

徳島大学工学部

正 員 山上 拓男

(株)阪神コンサルタンツ

正 員 植田 康宏

徳島大学大学院

学生員 ○西田 憲司

1. はじめに

地すべり面に代表される破壊斜面のすべり面に沿う間隙水圧を知ること是非常に困難とされている。そこで筆者らは、こうしたすべり面に沿う破壊時間隙水圧分布の一逆解析法を提案した¹⁾²⁾。この手法は、すべり面に沿う間隙水圧分布自体ではなく、それに等価な水圧面(地下水面)の位置 h を逆解析せんとするものである。ここでは、その後行ったあらたな適用例を通して、本手法の妥当性を検証する。

2. 逆問題の定式化

すべり面形状を円形と仮定し、安全率算定式に簡便分割法を採用すれば、目下の等価地下水面位置し逆問題は、図-1を参照して次のような制約条件付き非線形最適値問題として定式化できる(用いた記号等、詳細は文献1)ないし2)参照):

$$\text{minimize } U(L) = \Delta S^2 \quad \dots (1)$$

subject to

等式制約条件

$$F_o = \frac{\Sigma cl + \Sigma \{W \cos \alpha - (y - L) \gamma_w l\} \tan \phi}{W \sin \alpha} \dots (2)$$

不等式制約条件 $L_{\min} \leq L \leq L_{\max} \quad \dots\dots(3)$

ここに、 L は鉛直下向きが正で、 $L_{\min}$ は等価最高地下水位を、また $L_{\max}$ は等価最低地下水位を表すことに注意されたい。これら等価最高、最低地下水位は理論的に決定できないので、問題に応じ適宜入力データで適当な数値を与えることにしている。ただし、これらの数値いかんで逆解折値が異なる場合がある。換言すると、適切な数値を与えるとき十分な精度の等価地下水面の位置を同定することが可能である。これについては、後述の適用例を参照されたい。

3. 適用例

適用例として、図-2, 3に示す斜面を採用した。これらの

適用例では、斜面構成節点直下の等価地下水面位置(図中の●印に相当)の y 座標値を x 座標値の小さいものから $L_1, L_2, \dots$ とし、地下水面形はこれら各点間で直線変化を示すと仮定して逆解析を行った。すなわち直接的には、適用例1では $L = (L_1 \sim L_4)$ 、また適用例2においては $L = (L_1 \sim L_8)$ の値を逆解析した。なお解析に際し、制約条件付き最適化手法としてSUMT法を採用し、計算途上の無制

