

变成シリコーン系シーリング材の 水路目地充填工法適用上の課題

石川県立大学 森 丈久

1. はじめに

農業用コンクリート水路の目地充填材には、使いやすさと経済性の観点から1成分形のシーリング材が多く使用されている。特に小規模な水路の目地補修については、多面的機能支払交付金による共同活動などにより農家や地域住民の手で簡易補修が行われており、水路の簡易補修マニュアル¹⁾や簡易な水路補修の手引き²⁾では、建築用1成分形シーリング材（ポリウレタン系や变成シリコーン系）の使用が推奨されている。しかし、建築用1成分形シーリング材は主に建築物の目地充填を目的としており、農業用コンクリート水路の目地のように、かんがい期の約半年間は常時水中にある環境での使用を想定していない。さらに、「建築用シーリング材－基礎と正しい使い方－」³⁾では、变成シリコーン系シーリング材の使用上の留意事項の中で、「常時水に浸される部位（プール目地等）には使用しない」とされており、農業用水路の目地補修に使用しても耐久性に問題がないか確認する必要がある。

そこで、水中でのシーリング材の耐久性を確認するため、市販のポリウレタン系と变成シリコーン系の1成分形シーリング材を用いて水路目地を模擬した供試体を作製し、一定期間水中に設置した後の引張特性（引張強さ、50%モジュラス、伸び）を測定したところ、ポリウレタン系シーリング材には目立った変化は見られなかつたが、变成シリコーン系シーリング材は引張特性が大きく低下し、水中での使用に問題があることが分かった。

本報では、先行して行った上記のポリウレタ

ン系と变成シリコーン系の1成分形シーリング材による水中耐久性試験と、その後に実施した複数の1成分形と2成分形の变成シリコーン系シーリング材による水中耐久性試験の結果について報告する。

2. ポリウレタン系および变成シリコーン系 シーリング材の水中耐久性試験（先行試験）

（1）試験材料と供試体の作製

本試験では、ホームセンターなどで市販されている建築用1成分形ポリウレタン系シーリング材（以下、「PU-1a」という）、1成分形变成シリコーン系シーリング材（以下、「MS-1」という）をそれぞれ1種類ずつと、公共事業の現場で水路の目地補修に多く用いられる土木用1成分形ポリウレタン系シーリング材（以下、「PU-1b」という）を用意した。モルタル板とシーリング材で作製した供試体の形状については図-1のとおりである。なお、シーリング材の打設に当たっては、各材料とも接着性を向上させるため、それぞれのシーリング材専用のプラ

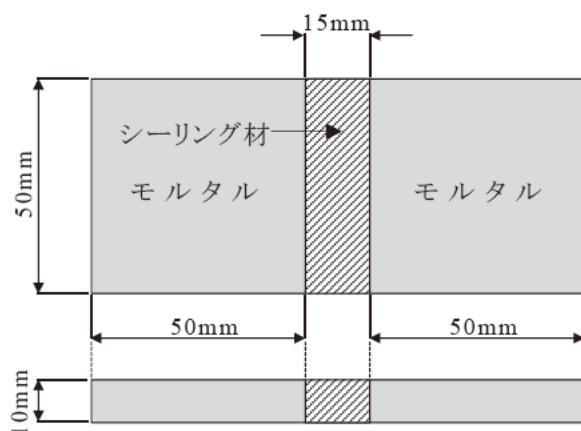


図-1 試験体の形状と寸法

イマーを使用した。供試体は、シーリング材および設置環境ごとに3個ずつ作製した。

(2) 試験の内容

本試験では、まず、作製した供試体を屋内気中で28日間養生（清浄な環境で自然硬化）後に引張試験を行い、引張強さなどの初期値を計測した。次に、別の供試体を作製し屋内気中で28日間養生した後、水を張ったバット内に完全に水没した状態で設置した（写真-1）。なお、バット内の水温は一定温度に制御しておらず、室温に応じて変化している。水中に設置した供試体について、30日後、90日後、180日後、365日後にそれぞれ水から引き上げて引張試験を行った。引張試験は電動計測スタンド付きデジタルフォースゲージ（IMADA ZTA-2500N）を用い、引張速度50mm/minで行った。

