

### 丸太を用いた斜面崩壊対策の数値解析による検討

飛鳥建設技術研究所 正会員 ○三輪 滋  
 飛鳥建設技術研究所 正会員 沼田 淳紀  
 飛鳥建設技術研究所 正会員 筒井 雅行

#### 1. 目的

南関東地域は、関東平野とは言いながら、樹枝状の細長い谷が台地の奥深く入り込む複雑な地形を有している。これは谷地と呼ばれ、軟弱地盤が厚く堆積している。台地と低地の境界は多くの場合急崖であり、地震時には、その地形効果による増幅や、ゆるみ層が存在する場合には被害の拡大が予想され、危険度評価や対策について検討する必要がある。一方で、著者らは、地球温暖化緩和策として、木材を地盤対策に積極的に活用することを提案している<sup>1)</sup>。そのひとつとして、広く分布する台地-低地境界の急斜面の崩壊対策に、地域で得られる材料の丸太を用いることを考え、その効果を確認するための基礎的な実験を行っている<sup>2)</sup>。ここでは、実験結果を数値解析で表現し、今後様々な条件でその効果を検討する足掛かりとする。

#### 2. 実験による検討<sup>2)</sup>

実験は、傾斜 45°の斜面を作成し、そのままの斜面の場合と、丸太による対策を施した場合について、土槽を水平方向に加振し斜面の挙動の比較を行った<sup>2)</sup>。使用した砂は珪砂7号で、含水比2%の不飽和状態で締固め度74%程度に締固めた。図-1に実験の模型を、表-1に数値解析で検討する実験ケースを示す。無対策に加え、それぞれ、法尻、斜面中腹に丸太(直径D=9mm)を垂直に深さ15cm、中心間隔3Dで設置した場合、法尻と斜面中腹の両方に設置した場合を検討した。スケールはおおよそ1/20を想定している。なお、実験の詳細は文献2)に詳しい。

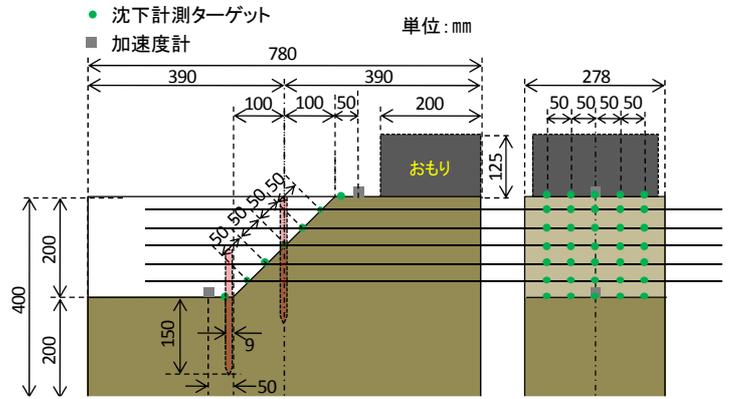


図-1 斜面の模型と対策工の配置

表-1 解析で検討した実験ケース

ケース No	実験ケース	丸太					地盤				
		直径 mm	打設間隔	貫入量 mm	位置	角度	材料名	傾斜°	飽和度	含水比 %	締固め度 %
1	無対策	-	-	-	-	-	珪砂7号	45°	不飽和	2	73.9
2	法尻に丸太(垂直、深さ3m、間隔3D)	9	3D	150	法尻	垂直	珪砂7号	45°	不飽和	2	73.9
3	斜面中腹に丸太(垂直、深さ3m、間隔3D)	9	3D	150	中央	垂直	珪砂7号	45°	不飽和	2	73.6
4	法尻+斜面中腹に丸太(垂直、深さ3m、間隔3D)	9	3D	150	法尻+法尻	垂直	珪砂7号	45°	不飽和	2	73.7

