

燻煙竹材を用いた補強土壁事例と砂防施設への応用

株式会社共生 ○佐々木孝子・棟本敏広  
 京都大学名誉教授 水山高久

1. はじめに

古来、竹材は、土壁の木舞をはじめ一般的に使用されてきた。戦前には鉄筋の代わりに竹筋コンクリートとして橋梁の構築にも使用されている。鉄鋼材が普及されていない時代では、竹材が建設材料として利用されることは当然のことであった。

その後は工業材料が普及し、竹材の需要は減少した。需要が減少する一方で生育が著しい竹は放置され、里山等の放置竹林が周囲の森を枯らす問題も起きている。

図-1 に示すように、特に竹林保有面積の大きい九州では放置竹林が土砂災害を誘発する要因となっており、近年多発する想定を超える規模の豪雨災害に対して竹林の整備は急務である。

そこで、竹材の有効活用が期待できる、燻煙竹材を用いた補強土壁事例と応急対策工など砂防施設への応用案について紹介する。

2. 竹材の燻煙処理と特長

2.1 燻煙処理

竹材に燻煙処理を施すことによって、竹の三悪といわれるカビ・虫・割れを防ぎ、強度と耐久性が向上する。2005 年愛・地球博において長久手日本館竹ケージの建設時に行われた耐久性試験の結果によれば、燻煙処理が最も効果的であったことが実証されている。燻煙処理 (EDS 加工) が行われた竹材の様相は、図-2 に示すとおりである。

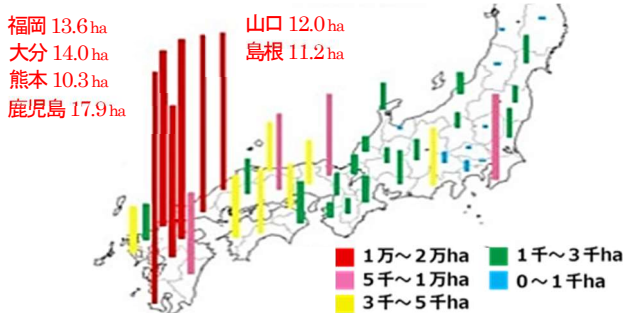


図-1 全国の県別竹林保有面積 (2017 年)



図-2 燻煙処理 (EDS 加工) 前後の竹材の様相

2.2 力学的な特長

竹材の引張強度特性は、鉄筋とジオグリッドの中間的な特性を示し、木材と比べて 2~5 倍大きく、铸铁並みの引張強度を持つ。図-3 に示すように、壁面材との連結部強度についても引張試験で確認した。また、引張補強材として使用するときの四つ割板材では、竹の節がいわゆるリブの役目をはたし、図-4 に示すように、摩擦係数はテールアルメの補強材を上回ることが分かる。

3 年前に施工したバンブーウォールを掘り起こした竹補強材の状態を図-5 に示す。地表から 60cm の深さに設置した竹補強材は、割れや腐朽の発生がまったくみられず健全な状態であった。

3. 竹補強土壁 (バンブーウォール) の構造と施工事例

3.1 構造概要 (図-6 参照)

竹補強土壁は、エキスパンドメタル L 型壁面材と盛土内に配置した竹補強材をボルトで連結した摩擦抵抗式の補強土壁工法であり、壁面材には竹植栽ポットの取付けも可能である。

