

# ひび割れ修復工法の選定 および施工実態に関する調査

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所 ○村中 智幸  
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 内藤 勲  
(独) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 島多 昭典

ひび割れ修復工法は、古くから一般的に使用されている工法であるが、注入不足が原因と思われる修復後の漏水等の再劣化が生じた事例もある。その背景として、ひび割れ修復工法の品質評価方法が確立していないため、適切な工法選定や施工がなされていないことが懸念される。本調査では、全道のひび割れ補修工事において、ひび割れ修復の工法選定および施工実態調査を実施し、実状把握と品質評価に関する検討を行った。

キーワード：ひび割れ修復工法、注入不足、実態調査、品質評価

## 1. はじめに

コンクリート構造物の補修対策技術として、多くの現場で使用されているひび割れ修復工法（以下、修復工法）は、写真-1のような修復後に注入不足や接着不良等による再劣化事例も見受けられる。特に北海道のような積雪寒冷環境下においては、このような再劣化箇所が、水や塩分等の外部劣化因子の浸入口<sup>1) 2) 3)</sup>となり、凍害や塩害あるいはこれらの複合劣化の要因となることから、土木構造物の長寿命化を図るため、適切な補修工法・補修材料の選定および、確実な補修効果が求められる。このため、修復工法として幅広く施工されているひび割れ注入工法（以下、注入工法）の現状把握や、実構造物において、ひび割れ幅や注入材の種類が注入充填性に及ぼす影響等の検討を過年度から実施<sup>4) 5) 6)</sup>している。現状では、修復後に注入不足等の充填確認を検査する方法が

確立していないことから、目視確認出来ない部分は竣工検査時に確認されていない。このため、適切な工法選定・材料選定や施工がなされていないことが懸念される。

そこで本稿では、修復工法を実施した構造物の工法・材料選定根拠、注入管理方法等の現状や注入不足等の実状を調査し、選定根拠がひび割れ注入後の充填確認調査で求めた充填率（以下、注入充填率）に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

## 2. ひび割れ修復工法の実状把握

### (1) 調査概要

修復工法の工法・材料選定や施工実態を把握する目的で、平成24年度に、北海道内の国道橋で実施されたひび割れ補修工事（11工事、計15橋梁）を対象に、補修設計



写真-1 ひび割れ修復後の再劣化の例

表-1 アンケート調査概要

調査段階	調査対象	主な調査項目	調査内容
補修設計	コンサルタント (補修設計者)	修復工法選定理由	→ 注入工法・充填工法・被覆工法など
		修復材料選定理由	→ 使用材料
施工時の 品質管理方法	現場代理人など (工事業者)	施工条件	→ 施工時期など
		施工方法	→ 実際に施工した工法・使用材料(製品名含む)
		変更理由	→ 当初補修設計から変更した場合の変更理由・工法・使用材料
		品質管理方法	→ 材料管理・施工管理方法など

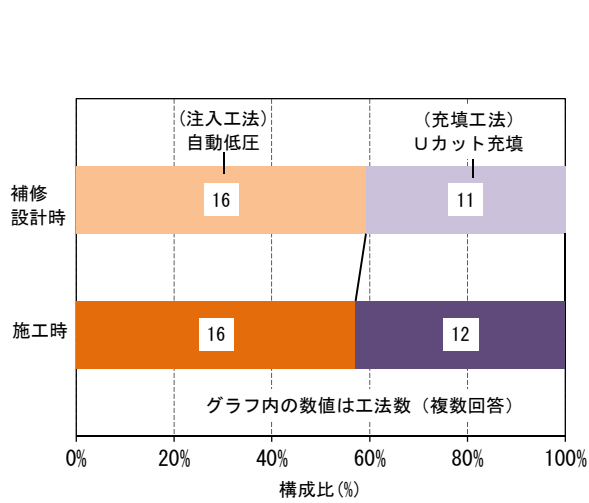


図-1 修復工法の選定

を担当したコンサルタントと補修工事を担当した工事業者に、工事完了後に表-1に示す調査項目に関して、アンケート調査を実施した。

(2) ひび割れ修復工法選定の実状

図-1に補修設計時と施工時におけるひび割れ修復工法の選定結果、図-2に注入工法を選定した補修工事と選定しなかった補修工事の理由をグラフに示す。

注入工法は、取り扱いが容易で主流となっている自動低圧注入工法(以下、自動低圧)、ひび割れ充填工法(以下、充填工法)は、Uカット充填工法であった。なお、補修設計時からの工法変更は、1箇所(注入工法から充填工法への一部変更)であった。

