

# ゴム弾性を活用した水路目地補修工法の開発

長東 勇\* 渡嘉敷勝\*\* 森 充広\*\* 石神暁郎\*\*\*

\*島根大学生物資源科学部（前（独）農業工学研究所），〒690-8504 島根県松江市西川津町 1060

\*\*（独）農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所，〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

\*\*\*ショーボンド建設株式会社，〒305-0003 茨城県つくば市桜 1-17

## 要 旨

既設コンクリート躯体を活用して水路を更新しようとする場合、目地部における効果的な漏水防止補修技術が必要となる。筆者らは、合成ゴムの有する高弾性に着目し、目地材の断面形状を工夫することにより、目地機能の安定性・持続性、目地補修の省力化が可能な工法開発を進めている。多様な断面形状の目地材について目地挿入完了時および最大圧縮変形時の応力状態を FEM 解析により調べたところ、適切な空隙量を有する中空リム構造とすれば、目地が伸縮しても目地材の水路側表面には引張応力が発生しないことが判明した。一般にゴムが引張された状態では大気中のオゾンによる劣化を受けるが、オゾンにさらされる目地の水路側表面は常に圧縮応力状態に維持されることから、高耐久性が期待できると考えられる。

キーワード：水路，目地，補修，合成ゴム，FEM，オゾン劣化

## 1. はじめに

水利施設の更新を事業目的とする幾つかの国営土地改良事業全体実施設計地区あるいは事業着工地区において筆者らが行った現地調査によると、水路目地材の劣化や欠損により漏水が発生し、水路の水利用機能が著しく損なわれている事例が多く見受けられる (Fig.1)。従来、このような状況において、現状のコンクリート水路躯体そのものには補修や補強を必要とする変状がみられない場合、あるいは水路躯体を補修すれば既設躯体を活用できる場合には、目地部近傍の躯体を取り壊して止水板を再設置し躯体の部分再打設を行うといった方法 (Fig.2) や、また近年では、劣化した目地材を取り除いてセメント系モルタル材や弾性シーリング材を充填するといった比較的簡易な方法、あるいは FRP 板などの材料により目地部全体を被覆する方法などにより補修されている。しかし、これらの補修方法では、躯体の温度変化による伸縮に補

修目地材が追従できず再損傷を生じる事例 (石神ら, 2006) もあることから、目地機能の安定性・持続性、さらには目地補修の省力化が可能な工法開発が望まれている。

そこで、筆者らは、前 (独) 農業工学研究所が 30 数年にわたって研究開発を行ってきたジオメンブレンを用いた表面遮水工法における知見 (長東, 1999) と、共同研究の相手方である民間会社が開発した高弾性ゴムとエポキシ樹脂との組み合わせによるゴムの残留応力を利用した目地止水工法 (以降、残留応力目地工法と呼ぶ) の施工経験 (小俣ら, 2004) に基づき、新たな水路目地補修工法 (以降、応力機能目地工法と呼ぶ) の開発を進めている (長東ら, 2006)。その特長は、目地が伸縮しても高弾性ゴムを使用した目地材の水路側表面には引張応力が発生しないこと、かつ残留応力目地工法における接着剤固化待ちという工程を省略できることである。なお、前者の高耐久性は、一般にゴムが引張された状態では大気



Fig.1 目地材の欠損と目地部からの漏水

Defect of joint filler and water leakage through the joint of canal



Fig.2 目地部補修の例

Example of repair for joint of canal

中のオゾンによる劣化を受けるが、オゾンにさらされる目地の水路側表面は常に圧縮応力状態に維持される断面形状を数値解析で追求した結果により得られた性能である。

本論は、応力機能目地工法の開発の背景と目地に使用した材料の選定理由を述べた上で、多様な断面形状の目地の挿入完了時および最大圧縮変形時の応力状態を FEM 解析により調べ、目地が伸縮しても目地材の水路側表面には引張応力が発生しない断面形状の決定方法を論じたものである。

