

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検討

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○内藤 勲

(独) 土木研究所寒地土木研究所 正会員 田口 史雄

1. はじめに

ひび割れ注入工法は、コンクリートのひび割れ修復方法として一般的に使用されているが、注入不足や接着不良等が原因と思われるひび割れの再発が生じている事例もある。その原因として、注入材の充填確認方法¹⁾²⁾や施工管理基準等が体系的に確立していないこと、構造物の修復後の要求性能に及ばず注入不足等の影響が明らかになっていないことがあげられる。このことから、本研究では、実際のひび割れ注入工事における注入材の充填確認調査と、注入等で修復後数年経過した構造物のひび割れ再発箇所の調査を行い、ひび割れ注入工法に関する現状の整理と、注入後の品質管理に関する基礎的な検討を行った。

2. 調査概要

2. 1 調査対象構造物と注入材の種類

ひび割れ注入材の充填確認調査は、平成23年度に施行された北海道各地の国道と直轄河川のひび割れ注入工事の5橋梁6箇所、1覆道2箇所、2樋門3箇所の計11箇所で行った。なお、各工事で使用された注入材は、セメント系注入材が5箇所3種類(製品)、エポキシ樹脂系注入材は6箇所3種類(製品)であった。表-1に充填確認調査を行った構造物と注入材等の主な諸元を示す。また、ひび割れ再発の調査は、数年前に注入や表面被覆によってひび割れ修復を行った後、ひび割れが再発していた表-2に示すような北海道内直轄河川の4樋門計10箇所で行った。

2. 2 調査方法

1) 削孔コアによる注入材の充填確認調査

注入材の充填確認調査は、注入固化後、注入箇所を直径5cmで削孔して深さ10cm以上のコアを採取し、写真-1に示すように、コア両側面において、コンクリート表面から10cmまでに注入材が充填されている鉛直長さ(以下、鉛直充填長さ)とひび割れに沿った長さ(以下、実長さ)をスケールで計測し、コア長さに対する鉛直充填長さの割合を注入充填率として求めた。ここで得られたコンクリート表面から深さ10cmまでの注入充填率を用いて、ひび割れ注入各箇所における注入材の充填評価を行った。なお、評価深さについては、内部に向かって斜めひび割れや屈曲が大きいひび割れもあることと、鉄筋のかぶりを考慮し、コンクリート表面から深さ10cmまでを今回の評価対象とした。

2) ひび割れ調査

ひび割れが再発している箇所のひび割れ進行程度を計測するため、ひび割れ幅とひび割れ深さを平成22年と平成23年に同時期、同一箇所で行った。ひび割れ幅はスケールで測定し、ひび割れ深さは超音波測定法のTc-To法、修正BS法、および直角回折波法を用いて得られた測定値の最大値を採用値とした。

表-1 調査構造物と注入材等の主な諸元

構造物	橋梁						覆道		樋門		
記号	A	B	C	D	E1	E2	A1	A2	A	B1	B2
建設年次	S36	S35	H10	S35	S52		S53		S53	S56	
対象部位	橋台	橋台	橋脚	橋台	橋台		面壁		翼壁	翼壁	
表面ひび幅(mm)	0.1	0.2	0.6	1.2	0.2	0.4	0.6	1.3	0.3	0.35	0.35
補修時期	12月	10月	11月	10月	10月		9月		11月	12月	
注入材	セメント系				エポキシ樹脂系						セメント系
	製品A	製品B			製品D		製品E		製品F		製品C
JSCE-F531(a)	8±3	13.7									14.1
粘度形					硬質低粘度形		硬質低粘度形		軟質中粘度形		
注入工法	自動低圧注入工法										

表-2 調査構造物と補修内容

構造物	樋門①	樋門②	樋門③	樋門④
建設年次	S63	S53	S48	S47
補修年次	H21	H18	H15	H14
補修方法	エポキシ樹脂注入	無機系表面被覆	無機系表面被覆	エポキシ樹脂注入+樹脂系被覆
調査位置	擁壁2箇所	操作台3箇所	操作台1箇所 門柱1箇所	操作台3箇所

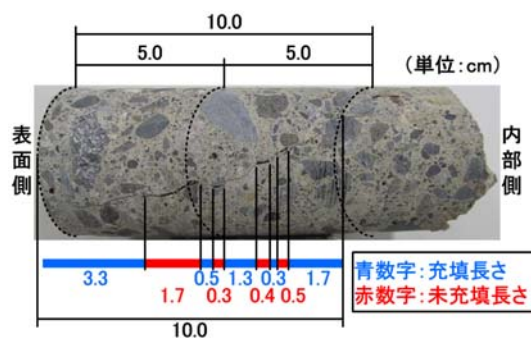


写真-1 削孔コアのひび割れ充填計測例

キーワード ひび割れ注入、品質管理、注入不足、充填確認、ひび割れ再発

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 TEL:011-841-1719 FAX:011-837-8165