注入工法を選定した理由として、指針<sup>7)</sup>で定義されている「(注入可能な)表面ひび割れ幅」が一番多かったが、その他の理由として「実績が多い」や「経済性」と言う理由もあった。注入工法を選定しなかった理由としては、指針<sup>7)</sup>において、注入工法の適用範囲外である「表面ひび割れ幅0.2mm以下」と「表面ひび割れ幅1.0mm

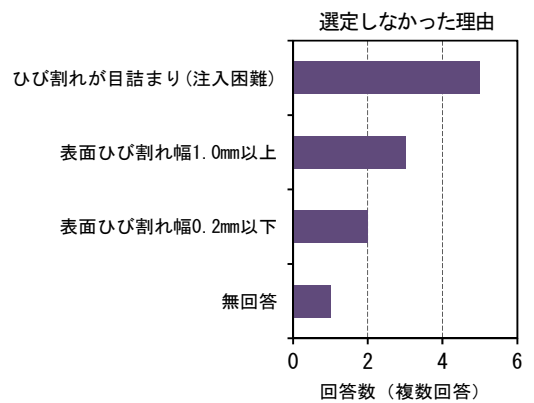
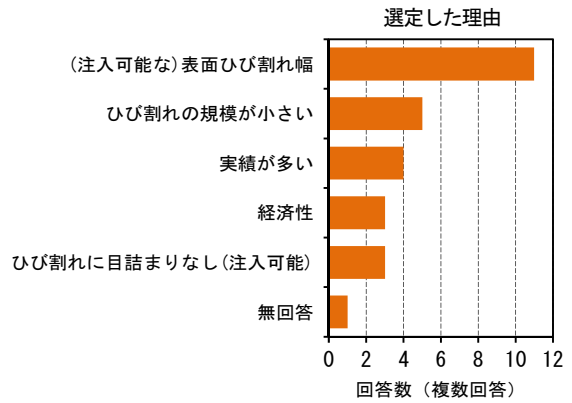


図-2 注入工法の選定理由

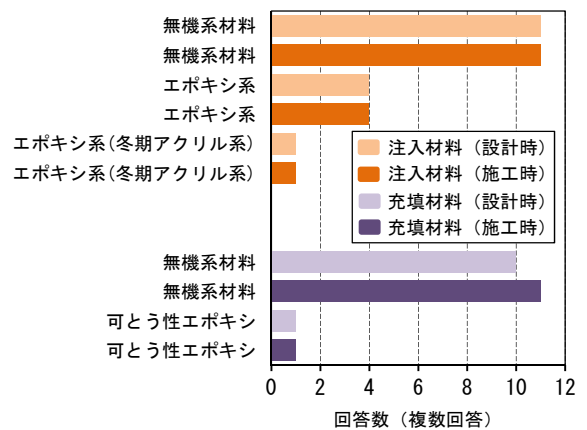


図-3 修復材料の選定

以上」、および「ひび割れが目詰まり（注入困難）」のため充填工法を選定したと言う回答であった。

以上から、ひび割れ修復工法の選定理由において、表面ひび割れ幅以外のその他の選定要素として、低コストで作業が比較的簡易で取り扱いが容易なものを補修設計時、施工時共に選定している傾向があった。また、ひび割れの現地状況に応じた変更事例は少なかった。

### (3) ひび割れ修復材料選定の実状

図-3に補修設計時と施工時におけるひび割れ修復材料の選定結果、図-4に注入材料の選定理由のグラフを示す。

設計時の材料選定においては、有機系材料より比較的处理が容易な無機系材料を注入工法、充填工法共に多く採用していた。他に、エポキシ樹脂系（以下、エポキシ系）注入材・充填材、冬期間のみアクリル樹脂系（以下、アクリル系）注入材の採用例があった。

施工時においても、すべての工事で補修設計で選定されている材料を採用しており、工事発注時の当初設計の

ままの材料で施工が実施されている。

注入材料の選定においては、注入材の性能や施工部位で判断している回答が多かったものの、「経済性」や「実績が多い」と言った回答もあり、特に実績の項目に関しては、単に多く使われているのみで、ひび割れの状態に応じた材料選択がなされていない現状が明らかとなった。

以上から、冬期間の低温環境下への対応や、ひび割れ部の挙動に対応した材料選定等があったものの、修復工法選定と同様、ひび割れの現地状況に応じた選定が必ずしも行われていないことが伺える。