#### 3. 数値解析による効果の検討

様々な対策の効果と比較することに結び付けるため、実験結果を数値解析で評価することを試みた。解析コードはFLIP<sup>3)</sup>を用いた。図-2に解析モデルを示す。地盤は、マルチスプリング要素により1cm角のグリッドで、丸太、土槽型枠は線形梁要素でモデル化した。側方境界は土槽枠で拘束されるが左右に自由に動き、底面境界は完全固定とした。

表-2に解析モデルの物性値を示す。せん断波速度は、実験土槽の中心位置(土被り0.2m)で30m/sと非常に緩い状態であるが、これは有効拘束圧98kPaでは約80m/sに相当する。内部摩擦角は、実験結果の変形を再現できるようにパラメトリックに検討し、26°に設定した。

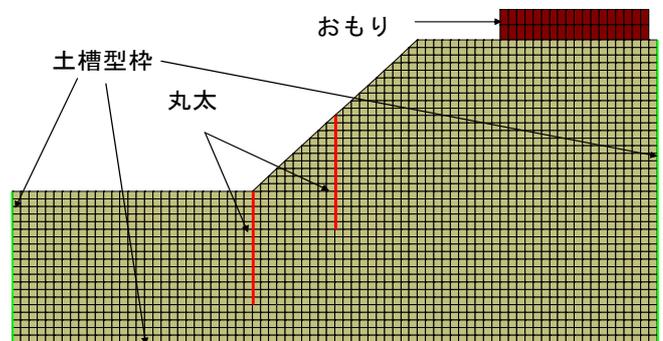


図-2 解析モデル

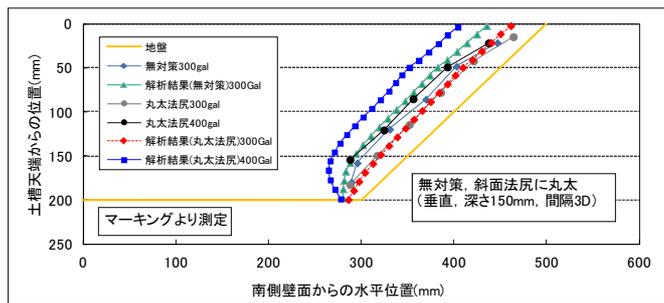
キーワード 斜面, 丸太, 地震, 斜面崩壊対策

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛鳥建設技術研究所 TEL04-7198-1365, FAX04-7198-7586

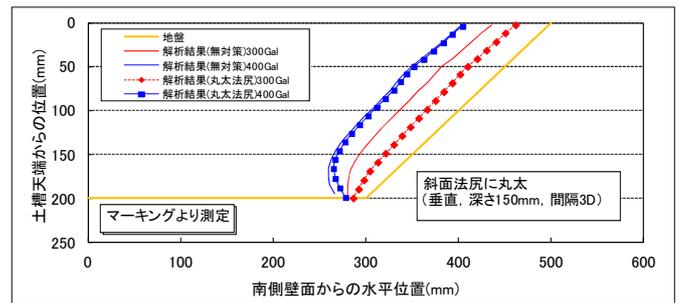
解析結果を図-3(a)に実験結果と合わせて示す。無対策(case1)の解析は300gal加振では、変形量はやや大きいものの変形モードを良く再現している。法尻に丸太を設置した場合(case2)は、300gal加振での変形量がほぼ一致し、400galではやや実験より大きい。地震動レベルが小さいほど変形が抑制され、また無対策よりも変形が抑制されている。これらの結果から、実験をほぼ再現できると判断し、各ケースを解析結果から比較する。図-3(b)-(d)に解析結果の比較を示す。case1と法尻と中腹に設置した場合(case4)では、200gal加振では差がなく、このレベルの加振では、斜面そのものの変形が進んでいないと考えられる。300gal加振では、対策により斜面全体で変形がおおよそ50%程度に抑制されている。400galでは斜面中腹から法尻にかけての変形抑制が顕著で、おおよそ70%程度に抑制されている。一方、それぞれ、法尻のみ(case2)、中腹のみ(case3)に設置した場合は、変形抑制効果は見られるものの、その効果は相対的に小さい。2つの位置に丸太を配置することで、その滑り面でのせん断抵抗を大きくすることに加え、挟み込みによる拘束の効果も期待できるのではないかと考えられる。これらの数値解析の結果は、実験結果と全くというまでは一致しないものの、それぞれの検討ケースに対して相対的に同様の結果であり、丸太の配置や地震動強度、地盤条件を変えた検討にも適用できる道筋ができたと考えられる。