(3) 試験結果

試験後の供試体の破壊形態は、PU-1aとPU-1bは、屋内気中28日後、水中設置後30日～365日のいずれの条件下でも界面破壊（シーリング材が被着体の界面で剥離した状態）となった。一方、MS-1は、凝集破壊（シーリング材内部で破壊が生じた状態）、凝集破壊と界面破壊の混在、界面破壊がそれぞれ見られたが、大部分が界面破壊であった。

引張試験の結果を図-2に示す。ここに、 M_{50} ：50%モジュラス（シーリング材を元の長さから50%伸ばした時の引張応力）(N/mm²)、 T_{max} ：引張強さ(N/mm²)、 E_{max} ：最大荷重時の伸び(%)である。

PU-1aは、すべての引張特性において水中設置後一旦値が上昇し、その後緩やかに低下したが、365日経過後も初期値と比較してほとんど低下は見られなかった。PU-1bもすべての引張特性物性値が水中設置後一旦値が上昇し、その後緩やかに低下したが、365日経過後の M_{50} は初期値と同程度、 T_{max} と E_{max} は初期値の80%程度の値となった。

このように、PU-1a、PU-1bともに水中設置

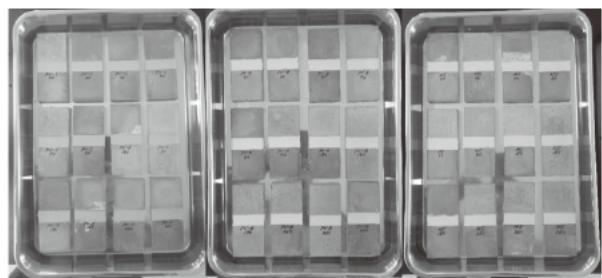


写真-1 供試体の水中設置状況

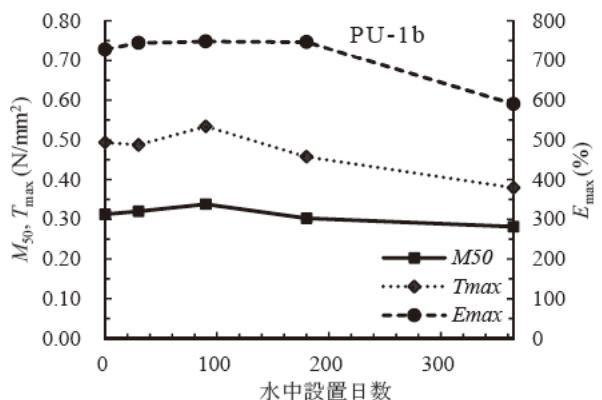
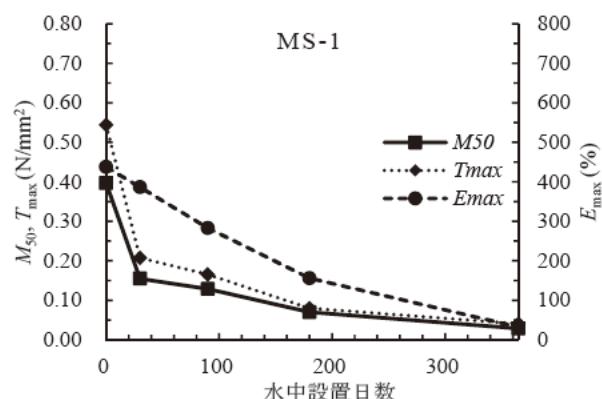
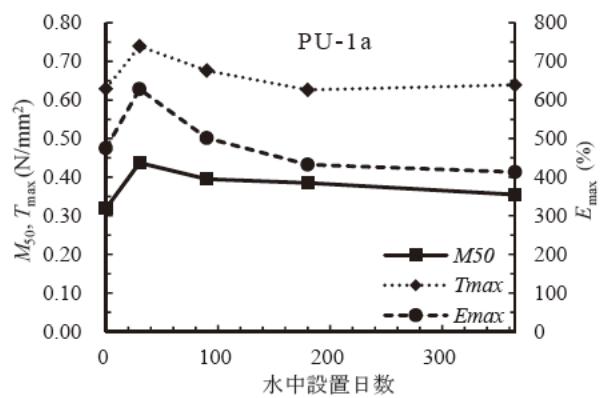