### (4) 注入工法における材料・施工管理方法の実態

図-5に注入工法の注入材の種類による品質管理実施の有無を示す。

セメント系注入材（以下、セメント系）では、ロート流下試験などの流動性試験は全て未実施であり、注入工法の一般的な施工管理方法である注入量管理に関しても

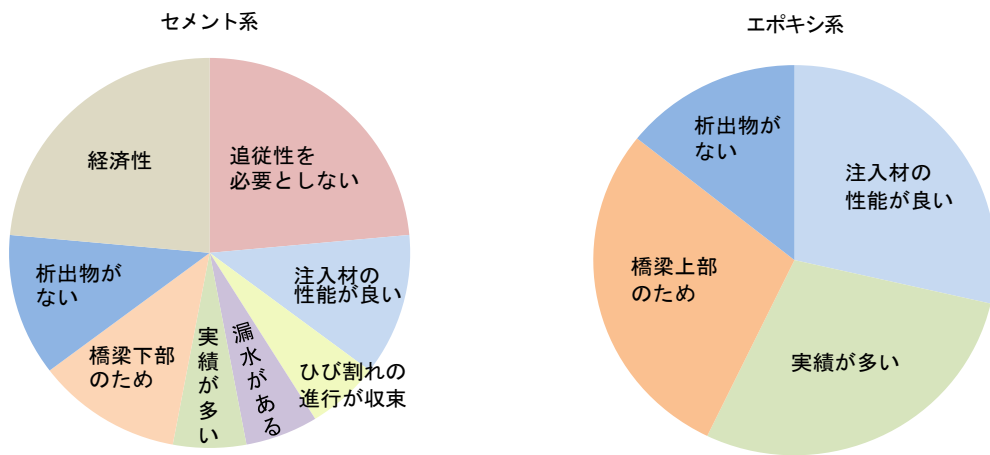


図-4 注入材料の選定理由

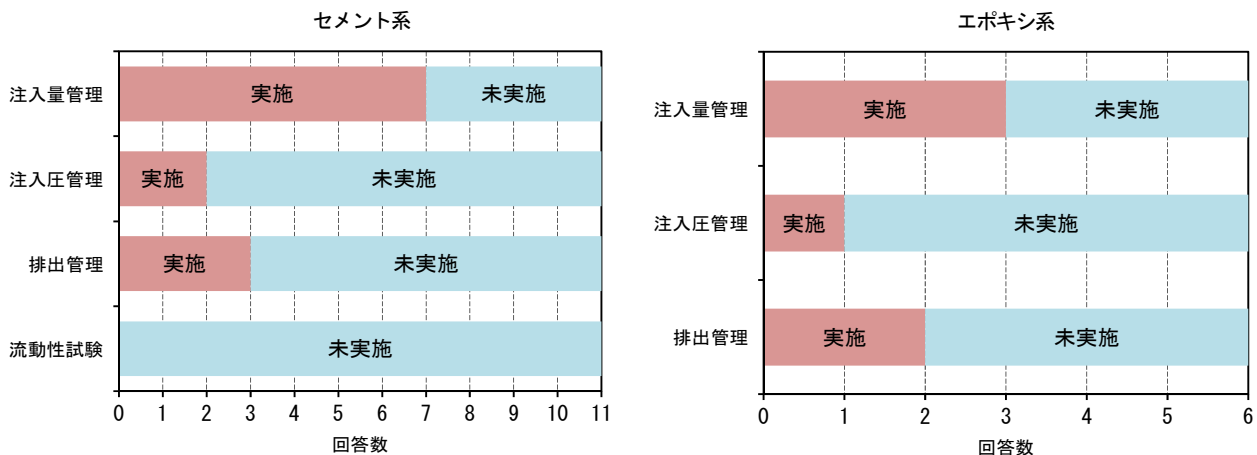


図-5 注入工法の品質管理実施の有無

セメント系で6割程度、エポキシ系で半数しか実施されていない。注入圧管理や排出管理についても、実施している箇所が少ない状況が明らかになった。

### 3. ひび割れ注入工法の品質評価に関する検討

ひび割れ注入工法において、ひび割れの状況に応じた工法や材料の選定がされなかった場合、ひび割れ注入後の注入不足や接着不良等による再劣化の一因となり得ることから、実際に注入補修が行われたひび割れにおいて、小径コアによる充填確認調査を実施し、品質評価に関する検討を行った。なお、アンケート調査の工法選定理由に「(注入可能な)表面ひび割れ幅」の回答が多いこと、材料選定において、無機系(セメント系)材料と有機系(エポキシ系)材料とに分かれていることから、検討は注入材の種類および、表面ひび割れ幅とした。

