

斜面崩壊に対する直根型特殊竹（ホウライ竹）の補強効果

豊田工業高等専門学校 建設工学専攻
産木 株式会社
ニーズ
オアシス
琉球大学

久米啓介 伊東 孝 小林 睦
水留稔文
玉山 豊
奥田芳雄
赤木知之

1. はじめに

現在までの斜面安定に用いられている工法の多くは、コンクリートで斜面を覆うなどの人工材料によるものが大半を占めていた。しかし、環境への関心が高まる中で、環境に配慮した様々な工法が提案、実用化されている。

そこで本研究では、植物を用いた斜面安定工法の開発に資する力学的検証を行うために、新しい斜面補強材料として期待される直根型特殊竹（ホウライ竹）を実際に植栽し、植栽された地盤の斜面の力学特性を調べることによって、斜面の安定性に対する有効性を工学的に検討する。併せて一面せん断試験からも竹根による地盤への補強効果を検討する。

2. 直根型特殊竹（ホウライ竹）の特徴

通常の竹（モウソウチク、マダケ）は、単軸型と呼ばれ、地下茎が水平に成長し、そこから棹が伸びるため広範囲に繁殖する性質を示す。この性質により、斜面の表層域の重量が増し、表層すべりを誘発するために一般的に竹林の斜面は危険であるとされている。また、広範囲に繁殖するため、他の植生の生長を阻害し、多様性のある植生環境という点において問題が生じることが考えられる。このため、竹を斜面に植えるという事は避けるべきことであると考えられている。

しかし、この直根型特殊竹（ホウライ竹）は、通常の竹と異なり、根が垂直に成長する。これにより、一般の竹のように斜面の表層すべりを誘発することなく、杭と同じ働きを有する。また連軸型という図-1のように地下茎が横に伸びることなく、連続して繁殖するため、広範囲に広がり、他の植生を害することがない。また、竹を水中に入れて生育させると活発には生育しないが特に問題なく生育するため、池の中に植栽することにより水質浄化にも利用ができる。また、海水でも生育が可能であるため、海岸沿いや埋立地などの塩害の強い箇所での防風林、緑化工事にも適する。

鹿児島県での過去の施工事例として、土石流災害防止や湾の侵食防止、河川の護岸や防風林などに利用されている。

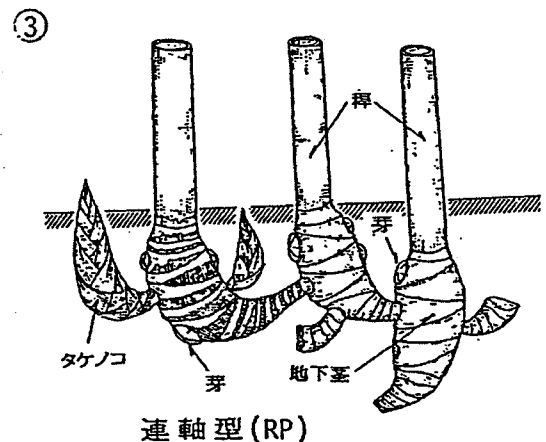


図-1 連軸型の竹根¹⁾

Effectiveness of the Hourai bamboo as the reinforcement of slope: Keisuke Kume (Toyota National College of Technology), Toshifumi Mizudome (Sanki), Yutaka Tamayama (NEEDS), Yoshio Okuda (Oasis), Takashi Ito, Makoto Kobayashi (Toyota National College of Technology), Tomoyuki Akagi (University of Ryukyus)

3. 斜面崩壊実験

直根型特殊竹であるハウライ竹が、斜面材料として選定した試料のマサ土上でどの様に生長し、その結果斜面安定にどのような影響を及ぼすか調べるために、実際に斜面を形成し、その崩壊実験を行った。使用したマサ土の基礎特性は以下に示すとおりである。

