

# ジオメンブレンを用いた農業用水路の 漏水補修工法の性能評価

渡嘉敷勝<sup>1</sup>・石神暁郎<sup>2</sup>・高橋晃<sup>3</sup>・森充広<sup>4</sup>・増川晋<sup>5</sup>・長東勇<sup>6</sup>

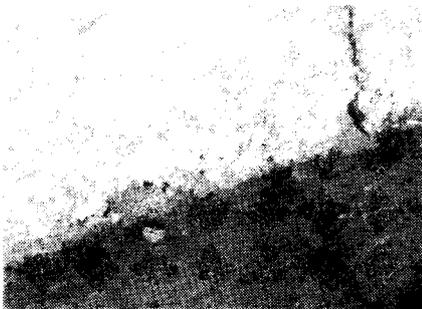
近年、農業用水路では、劣化などにより低下した機能の回復・向上を目的とした種々の補修・補強工法の開発・適用が進められている。筆者らは、主に漏水などの対策として、遮水性能に優れるジオメンブレンを活用した補修工法の開発を行っている。ジオメンブレンは、フィルダムや貯水池の表面遮水などに多くの実績を持つが、主として静水中での使用を想定している場合が多く、農業用水路のような流水中に晒されることを想定した性能評価については、十分になされていない。本報では、ジオメンブレンをコンクリート製農業用水路の漏水補修に適用した工法について、耐摩耗性や水路目地への追従性など、農業用水路の要求性能、施工条件および曝露条件を想定した性能評価を実施したので、その結果を報告する。

キーワード：ジオメンブレン，農業用水路，漏水，補修，性能評価

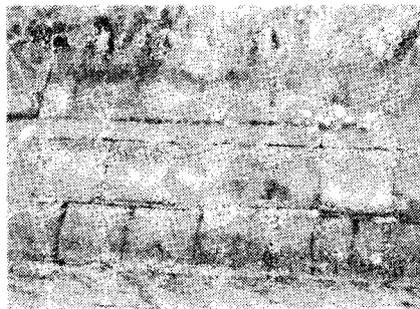
## 1. はじめに

農業用水路では、コンクリート躯体自体の強度は健全に保持されているものの、①通水表面において摩耗が進行し、局所的な侵食・穿孔に至り、漏水を生じている事例や、②コンクリートブロック積水路の継目部分から漏水を生じている事例、あるいは、③目地材の劣化・脱落により、水路目地から漏水を生じている事例などがみられる(図-1参照)。こうした農業用水路における漏水は、水路の水利機能を著しく低下させるだけでなく、漏出した水が周囲の土壌や住環境に悪影響を与えるなど、水路管理者、周辺受益者および周辺住民にとって重要な解決すべき課題となっている。

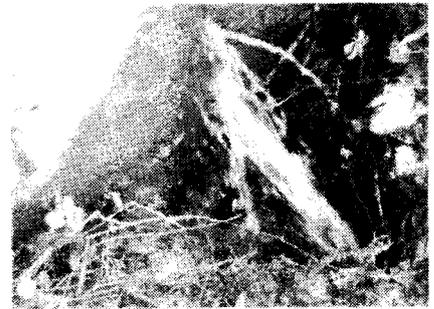
こうした機能低下を生じた農業用水路に対し、近年、その機能の回復・向上を目的とした種々の補修・補強工法の開発・適用が進められている。その中で、筆者らは、主に漏水などの対策として、遮水性能に優れるジオメンブレンを活用した補修工法の開発を行っている<sup>1)</sup>。ジオメンブレンは、遮水性や耐久性に優れる材料として多くの実績を有するものであるが、フィルダムや貯水池の表面遮水など、主に静水中で使用することを想定している場合が多く、農業用水路のような流水中に晒されることを想定した性能評価については、十分になされていない。本報では、ジオメンブレンをコンクリート製農業用水路の漏水補修に適用した工法について、耐摩耗性、水路目地への追従性、通水表面における平滑性保持性など、



①侵食・穿孔による漏水



②ブロック積水路の継目部分からの漏水



③水路目地からの漏水

図-1 農業用水路の漏水による水利機能の低下

<sup>1</sup> (独) 農業工学研究所 造構部 施設機能研究室, 主任研究官 (〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6)

<sup>2</sup> 正会員, (独) 農業工学研究所, 共同研究員 (ショーボンド建設(株)) (〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6)