#### (1) ひび割れ注入後の充填確認調査

アンケート調査時に注入工法を選定した橋梁を対象として、ひび割れ注入後の充填確認調査を行った。充填確認方法は、表面ひび割れ幅0.1~0.5mmの24箇所からコア(径50mm、削孔深さ200mm程度)を、注入方向に採取し、写真-2に示すように、表面から10cmまでのコア両側面の注入材の垂直長さから、注入充填率を求めて評価を行った。調査を実施した工事の工法は、すべて自動低圧注入であり、採取したコアの注入材の種類と数量は、セメント系が10橋梁で19箇所、エポキシ系が3橋梁で5箇所とした。なお、セメント系は全て超微粒子ポリマーセメント、エポキシ系は全て硬質形(I)低粘度形であった。

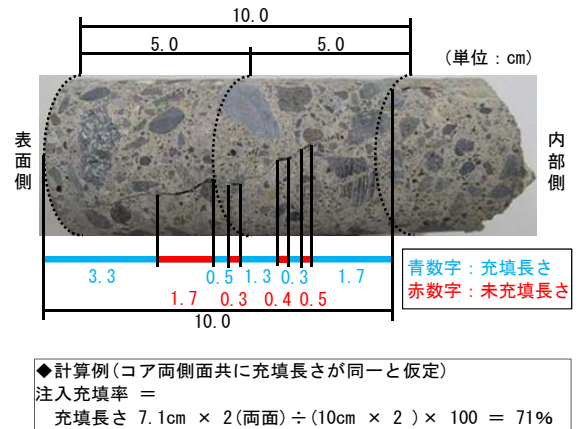


写真-2 削孔コアの充填確認調査

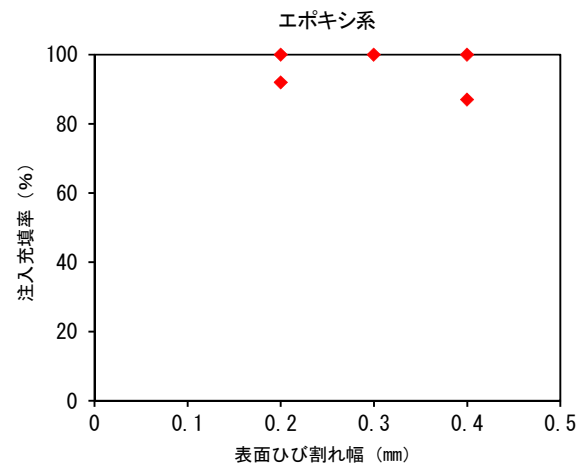
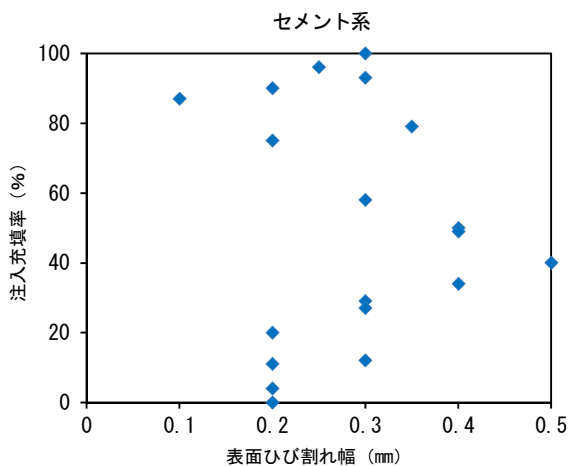


図-6 表面ひび割れ幅と注入充填率

(2) 表面ひび割れ幅と注入充填率との関係

図-6に、表面ひび割れ幅と注入充填率の関係を示す。

今回の調査結果では、セメント系は表面ひび割れ幅に関係なく注入充填率にバラツキが大きく、注入不足が多い結果となった。一方、エポキシ系は、コア採取数は少ないが、注入充填率はすべて高かった。

