

III-11 分割法を用いた鉄筋補強斜面の地震時安定解析

日特建設 山田 浩  
 ○中山守人  
 中央大学 藤井齊昭  
 増田隆明

1. はじめに

筆者らは数年前より斜面内に鉄筋を挿入し、斜面の安定化を図る”補強土工法”についての研究を遠心力模型実験装置を用いた室内モデル実験により行ってきた。斜面内に挿入された鉄筋の補強効果及びそのメカニズムについては各方面で研究が重ねられ、種々の論議がなされているが結論を見るには至っていない。ここでは過去3年のデータを基に分割法による安定解析を試みたので以下に報告する。

2. 解析モデル

遠心力模型実験装置による室内実験でのモデル斜面は斜面角度 $\alpha=40^\circ$ 、斜面高  $H=12\text{m}$ であり、試料には成田層群より採取した洪積砂を用いた( $\phi=40^\circ$ 、 $C=0.1\text{t/m}^2$ )。なお斜面肩には  $2.2\text{t/m}^2$ の上載荷重を加えてある(図-1 参照)。実験パターンは以下に示すようなものであり、上記斜面を用いて、補強材挿入時の補強材間隔  $d$ 、補強材長さ  $L$  等を変化させることによりその影響を調べた。斜面を破壊する手段としては遠心力場における加速度の方向を斜面の外側に偏心させることにより地震時の水平震度に相当するような物体力を加えることにより行った。

- 遠心加速度 100G : 補強材密度 ( $H/d$ ) 4~8、補強材長比 ( $L/H$ ) 0~0.33  
 補強材挿入角度 斜面法線方向(水平より下向き $50^\circ$ )
- 60G : 補強材密度 ( $H/d$ ) 2~8、補強材長比 ( $L/H$ ) 0.25 const.  
 補強材挿入角度 水平、法線、鉛直の3方向

3. 計算手法

上記モデル実験より以下の事が確認された。

- ①補強効果は補強材密度、補強材長の増加とともに向上するが密度(長さ)以上では両者に比例関係はなく一定の値に集束する。
- ②補強材挿入角度については、水平方向、法線方向、鉛直方向の順に補強効果が高く現れた(破壊時水平震度:大)。但し水平方向と鉛直方向の差は少ない。また補強材長が同一の場合法線方向のものがすべり線は深く現れた。

以上を考慮して以下の仮定の基に分割法による安全率を試算した。ここで補強材の安全率への寄与をせん断抵抗力の増加として評価し、強度増加率 $R(\theta)$ なる関数を定義した。

$$S = c \cdot l + W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi \cdot R(\theta)$$

$R(\theta)$ は補強材挿入時の各種一面せん断試験の結果を鑑み、図-2の様な楕円関数により近似した。図-2で $\delta$ はせん断面に対する最適補強材挿入方向、 $a$ は主に補強材密度により決定される最大補強率でこれら2つのパラメーターを仮定して計算を行った。