<sup>3</sup> ショーボンド建設(株) 補修工学研究所, 主任研究員 (〒305-0003 茨城県つくば市桜1-17)

<sup>4</sup> 地盤工学会会員, (独) 農業工学研究所 造構部 施設機能研究室, 主任研究官 (〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6)

<sup>5</sup> 地盤工学会国際会員, (独) 農業工学研究所 造構部 施設機能研究室, 室長 (〒305-8609 茨城県つくば市観音台2-1-6)

<sup>6</sup> 正会員, 島根大学 生物資源科学部 地域開発科学科, 教授 (〒690-8504 島根県松江市西川津町1060)

農業用水路の要求性能、施工条件および曝露条件を想定した性能評価方法を検討し、これに基づく性能評価を実施したので、その結果を報告する。

## 2. 漏水補修工法の概要

開発中の漏水補修工法の概要を図-2に示す。本補修工法は、①既設水路の表面を高圧水洗浄した後、②特殊アンカーボルトにて固定用治具をスポット的に設置し、③ジオメンブレン（特殊ウレタン-塩化ビニル系シート材料）を、設置した固定用治具に電磁溶着する。これにより、コンクリートブロック積水路のように接着型補修工法の適用が困難な場合においても、水路の漏水防止対策が可能となる。ジオメンブレンはポリエステル長繊維による補強複合タイプを使用し、厚さは1.55mmである。

ジオメンブレン同士の継目部は、加熱溶着により一体化を図り、端部処理は、ステンレス製平鋼、ブチルゴム系止水板および特殊エポキシ樹脂シール材によりシール処理を行う。なお、固定用治具設置の際は、特殊アンカーボルトの引抜き抵抗性および耐久性向上のため、ボルトに特殊エポキシ樹脂接着剤を塗布する。また、端部が水路水面以下に位置する場合は、ステンレス製平鋼などが水路内の凸部とならないよう、溝状のはつり処理およびポリマーセメントモルタルによる断面修復処理を行い、水路内表面の平滑性を確保する。さらに、既設水路から生じる背面水を水路内に排除するため、逆止弁を内蔵した排水装置を設置する<sup>1)</sup>。

本工法は、以上の材料、構造および施工方法を採用することにより、①従来の農業用水路の漏水補修工法に比べ工期短縮が図られる、②品質の安定した均一な施工が可能となる、③ジオメンブレンは電磁溶着により固定されるためアンカーボルトなどが露出せず、端部処理も含め、水路内表面の平滑性が確保される、④可塑剤を含まないジオメンブレンの使用により、水路内の水質に悪影響を及ぼさず、また、材料の高耐久性化が図られる、⑤施工後の部分補修の際も、専用機械や特殊技能を要さず、

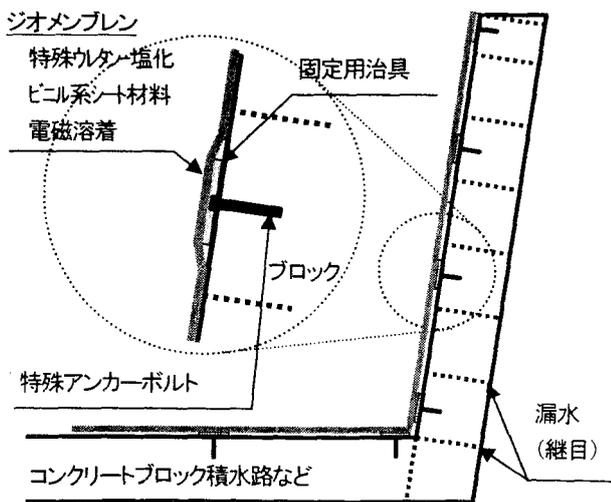


図-2 漏水補修工法の概要

維持管理性に優れる、などの特長を有する<sup>1)</sup>。

## 3. 農業用水路の補修工法に要求する性能と評価方法の検討

農業用水路における漏水発生の原因には、前述のように、摩耗、継目、目地などが挙げられる。一方、農業用水路の要求性能としては、水利機能、水理機能、構造機能といった機能性に関する使用性能が重要となる。また、農業用水路の補修を行う際の施工条件からは、施設供用下、非灌漑期（冬期）の低温下および湿潤環境下の各条件下での施工に対応することが求められ、曝露条件としては、漏水発生の一因となる摩耗作用のほか、流水に晒されることによる化学的変質、紫外線劣化などが挙げられる<sup>2)</sup>。