図-2 水中設置後の引張特性

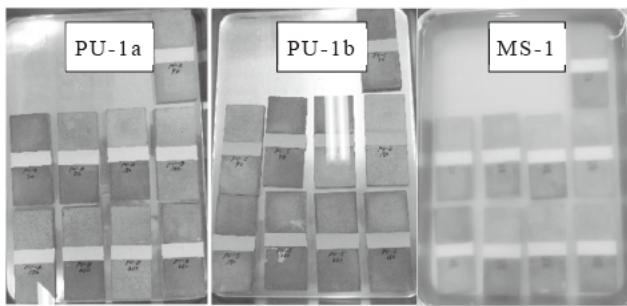


写真-2 MS-1にのみ生じた水の濁り

365日経過後も中モジュラス(M_{50} が $0.2\sim0.4\text{N/mm}^2$ の範囲にあるときの引張応力)を維持し、伸びも $400\sim600\%$ と高い値のままであることが分かった。一方、MS-1は、すべての引張特性が365日経過後に初期値の10%以下まで低下した。特に M_{50} や T_{\max} は、水中設置後30日で初期値の40%程度まで急激に低下した。また、水中設置後30日で M_{50} が 0.2N/mm^2 未満となり、中モジュラスを維持できないことが分かった。 E_{\max} は、30日経過後400%程度の値を示したもの、365日後には50%を下回る結果となった。さらに、MS-1は水中設置後、写真-2に示すようにバット内の水に濁りが生じており、シーリング材中の成分が溶出した可能性が考えられた。

以上のことから、本試験に用いた変成シリコーン系シーリング材については、水中下での耐久性に問題があることが明らかとなった。

3. 変成シリコーン系シーリング材の水中耐久性試験

(1) 試験材料と供試体の作製

本試験では、国内主要メーカーの1成分形変成シリコーン系シーリング材3種類(以下、それぞれ「MS-A」「MS-B」「MS-C」という)と2成分形変成シリコーン系シーリング材1種類(以下、「MS-D」という)を用意した。モルタル板とシーリング材を用いて作製した試験用供試体(以下、「モルタル板供試体」という)の形状は図-1と同様であるが、シーリング材の打設幅については、シーリング材の最大伸びと

試験機の最大ストロークを考慮して 10mm とした。シーリング材の打設に当たっては、それぞれのシーリング材専用のプライマーを使用した。また、シーリング材自体の引張特性を確認するため、写真-3に示すようなダンベル形供試体も併せて作製した。なお、作製した供試体は、シーリング材および設置環境ごとにそれぞれ3個である。

(2) 試験内容

本試験では、作製した供試体を屋内気中に28日間放置してシーリング材を硬化させた後に引張試験を行い、引張強さなどの初期値を計測した。次に、作製後屋内気中で28日間養生した供試体を水を張ったバット内に完全に水没した状態で設置し、7日後、14日後、28日後、56日後に水から引き上げて引張試験を行った。引張試験は先行試験と同じ引張試験機、引張速度で行った。本試験においてもバット内の水温は一定温度に制御しておらず、室温に応じて変化している。

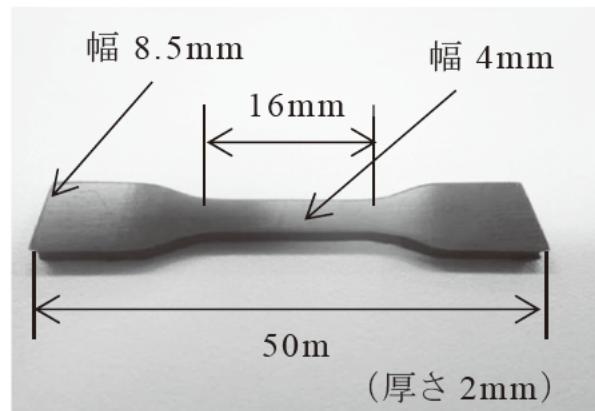


写真-3 ダンベル形供試体

(3) 試験結果

1) モルタル板供試体の試験結果

モルタル板供試体の引張試験の結果を図-3に、試験後の供試体の破壊状況を写真-5に示す。なお、本試験で用いたシーリング材には、供試体を水中設置後に水の濁りが生じたものはなかった。

M_{50} については、1成分形変成シリコーン系

シーリング材 MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置 7 日後には初期値の 60% 程度まで急激に低下したが、それ以降は大きな低下は見られずほぼ横這いとなった。しかし、3 材料とも水中設置後に M_{50} が 0.2 N/mm^2 を若干下回り、中モジュラスを維持できない結果となった。一方、2 成分形変成シリコーン系シーリング材 MS-D は、初期値から大きな変化は見られず試験終了時まで中モジュラスを維持していた。