(3) 工法・材料選定理由が注入充填率に及ぼす影響

今回の調査において、セメント系とエポキシ系で注入充填率の傾向が大きく異なる結果となり、特に、セメント系の注入充填率はバラツキが大きかったことから、これらの原因を調べるため、工法・材料選定理由と注入充填率との関連性について検討した。表面ひび割れ幅0.2～0.3mmの箇所が多いことから、これらのひび割れ幅における、注入材の種類とひび割れ幅の大小が注入充填率に及ぼす影響について考察する。

図-7および図-8に、表面ひび割れ幅0.2mmと0.3mmにおける工法選定理由と注入充填率、材料選定理由と注入充填率との関係を示す。

エポキシ系は、今回の調査結果では注入充填率が高いことから、工法・材料選定理由による影響の関連性は確認出来なかった。一方、セメント系では、表面ひび割れ幅0.2mmにおいて、工法選定理由の「経済性」と「ひび割れの規模が小さい」、材料選定理由の「経済性」と「追従性を必要としない」で、高い注入充填率となるケースはあったが、それ以外は選定理由に関係なく注入充填率が低い結果となった。表面ひび割れ幅0.3mmにおいては、工法・材料選定理由に関係なく注入充填率がばらばらだった。このことから、セメント系においてもエポキシ系と同様に、明確な関連性は確認出来なかった。このような結果の原因として、ひび割れの様々な状況における、セメント系の材料性能、適用性、施工性がそれぞれ