表-1 マサ土の基礎特性

マサ土	
ρ_s (g/cm ³)	2.23
最適含水比(%)	6.8
粘着力(kN/m ²)	5.2
内部摩擦角 ϕ	45.7

※ 粘着力、内部摩擦角は $\rho_d = 1.9\text{g/cm}^3$ 、含水比=7%の場合

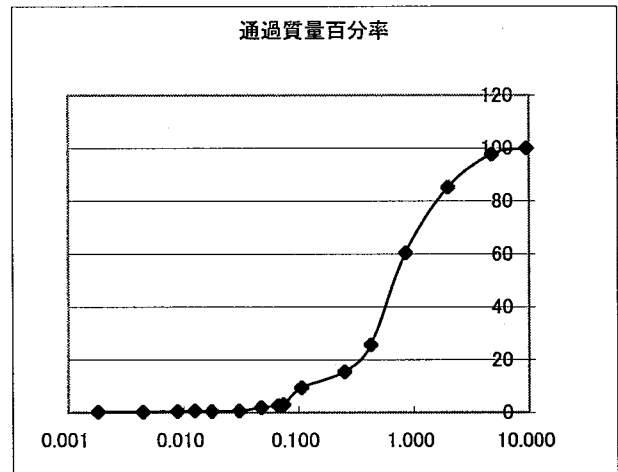


図-2 マサ土の粒径加積曲線

その他の使用材料として、L型擁壁3個、アクリル板、ラッカーを塗布した合板を使用した。模型概要はL型擁壁を3個、組み合わせて斜面用土留めを作り、その中に勾配1:1の人工斜面を築造した。斜面形成の為の盛土方法は、土を高さ15cm毎に転圧し、最終的にコーン貫入抵抗値が260N以上になるように基盤となる斜面を形成した。

この基盤斜面の中央部分を、写真-1に示すように幅70cmで深さ30cm程度のすべり円弧を描くような溝を掘り込んだ。その後、摩擦力を低減させるために、溝の内側の上部と下部の一部にアクリル板を敷き、側面の一部に合板を取り付けた。

これにより強制的に円弧すべり面を決定し、加えて、この強制すべり面の下部にマサ土を水洗いしたマサ砂を敷き詰めた上で、コーン貫入値が50~100N程度になるように盛土し、斜面を形成した。この形成した斜面に、崩壊時の斜面変状を測定するために、観察杭を20cmメッシュで25本を斜面に打ち込む(写真-2)。竹植栽斜面(写真-3)の場合は、これに加えて斜面中央部にハウライ竹を上下2本植栽し、約3ヶ月養生した。

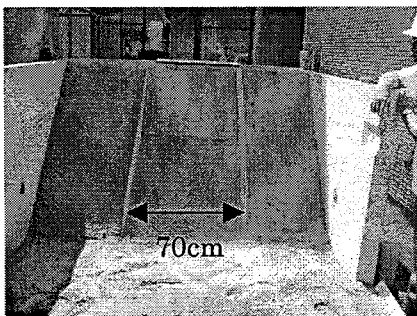


写真-1

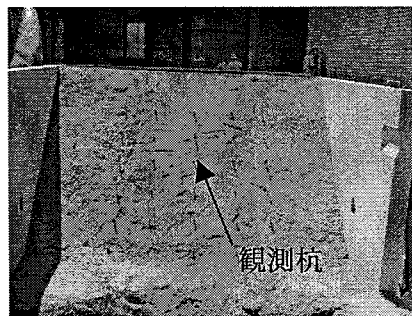


写真-2

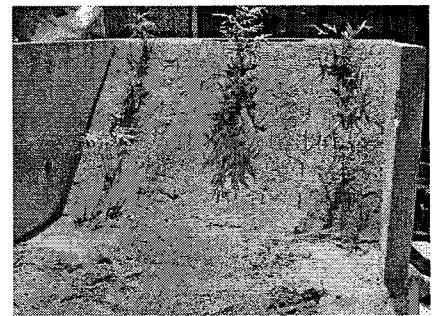


写真-3

斜面形成後、含水比測定と貫入試験を行う。斜面天端に載荷板(70×25cm²)を設置し200Nのコンクリートブロックを順次載荷する。載荷中は1000N毎に写真撮影と変位の測定を行う。崩壊後も同様の作業を行い、含水比を測定する。崩壊後の様子を写真-4, 5に示す。