T_{\max} については、MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置 7 日後には初期値の 60% 程度まで急激に低下した後も緩やかに低下し続け、試験終了時には MS-A と MS-C が初期値の 35% 程度、MS-B が 25% 程度にまで低下した。一方、MS-D は、水中設置 14 日後には初期値の 70% 程度まで低下したが、その後は試験終了後まではほぼ横這いとなった。

E_{\max} については、MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置 7 日後に一旦初期値よりも上昇した後、低下を始める結果となった。試験終了時には、MS-A と MS-B は 25 % 程度、MS-C は 50 % 程度まで低下した。一方、MS-D は、水中設置 14 日後に初期値の 60% 程度まで急激に低下した後緩やかに低下を続け、試験終了時には初期値の 40% 程度まで低下した。

供試体の破壊形態については、水中設置前の初期値測定段階ではすべてのシーリング材において凝集破壊が大宗を占めたが、1 成分形は水中設置後 7 日で、2 成分形は水中設置後 28 日で界面破壊が卓越するようになった。このことから、本試験に用いたシーリング材は、水中設置によりモルタル板との付着性能が低下することが示唆された。なお、本試験では気中環境で時間経過に伴う引張特性の変化について試験を行っていないため、時間経過が付着性能の低下へ与える影響については確認していない。しかし、本試験に使用したシーリング材はすべてメーカーによる JIS 等の性能評価試験で品質確認された製品であり、