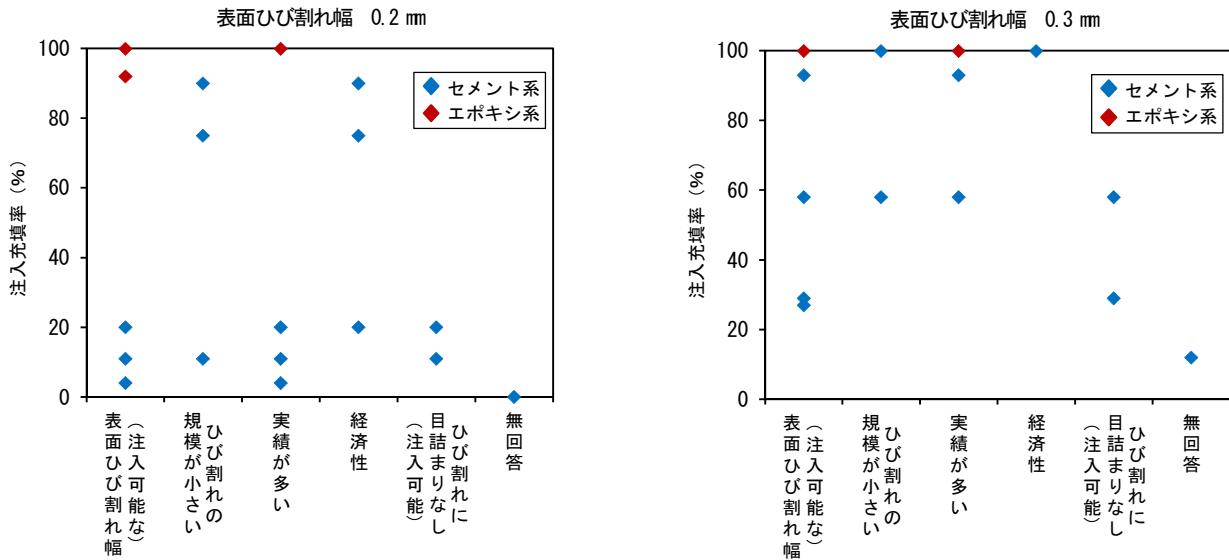


図-7 工法選定理由と注入充填率

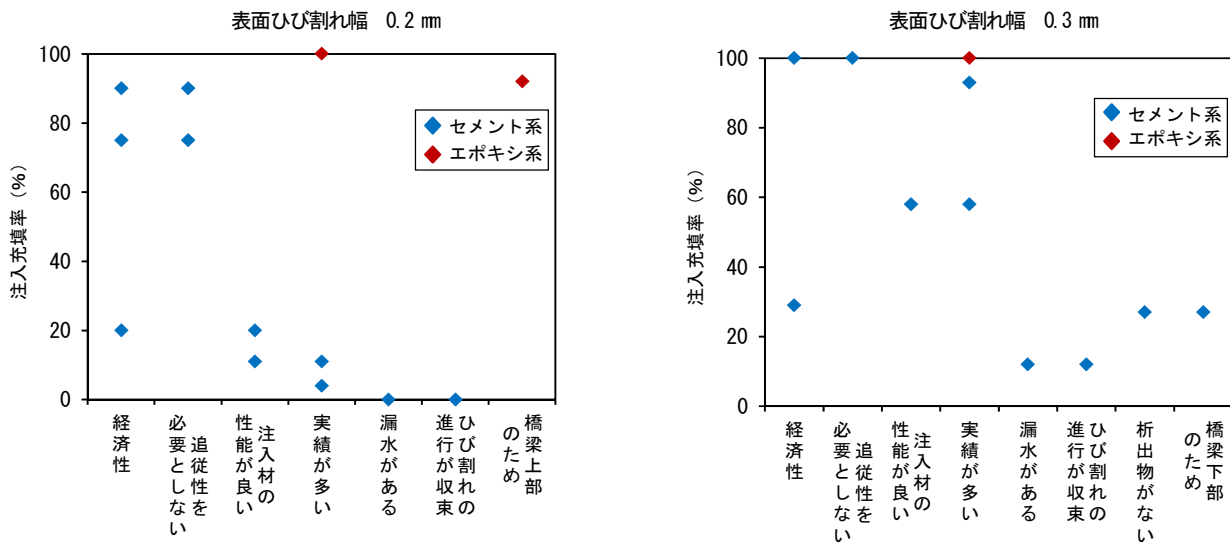


図-8 材料選定理由と注入充填率

れ異なっているためと考えられるが、表面ひび割れ幅が0.2mmよりも0.3mmのほうが全体的に注入充填率が増加していることや、高い注入充填率のケースもあることから、適切な施工を実施することにより、注入充填率は増加すると考えられる。

今回の結果からは、適切な品質を確保するための理由は見当たらないことから、異なる視点での選定方法や施工方法も検討する必要があると思われる。

例えば、注入工法では、低圧注入工法と高圧注入工法があり、現在の主流は簡易な自動低圧注入工法であるが、高圧注入工法のほうが、一般的に注入充填率は高いため、セメント系の0.2mmの注入充填率が低い対策として、状況に応じて高圧注入工法を選定する等の検討が必要である。

#### 4. まとめ

本調査のまとめは、以下の通りである。

- (1) ひび割れの現地状況に応じた適切なひび割れ修復工法の選定や修復材料の選定が必ずしも行われていない。
- (2) セメント系は注入充填率にバラツキが大きい。エポキシ系は注入充填率が高い傾向となった。
- (3) エポキシ系、セメント系共に、工法・材料選定理由と注入充填率の関連性は見られなかった。
- (4) セメント系において、高い注入充填率のケースもあることから、異なる視点での選定方法や施工方法による品質向上の検討が必要である。

以上の結果から、ひび割れ修復前のひび割れの現地状況の適切な確認、工法・材料選定の的確な判断、材料・施工管理等の品質管理が必ずしも十分ではないな実態が

明らかとなったことから、施工管理標準の整備が重要であると考えられる。

今後、低温条件等の施工環境と注入充填率との関係や、注入不足と耐久性との関係を把握し、ひび割れ注入工法の施工管理方法や品質管理方法等の整理を行い、補修対策技術の体系化を実施する予定である。

**謝辞：**本論文を投稿するにあたり、アンケート調査および構造物調査にご協力頂いた北海道開発局の関係各位、並びに補修設計者、工事関係者に多大なるご協力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 渡辺博志：コンクリート構造物の信頼性の向上ーひび割れの影響ー，土木技術資料 平成24年1月号，pp.42-45，2012.1
- 2) 竹田宣典，十河茂幸：凍害と塩害の複合劣化作用がコンクリートの耐久性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.23，No.2，pp.427-432，2001
- 3) 田口史雄ほか：コンクリートの凍害および塩害による複合劣化に関する調査，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp.971-976，2006
- 4) 内藤勲，田口史雄：実構造物におけるひび割れ注入後の品質管理に関する基礎的研究，土木学会第67回年次学術講演会論文集，V-043，2012.9
- 5) 村中智幸，内藤勲，田口史雄：実構造物におけるひび割れ注入後の品質管理に関する検討，第56回（平成24年度）北海道開発技術研究発表会，維-4，2013.2
- 6) 内藤勲，田口史雄，島多昭典：ひび割れ注入工法の現状調査と凍結融解作用が注入後の耐久性に及ぼす影響，第13回コンクリート構造物の補修，補強，アップグレードシンポジウム，2013.11
- 7) 公益社団法人日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針 2009，pp.120-176，2009.3