3. 調査結果

3. 1 実構造物の注入充填率

写真-2 にコアと削孔内の状況例、図-1 にコンクリート表面から 10cm までの深さ毎の注入充填率を示す。エポキシ樹脂系注入材は注入充填率 100%が多く、ひび割れ幅の大小にかかわらず高い充填率となった。一方、セメント系注入材はひび割れ幅が小さいほど注入充填率は低くなる傾向が見られ、表面から深さ 1cm ですぐに大きく充填率が低下する結果となった。図-2 にコア長さ 5cm, 10cm における実長さの割合（実長さ÷コア長さ（%））と注入充填率との関係を示す。実長さが長いほどひび割れの屈曲等が多くなることから、注入効率は低下すると考えられるが、実長さと注入充填率との関係に特に相関は見られなかった。したがって、今回の調査結果の範囲では、注入充填率は表面のひび割れ幅に大きく影響を受ける結果となった。ただし、セメント系注入材は粉末度や流動性等の違いによって注入性能が異なる場合があるため、今後更なるデータ収集による検証が必要である。また、ひび割れ注入は本来 100%充填されることが前提であるが、注入充填率の良否基準を 80%以上と仮定した場合、80%以上となった箇所は、エポキシ樹脂系注入材で 6 箇所中 5 箇所（83.3%）、セメント系注入材で 5 箇所中 2 箇所（40.0%）と厳しい結果となった。なお、今回実際にコアを採取した状況において、直径 5cm のコアでは、途中でひび割れがコアから外れたり、鉄筋に沿ったひび割れなどは鉄筋位置までしか削孔できないなどの不具合もあった。したがって、斜めひび割れや鉄筋のかぶり等を考慮すると、削孔長は 10cm 程度が妥当である。以上の結果から、実際の注入工事において注入不足が生じている現状や注入材の種類別による充填状態等がある程度把握することができた。



写真-2 削孔コアと削孔内の状況例

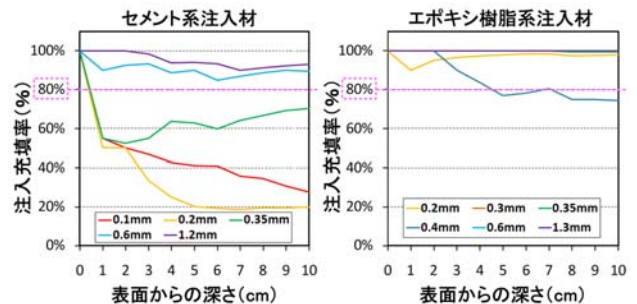


図-1 表面から深さ 10cm までの深さ毎の注入充填率

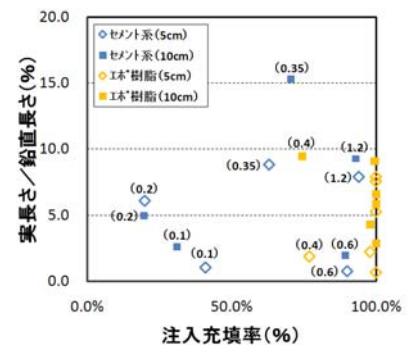


図-2 実長さと注入充填率

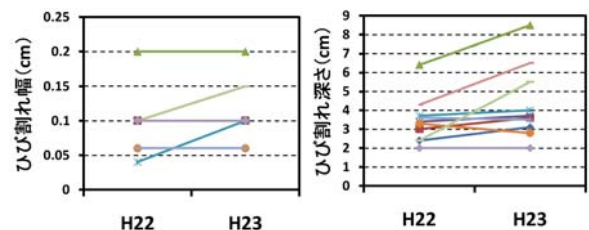


図-3 ひび割れ幅

図-4 ひび割れ深さ

3. 2 ひび割れ調査

図-3 および図-4 に、ひび割れ幅およびひび割れ深さの平成 22 年と平成 23 年の測定値を示す。エポキシ樹脂注入、無機系表面被覆箇所ともに僅かではあるが、再発したひび割れが進行している傾向が見られた。今回調査を行った樋門構造物は積雪寒冷地の内陸部にあることから、ひび割れの進行原因は凍害の影響が大きいと思われる。また、修復後比較的早期にひび割れが再発しており、ひび割れの進行が速い可能性もある。今回の測定において、ひび割れ幅に変化がなくてもひび割れの深さ方向に進行を確認できたことから、ひび割れの進行を監視する手法として超音波測定は有効である。今後さらに継続測定を行うことによって、ひび割れの進行予測も可能であると考えられる。

4. 結論

今回、実際の注入工事においてコア削孔による注入材の充填確認を行った結果、充填状況や注入不足が生じている現状等がある程度把握できた。また、再発したひび割れの進行を監視する手法として超音波測定は有効であることを確認した。今後の課題として、注入不足が構造物の耐久性に及ぼす影響等の検討、およびひび割れ注入工法の品質管理を適切に行うための充填確認方法と評価方法等を確立していきたい。

参考文献

- 1) 瀬野ほか；ひび割れ注入補修における注入時間と注入量の予測に関する基礎的研究，土木学会論文集 E Vol.64 No.1, pp.160 -172, 2008.2
- 2) 山口ほか；超音波によるコンクリートひび割れ注入材の充填確認方法，コンクリート工学年次論文集，Vol.27 No.1, pp.1681-1686, 2005