

コンクリート構造物の耐凍害性に及ぼす施工の影響について

国土交通省 法人会員○千葉孝寿、郷家康弘、川村英弘、和田学*¹、手間本康一*²
 岩手大学工学部 個人会員 小山田哲也*³

1. はじめに

復興道路および復興支援道路を中心とした新設のコンクリート構造物は、東北地方整備局により通知された「コンクリート構造物の品質確保の手引き（案）（橋脚、橋台、函渠、擁壁編）」（以下、手引き）により、品質確保、耐久性確保を図り、長寿命化への先手を打とうとしている。これらの実構造物では、コンクリート表層の透気・透水試験が行われ、施工の善し悪しによる均質かつ密実なコンクリートが施工されているとの成果が報告されているが、これらの構造物が供用され、現実的に耐久性が評価されるには、これまでの構造物の劣化の状況から判断して5～20年を要する。

東北地方では、凍害による劣化事例が多く見られる。凍害には AE 剤による連行空気が必須であるとの認識が一般的であるが、振動締固めを十分に行った場合に連行空気が打込み面から散逸し、丁寧な施工が逆効果になることもあり得る。本研究では、施工の善し悪しによる耐凍害性の違いを検証した。

2. 試験概要

(1) 試験体について

使用したコンクリートの仕様と受入れ時の品質を表-1に示す。コンクリートは復興支援道路「東北横断自動車道釜石秋田線」で実際に橋梁下部工に打込んだコンクリートを流用した。施工を模擬するための試験体は1辺が1000mmの立方体（以後、模擬部材）とし、鉄筋を配置してコンクリートを打込んだ。

表-1 生コンクリート配合

規格	W/C	スランプ	空気量	混和材	CO ₂ 温度
24-8-25 (BB)	54%	9.5cm (9.0cm)	5.5% (4.0%)	-	24°C (22°C)

注) () 書き：スランプ、空気量は筒先の値、温度は外気温を示す。

試験体は3体作製した。配慮した施工条件を表-2に示す。コンクリート標準示方書に倣って施工した標準的な条件を試験体Bとした。打込みは2層に分け、φ50mmの内部振動機で合計9か所締め固めた。これに対し、試験体Aは丁寧に施工したものであり、被り部への振動締固めと型枠脱型後の農業用ビニルによる追加養生を施した。一方、試験体Cは、打込

み、締固め、養生の各段階でそれぞれの配慮を取って不十分にしたものである。これらの方法により作製した試験体を写真-1に示す。写真でも分かるほど、表面気泡と打重ねの違いが明確となった。

表-2 試験体作成方法（打設・締固め・養生）

施工項目		試験体A（丁寧）	試験体B（標準）	試験体C（不適切）
打込み	筒先	寝かし打ち	寝かし打ち	吊し打ち
	層厚 (m)	下0.5 上0.5	下0.5 上0.5	下0.4 上0.6
締固め	振動機と振動箇所	内部φ50 3×3	内部φ50 3×3	内部φ50 2×2
		被りφ40 3×4		
	時間 (秒)	15	15	10
	下層挿入 (cm)	10	10	なし
	型枠叩き	あり	あり	なし
養生	方法	養生マット+散水	養生マット+散水	養生マットのみ
	追加養生	封緘材貼28日迄	気中放置	気中放置



写真-1 作成供試体

耐凍害性の評価は、JIS A 1148(A 法)に準拠した凍結融解試験により行った。試験項目は、相対動弾性係数および質量減少率である。模擬部材から切り出したコアを供試体とした。切出しの概要を図-1に示す。高さ方向に試験体を切断し、A・Bは中央部、Cは各層中央部から100×100×400mmの角柱供試体を採用して実験に供した。コンクリート自体の耐久性を判断するため、鋼製型枠に打込んで56日間水中養生した供試体も実験の対象とした。

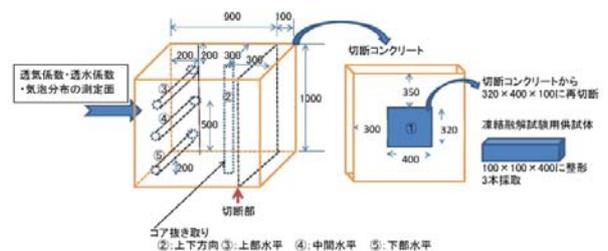


図-1 供試体コア採取図

3. 実験結果及び考察

相対動弾性係数の変化を図-2に示す。

標準養生では凍結融解300サイクルでも相対動弾性係数は80%以上を満足しており、耐凍害性を満たすコンクリートと評価できる。

一方、それぞれの試験体から切り出したコアでは240サイクルですべての試験体が60%を下回り、耐凍害性に劣る結果となった。模擬部材では乾燥や温度の影響を受けており、実験前に発生していた微細ひび割れが劣化のきっかけになったと考えられる。また本研究では切り出しコアでの実験を行っており、切断の際にも微細ひび割れが発生している可能性もあり、実験値が危険側の判定となった懸念もある。