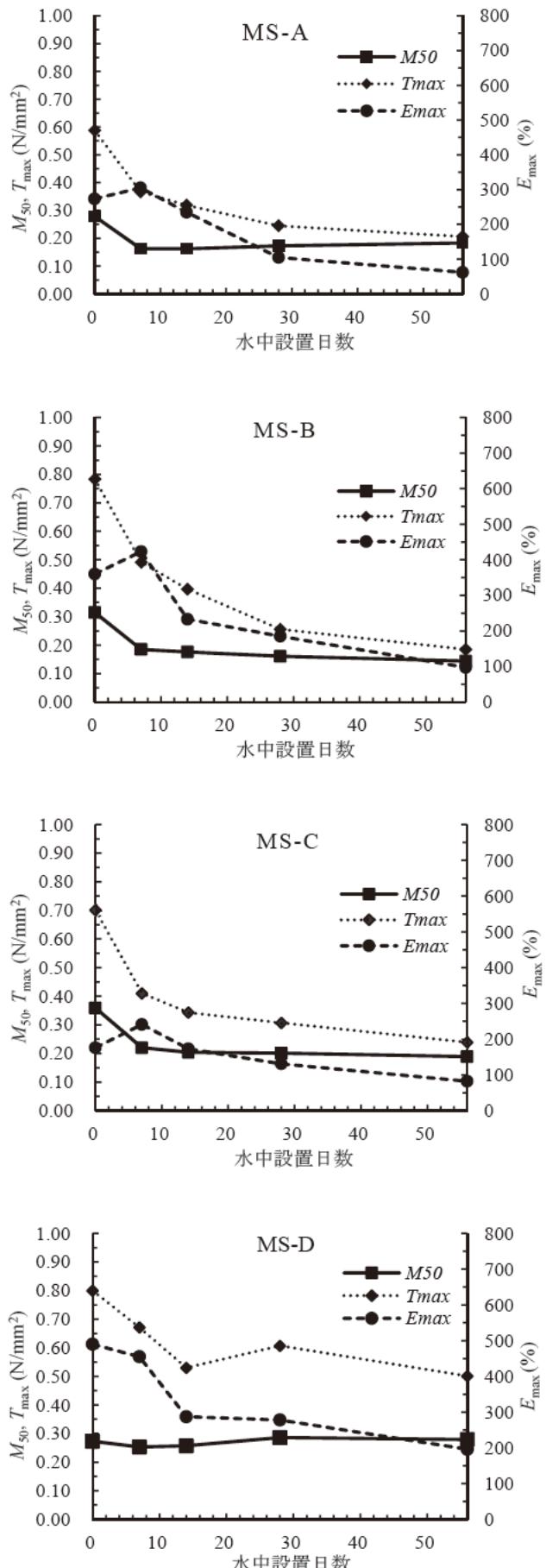


図-3 モルタル板供試体の引張特性

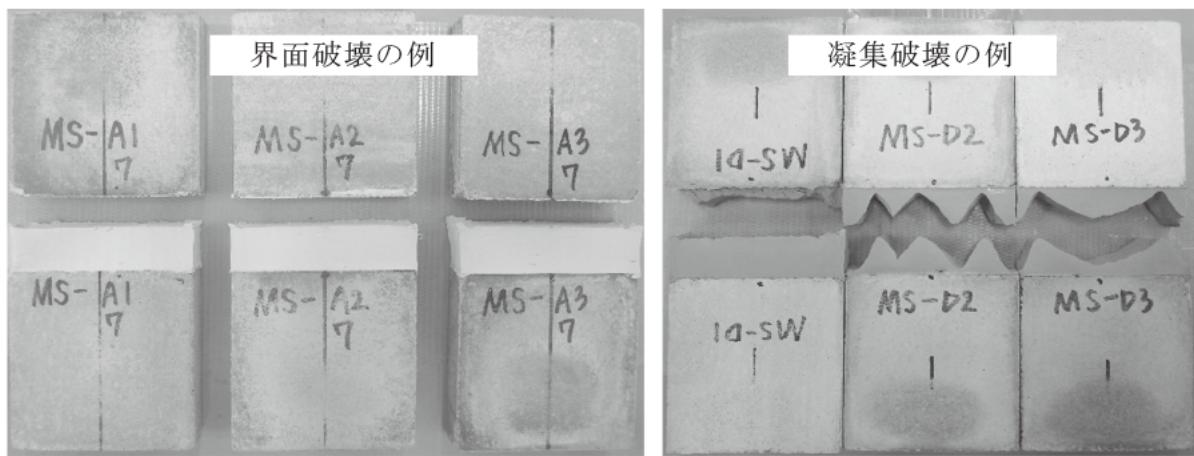


写真-5 供試体の破壊状況

本試験の検討期間（8週間）内に気中環境で付着性能が大幅に低下することは想定しづらい。また、畠らの研究⁴⁾では、1成分形変成シリコーン系シーリング材を用いたモルタル板供試体が屋外気中環境で80日間経過後も引張強さや50%モジュラスの低下がほとんど見られなかつたことからも、気中環境下8週間程度の時間経過で付着性能が大幅に低下することは考えにくい。よって、水中設置環境が変成シリコーン系シーリング材の付着性能の低下を引き起こした可能性が高いと考えられる。

2) ダンベル形供試体の試験結果

ダンベル形供試体の引張試験の結果を図-4に示す。

M_{50} については、1成分形変成シリコーン系シーリング材 MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置7日後には初期値の50%程度まで急激に低下したが、それ以降はほとんど低下は見られずほぼ横這いとなった。一方、2成分形変成シリコーン系シーリング材 MS-D は、初期値から試験終了時まで大きな変化は見られなかった。

T_{max} については、MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置7日後には初期値の40～50%程度まで急激に低下したが、それ以降はほとんど低下は見られずほぼ横這いとなった。一方、MS-Dは急激な低下は見られず、緩やかに低下を続け、

試験終了時には初期値の80%程度までの低下に留まった。

E_{max} については、MS-A, MS-B, MS-C が、水中設置7日後に値が上昇した後緩やかに低下を続け、試験終了時には初期値の70%程度まで低下した。MS-Dは水中設置14日後まで緩やかに値が上昇した後緩やかな低下に転じて、試験終了時には初期値の90%程度までのわずかな低下に留まった。

ダンベル形供試体の試験結果から、今回試験に用いた1成分形変成シリコーン系シーリング材は水中設置後7日で引張強さや50%モジュラスが大幅に低下しており、シーリング材自体が水中設置環境による影響を受けて耐久性が急激に低下することが分かった。一方、2成分形変成シリコーン系シーリング材は、引張特性の低下があまり見られず、1成分形と比べて水中設置環境による耐久性への影響は小さいことが分かった。

ダンベル形供試体の試験においても、気中環境で時間経過に伴う引張特性の変化について試験を行っていないため、時間経過がシーリング材自体の耐久性低下へ与える影響については確認していない。しかし、1)のモルタル板供試体試験結果で述べた同じ理由により、水中設置環境が1成分形変成シリコーン系シーリング材