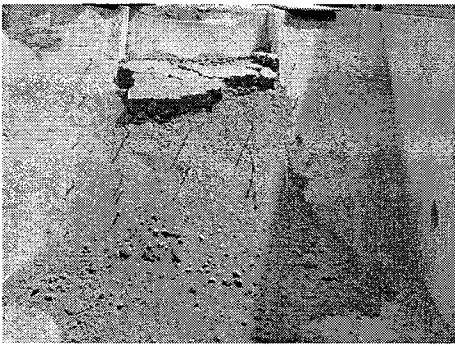


写真-4 未植栽斜面



写真-5 竹植栽斜面

このような手順で行った結果、未植栽斜面と植栽斜面の崩壊荷重は表-3に示す結果となった。未植栽斜面は荷重が最大で3500Nであったのに対し、植栽斜面では4100kNに増加している。これは、竹植栽効果として考えられる竹根のせん断抵抗と竹根による土塊の一体効果が影響していると推測される。

表-2 崩壊荷重

未植栽斜面 (N)				竹植栽斜面 (N)
No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 1
2400	2900	3300	3500	4100

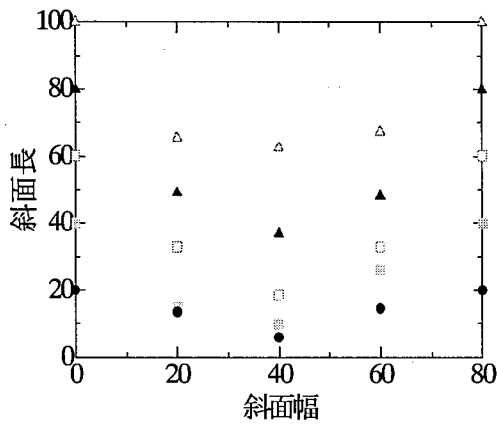


図-3 斜面の変位形状 (未植栽)

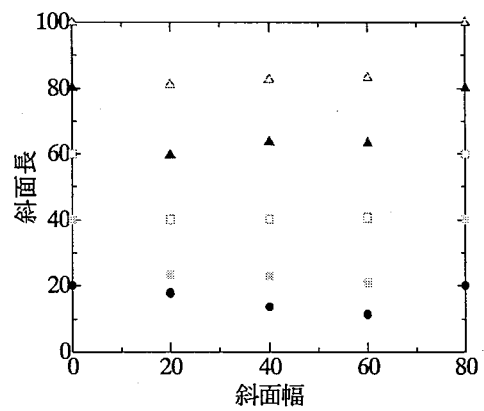


図-4 斜面の変位形状 (竹植栽)

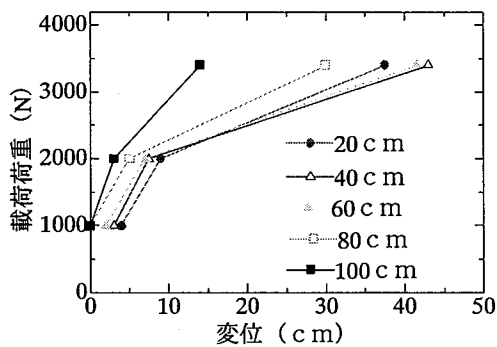


図-5 荷重変位曲線 (未植栽)

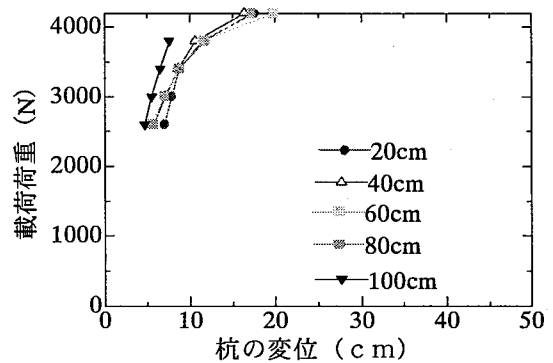


図-6 荷重変位曲線 (竹植栽)