## 2. 新しい目地補修工法開発の背景

### 2.1 目地補修工法開発の必要性

Fig.3 は、中国四国農政局が四国地方において全体実施設計中である A 地区管内の 3 幹線水路(総延長 10,180m, 重力式無筋コンクリート擁壁型水路)について、所管の調査管理事務所が目地の状況と側壁のひび割れ状況を調べた結果を整理したものである。なお、それぞれのランク I, II, III の劣化状況区分指標は、Table 1 のとおりとされている。この調査結果によれば、A 地区では、ひび割れ評価がランク I と判定された総延長のうち、その 74.7% が目地状況評価ではランク III と判定されていることから、側壁に補修を要する変状が発生していない水路区間のうち目地を補修する必要がある水路区間が約 3/4 と極めて多いことがわかる。

また、Fig.4 は、同じく中国四国農政局が中国地方において最近事業着工した B 地区管内の 1 幹線用水路(延長 5,437m, 363 バレル, 重力式無筋コンクリート擁壁型水路)について、所管の事業所が目地および本体躯体の機能診断を行った結果である。なお、それぞれの劣化状況区分指標は、Table 2 のとおりとされている。この地区では、本体躯体の“既施設の現況利用”である A 評価バレル数が

が全バレル数の 2.8% と低いいため、全体実施設計 A 地区のように目地部のみ補修すれば概ね施設更新の目的を達することにはならない。しかし、目地の A 評価は 24 バレルのみであるので、躯体を補修することを含めて現況躯体を活用するバレル数 221 の少なくとも 89% で目地部の補修がなされると想定される。

以上の事例は、筆者らが比較的容易に現況確認を行える中国四国農政局管内の事例である。しかし、現在、農林水産省農村振興局が検討部会(委員長: 青山咸康京都大学大学院農業研究科教授)を設けて策定を進めている

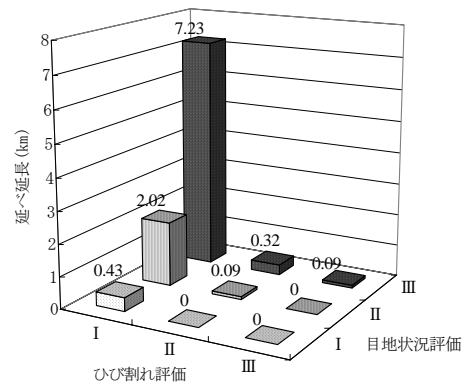


Fig.3 目地の状況と側壁のひび割れ状況の評価結果 (A 地区)  
Assessment results of joint fillers and cracks in the canal wall in A irrigation project

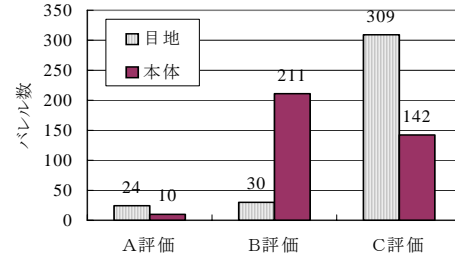


Fig.4 目地とひび割れの状況評価結果 (B 地区)  
Assessment results of joint fillers and cracks in the canal wall in B irrigation project

Table 1 目地とひび割れの劣化状況区分指標 (A 地区)

Classification indices of the deterioration conditions about joint fillers and cracks in the canal wall in A irrigation project

	ランク I	ランク II	ランク III
目地の状況	止水板あり 目地切れなし	止水板あり 目地切れあり(目地板なし)	止水板なし(欠損) 目地切れあり(目地板なし)
ひび割れ (側壁)	側壁背面まで貫通した鉛直ひび割れなし、または貫通していても幅 1mm 未満	側壁背面まで貫通した鉛直ひび割れが幅 1mm 以上 3mm 未満、または貫通した水平方向ひび割れ延長 2m 未満	側壁背面まで貫通した鉛直ひび割れが幅 3mm 以上、または貫通した水平方向ひび割れ延長 2m 以上

Table 2 目地とひび割れの劣化状況区分指標 (B 地区)

Classification indices of the deterioration conditions about joint fillers and cracks in the canal wall in B irrigation project

	A 評価	B 評価	C 評価
目地	目地の開きがない状況	目地材が剥離しているが、目地の開きは貫通していない状況	目地材が欠損あるいは散逸し、目地に貫通した開きがある状況
本体	既施設の現況利用	補修が必要	改修が必要

注) 本体については、ひび割れ幅 0.6mm, 変形・沈下 25mm, 欠損・洗掘の深さと部材厚さの比較、磨耗最大深さ 30mm, 躯体からの漏水の有無、推定圧縮強度 18N/mm<sup>2</sup>を評価指標として、評価点の合計点により総合評価している。

