

低温養生および凍結融解作用が表面被覆後の付着強さに与える影響

(独)土木研究所 寒地土木研究所

佐藤 智 横木 淳一

中村 和正 小野寺康浩

1. はじめに

北海道内には国営土地改良事業等により造成された基幹的な農業水利施設として、頭首工が 200 カ所余り、農業用排水路が約 9 千 km 存在している¹⁾。その中には、長年の供用を経て老朽化がみられるものも多く、適時・適切な補修によって施設の長寿命化を図ることが重要となっている²⁾。しかし、寒冷地における農業水利施設に対する各種補修工法の適用性は必ずしも明確になっていないのが現状である。

寒冷地における表面補修工法の問題として、表面被覆材が冬期間に凍結融解作用を受けることや施工時期が灌漑期間終了後となるため、多くが冬期間の施工となり、補修直後に低温に曝されることなどが挙げられる。

本報では、補修後の表面被覆材の低温下における養生と、その後の凍結融解作用が表面被覆材の付着強さに与える影響を室内試験結果から考察する。

2. 試験材料および試験方法

2-1 試験材料

低温養生の影響検討の対象としたのは、有機系素材ではウレタン樹脂表面被覆材（以下、樹脂系と称する）を厚さ 1.5mm で塗布したものと、無機系素材では低温速硬型の厚塗りタイプのポリマーセメントモルタル表面被覆材（以下、セメント系と称する）を厚さ 10mm で塗布したものの 2 種類である（写真-1）。

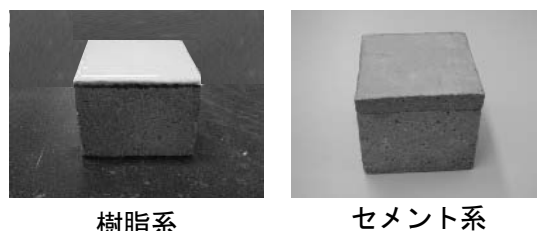


写真-1 表面被覆材を塗布した供試体

基板は、JSCE-K511-2007 の 4.1（試験用基板）に準拠して作成・養生した。すなわち、ステンレス製の型枠にモルタルを流し込み、その後、 気中養生：24 時間（気温 20 ±2 、湿度 80%以上）、 脱型、 水中養生：6 日間（気温 20 ±2 ）、 気中養生：7 日間（気温 23 ±2 、湿度 50%±5%）の順に作業した。なお、仕上がりサイズは、縦 70mm×横 70mm×高さ 40mm である。また、表面被覆材塗布前の供試体表面のプライマー処理は、樹脂系はウレタン系材料で、セメント系はアクリル系材料で行った。

2-2 表面被覆材塗布後の養生

被覆材施工後の養生条件を変えたケースとして、 5 で 5 日間 + 0 で 23 日間（短期間の給熱養生後に低温での曝露を想定したケース）、 5 で 28 日間（長期間の給熱養生を想定したケース）と比較対象として 20 で 28 日間（標準的な養生を想定したケース）の 3 ケースとした。

設定した温度条件が被覆面のみから作用するように、写真-2 の



写真-2 低温養生状況

ように供試体を発泡スチロール製の容器内にはめ込み、容器を恒温器の中に入れて養生を行った。

2-3 試験方法

(1) 凍結融解試験

表面被覆材塗布後の養生を行った供試体に対して、JIS A 1148-2001 に準拠した水中凍結融解試験を実施した。

試験では、供試体への水分の侵入が表面被覆面からだけ作用するように、供試体の側面および底面をブチルゴムで覆った。凍結融解の1サイクルは、凍結過程は+5 から-18、融解過程は-18 から+5 とし、温度保持はさせず、1サイクルに要する時間は3時間とした。また、凍結融解試験前後に供試体の質量測定を行った。

(2) 表面被覆材の付着強さ試験

JSCE-K 531-1999「6.表面被覆材の付着強さ試験方法」に準拠した試験（建研式付着力試験）で行った。3ケースの養生条件の供試体について、養生後（0サイクル）と凍結融解50、100、300サイクル後にそれぞれ供試体2個ずつを使用して付着強さを測定した。

3. 結果および考察

3-1 養生条件と付着強さの関係

表面被覆材を塗布した供試体の養生後の付着強さを表-1に示す。

凍結融解0サイクルでは樹脂系、セメント系ともに20で28日間養生の場合が最も付着強さが大きい結果となった。樹脂系では低温で養生したものとのおおきな差は認められなかった。樹脂系は硬化に要する時間が短いことが原因と考えられる。セメント系は低温養生で付着強さがやや低下した。