図-3, 4 は、斜面に打ち込んだ観測杭の崩壊状態の位置を示している。

斜面幅の両端は不動点であり、中央の3つが強制すべり箇所を観察杭である。同色のものは、載荷前では同じ斜面長であることを示す。この図から、未植栽斜面よりも竹植栽斜面の方が変位が抑制されていることがわかる。

また、荷重変位曲線を図-5、図-6 に示す。グラフは斜面の各長さの変位を示したもので、図-5 は未植栽斜面の荷重変位曲線であり、最終変位は位置によって大きな差が出た。一方、図-6 である植栽斜面では荷重変位曲線がどの部分でもほぼ同じ傾向を示しており、このことはすべり土塊が植栽によって一体化していることを示し、加えて、変位量も全体的に減少している。

この結果を元に、特殊竹の植栽効果を斜面の分割法によって求めた。本研究では、竹根の効果を粘着力 C で評価した。その結果、表-4 のような値が得られ、約 20% 程度の粘着力の増加が見込まれた。

表-3 粘着力の比較

	植栽前	植栽後
粘着力 C (kN/m ²)	7.03	8.71

4. 一面せん断試験

竹根の効果の有無を一面せん断試験からも評価を行った。実験は、通常のせん断試験と図-6 に示すように、竹根を入れた供試体を用いた試験を行い、この二つを比較することで評価をした。

実験結果は表-4 に示すとおりで、 $\rho_d = 2.25\text{g/cm}^3$ 、含水比 = 10% で実験を行った場合、土のみの供試体が $C = 45.0\text{kN/cm}^2$ 、 $\phi = 50.6^\circ$ となり、竹根混入の供試体が $C = 55.5\text{kN/m}^2$ 、 $\phi = 49.5^\circ$ となった。この結果から摩擦角が変化せず、粘着力が増大していることが分かる。従って、竹根が粘着成分として強度増加に寄与しているといえる。

表-4 一面せん断試験結果

供試体	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
根混入	55.0	49.5
土のみ	45.0	50.6

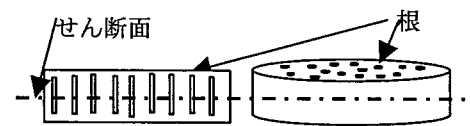


図-7 竹根入り供試体(正面図、斜め上図)

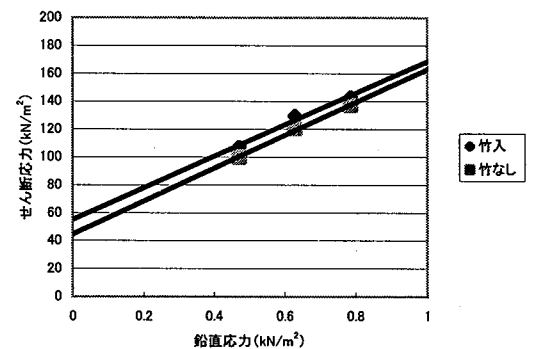


図-8 一面せん断試験結果グラフ

5. まとめ

1. 斜面崩壊実験を行った結果、直根型特殊竹の斜面植栽効果として、崩壊荷重が増加した。
2. 斜面崩壊実験結果から、竹植栽斜面は未植栽斜面と比して、斜面全体の変位量が減少し、竹根の一体効果によって変位のばらつきが減少した。
3. 一面せん断試験においても、竹根が混入されることで、粘着力が上昇し内部摩擦角がほぼ同等だったため、強度が上昇した。

これにより、直根型特殊竹を植栽することで斜面の安定化を図ることが可能であるといえる。

<参考文献>

- 1) 渡辺政俊：生態的立場から見た竹林施業に関する基礎的研究 1987 日本の竹を守る会 P10-12