「農業水利施設の機能保全の手引き（案）」においても、工法選定上の留意事項として特に目地補修工法を挙げていることから、今後、水利施設の更新を事業目的とする事業地区においては、目地部の補修が重要な工種になってくると考えられる。このような事情が、止水性や耐久性の面で優れ、工期短縮が可能な目地補修工法の開発が望まれている背景となっている。

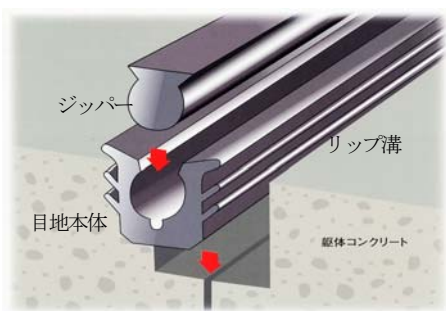
## 2.2 残留応力目地工法における課題

既に施工実績のある残留応力目地工法の概要は **Fig.5** のとおりである。施工手順は、①コンクリートの目地漏水部を図のような断面にはつり取る、②U字形をした高弾性ゴム（クロロプレンゴム）製の残留応力目地本体両側のリップ溝にエポキシ樹脂接着剤を塗布する、③接着剤を塗布した目地本体を目地部にはめ込んで接着固定する、④接着剤が固化後に、残留応力目地用のジッパーを打ち込む、である。ジッパーを打ち込むことによって、目地本体に長期に渡って膨張しようとする残留応力が発生することが期待でき、その残留応力が止水性を高めると考えられている。

この残留応力目地工法の現場施工経験を通じて、次の2点を改善する必要性が判明した。

課題 A：残留応力目地工法の設置工程は、大別して目地本体設置、ジッパー打ち込みの2工程となっている。目地本体が十分に接着固定された後でなければジッパーの打ち込みができない。施工性を改善するためには、目地設置工程を1工程に短縮する必要がある、ジッパー打ち込みが省略できないか。なお、ジッパーの打ち込み作業自体が相当に困難な作業である。

課題 B：目地の高弾性を確保するためにクロロプレンゴムを使用しているが、より長期の耐久性を確保する観点からみた材料の選定、断面形状の決定に改善・工夫の余地はないのか。

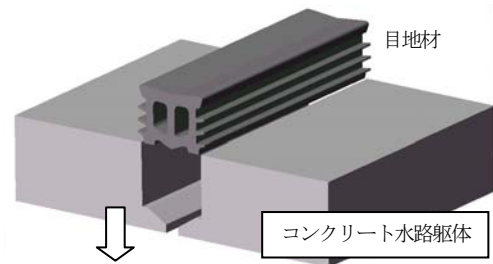


**Fig.5** 残留応力目地工法の概要  
Two piece filler of synthetic rubber

## 3. 応力機能目地工法の開発

### 3.1 施工手順

2.2 における課題 A に対処するため、応力機能目地工



**Fig.6** 応力機能目地工法の概要（石神ら，2006）  
Single piece filler of high elastic rubber

法では **Fig.6** に示すように、次の施工手順で行うことを前提として、これ以降の研究開発を進めることにした。①両刃間隔を5cmに固定した2枚刃ダイヤモンドカッターを用いて、既存目地部を挟んだ幅5cm、深さ5cmの切り込みをコンクリート躯体に入れる。②コンクリート躯体を箱抜き状にはつる。③目地材両側のリップ溝に接着剤を塗布する。④はつった目地部に目地材を圧縮状態で挿入して躯体と接着一体化する。

### 3.2 目地材料の選定

コンクリート水路に要求される性能は、水理性能、水利用性能、構造性能の3つである。したがって、目地補修工法に使用する目地材料には、水路に要求される性能を損なわない性能を有する必要がある、特に、止水性、耐久性が重要となる。この前者の止水性については、躯体の温度変化による伸縮に追従できる弾性体、例えば合成ゴムが有利である。また、2.2における課題 B である後者の耐久性については、1967年12月に農業土木試験場（現農村工学研究所）に設置された表面遮水壁型実験池（**Fig.7**）からのサンプリング試験から明らかとなっている次の2つの結果（長東，2000）に着目した。