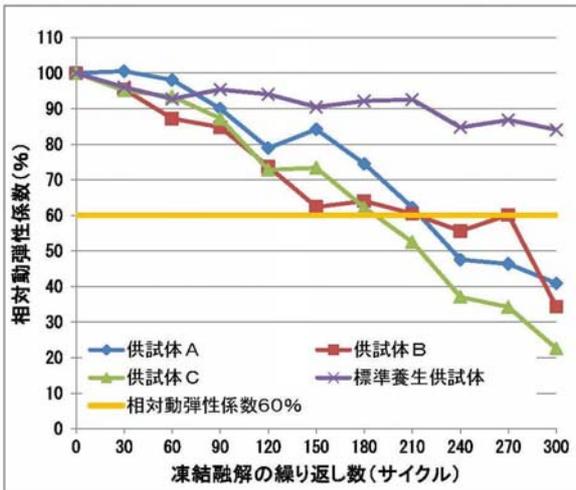


図-2 (参考) 相対動弾性係数(比較試験体 A~C)

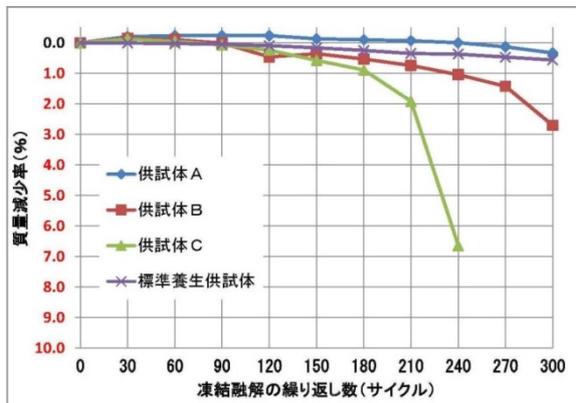


図-3 (参考) 質量減少率(比較試験体 A~C)

凍結融解試験時の質量変化率の推移を図-3 に示す。早いサイクルで質量の変化はほとんどないものの、標準的な施工において300サイクルで2.8%の質量損失であった。不適切な施工では、150サイクルから質量損失が大きくなり、240サイクルでは7%に迫る質量減となった。特筆すべきは丁寧な施工の場合であり、凍結融解試験当初から質量が微増し、途中で低下に転ずるものの0.5%以内に収まり、標準養生と比較し、300サイクルでの質量損失が少ない結果となった。振動締固めと追加養生を十分に行うことで緻密性が増し、真水での凍結融解試験を行った際の剥離量が少なくなったためと考えられる。

※1 国土交通省東北地方整備局東北技術事務所
 ※3 岩手大学理工学部システム創成工学科

凍結融解240サイクル時の各供試体のコンクリート表面の状況を写真-2に示す。標準的な施工である試験体Bでは、粗骨材が露出するほどの表面剥離が見られている。これに対し、試験体Cでは、供試体の採取位置により劣化が明らかに異なる傾向が示され、試験体Bと比較して劣化が少ないものが多いものが見られた。供試体からのブリーディングは試験体Cでは見られておらず、振動締固めが十分でなかったことにより水セメント比あるいは緻密性が不均一であったことが原因の一つと考えられる。一方で、試験体Aでは、モルタルの剥離が散見されるのみで、剥離の程度も全体的に均質であった。供試体は締固めを入念に行った被り部から採取しており、被りコンクリートに振動締固めを施すことおよび追加養生をすることが劣化を抑制する方向に働いたものと考えられる



写真-1 外観状況「240サイクル(比較試験体 A~C)」

4. まとめ

本研究では、施工の配慮がコンクリートの耐凍害性に及ぼす影響を検討した。以下に結果をまとめる。

- (1) 標準的な施工から被り部に振動を加え、ビニルシートによる追加養生を1か月行うことにより、凍結融解試験時の質量減少が少なくなり、良好な結果となった。一方、相対動弾性係数の違いは本研究では3試験体とも同様の傾向が確認された。
- (2) 施工を不適切に行った場合、劣化が顕著に表れ、特に質量減少が大きくなる結果となった。

※2 国土交通省東北地方整備局南三陸国道事務所