以上の漏水発生原因、農業用水路の要求性能、農業用水路における施工条件および曝露条件を考慮し、本性能評価では、農業用水路の補修工法に要求する性能の中で、ジオメンブレンの耐摩耗性、水路目地への追従性、通水表面における平滑性保持性、化学的変質に対する抵抗性および耐候性について確認することとした。

以下に、各性能評価方法を示す。

### (1) 耐摩耗性

農業用水路の摩耗した通水表面の分析結果では、摩耗の発生原因は、物理的な砂礫のすり減り作用によるものだけでなく、水路内の流水に晒されることによるコンクリートの化学的変質が、その要因の一つとなり得ることが報告されている<sup>3)</sup>。一方、砂礫のすり減り作用には、砂分によるすり磨き作用のほか、礫分による衝撃的摩耗作用が含まれると考えられる。そこで、耐摩耗性の評価では、流水による摩耗を想定した試験（以下、水流摩耗試験と呼ぶ）、すり磨き作用を想定した試験（以下、すり磨き摩耗試験と呼ぶ）、衝撃的摩耗作用を想定した試験（以下、衝撃摩耗試験と呼ぶ）、の3試験方法を選

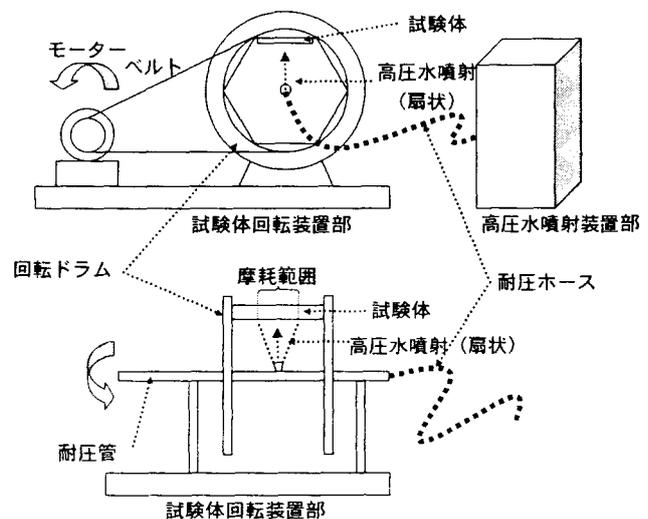


図-3 水流摩耗試験の概要

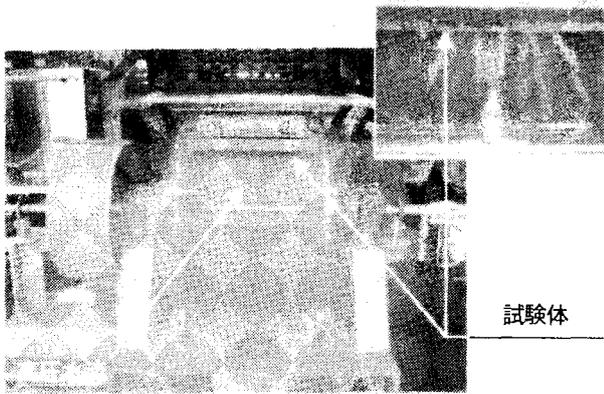


図-4 水流摩耗試験の状況

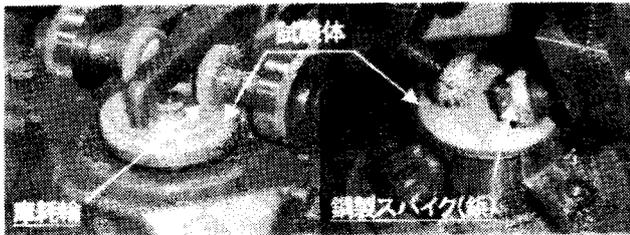


図-5 すり磨き摩耗試験の状況

図-6 衝撃摩耗試験の状況

定し実施した。水流摩耗試験の概要を図-3に、各試験の状況を図-4～6に示す。

水流摩耗試験は、高圧水流を用いることで、農業用水路にみられる、表面のモルタルが選択的に流出し、粗骨材のみが露出する摩耗現象（図-7参照）を再現できる試験方法である。6体の試験体を正六角形状に、回転ドラム内部に試験表面を内側に向けて設置し、ドラム中心部分より噴射される高圧水を、6体の試験体が均等に受けることができるよう一定の速度で回転する「試験体回転装置部」と、高圧ポンプを利用し、一定の条件（最大噴射圧力4.9MPa、最大噴射水量24.1l/min）で高圧水を扇状に噴射し、噴射を受けた試験体表面を摩耗させる「高圧水噴射装置部」の、2装置部より構成される<sup>3)</sup>。