結果 a：実材令30年を経過しても常に水中に没する部分のジオメンブレンの劣化はほとんど認められない。

結果 b：ジオメンブレンは引張状態で曝露されるとオゾンによる劣化が促進される。

なお、この実験池は、現存するジオメンブレンを用いた貯水池としては日本最古のものであり、ブチルゴム



**Fig.7** 合成ゴム系ジオメンブレンで遮水された実験池  
Test pond for the lining system with synthetic rubber geomembranes

(IIR) 75%, エチレンプロピレンゴム (EPDM) 25%を成分とする合成ゴム系ジオメンブレンを表面遮水材に用いている。また、容量は約 40 m<sup>3</sup>, 敷設面積は 48 m<sup>2</sup>である。

そこで結果 a を踏まえて、応力機能目地工法の目地材料には、適度の弾性を有するとともに、農業用貯水池の表面遮水工法で汎用され実材令 30 数年の耐久性が実証されている EPDM を選定した。また結果 b については、次に述べる断面形状の検討における主題とした。

### 3.3 目地断面形状の検討

#### 3.3.1 検討モデルと解析条件

EPDM は主鎖に二重結合を有しないことから、化学的安定性は極めて良好である。しかし、副鎖には二重結合を有するため、ゴムが引張された状態では大気中のオゾンによる劣化が促進される。したがって、より長期的耐久性を確保する観点からは、大気中のオゾンにさらされる目地の水路側表面は常に圧縮応力状態に維持することが望ましい。

そこでFEM解析により、目地断面の形状を検討した。検討したモデルは、中空部分を有するリム構造を基本とし、はつた目地部に目地材が過挿入状態とならないようにするために水路側位置にリップを設けた耳付タイプ (Type-A, Fig.10 を参照), はつり底面位置にもリップを設けた足付タイプ (Type-B, Fig.11 を参照) の 2 タイプである。両タイプ共に基本形状を少しずつ変化させた多様な断面形状について検討した。その初期検討モデルの断面寸法はType-A, Type-B共に左右のリム部外縁の幅が 53mm, 奥行きがType-Aは 50mm, Type-Bは 44mmである。また、全体断面積 (ゴム部材の外縁で囲まれた面積) および空隙率 (全体断面積に対する内部の中空面積の百分率) は、Type-Aが 1,959.1mm<sup>2</sup>, 18.1%, Type-Bが 1,862.9 mm<sup>2</sup>, 28.7%である。

解析では、先ず、はつり断面に目地材を挿入完了するまでの応力状態を把握した。その後、挿入完了状態で、かつ目地材側面のリップ空洞部に塗布したエポキシ樹脂が硬化した条件下で、目地の幅が 7mm縮小するまでの応力の状態を調べた。7mmという縮小量は、例えば、1 バレル長さが 10mのコンクリート製水路 (熱膨張係数 10×10<sup>-6</sup>/°C) において、冬季 (最低水路躯体温度 -20°C) に施工された補修目地が夏季 (最高水路躯体温度 50°C) に圧縮される状態を想定した値である。

解析においては、目地材およびエポキシ樹脂は 4 節点平面要素で表現した。また、はつり部のコンクリート壁は剛体とし、ゴムとの接触は摩擦係数 0.4 の摩擦モデルとした。この摩擦係数 0.4 は、常温時における平板ゴムの静摩擦係数 (藤島ら, 1995) を採用した。一方、挿入完了後の解析では、エポキシ樹脂と剛体壁および目地材は接着モデルとした。ここで、目地材の材料特性は、ゴムの材料非線形性を考慮できる Mooney-Rivlin モデルとした

(NX Nastran Advanced Nonlinear Solver を使用)。また、エポキシ樹脂の材料特性は、実験による実測値である弾性係数 4,000MPa, ポアソン比 0.38 を用いた。目地断面の形状に修正を加えた都度解析メッシュを変更したため節点数などは異なるが、最終応力検討段階における解析条件を Table 3 に示す。なお, Fig.8 は挿入完了までの応力検討モデルの例, Fig.9 は最大圧縮までの応力検討モデルの例である。