表-1 養生後の付着強さ

材料	養生条件	付着強さ(N/mm ²)
樹脂系	5°C,5日+0°C,23日	3.51
	5°C,28日	3.50
	20°C,28日	4.22
セメント系	5°C,5日+0°C,23日	1.99
	5°C,28日	1.36
	20°C,28日	2.59

表面被覆材に求められる付着強さは、工法や被覆材のタイプにより異なるが一般に1.0N/mm²以上とされている⁵⁾⁶⁾。養生直後では樹脂系、セメント系のいずれの条件でも1.0N/mm²を上回っていた。

3-2 凍結融解作用と付着強さの関係

養生後および凍結融解後の付着強さを図-1に示す。

樹脂系では、低温養生の有無にかかわらず、凍結融解300サイクル後も十分な付着強さを保っていた。一方、セメント系では凍結融解50サイクルから付着強さが低下し、100サイクル以降は1.0N/mm²を大きく下回った。なお、樹脂系、セメント系ともに養生温度による違いは明確でなかった。

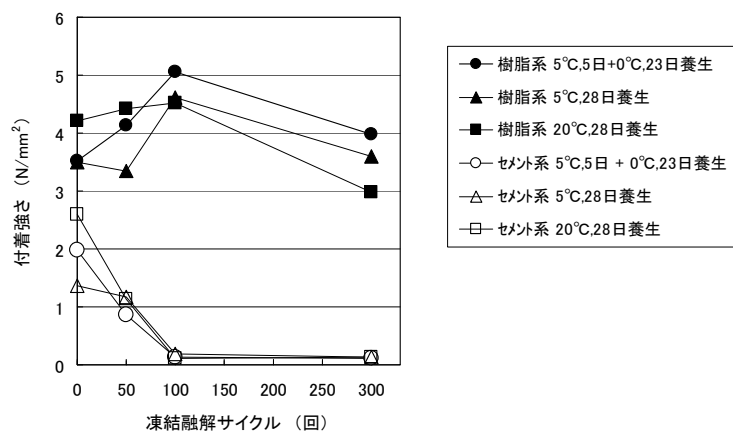


図-1 養生後および凍結融解後の付着強さ

付着強さ試験を実施した後の供試体をみると、樹脂系の供試体で

は付着境界面付近のコンクリート基板で剥がれていることが多く、境界面では測定された数値以上の付着強さを有している。セメント系では表面被覆材とコンクリート基板の付着境界面で剥がれていることから、この値が表面被覆材とコンクリート基板の境界面での付着強さである（写真-3）。

3-3 凍結融解サイクルに伴う供試体の水分増加量

凍結融解サイクルと供試体の水分増加量との関係を図-2に示す。

樹脂系、セメント系ともに凍結融解サイクルが増す毎に質量が増加するが、増加量はセメント系の方が大きく、樹脂系の3倍程度であった。これは、セメント系被覆材は透湿性のある材料であることから、水中凍結融解試験によって、被覆表面からの吸水があったためと考えられ、これに対し、樹脂系被覆材は透湿性の低い材料であるため、内部への水分浸透が少ないことが原因と考えられる。なお、供試体の質量の増加量には表面被覆材の養生温度による大きな違いは認められなかった。

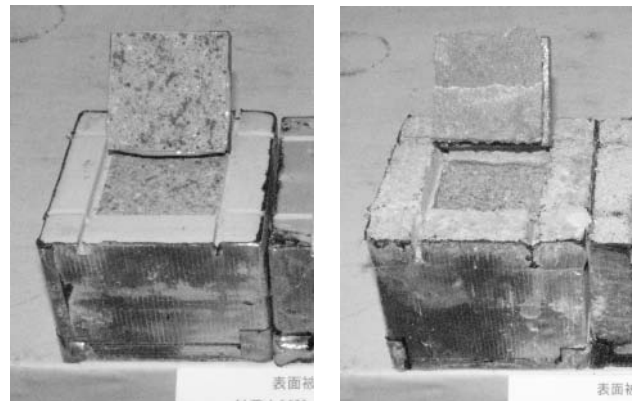
3-4 総合考察

低温養生の付着強さへの影響は樹脂系では小さかった。セメント系では低温養生で付着強さがやや低下した。養生直後では樹脂系、セメント系のいずれの条件でも一般に表面被覆材に求められる付着強さとされる $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であった。この結果から、低温養生が付着強さを大きく低下させるものではないと考えられる。また、凍結融解作用による付着強さの低下は、樹脂系では小さく、セメント系では大きかった。その原因は、樹脂系は内部への水分浸透が少ないのに対し、セメント系は表面から水分が供給されることにより、後者のほうがより凍結融解作用の影響を受けたためと考えられる。