すり磨き摩耗試験は、摩耗輪を用い、硬質な材料を摩擦摺動させることで、すり磨き作用による摩耗現象を再現する試験方法である。本試験は、JIS K 7204「プラスチック-摩耗輪による摩耗試験方法」に準拠し実施した。

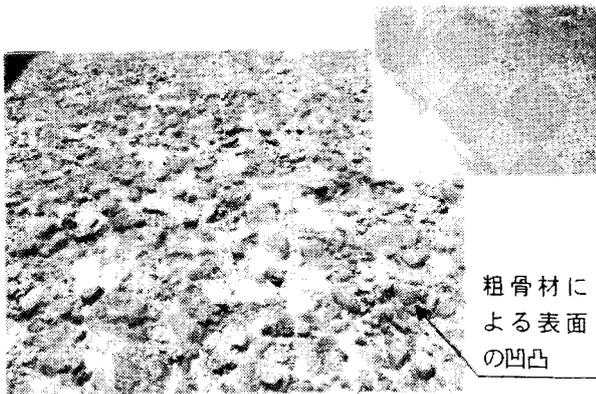


図-7 農業用水路の選択的な摩耗現象

摩耗輪の荷重は10Nとし、摩耗輪タイプはH22を使用した。

衝撃摩耗試験では、鋼製スパイク（鋌）を用い、300Nという比較的大きな荷重を連続的に回転させながら加えることで、衝撃的摩耗作用による摩耗現象を再現することを目的としている。本試験方法は、一般にスパイクラベリング試験と呼ばれ、道路舗装材料のスパイクタイヤによる摩耗に対する抵抗性を、試験・評価する試験方法として採用されている。

## (2) 水路目地への追従性

コンクリート製農業用水路は、外気温の変化により伸張または収縮を繰り返す、その伸縮量はコンクリートの熱膨張係数（ $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ）に依存する。コンクリート製農業用水路では、一定の間隔で目地部を設け、この伸縮を目地部で吸収している。年間の外気温変化を50℃（-10～40℃）と仮定した場合、 $500 \times 10^{-6}$ の伸縮が発生する。したがって、水路10mあたりの伸縮量は5mmとなる。

水路目地からの漏水を防止するため、目地部は水路内に設置されたジオメンブレンにより被覆される。したがって、ジオメンブレンには水路目地への追従性が要求される。目地部の概要を図-8に示す。

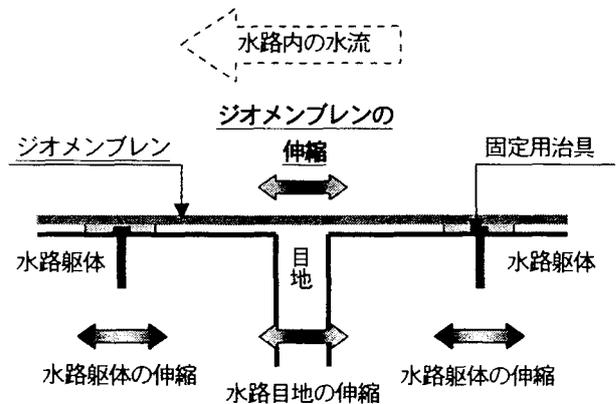


図-8 目地部の概要

ジオメンブレンは固定用治具に一定の間隔で溶着されるため、水路目地の伸縮の発生と同時に、ジオメンブレンにも伸縮が発生する。そこで、水路目地への追従性の評価では、引張試験および引張試験方法による伸縮繰り返し試験を実施した。引張試験方法は、JIS L 1096「一般織物試験方法」に準拠し、つかみ間距離は200mmとした。また、伸縮繰り返し試験の伸縮量は、水路10mあたりの伸縮量5mm（つかみ間距離に対して2.5%）、および15mm（同7.5%）とし、繰り返し回数は50回とした。