Table 3 解析条件  
Analysis conditions

		耳つき(Type-A)	足つき(Type-B)	
使用プログラム		日本 MSC 社製 Marc		
要素タイプ		四辺形平面ひずみ要素		
メッシュ サイズ	挿入時	最大 1.6 mm×1.7 mm	最大 1.4 mm×1.6 mm	
	圧縮時	最大 1.6 mm×1.7 mm	最大 1.5 mm×1.6 mm	
節点数	挿入時	1,336	1,431	
	圧縮時	1,774	1,759	
要素数	挿入時	1,160	1,252	
	圧縮時	1,472	1,484	
材料 物性	ゴム材	EPDM/リッドゴム (硬度 70 度)		
	エポキシ 樹脂	弾性係数	4,000 MPa	ポアソン比

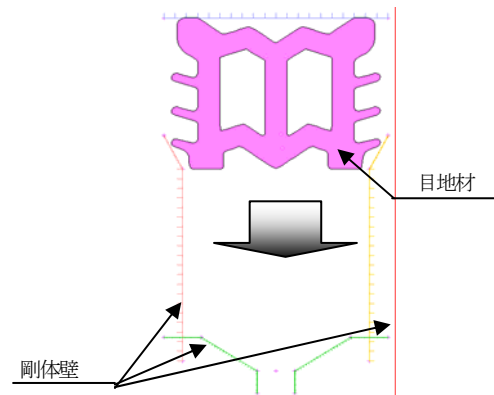


Fig.8 挿入完了までの応力検討モデルの例 (Type-B)  
Example of the stress analysis model through the insertion

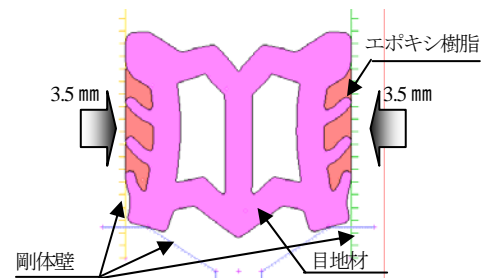
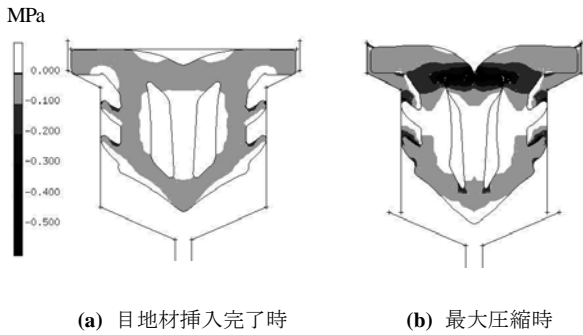


Fig.9 最大圧縮までの応力検討モデルの例 (Type-B)  
Example of the stress analysis model under the largest compression

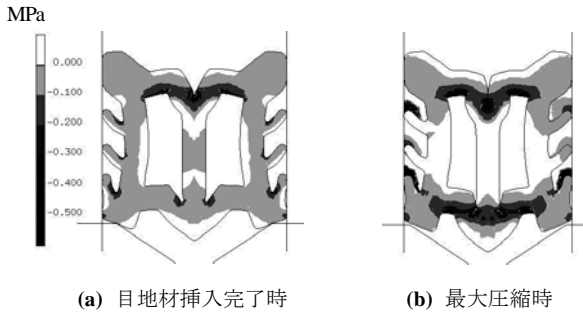
#### 3.3.2 初期検討モデルの解析結果

Fig.10(a)は、Type-A の目地材挿入完了時の応力状態を



(a) 目地材挿入完了時 (b) 最大圧縮時

Fig.10 初期検討モデルの応力分布 (Type-A)



(a) 目地材挿入完了時 (b) 最大圧縮時

Fig.11 初期検討モデルの応力分布 (Type-B)  
Stress distribution at the initial stage (Type-B)

示したものである。ただし、引張力を正として表示しており、引張領域は図中では白色となっている（以降の各図においても同様である）。水路側となる上段耳つきリップ上面に引張応力が発生している。これは、下側の2枚のリップの変形の影響によるものである。また、Fig.10(b)は、Type-Aのエポキシ樹脂充填後の最大圧縮時の応力状態を示したものである。上段耳つきリップ上面の中央部近傍に引張応力が発生している。これは、内部の空隙が潰されたためであると推察される。

