

高靱性セメント系繊維補強複合材料を用いた水路補修工法の開発 Application of ECC to surface renovation of canal

○陳 星^{*}，上野和広^{**}，長束 勇^{*}，石井将幸^{*}，坂田 昇^{***}，平石剛紀^{***}
CHEN Xing^{*}，UENO Kazuhiro^{**}，NATSUKA Isamu^{*}，ISHII Masayuki^{*}，SAKATA Noboru^{***}，HIRAISHI Masanori^{***}

1. はじめに

農業用水路には、部材と部材の継ぎ目（目地）が存在する。老朽化した水路では目地部が劣化し、漏水による水利用機能の低下が問題になっている。低下した水路の機能回復を目的として適用される補修工法の一つに、表面被覆工法がある。この工法は、水路躯体表面に表面被覆材による層を形成させ、防水性および耐久性を向上させる工法である。しかし、従来表面被覆材として用いられていたモルタルあるいはコンクリートなどの材料は、温度変化に伴う目地幅の変動に対応できず、被覆材料に割れが発生する（ゼロスパン現象）といった、再劣化を生じる。

一方、ゼロスパン現象に対して抵抗性を示す表面被覆材として、ひび割れ分散性を有する高靱性セメント系繊維補強複合材料（ECC）について研究が進められており、目地幅の変動に起因する引張応力に関しては、ひび割れ分散性により、水密性が維持できると考えられている¹⁾。しかし、表面被覆材を薄厚で適用する場合は、水路躯体の膨張に伴う目地部での局所的な圧縮応力の発生により目地上部のECCに座屈が生じる恐れがある。

そこで本研究では、目地部における局所的な圧縮応力を軽減する手法として、図-1に示すような目地部分を跨いだ切り込みの設置を提案し、その有効性について検討した。目地部分の部材厚が大きくなることから、目地部に集中する圧縮応力が軽減し、座屈を避けることができると考えられる。検討手法には数

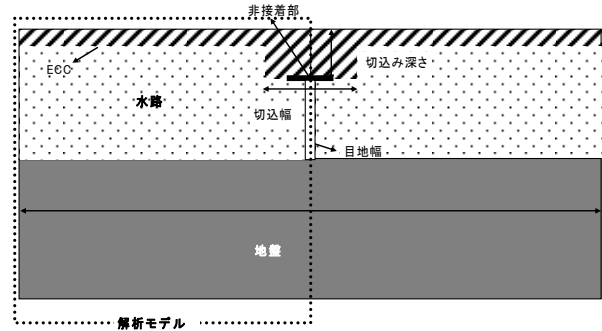


図-1 上方からみた水路断面図

Cross section of canal wall with surface renovation
値解析を用い、本手法適用時の目地部での圧縮応力の軽減の度合い、およびECC切り込み幅と切り込み深さの相違による影響について評価した。

2. FEMによる弾性解析

数値解析にはASTEA MACS Ver.4を用いた。寸法は、ECC薄厚補修部の厚さ5mm、水路スパン長さ9,000mm、水路壁厚さ150mm、目地幅10mm、ECCの設計圧縮応力は40N/mm²とした。ECCの切り込み部分の幅を水路スパンLに対して0.01L~0.05Lの範囲で、ECC切り込み深さを水路スパンLに対して0.002L~0.006Lの範囲で変化させて数値解析を行った。以下に各ケースの切り込み幅および深さを示す。①幅200mm、深さ50mm、②幅200mm、深さ20mm、③幅200mm、深さ30mm、④幅200mm、深さ40mm、⑤幅100mm、深さ50mm、⑥幅300mm、深さ50mm、⑦幅400mm、深さ50mm。なお、切り込み設けない場合も解析した。解析モデルは図-1に示すとおりであり、非接着部の長さはECCの切り込み幅の半分と

^{*} 島根大学生物資源科学部，Faculty of Life and Environmental Science，Shimane University，

^{**} 島根大学大学院生物資源科学研究科，Graduate school of Life and Environmental Science，Shimane University，