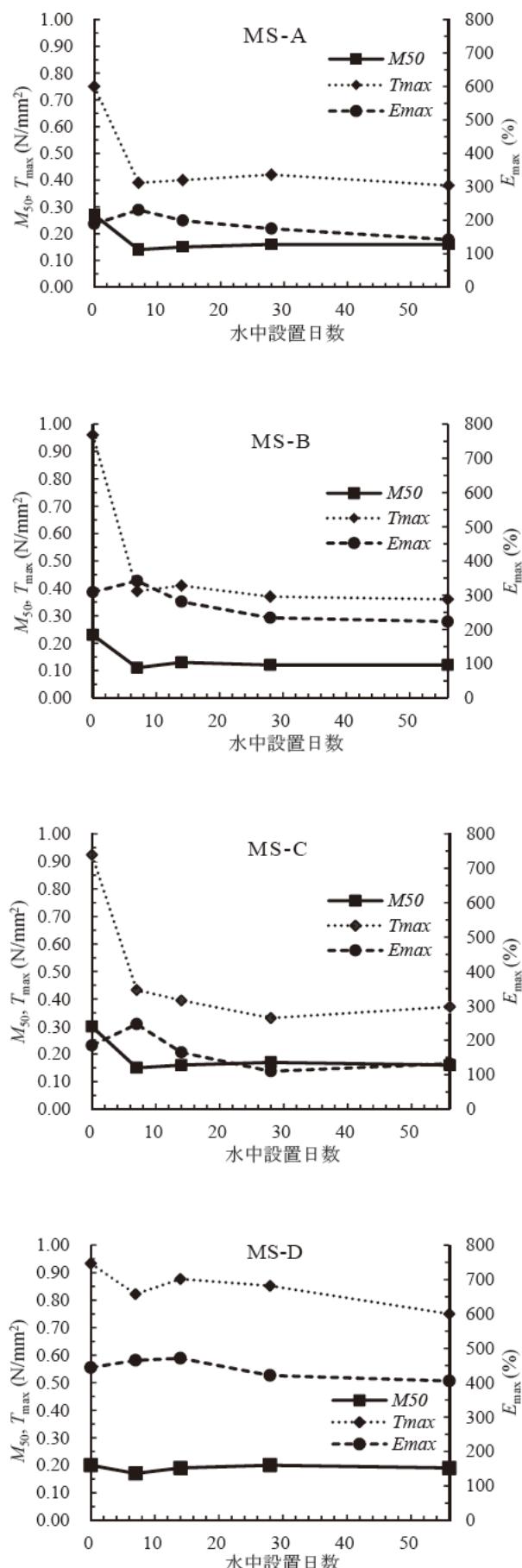


図-4 ダンベル形供試体の引張特性

の耐久性の低下を引き起こした可能性が高いと考えられる。

4. おわりに

本報で紹介したシーリング材の水中耐久性試験の結果から、試験に使用した変成シリコーン系シーリング材については、水中下に置かれた場合、短期間で引張特性が低下する傾向があることが分かった。特に1成分形変成シリコーン系シーリング材については引張特性の低下の度合いが大きく、水中下に置かれたことによりモルタル板との付着性能の低下やシーリング材自体の劣化が急激に進むことが明らかとなった。

近年、建築分野での変成シリコーン系シーリング材の使用が大幅に増加し、最近では土木分野でも使用されるようになってきている。今後、農業用水路での使用が増えることが想定されるため、施工後の変状の発生について注視が必要である。本報で紹介した変成シリコーン系シーリング材は全部で5種類に留まるため、引き続き他の変成シリコーン系シーリング材についても水中下での耐久性試験を実施し、農業用水路での使用に問題がないか確認する予定である。

引用文献

- (独)農研機構農村工学研究所水利施設機能研究室:「農地・水・環境保全向上対策」支援テキスト「水路の簡易補修マニュアル」, 農文協, 9p. (2008)
- 全国水土里ネット: 簡易な水路補修の手引き, pp.62 ~ 63 (2010)
- 建築用シーリング材 - 基礎と正しい使い方 - 編集委員会: 改訂4版 建築用シーリング材 - 基礎と正しい使い方 -, 日本シーリング材工業会, 186p. (2018)
- 畠みのり, 森丈久: 水路目地の簡易補修に用いる弾性シーリング材の耐久性評価, 農業農村工学会京都支部第72回研究発表会講演要旨集, pp.50 ~ 51 (2015)