## (3) 通水表面における平滑性保持性

農業用水路では、その水理機能の確保のため、通水表面における平滑性が要求される。農業用水路の補修では、摩耗により生じた凹凸面の影響による平滑性の低下を、回復・向上させることが求められる。補修後の水路の平

滑性を低下させる要因としては、摩耗による凹凸の再発生が考えられる。しかし、ジオメンブレンを用いた本補修工法においては、ジオメンブレン自体の摩耗による平滑性の低下はほとんどない。一方、本工法では、ジオメンブレンを設置する際、摩耗した水路の凹凸面に直接敷設する施工方法を採用することから、水路内の水圧によりジオメンブレンが凹凸面に押し付けられ、平滑性を維持できない可能性がある。そこで、通水表面における平滑性保持性の評価では、耐水圧性試験<sup>9)</sup>を行い、試験前後の平滑性を比較した。耐水圧性試験では、水路の凹凸面を再現するため、基盤材料には20mm単粒度砕石(S-20)を用いた。なお、加圧条件は0.3MPa・672h(28日間)とした。耐水圧性試験の概要を図-9に示す。

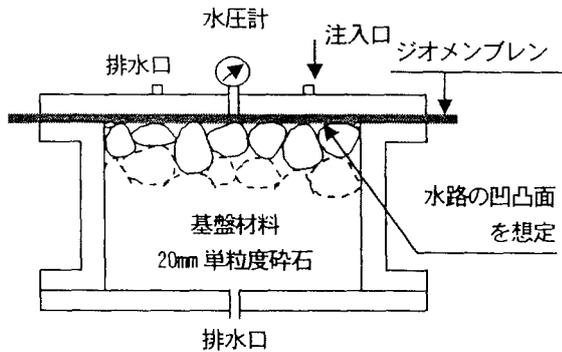


図-9 耐水圧性試験（平滑性保持性）の概要

#### (4) 化学的変質に対する抵抗性・耐候性

農業用水路の流水に晒されることによる化学的変質や、紫外線劣化は、局部的な侵食・穿孔の原因になると同時に、強度特性や水理特性など、他の性能の低下を助長させる要因にもなり得る。化学的変質に対する抵抗性の評価では、耐薬品性試験を実施し、耐候性の評価では、促進耐候性試験および屋外曝露を実施した。耐薬品性試験は、JIS K 7114「プラスチックの耐薬品性試験方法」に準拠した。また、促進耐候性試験はキセノンランプ法およびメタルハライドランプ法に準拠し、屋外曝露は試験施工箇所（近畿地方、四国地方）および茨城県つくば市内で実施中である。

### 4. 性能評価結果および考察

#### (1) 耐摩耗性

水流摩耗試験の結果（摩耗深さ変化）を図-10に、すり磨き摩耗試験の結果（摩耗減量変化）を図-11に、衝撃摩耗試験の結果（摩耗減量変化）を図-12に示す。なお、各試験では、比較のため、コンクリート試験体（W/C=61.0%（ $\sigma_{28}$ ：18MPa）、52.5%（同：24MPa））による試験を併せて行った。

水流摩耗試験では、ジオメンブレンの摩耗はみられなかった。一方、すり磨き摩耗試験、衝撃摩耗試験では、ジオメンブレンの摩耗が確認された。すり磨き摩耗試験では、1,000回転で約0.23g摩耗し、コンクリートの摩耗

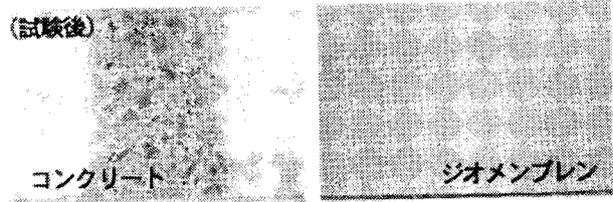
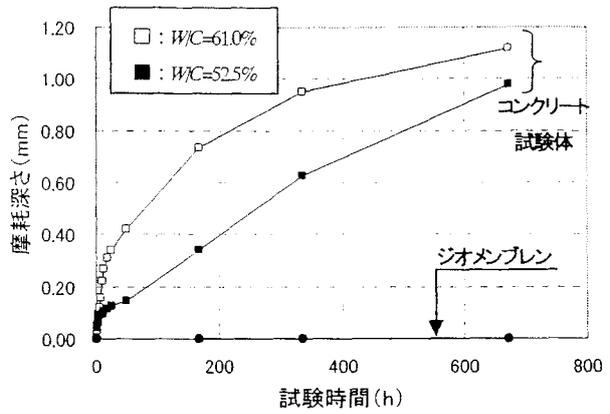