一方、Fig.11(a)は、Type-Bの目地材挿入完了時の応力状態を示したものである。水路側となる上段リップ表面中央部に引張応力が発生している。これは、奥側となる部材の変形と中央部材の変形による影響と考えられる。また、Fig.11(b)は、Type-Bのエポキシ樹脂充填後の最大圧縮時の応力状態を示したものである。上段リップの表面全域に引張応力が発生している。これは、エポキシ充填により側圧が均等にかかり、目地材が上下方向に変形したためであると推察される。

### 3.3.3 断面の改良

解析結果より、両タイプとも水路側部材表面に引張力が発生することが判明した。このため、両タイプの断面改良を試みた。

Type-Aについて、目地材挿入時から上段リップ上面に引張力が発生している要因は、下の2枚のリップが目地材挿入時に圧縮されたことに伴い、その上方にある上段リップには引張力が導入されたものと考えられる。この改善策としては、上段リップに強制的に圧縮力を与えるか、はつり断面の上側の形状を変更し上段リップを拘束する

ことである。しかし、後者の場合、施工時の成形精度に大きく左右されるため確実な対策とはなり得ない。そこで、挿入時に水路側表面に圧縮力を強制的に導入できるフタコブラクダ状の断面 (Fig.12(a)を参照) を検討した。また、空隙率を初期検討モデルの18.1%から徐々に大きくして検討した。

Type-Bについては、挿入時には下方にのみ押し込まれるように変形すると予想していたが、上方にも浮き上がるように変形している。また、エポキシ樹脂を充填することにより側圧が均等に導入された結果、圧縮時にも意図した下方にのみの変形ではなく上下方向に変形している。そこで、上段リップの水路側表面をアーチ状 (Fig.12(b)を参照) とし、目地の幅が7mm縮小してもアーチ表面に引張力が発生しない形状を検討した。空隙率を15~45%まで変化させた各種断面を検討するとともに、アーチ端部における引張応力発生を防止するため、コンクリートと接する端部の立ち上がりに上部に開く傾斜を設けることにした。

以上のように、目地材断面の形状を種々変更し、水路側部材の表面が常に圧縮応力状態になる形状をFEM解析により探った。これらの解析結果により改良を施した断面寸法を Fig.12 に示す。

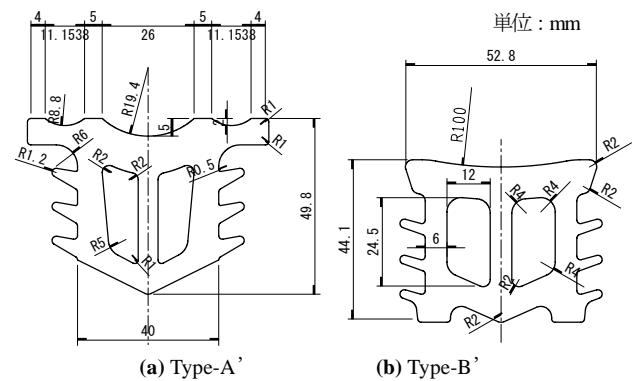
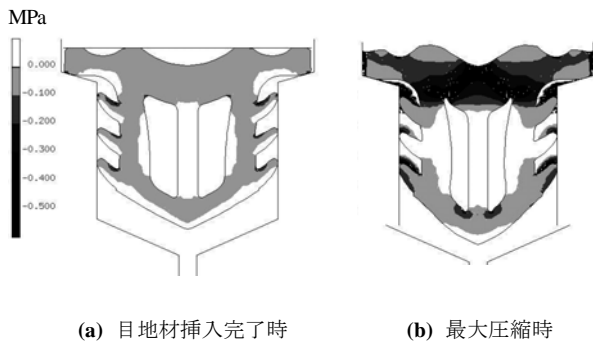