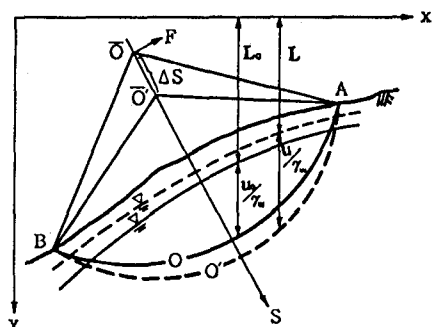


図-1 円形すべり面場の逆解析

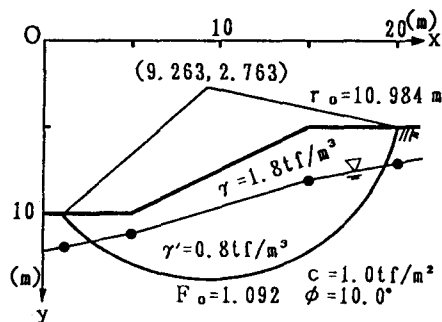


圖-2 適用例 1

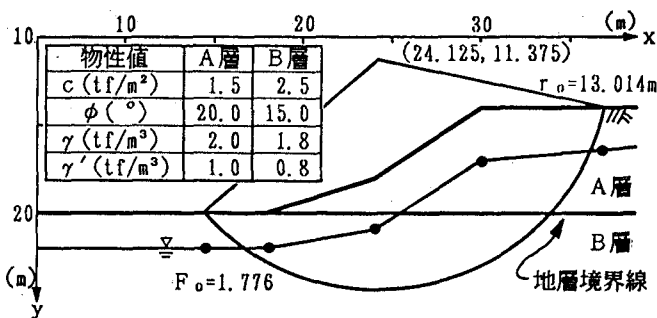


图-3 适用例2

約最適化にはSimplex法を用いた。

まず図-2の斜面について、別途になされた安定解析より、この斜面は図中の円弧に沿って最小安全率 $F_o=1.092$ を有することが知られている。そこで、すべり面の位置、 F_o 、および地山の物性値が与えられたとして地下水面の位置 L の逆解析を試みた。幾つかの条件を設定して解析したが、図-4には、初期値を各 L とも同じ($L_1=15m$, $i=1, 4$)とし、式(3)の L_{max} を表-1に示すように比較的大きくとした場合(Case 1)と小さくとした場合(Case 2)2通りについて、逆解析結果の地下水面形を示した。なお、 L_{min} は地表面に一致するとしている。図よりCase 2では正解に近い水面形が得られているのに対し、Case 1では正解とのずれが大きい。ここで逆解析結果の意義を知るために、逆解析された地下水面のもとに再度安定解析を行い、その結果の臨界すべり面と対応する最小安全率の値を正解のそれらと共に図-4に記入した。Case 2の安定解析結果は正解のそれとほぼ一致しているが、Case 1ではやはりずれが認められる。よって本手法においては、 L_{max} の役割が大きいこと、また逆解析された地下水面のもとに再度安定解析を行えば、逆解析値の精度自体が評価できることなどが指摘できる。

次に図-3の斜面への適用結果を示す。先の例と同様、別途になされた安定解析より、この斜面は図中の円弧に沿って最小安全率 $F_o=1.776$ を有することが知られている。そこで、やはりすべり面の位置、 F_o 、地山の物性値が与えられたとして、地下水面位置 L を逆解析した。この適用例においても、初期値は各 L とも同じ($L_1=25m$, $i=1, 5$)とし、 L_{min} は地表面に一致させ、表-2に示す2通りの L_{max} (Case 1, Case 2)のもとで検討した。それらの結果を図-5に示した。この図には、図-4と同様、逆解析された地下水面を用いた再安定解析結果も記入している。図-5より、適用例1と全く同じ指摘があげてはまる。したがって本手法においては、再安定解析の結果、逆解析値の精度が満足しかねるならば、改めて L_{max} (あるいは L_{min})を修正しつつ逆解析を継続することで、いくらでも精度の高い解を入手し得ると結論される。この事実、一部の間隙水圧が観測値として与えられた場合、すなわちここでの適用例における一部の L の値が既知なる場合の検討結果においても確かめられている²⁾。

4. おわりに

すべり面に沿う破壊時間隙水圧分布の一逆解析法を提案した。そして適用例を通して、逆解析値の精度が間接的に評価できること、またこの事実を利用すれば十分な精度の逆解析値を入手し得ることなどがわかった。ここでは紙面の都合で割愛したが、初期値は余り大きい影響を有していないことも等も確認されている。

【参考文献】 1) 山上・植田・西田：第41回土木学会中国四国支部研究発表会(投稿中)
2) 山上・植田・西田：第24回土質工学研究発表会(投稿中)

表-1 適用例1の L_{max} の値

	$L_1(m)$	$L_2(m)$	$L_3(m)$	$L_4(m)$
Case 1	20.0	20.0	20.0	20.0
Case 2	16.0	13.0	10.0	10.0

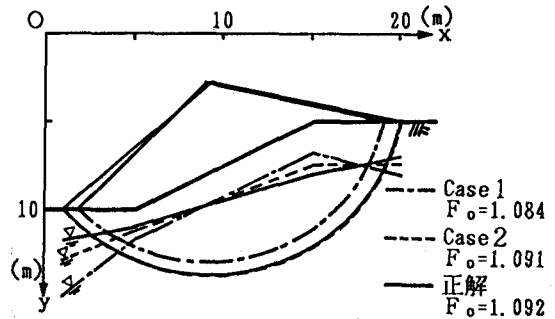


図-4 逆解析結果と再安定解析結果(適用例1)

表-2 適用例2の L_{max} の値

	$L_1(m)$	$L_2(m)$	$L_3(m)$	$L_4(m)$	$L_5(m)$
Case 1	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Case 2	24.0	24.0	24.0	20.0	19.0

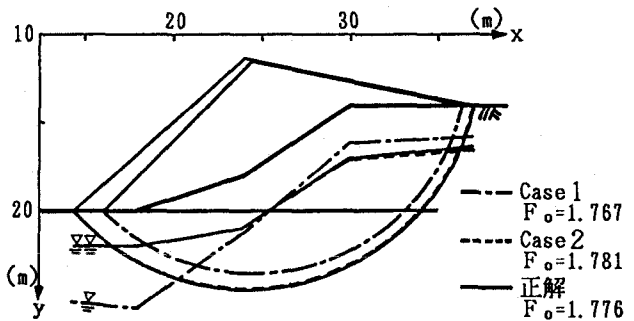


図-5 逆解析結果と再安定解析結果(適用例2)