図-10 水流摩耗試験結果

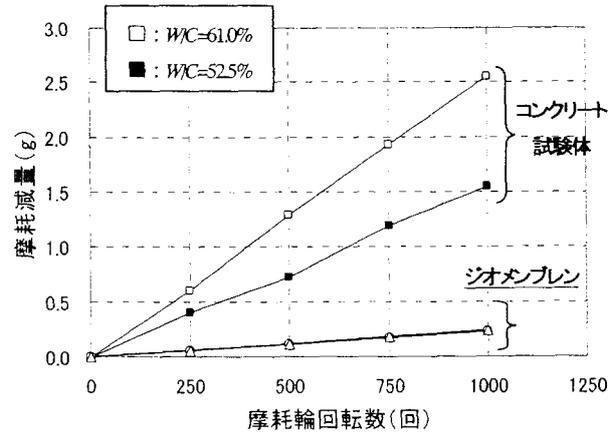


図-11 すり磨き摩耗試験結果

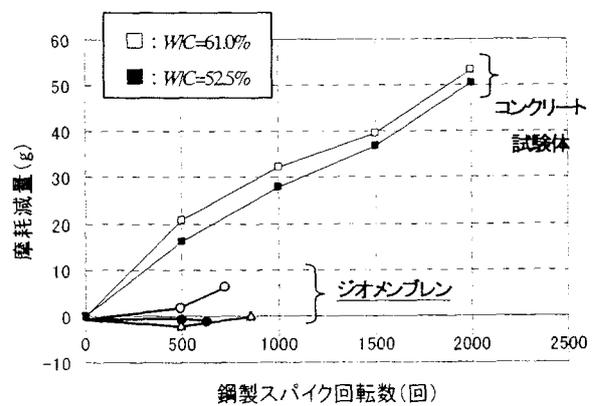


図-12 衝撃摩耗試験結果

減量の9～15%程度であった。また、衝撃摩耗試験では、その衝撃力により試験中にジオメンブレンが著しく変形し、500～1,000回転で、基盤材料からの剥離に至った。

以上の結果より、ジオメンブレンを用いた本工法では、衝撃的に作用する摩耗に対しては変状を生じる可能性があるものの、いずれの試験においてもコンクリートに比べ耐摩耗性に優れることから、農業用水路への適用については問題ないものと考えられる。評価方法としては、施工現場での耐久性調査などから、試験時間・回転数と供用年数との関係を確認し、劣化予測や耐用年数などの定量的性能評価を行うことが重要であると考えられる。

## (2) 水路目地への追従性

ジオメンブレンの引張試験では、試験体数は10体とした。引張強度は1834～1904 N/3cm（平均値：1868.4 N/3cm）、破断時の伸び率は18.0～21.0%（平均値：19.5%）であった。固定用治具溶着部間の最小距離を200mmと仮定すると、最大約40mmの伸縮量を吸収できることが分かった。

伸縮繰り返し試験の結果を図-13（伸縮量5mm）および図-14（伸縮量15mm）に示す。伸縮量5mmの場合、1回目の载荷では約260Nの荷重を示すのに対し、50回目の载荷では約240Nとなり、その保持率は約92%であった。一方、伸縮量15mmの場合は、1回目の载荷では荷重は約540Nを示すのに対し、50回目の载荷では約470Nとなり、その保持率は約88%であった。現場での固定用治具溶着