Fig.12 改良後の断面寸法  
Section shape of improved model

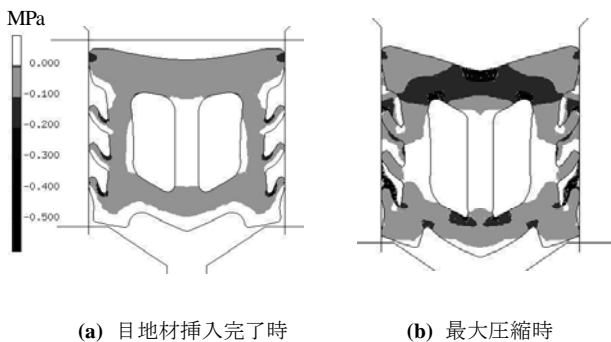
### 3.3.4 改良断面の解析結果

Fig.13(a)は、Type-A'の目地材挿入完了時の応力状態を示したものである。水路側表面に適切な突起を設けることにより、リップ上面の引張応力領域が消失し挿入時の応力状態が改善される結果となった。また、Fig.13(b)は、Type-A'のエポキシ樹脂充填後の最大圧縮時の応力状態を示したものである。空隙率を22.1%と増加したことにより、水路側表面に引張応力が発生しなくなった。ただし、水路表面側への浮出量が初期検討モデルに比べ大きくなる結果になった。

一方、Fig.14(a)は、Type-B'の目地材挿入完了時の応力状態を示したものである。断面の改良により、水路側表



(a) 目地材挿入完了時 (b) 最大圧縮時  
**Fig.13** 改良後モデルの応力分布 (Type-A')  
 Stress distribution of improved model (Type-A')



(a) 目地材挿入完了時 (b) 最大圧縮時  
**Fig.14** 改良後モデルの応力分布 (Type-B')  
 Stress distribution of improved model (Type-B')

面に引張力が発生しなくなり、挿入時の円滑性も改善された。また、**Fig.14(b)**は、Type-B'のエポキシ樹脂充填後の最大圧縮時の応力状態を示したものである。水路側表面をアーチ形状としたことにより、水路表面側に引張力は発生しなくなった。なお、本構造においてリム部材肉厚が6mm以上の場合、空隙率が40%以下であれば水路表面側に引張力は発生しないが、空隙率が大きくなるに従って下方への変形が大きくなる。

### 3.3.5 形状検討結果に対する考察

Type-A'については、水路表面側に引張力が発生しなくなったが、最大圧縮時に目地が表面側に突出する傾向が見られる。耳つきタイプの場合、はつった目地部に目地材が過挿入状態とならないようにストップの働きをするリップを設けていることから、このリップが圧縮されると前面に膨らむ傾向は避けられないようである。水路側への目地材の突出は円滑な流水を阻害し許容されないことから、圧縮を受けると目地材が水路背面側に確実に引き込まれるように変形する断面形状を見出さない限り、Type-A'を現場で採用することは困難であると考えられる。

Type-B'については、Type-A'と同様、水路表面側に引張力が発生しなくなった。最大圧縮時の水路背面側への変形がかなり大きくなったが、十分使用に耐えられる結果と考えられる。したがって、本モデルを応力機能目地工法の目地断面形状として採用した。

## 4. まとめ

水路目地材の劣化や欠損により漏水が発生し、水路の水利用機能が著しく損なわれている事例が多く見受けられる。したがって、今後、水利施設の更新を事業目的とする事業地区においては、目地部の補修が重要な工種になってくると考えられる。しかし、従来の目地補修方法では、躯体の温度変化による伸縮に補修目地材が追従できず再損傷を生じる事例もあることから、目地機能の安定性・持続性、さらには目地補修の省力化が可能な工法開発が望まれている。

そこで筆者らは、一般にゴムが引張された状態では大気中のオゾンによる劣化を受けるが、常に圧縮応力状態に維持されれば劣化を受けず高耐久性が期待できるという知見に着目し、目地が伸縮しても目地材の水路側表面には引張応力が発生しない目地材断面形状をFEM解析により検討した。検討したモデルは、中空部分を有するリム構造を基本とし、はつった目地部に目地材が過挿入状態とならないようにするために水路側位置にリップを設けた耳付タイプと、はつり底面位置にもリップを設けた足付タイプの2タイプである。なお、目地材料は表面遮水材として実材令30数年の耐久性が実証されているEPDMを選定した。

基本の形状を少しずつ変化させた多様な断面形状の目地材について、目地挿入完了時および最大圧縮変形時の応力状態をFEM解析により調べたところ、両タイプそれぞれ適切な空隙量を有する中空リム構造とすれば、目地が伸縮しても目地材の水路側表面には引張応力が発生しない断面形状が提案できた。ただし、耳付タイプについては、最大圧縮時に目地が表面側に突出する傾向が見られ、改善に向けてさらに検討が必要であることが判明した。

