

(別紙様式第7号)

学位論文審査の結果の要旨

氏名	PANGANAYI CLEOPATRA
審査委員	<p>主査 緒方 英彦 (印)</p> <p>副査 北村 義信 (印)</p> <p>副査 野中 資博 (印)</p> <p>副査 喜多 威知郎 (印)</p> <p>副査 猪迫 耕二 (印)</p>
題目	<p>Study on the Improvement of the Serviceability Performance of Earth Hydraulic Structures by using High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites (複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料による土構造水利施設の使用性の向上に関する研究)</p>
<p>審査結果の要旨 (2,000字以内)</p> <p>本学位論文は、土構造水利施設の使用性の向上を図ることを目的として、水利施設の表面にセメント系材料である複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料(以下、HPFRCC)を薄層で施工することで、雑草木繁茂の抑制及び表面粗度の改善の効果を評価したものである。ここで、対象とした土構造の水利施設は、貯水施設であるため池及び発展途上国における通水施設の土水路である。</p> <p>ため池の堤体に繁茂している雑草木は、地下茎がひび割れやパイピングを起こす原因、地上茎が堤体の変状の観察を難しくする原因となり、一般的な供用環境下におけるため池の使用性を低下させる。これらの問題を解決する手段の一つとしては、堤体の表面を被覆し雑草木の繁茂を抑制することであるが、一般に用いられる合成ゴムや合成樹脂、アスファルトなどによる被覆は、供用中の自然環境の変化に起因して起こる材料の劣化、土との変形量の違いによる亀裂の発生などの懸念がある。一方、重量のある維持管理用機材の搬入が可能になる剛性材料であるセメント系材料で堤体の表面を被覆し、雑草木の繁茂を抑制する方法が考えられるが、一般的なセメント系材料は脆性挙動でありひび割れ幅の制御ができない等の問題があることから、土構造の被覆材としては適さない。そこで、本研究では、セメント系材料でありながら高靱性であり変形追従性に優れているHPFRCCを被覆材とすることで、土構造水利施設であるため池の雑草木繁茂抑制効果について評価を行っている。</p> <p>本研究で使用したHPFRCCは、高靱性セメント複合材料であるECC(Engineered Cementitious Composites)である。ECCの雑草木繁茂抑制効果は、屋外での実証試験、屋内における遮光性試験により評価され、屋外の実証試験では、雑草試験区と竹試験区の2つを設けて2年間に渡る試験が行われている。各試験区では、まず地上部の雑草及び竹を切断し、その上にECC及びモルタルを板厚を変えて打設して試験体とし、試験体の中に埋設したひずみ計により雑草及び竹の地下茎の成長による被覆材の変形を評価している。屋内における遮光性試験では、屋外試験と同じ板厚のECC板及びモルタル板を作製し、載荷装置で導入したひび割れを透過する光量を評価している。</p> <p>その結果、遮光性試験からは、いずれの板厚でも平均ひび割れ幅が0.1mm以下になるECCの遮光性は非常に高く、透過光量は竹の光合成に必要な最小輝度を著しく下回ることが明らかにしている。これは、平均ひび割れ幅が小さいだけでなく、ECCの中に混入されている短繊維(ビニロン繊維)がひび割れの空隙における光の透過を妨げているからである。次に、屋外での実証試験からは、ECC板</p>	

において雑草及び竹の貫通繁茂は見られないことを確認するとともに、ECC板のひずみはモルタル板よりも小さくなることを確認している。これは、ECCがモルタルよりも著しく高い曲げ変形能力を有しているために、試験体下の地下茎の成長にECCが追従しているからである。また、一般的なセメント系材料では、発生したひび割れの中に飛来種子が根付き雑草が繁茂するが、ECCに発生するひび割れは微細であるために表面に飛来種子による雑草繁茂がないことも確認されている。

このように雑草木繁茂抑制効果が評価されたECCではあるが、雑草木を切断する時に溶出する有機酸がECCの硬化に悪影響を及ぼすことが明らかになったために、竹の導管液の中に含まれているガラクトン酸を混入したECCとモルタルの凝結・硬化特性の評価を実施している。その結果、ECCとモルタルの両者とも水和反応が抑制され、凝結時間が著しく伸びるだけでなく強度が著しく低下することが明らかになったが、その程度はECCの方が軽いことを試験により証明している。

一方、土構造水利施設においては、表面における雑草木繁茂が施設の使用性を確保する上で問題になるだけでなく、水による表面土の侵食、侵食による表面粗度の増加も重要な問題である。特に発展途上国の水路は、土水路であるのが多いことから非常に重要な問題になる。そこで、変形追従性に優れ雑草木繁茂抑制効果もあるECCを土水路の表面に薄厚で敷設することで、表面土の侵食の抑制及び侵食による表面粗度の改善に関する評価を行っている。この試験は、実際の水路背面の状況を模擬するために、ドレーン層としての礫層の上にECCを打設して作製した試験体、ドレーン層としての礫層の上に吸い出し防止材としてのジオテキスタイルを挿入しその上にECCを打設して作製した試験体の2つで行われている。そして、実際の土水路には不等分布荷重が作用することを踏まえ、荷重装置により試験体に不等分布荷重を載荷し試験体表面のプロファイルを測定することで、ECCによる表面粗度改善効果について評価を行っている。その結果、ECCには高い変形追従性があるため、直下が礫層の場合には、礫層の空隙にECCが入り礫の形状がECC表面に表れることで粗度が増加するが、ECCと礫層の間にジオテキスタイルを挿入すれば、不等分布荷重が作用したとしても表面プロファイルの変化が緩和されることを明らかにしている。

最後に、ECCはコストが高いためにその使用範囲が限定されているが、雑草木繁茂抑制効果及び表面粗度改善効果を得るためには薄厚の施工で十分であり、補修・補強に必要な材料の体積を含めた上で他の材料とコスト比較をするならば大きな増加にはならず、Life Cycle Costの観点からも総合的にはコスト削減を図ることができることを示している。

土構造水利施設においては、雑草木の繁茂及び水に接している面の侵食と粗度の増加が常に直面する問題である。本論文は、セメント系材料でありながら高靱性であり変形追従性に優れているHPFRCCを被覆材とすることで、土構造水利施設が抱える問題の解決を図ることを目的として取り組まれたものであり、その成果は多くの土構造水利施設の使用性の向上に貢献するものである。特に発展途上国の水利施設の機能保全と長寿命化に大きく寄与するものと期待される。したがって、本論文は、学位論文として十分な価値を有するものと判定できる。