

第 部門

鉄筋補強斜面の地震時変形挙動

関西大学 学生員 ○坂本岳志
 関西大学工学部 正会員 西形達明
 関西大学大学院 学生員 畔上 慧

1.はじめに

補強斜面における補強効果は基本的に変形に伴って発生しうるものである．したがって補強土工法においては，その変形量は非常に重要なものとなる．とくに，地震時における補強斜面の変形性能には十分な検討が必要である．そこで，地震時のすべり土塊の滑動変位量をニューマーク法により算出し，補強斜面の変形性能を評価することを試みた．また本研究では，補強材に発生する引張り力の効果（内的安定性）を考慮した解析手法をとっているが，求められた変形量より，補強領域内が擬似擁壁化する一体化現象との関連性についても検討を行うことにした．

2.解析概要

補強斜面の安定解析には図-1のような円弧すべりモデルを用いた．また表-1には円弧すべり解析条件を示す．ニューマーク法ではすべり土塊は剛体と仮定し，すべり面における応力-ひずみ関係は剛塑性としている．補強材の効果には引留め効果（ $T \cos \alpha$ ）と引締め効果（ $T \sin \alpha$ ）を抵抗側として考慮し，これに地震の作用である水平震度 K_h による項を加えた．結果的に抵抗モーメントと転倒モーメントの比で与えられる安全率 F_s は次のようになる．

$$F_s = \frac{\sum [(W \cos \alpha - K_h W \sin \alpha + T \sin \alpha) \tan \phi + cL + T \cos \alpha]}{\sum (W \sin \alpha + K_h W \cos \alpha)} \quad (1)$$

ここで，

W :すべり土塊重量(kN/m), α :斜面角度， ϕ :内部摩擦角，

c :粘着力(kN/m²)， L :スライスにおける弦の長さ(m)

である．

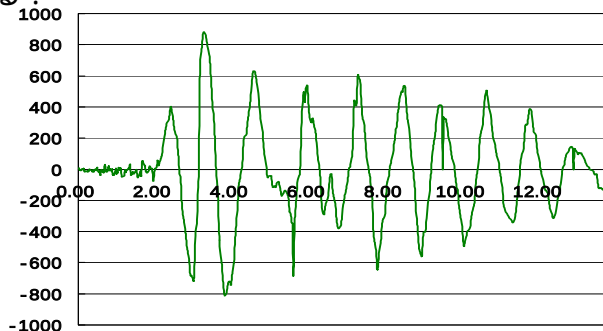


図-2 阪神大震災の加速度波形

滑動変位量の算定手順として，(1)式の安全率 = 1 となるとき K_h の値を求める必要がある．この値が降伏震度 K_y と呼ばれ，この値を超える加速度が作用すると変位が発生する．降伏震度 K_y を超える加速度 A とその作用時間 Δt より，滑動変位量を求めることができる．

また，地震時には図-2に示すような阪神大震災の加速度波形を用いこれを水平加速度 K_h として与えた．この波形を各最大加速度に縮小することで解析に使用した．

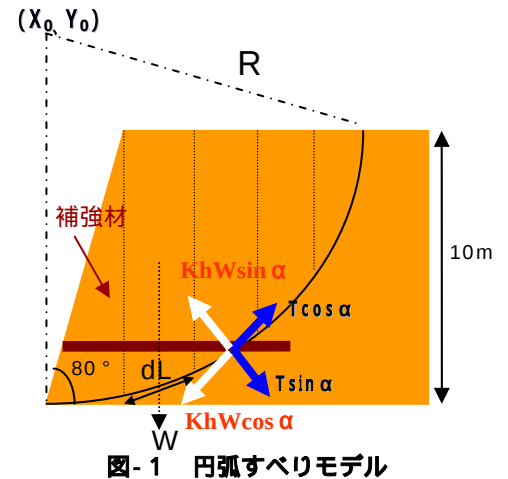


図-1 円弧すべりモデル

表-1 円弧すべり解析条件

項目	要素
ϕ (内部摩擦角) [°]	30, 32, 35, 37, 40
γ_t (単位体積重量) [kN/m ³]	16
c (粘着力) [kN/m ²]	15
補強材本数(本)	3, 4, 6, 9
補強材長さ(m)	6
補強材敷設角	水平
水平加速度[gal]	200, 300, 400, 800

3.解析結果

図-3 は斜面土の内部摩擦角と補強材本数の違いによる降伏震度の変化を示している。内部摩擦角の大きさによっても降伏震度値が異なるが、それよりも、補強材の本数とその降伏震度の値に大きく影響することがわかる。よって補強材を何本挿入すれば安定性を保てるか変位量と関連づけて検討する必要がある。