表-2 解析モデルの物性値

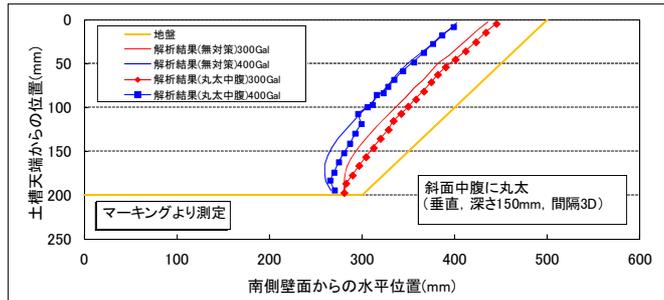
地盤	高さ		層厚	単位体積重量	有効上載圧	ポアソン比	間隙率
	(m)		H	$\gamma_t$	$\sigma_v^0$	$\nu$	
硅砂7号	上端	下端	(m)	( $\text{kN/m}^3$ )	(kPa)		
	0.4	0	0.4	12.2	2.44	0.33	0.45
粘着力	内部摩擦角	基準拘束圧	せん断波速度	初期基準せん断波速度	初期基準せん断剛性	最大減衰定数	
c	$\phi_f$	$\sigma_{ma}$	Vs	Vsma	Gma	hmax	
(kPa)	( $^\circ$ )	(kPa)	(m/sec)	(m/sec)	(kPa)		
0	26	98	30	81	8199	0.24	
丸太	直径	単位体積重量		ポアソン比		せん断剛性	
	(m)	(kN/m <sup>3</sup> )				(kPa)	
	0.09	3.3		0.4		$6.37 \times 10^5$	



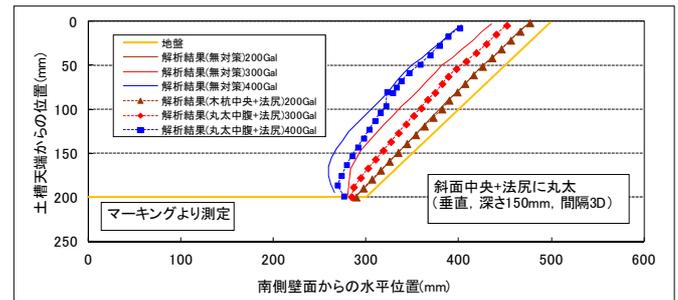
(a) 実験と解析の比較 (無対策, 法尻に丸太)



(b) 解析の比較 (無対策と法尻に丸太)



(c) 解析の比較 (無対策と斜面中腹に丸太)



(d) 解析の比較 (無対策と法尻・斜面中腹に丸太)

図-3 加振による斜面の変形

4. まとめ

台地-低地間に存在する急崖の崩壊対策として丸太打設を考え、基礎的な実験および数値解析で、斜面崩壊を抑制する効果を確認した。効果的な配置や設置の形状、深さなど更なる検討の道筋ができたと考える。

謝辞：本研究の一部は科学研究費補助金(基礎研究(B)課題番号 22310107)を活用し実施したものです。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 沼田淳紀, 上杉章雄: 地球温暖化対策のための木材利用の可能性について, 第14回地球環境シンポジウム, 土木学会, pp.97-102, 2006.
- 2) 三輪滋, 本山寛, 沼田淳紀: 丸太杭を利用した斜面崩壊対策の検討, 第66回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.581-582, 2011.
- 3) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, Soils and Foundations, Japan Geotechnical Society, Vol. 32, No. 2, pp. 1-15, 1992.