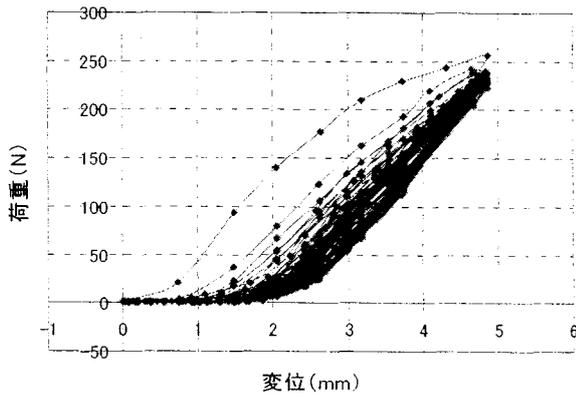


図-13 伸縮繰り返し試験結果（5mm（2.5%））

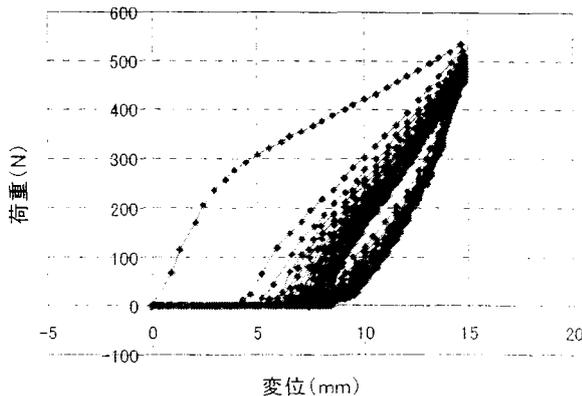


図-14 伸縮繰り返し試験結果（15mm（7.5%））

部間の距離を200mmとした場合、50℃の外気温変化を50回繰り返しても約90%の保持率を示し、その3倍量の伸縮に対してもほぼ同等の保持率を示すことが分かった。

評価方法としては、引張応力や伸縮繰り返しを受けた際の耐水圧性や耐候性など、実供用下に則した評価方法へ発展させていくことが重要であると考えられる。

## (3) 通水表面における平滑性保持性

耐水圧性試験における基盤材料の表面からの深さの分布およびジオメンブレンの耐水圧性試験後の表面からの深さの分布を図-15に示す。

基盤材料では、平均深さ4.3mm、最大深さ24.5mm、最大高低差27.3mmであった。これに対し、ジオメンブレンを敷設したものは、平均深さ0.2mm、最大深さ2.5mm、最大高低差5.4mmであった。試験後の外観観察からは凹凸の発生がみられたが、平均深さにして1/20程度であり、平滑性を失うまでの状態には至らないことが分かった。この要因としては、本工法のジオメンブレンには繊維を含有する補強複合タイプを採用しているため、高水圧下においても剛性が発揮されたことなどが考えられる。

評価方法としては、農業用水路では通水量が季節により著しく変化することが予想されるため、加圧-除圧の繰り返しによる応力状態の変化、それに伴う平滑性保持性を検証することが重要であると考えられる。

なお、試験中の水圧低下などはなく、試験後の試験体に損傷などはみられなかった。

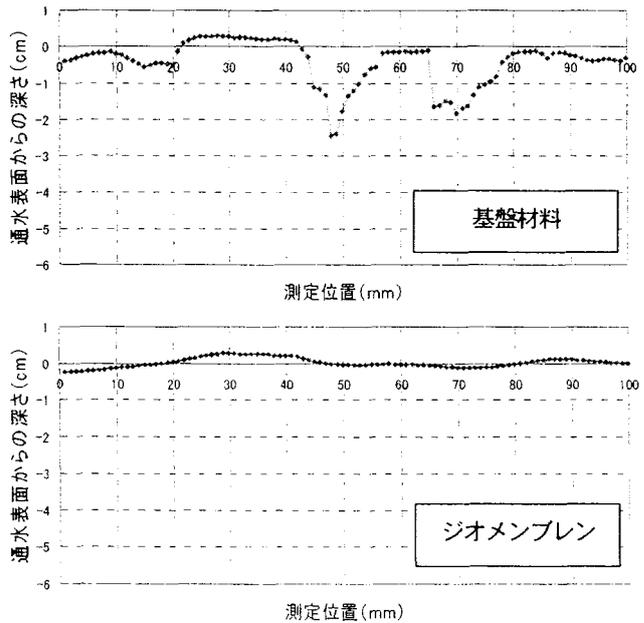


図-15 平滑性保持性（耐水圧性）試験結果

#### (4) 化学的変質に対する抵抗性・耐候性

耐薬品性試験では、10cm×10cmの試験体を各試験液（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ 10%aq,  $\text{HCl}$ 10%aq,  $\text{HNO}_3$ 10%aq,  $\text{NaOH}$ 10%aq,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 10%aq,  $\text{NH}_3$ 10%aq）に10日間浸漬し、浸漬後の外観を観察した。ひび割れ・亀裂・膨潤・溶解などの異常はみられず、化学的変質に対する抵抗性を有することが分かった。