なお、応力機能目地として採用した足付タイプは、その後、室内実験により止水性および耐久性が調べられている(石神ら, 2006)。それら結果によると、少なくとも0.10 MPaの水圧抵抗性を有し、引抜き抵抗性2.0 MPa、押抜き抵抗性1.2 MPa、さらに、目地材の耐候性および促進耐候性、耐薬品性においても良好な結果が得られることが示されている。

**謝辞:** 本論文は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所(前(独)農業工学研究所)とショーボンド建設株式会社補修工学研究所および化成工業株式会社との共同研究「農業用コンクリート製開水路および水路トンネルの目地部における漏水防止技術の開発」(平成15~16年度)で実施した研究成果である。研究を進めるにあたっては、共同研究に参画された農工研の増川 晋, 石村英明(現北陸農政局), ショーボンド建設の江口和雄, 高橋 晃, 安東祐樹, 化成工業の河部一成, 江坂昌己, 中川拓之, 近藤和夫の各氏のご尽力を賜っ

た。また、現地施工試験に当たって、東海農政局新濃尾農地防災事業所、近畿農政局新湖北農業水利事業所、香川県満濃池土地改良区などの関係各位のご協力を得た。記して深く感謝の意を表す。

#### 引用文献

- 石神暁郎, 長束 勇, 渡嘉敷勝, 森 充広 (2006) : ゴム弾性を活用した水路目地補修工法の止水性と耐久性, 農土論集, **245**, 101-107.
- 小俣富士夫, 岡上 宏, 滝澤雄三, 澤村光治郎 (2004) : ゴムの反発力を利用したコンクリート水路の補修用目地工法の開発, 性能設計に関する勉強会報告及び研究発表会講演集, 農業土木学会, 39-42.
- 長束 勇 (1999) : ジオメンブレンの貯水池表面遮水工法への合理的な適用法, ジオシンセティックス論文集, **14**, 370-379.

- 長束 勇 (2000) : 合成ゴム系ジオメンブレンの力学的物性値の経年変化特性, 農土誌, **68**(1), 59-65.
- 長束 勇, 石村英明, 渡嘉敷勝, 森 充広, 江口和雄, 高橋 晃, 安東祐樹, 河部一成, 江坂昌己, 中川拓之, 近藤和夫 (2006) : コンクリート構造物の漏水防止用シール材, 意匠登録第 1277504 号
- 藤島勝美, 作田庸一, 宮田恵一, 赤澤敏之, 田中伸幸, 佐藤信一, 野口達夫 (1995) : ホタテ貝殻のスリップ防止材としての応用 (第 2 報), 北海道立工業試験場報告, No.294, 7-12.

[2006.11.13 受稿, 2007.4.2 閲読了]

[この研究論文に対する公開の質疑あるいは討議 (4,000 字以内, 農業土木学会論文編集委員会あて) は, 2007 年 12 月 24 日まで受け付けます。]

## Development of Repair Method for Joint of Canal Making Use of Rubber Elasticity

NATSUKA Isamu \*, TOKASHIKI Masaru \*\*, MORI Mitsuhiro \*\* and ISHIGAMI Akio \*\*\*

*\*Faculty of Life and Environmental Science, Shimane University,  
1060 Nishikawatsu, Matsue, Shimane 690-8504, JAPAN*

*\*\*National Institute for Rural Engineering, 2-1-6 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8609, JAPAN*

*\*\*\*SHO-BOND Corporation, 1-17 Sakura, Tsukuba, Ibaraki 305-0003, JAPAN*

#### Abstract

For repair and longer use of existing concrete canals, an effective method to prevent water leak through joints of canal is needed. Authors have developed a repair method which enhances stability, durability and watertightness of joints with a newly invented section shape of the filling material made of synthetic rubber with high elasticity. Stress distributions in the joint material of various section shapes are examined by FEM analyses for the cases with and without compression from the canal. It is proved that the tensile stress on the surface of the joint material can be prevented for all the cases with a hollow rim structure and appropriate shape and size of apertures. Since the compression state is always maintained on the joint surface exposed to the atmosphere, ozone will not deteriorate the synthetic rubber and high durability of the joint material is expected.

**Key words:** Canal, Joint, Repair, Synthetic Rubber, FEM, Deterioration by the ozone