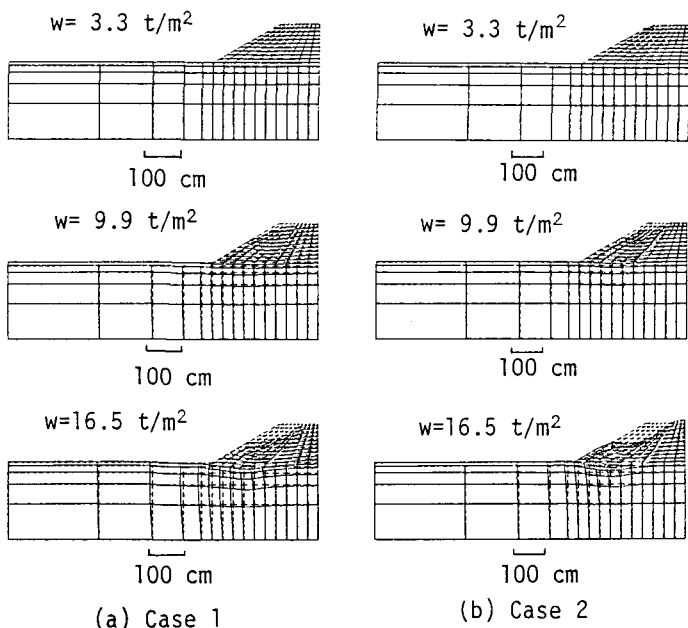


図-3 変形性状

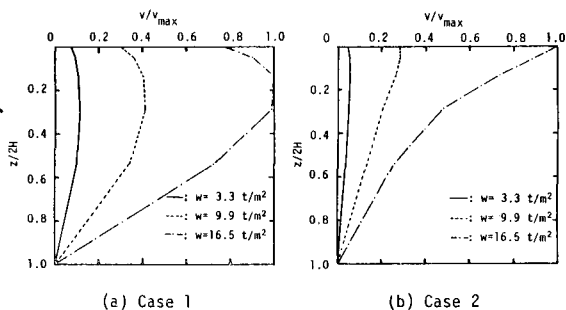


図-4 斜面先側方変位の地中方向分布