^{***} 鹿島技術研究所，KAJIMA Technical Research Institute，

キーワード：圧縮応力，高靱性セメント複合材料（ECC），進行性破壊

した。

3. 結果と考察

切り込みなしの場合に発生した被覆材の最大圧縮応力が 167.36 N/mm^2 であることにに対し、切り込みを設けた場合の各ケースに発生した圧縮応力は $81.59 \sim 92.96 \text{ N/mm}^2$ である。確かに切り込みを設けることにより、最大発生応力が小さくなった。しかし、どのケースも目地の直上部において ECC に期待できる圧縮強度 (40 N/mm^2) よりも大きな応力が発生した。また、図-2 にケース①の例を示すように、水路躯体が流水側に押し出される曲げ変形を生じ、各ケースの最大変位量は $0.9 \sim 1.5 \text{ mm}$ となった。曲げ変形が生じる理由は、水路躯体が膨張する際、

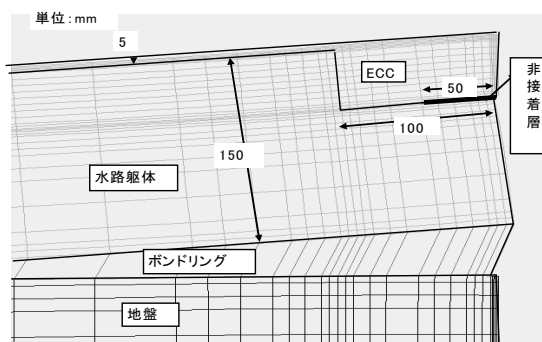


図-2 水路変形図 (ケース①)
Deformation of renovated canal wall

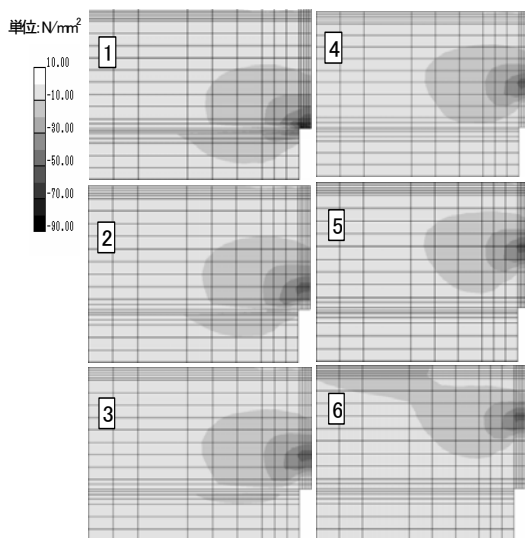


図-3 圧縮力による進行性破壊
Process of destruction by compression

水路目地部は空洞であるので反力を持たないことから被覆部材 ECC の目地直上部に圧縮力が局部的に作用し、その結果、目地直上部の被覆材の流水側部は曲げによる引張力が生じるためである。

そこで、ECC の圧縮強度を越える部分は破壊されたと考え、逐次解析をしたところ、圧壊領域が次々と目地直上部から流水側に移動することが分かった。図-3 には一例として、ケース①のときに発生する圧縮応力を示す。色の濃い部分は 40 N/mm^2 以上の圧縮応力が発生した領域である。これより、水路目地部の ECC には進行性破壊が生じ、単なる切り込みを設けることだけでは、ひび割れの再発生を防ぐことができないことが明らかとなった。

目地直上部の曲げ変形を抑えるためには、目地部分の空洞を埋めることが有効であると考えられる。理由は、空洞を埋めることにより、局部に集中した圧縮力を水路断面全体に持たせて応力を分散させることが期待できるからである。解析の結果では、間詰めにコンクリートの $1/1,000$ という小さな弾性係数の材料を用いても、発生する圧縮応力は ECC の圧縮強度より小さく、座屈が起こらない。したがって、水路を補修する際には、目地部の処理も必要であると考えられる。

4. 今後の課題

今回の解析は弾性解析である。今後の解析においては、ひび割れの進展が表現できる解析モデルを構築し、繰返し荷重が作用する場合の状況を解析する予定である。その結果を踏まえて、最適な切り込み幅と深さ、目地部充填材の所要物性値を決定する予定である。

参考文献

- 1) 上野和広, 長束勇, 石井将幸, 野中資博: 高靱性セメント複合材料が有するひび割れ分散性の透水量低減効果, 平成 18 年度農業土木学会大会講演会講演要旨集, pp.584-585(2006)