促進耐候性試験では、各試験法ともに、3,000時間終了時点で変状はみられなかった。屋外曝露について、試験施工箇所の事例を図-16および図-17に示す。施工後約1年3ヶ月および3ヶ月が経過しているが、特に変状はみられない。今後も追跡調査を行い、本工法の耐久性について確認を行うとともに、前述の性能評価方法について、検証を加える予定である。

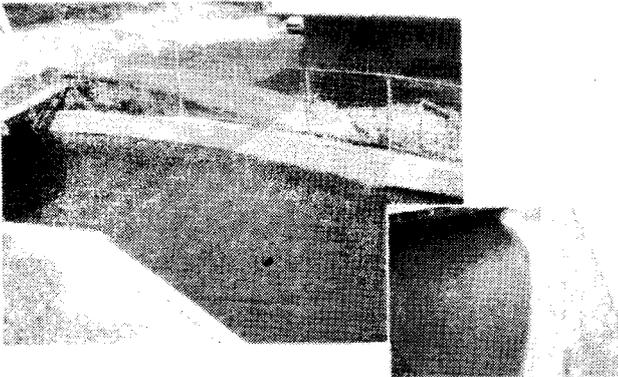


図-16 施工後1年3ヶ月の状況（近畿地方）

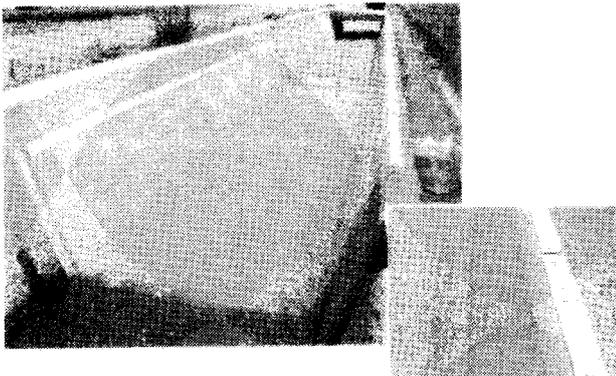


図-17 施工後3ヶ月の状況（四国地方）

### PERFORMANCE EVALUATION OF WATER LEAK REPAIR METHOD USING GEOMEMBRANE FOR IRRIGATION CANAL

Masaru TOKASHIKI, Akio ISHIGAMI, Akira TAKAHASHI, Mitsuhiro MORI,  
Susumu MASUKAWA and Isamu NATSUKA

Recently, the development and application of various repair methods to recover the function that decreases due to deterioration are advanced on the irrigation canal. Authors are developing the repair method using geomembrane as measures of the water leak etc. In this report, it reports on the performance evaluation that assumes the demand performance, the construction condition, and the exposure condition of the irrigation canal about the method that applies the geomembrane to the water leak repair of the irrigation canal.

**Keywords :** Geomembrane, Irrigation Canal, Water Leak, Repair, Performance Evaluation

#### 5. おわりに

本報では、現在実施している遮水性能に優れるジオメンブレンを活用した補修工法の開発内容と、これまであまり検証されていなかった農業用水路の要求性能などを想定した性能評価方法について述べるとともに、本工法の性能評価結果を報告した。今後は、性能評価方法について耐久性調査などから更なる検討を加えるとともに、その性能評価結果に基づき、本補修工法の完成度を高めしていく予定である。

**謝辞：**本工法の開発および性能評価にあたり、材料の提供など多大な御協力を頂きました平岡織染（株）に、ここに記して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 小俣富士夫, 竹村浩志, 山本晴彦, 梅沢俊雄, 高橋松善, 森充広, 長束勇: ジオメンブレンを活用した農業用水路の漏水補修, ジオシンセティックス論文集, 第19巻, pp.77-80, 2004
- 2) 石神暁郎, 森充広, 渡嘉敷勝, 増川晋: 農業用水路コンクリートに生じる摩耗現象と促進試験方法に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No.1, pp.805-810, 2005
- 3) 長束勇, 石神暁郎, 石村英明, 渡嘉敷勝, 森充広: コンクリート構造物の補修技術の現状と農業水利分野に適用する際の留意点, 農業工学研究所技報, 第202号, pp.183-196, 2004
- 4) 長束勇: 貯水池表面遮水工法に関する研究-主としてジオメンブレンの利用に関して-, 農業工学研究所報告, 第38号, pp.1-131, 1999