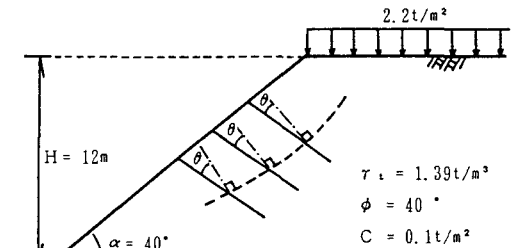


図-1 解析モデル

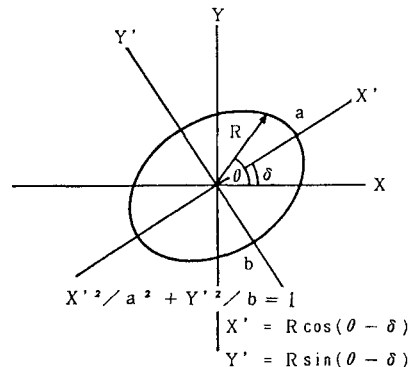


図-2 強度増加率 $R(\theta)$ の模式図

#### 4. 計算結果

a,  $\delta$ については龍岡らの報告から $a=1.2, \delta=30^\circ$ を採用した。図-3は水平震度0.00~0.20における無補強時、補強時(L/H=0.25, d/H=0.17, 補強材法線方向挿入) 各々の最小安全率についての計算結果である。実験時の破壊水平震度を安全率1.00として軸上にプロットした。図-3では若干計算結果が高いものとなったが概ね一致の傾向を見た。最小安全率におけるすべり線を図-4に示したが補強時のすべり線は補強材の最新部に到達するほどのものであり実験で得られたすべり線に比して深いものとなった。補強材挿入方向別による安全率の比較では、実験で得られたすべり線に対して水平、法線、鉛直の順で高い安全率が得られ実験を裏付ける結果となった。図-5はこのときのすべり線の法線と補強材のなす角度 $\theta$ が仮定した楕円関数 $R(\theta)$ においてどのような範囲に分布しているか示したものである。ここで $\theta$ が楕円の長軸方向に最も近く分布しているのは水平方向のものであり、これらからも今回の3種類の挿入方向においては水平方向が最も効果的である事は容易に想像しうる。図-6,7は水平および法線の各挿入方向における補強材長さと安全率Fsの関係を示したものである。図-6,7によればある一定の補強材長以上では補強効果が上がっていないが、これは実験結果を裏付けるものである。図-6と図-7の比較でL/Hが0.42以下では法線方向挿入が安全率において高い値を示しているが、これは法線方向挿入の方が同一補強材長でより深部まで改良されるためである。しかしL/Hが0.50を超えると水平方向挿入の方が安全率は向上しており補強材長、つまり改良深度が一定値以上では水平方向挿入がより効果的であることがわかる。補強材挿入角度については改良深度とすべり線とのなす角度を十分に考慮してその方向を決定する必要がある。また今回必要根入れ長に十分な検討を加えるに至っていないが、すべり線の補強材通過位置と補強材長の関係からこれらを明らかにする必要がある。

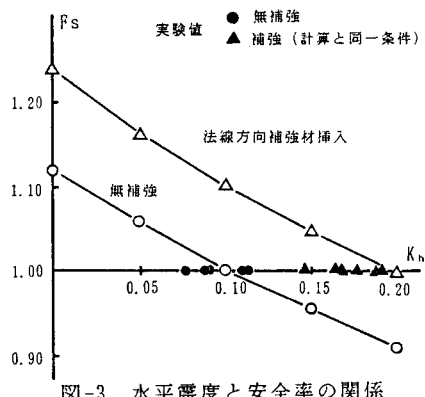


図-3 水平震度と安全率の関係

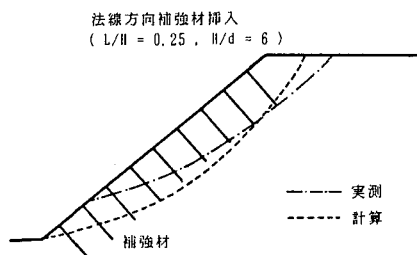


図-4 すべり線の比較 (計算&実測)

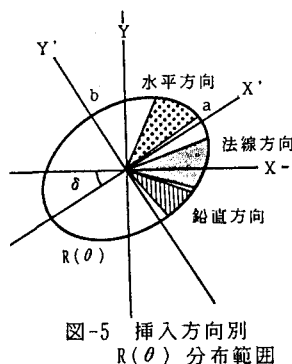


図-5 挿入方向別 R(θ) 分布範囲

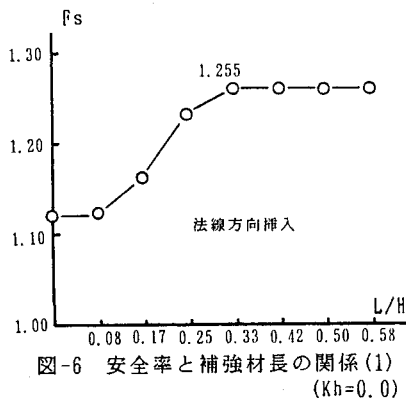


図-6 安全率と補強材長の関係(1) (Kh=0.0)

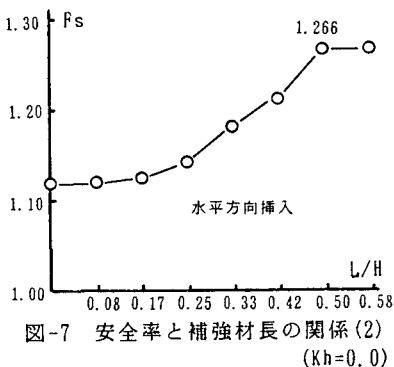


図-7 安全率と補強材長の関係(2) (Kh=0.0)

#### 5. おわりに

室内モデル実験の結果から、分割法を用いて安全率の近似を試みたが、今後根入れの問題や a,  $\delta$ のパラメーターサーベイ等解決しなければならない点は数多く残されている。しかしこれまで多くは経験による所の大きかった鉄筋補強土工の設計法に関して目安となるようなものが今回の方法で可能であると考え、今後十分に検証を行って行きたい。