4. まとめ

表面補修後の低温養生およびその後の凍結融解作用が表面被覆材の付着強さに与える影響についての試験を行った。主な結果は以下のとおりである。

- 1) 樹脂系表面被覆材では被覆後の低温養生が付着強さに与える影響は明確ではなかった。セメント系表面被覆材では低温養生で付着強さがやや低下した。しかし、樹脂系、セメント系とも全ての条件で一般に求められる値以上の付着強さが生じていた。



樹脂系 セメント系
写真-3 付着強さ試験実施後の供試体
(5°C, 5日+0°C, 23日養生、300サイクル後)

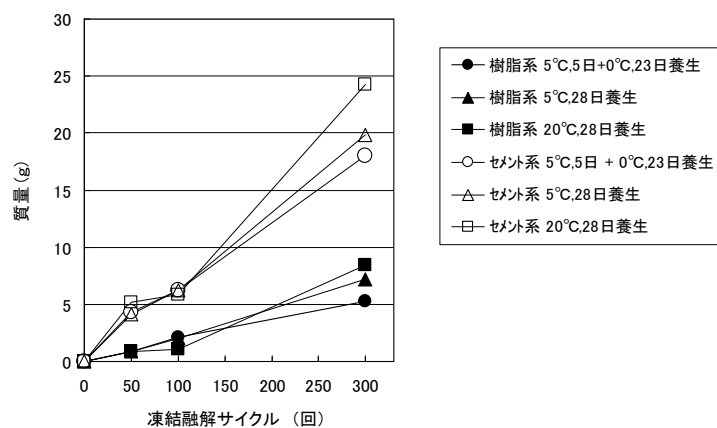


図-2 凍結融解サイクルに伴う供試体の水分増加量

- 2)凍結融解作用による付着強さの低下は樹脂系表面被覆材では小さかったが、セメント系表面被覆材では大きかった。その原因は、樹脂系は内部への水分浸透が少ないのに対し、セメント系は表面からの水分供給が多いことから、後者で凍結融解作用の影響が大きかったためと考えられた。
- 3)付着強さ試験で剥離していた部分は、セメント系では付着境界面であったのに対し、樹脂系表面被覆材では多くが付着境界面より内側のコンクリート基板内であった。このことから、樹脂系の付着力が弱い部分は必ずしも付着境界面とは限らないことが示された。

5. おわりに

今回の凍結融解試験は表面側からの水分供給による影響を調べたもので、透湿性の低い樹脂系の方が良い結果となった。

しかしながら、現場では背面側からの水分浸透も起こることから、本試験とは異なる結果となることも十分考えられる。実際、農業用開水路の表面被覆工法の試験施工区間で、施工約1年後に付着強さを測定したところ、セメント系の表面被覆材は本試験の凍結融解50サイクル後の結果に近い値となったが、樹脂系の表面被覆材を使用した区間では、今回の試験結果よりも付着強さが小さい結果となった。これは、樹脂系の表面被覆材施工の前に、コンクリート劣化部を除去後にポリマーセメントモルタルなどで断面修復し、その上に表面被覆材を塗布したため、断面修復材の内部あるいは断面修復材と躯体の境界面で剥離したことが原因であった。

実際の施工現場でも同様の工法が取られることが多いと考えられることから、寒冷地での表面被覆材の適用性を評価するためには、背面側からの水分浸透を想定した試験や断面修復材の上に樹脂系の表面被覆材を塗布した場合を想定した試験も行う予定である。また、凍結融解の温度は、現場条件に即した設定で実施する予定である。

著者らは、農業用開水路の表面被覆工法の試験施工を平成18年度に行い、現在冬期環境下における変状や温度環境等の調査を行っているところである。今後は、室内試験と併せて積雪寒冷地における表面補修工法の適用性を検証する予定である。

謝辞：本研究の実施等にあたっては、農業用開水路の寒冷地型補修工法について共同研究を行っている各メーカー等のご協力を頂いた。末筆ながら、関係各位に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1)黒崎宏・広部圭一：北海道の農業農村整備の状況、農業土木学会誌、72号(6)、pp.3-8、2004
- 2)北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤敬：インフラ資産のアセットマネジメントに関する研究レビューと農業水利施設を対象とした研究の方向性、農村工学研究技報、第206号、pp.83-104、2007
- 3)土木学会：コンクリート標準示方書[規準編]JIS規格集、pp.453～456、2007
- 4)土木学会：コンクリート標準示方書[規準編]土木学会規準および関連規準、pp.332～334、2007
- 5)農林水産省農村振興局整備部設計課施工企画調整室：農業水利施設のコンクリート構造物調査・評価・対策工法選定マニュアル、p.168、2007
- 6)土木学会：コンクリートライブラリー119 表面保護工法 設計施工指針(案)[工種別マニュアル編]、p.147,188、2005