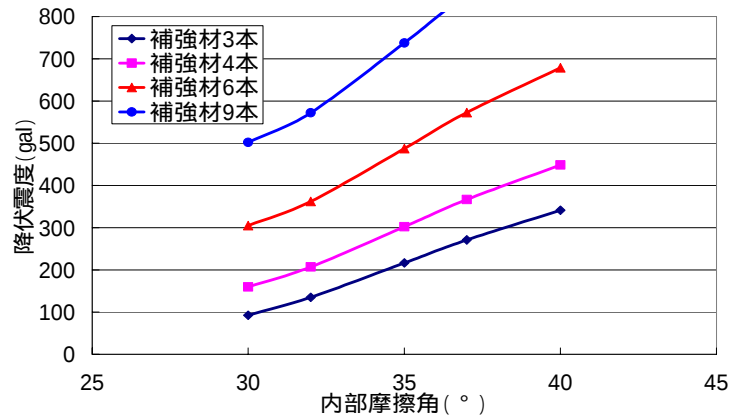


図-3 降伏震度の変化

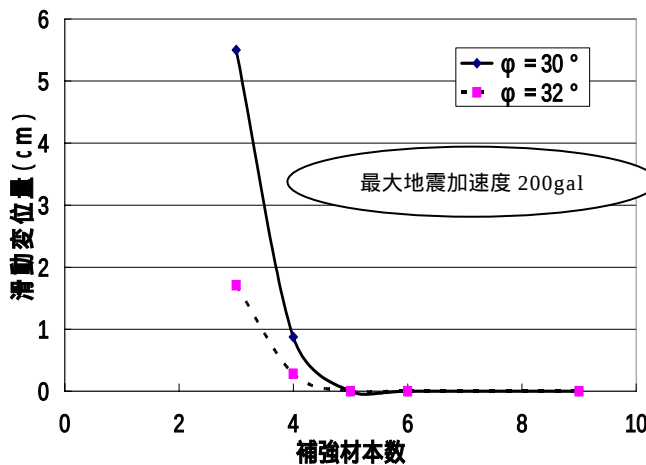


図-4 変位量と補強材本数の関係

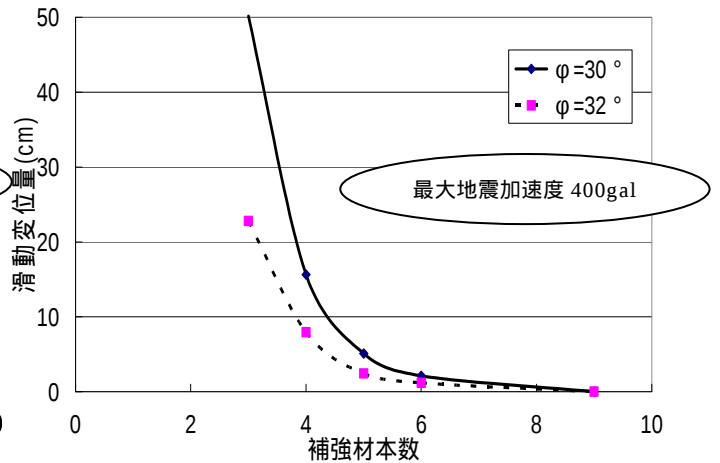


図-5 変位量と補強材本数の関係

図-4, 5 は $\phi = 30^\circ$, 32° の斜面において、それぞれ最大地震加速度 200gal, 400gal が作用したときの変位量と補強材本数の関係である。これらの図より、補強材本数が 4 本以上になると変位の量が急に小さくなり、補強材 6 本になると変位がほとんど発生していないことがわかる。このときの補強メカニズムについて考えると、補強材 4 本以下では、斜面の変形により補強材に引張り力が生じる内的安定性に関わる補強メカニズムとなっており、変形が微小となり補強領域内の擬似擁壁化が生じているものと考えられる。この場合には外的安定性による検討が重要となる。本解析では斜面高さを 10m としていることから、補強材が 6 本の場合の補強材間隔は約 1.4m となる。この値は現在経験的に多用される補強材間隔 (約 1.5m) にほぼ等しい。したがって、補強材を 1.5m 程度の間隔で打設すれば地震時においても安定性を保持できるものと考えられる。

図-6 は $\phi = 35^\circ$ の斜面における変位量と水平加速度の関係を示したものである。補強材 4 本に比べ 6 本以上挿入すると非常に大きい水平加速度 800gal が作用しても、変位を大きく抑制することができる。以上のことから、現行の経験的に用いられてきた補強材間隔は地震時に対しても妥当なものであると判断でき、このとき補強領域内では変形拘束効果が十分機能しているものと考えられる。

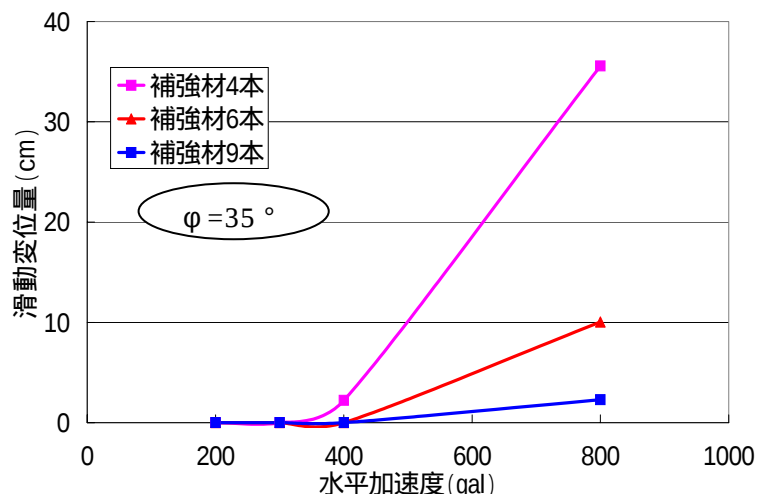


図-6 変位量と水平加速度の関係