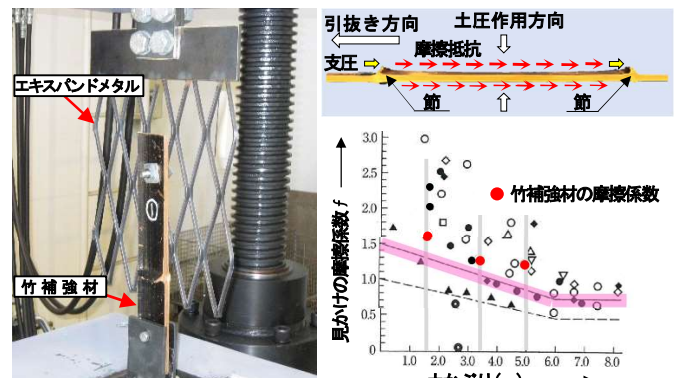


図-3 竹補強材連結部の引張強度試験

図-4 竹補強材の摩擦抵抗特性

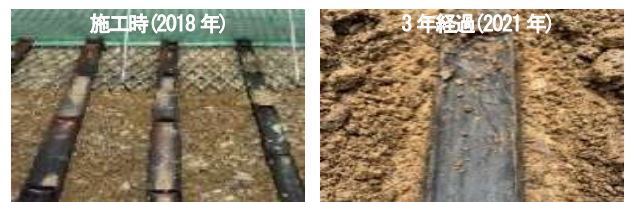


図-5 土中 3 年後の竹補強材状態

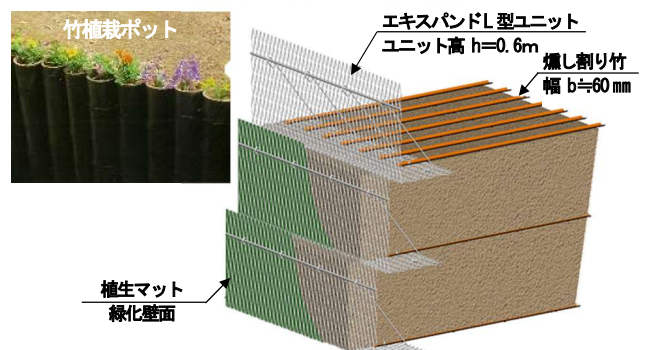


図-6 竹補強土壁 (バンブーウォール) の構造概要



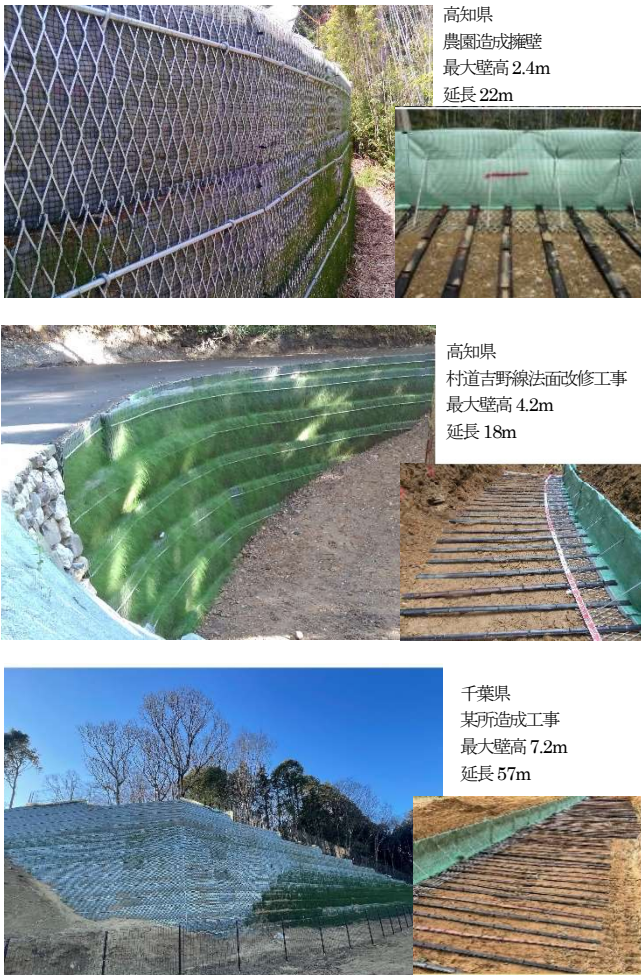


図-7 竹補強土壁（バンブーウォール）の施工事例

竹補強材の許容引張応力度については、燻煙処理による強度の増大分を考慮せずに、強度のバラツキの最小値に対して安全率 4.0 を見込むなど十分な安全性に配慮した値として  $30\text{N/mm}^2$  を採用している。

### 3.2 施工事例

竹補強土壁（バンブーウォール）の 3 例の施工事例を図-7 に示す。竹補強材の施工性については、これまで多く施工されてきたアンカー鉄筋や EX の補強材と比べても、同等程度に容易で特に問題はなかった。壁面材との連結や盛土施工についても一般的な補強土壁と同様だった。

## 4. 竹補強土構造の砂防施設への応用案

### ① バンブーDW 応急対策工

竹補強土壁の裏にも鋼製壁面材を付けた DW 構造にすれば、図-8 上に示すように堰堤施工現場の上流に設けられる応急対策工として利用できる。その場合の鋼製壁面材としては軽量鋼矢板あるいはスラブプレートを使用する。

### ② バンブーINSEM-DW

INSEM-DW で使用する多段タイ材を異形棒鋼から竹補強材にすれば、図-8 下の堤体で示すようなバンブー INSEM-DW になる。中詰材を INSEM にすることで、竹補強材の耐久性がさらに向上すると考えられる。

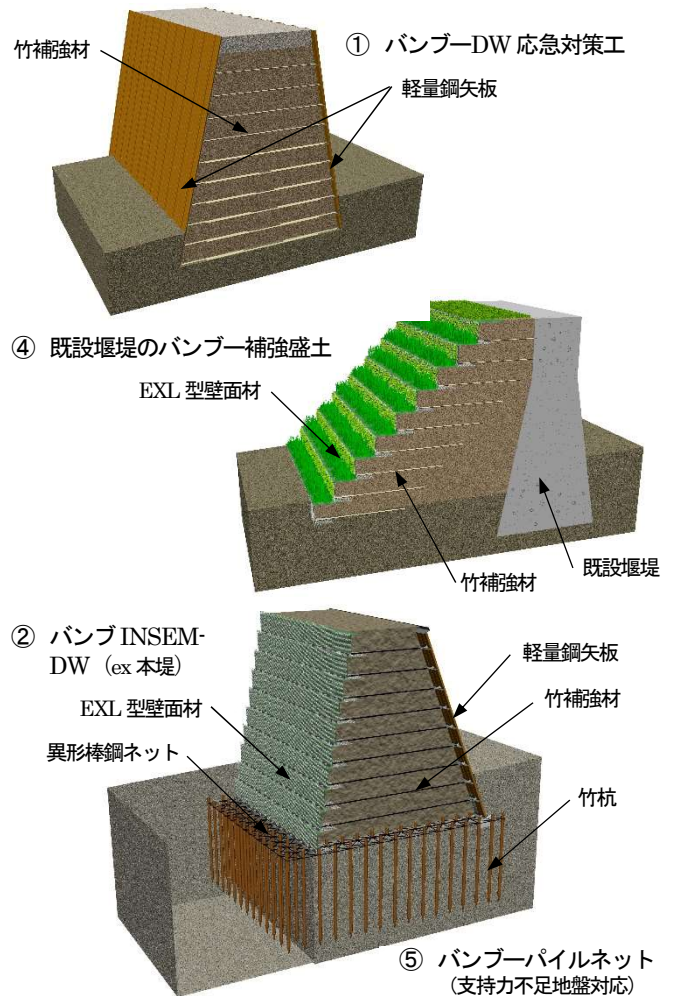


図-8 竹補強土構造の砂防施設への応用案

### ③ 工事用道路（管理用道路）

図-7 の竹補強土壁については、そのまま砂防施設の管理用道路、工事用道路などへ利用できる。

### ④ 既設堰堤のバンブー補強盛土

図-8 中に示すように、既設堰堤の安定性が不足するような非越流部堤体の直下流に、1:0.5~1.0 程度の下流面勾配で竹補強盛土を設置すれば、容易に堤体の補強ができる。

### ⑤ バンブーパイルネット工法

盛土の軟弱地盤対策として施工されるパイルネット工法の本杭の代わりに竹杭を用いれば、図-8 下に示すように、低堰堤の支持力不足を改善する有効な基礎工法になる。その際の杭頭については異形棒鋼でネット状に連結する。

## 5. おわりに

竹補強材を用いた補強土壁や DW 構造等は砂防分野におけるグリーンインフラとしての典型的な構造物のひとつとして考えられる。竹材が土木建設資材としても優れるという認識を普及し、荒廃・拡大する放置竹林の整備の方途のひとつとしてもその利用拡大に努めたい。

## 参考文献

- 1) 佐々木ら:竹材を利用した砂防施設等の実現可能性、平成 29 年度砂防学会研究発表概要集、R3-20
- 2) 林野庁:竹の利活用推進に向けて(平成 30 年 10 月)