

実環境下におけるポーラスコンクリート河川護岸の凍結融解耐久性の評価

太平洋セメント(株) 中央研究所 正会員 ○唐沢 明彦
 太平洋セメント(株) 技術営業部 正会員 城國 省二
 前田製管(株) 開発営業部 土田 保
 前田製管(株) 開発営業部 水上 克朗

1. はじめに

ポーラスコンクリート河川護岸工法は、自然生態系の保全や景観性の向上が可能な工法として、近年注目を集めている。しかしながら、本工法は、実環境での施工の歴史が浅く、解決すべき技術的課題も多い。凍結融解耐久性についても、実環境を考慮した種々の室内促進耐久性試験が行われ、高い凍結融解耐久性を有することが確認されているものの¹⁾、実環境に施工された構造物としての実証的なデータは少ない。

本研究は、青森県十和田市の実環境下に施工したポーラスコンクリート河川護岸模型の暴露試験の結果から、ポーラスコンクリートの凍結融解耐久性を評価したものである。

2. 試験方法

2.1 河川護岸模型

凍結融解に対するコンクリート構造物の危険度が日本国内では比較的高い地域である青森県十和田市の屋外に図1に示すポーラスコンクリート河川護岸模型を施工した。

河川護岸模型は、護岸面が南南東の方位を向き、周辺の構造物が日射を遮らない位置に施工した。供試体は、重心が湛水面と一致する位置に設置した。水深は、常時50cmとなるように管理した。暴露中の河川護岸模型上の除雪は、行わなかった。暴露は、2001年2月1日から開始し、2004年3月現在、3年2か月、4冬を供用している。

2.2 供試体

供試体の配合は、植生重視護岸タイプのポーラスコンクリートの一般的な配合として、表1の2配合を設定した。使用材料は、普通ポルトランドセメント、粗骨材は硬質砂岩砕石、細骨材は7号珪砂、混和剤はナフタレン系高性能減水剤を使用した。供試体は、型枠打設後、常圧蒸気養生を行い、脱型後材齢28日まで標準気中養生を行った後に暴露を開始した。供試体寸法は、10×10×40cm角柱供試体および実際のポーラスコンクリート河川護岸の厚さに近い、縦×横×厚さ=99.5×99.5×20cmの2種類とした。

2.3 試験水準

試験水準は、供試体の配合、緑化充填材の有無、覆土の有無、の3要因の組合せにより、表2に示す6水準を設定した。供試体数は、10×10×40cm供試体は各3個、99.5×99.5×20cm供試体は各1個とした。緑化充填材の配合は、微粉土壌と保水材、保肥材、有機質肥料を混合したものとした。覆土の材料は細目砂、覆土厚は2cmとし、流失防止のため供試体外周に木枠を設置して覆土した。

2.4 試験項目

(1) 供試体温度

供試体に作用する凍結融解サイクルを推定するため、試験No.6の99.5×99.5×20cm供試体の温度を熱電対により測定した。温度の測定位置は、図1に示すように気中部、水際部、水中部の供試体表面と供試体内部の計6個所とした。測定頻度は、1時間に1回とし通年にわたって測定を実施した。

(2) 動弾性係数および供試体質量

動弾性係数および供試体質量は、すべての10×10×40cm供試体において、暴露前と、気中部供試体表面（図1に示すの位置）の凍結融解サイクル数が25、50、100、200、300サイクルに至った時点で、湿潤状態を統一して測定した。

(3) 圧縮強度

圧縮強度は、すべての99.5×99.5×20cm供試体において、暴露前と、気中部供試体表面の凍結融解サイクル数が300サイクルに至った時点で、図1に示す、の位置からφ10cmのコアを切り出し、湿潤状態を統一して測定した。

(4) 外観変化

動弾性係数および供試体質量の測定と同時期に、全供試体において、クラック、スケーリング、ポップアウト等の外観的劣化の有無を目視観察した。

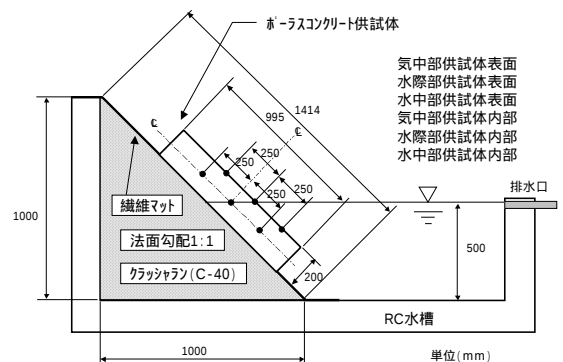


図1 河川護岸模型と供試体

表1 供試体の配合

配合名	W/C (%)	総空隙率 (%)	粗骨材粒度 (mm)	単位量 (kg/m ³)				
				W	C	G	S	Ad
1510配合	20	31	15~10	52	261	1540		5.21
2515配合	20	31	25~15	34	171	1556	82	8.55

表2 試験水準

試験 No.	配合名	緑化 充填材	覆土	供試体寸法 (cm)	
				W	C
1	1510配合	有	無	10×10×40	99.5×99.5×20
2	1510配合	有	有	10×10×40	-
3	1510配合	無	無	10×10×40	99.5×99.5×20
4	2515配合	有	無	10×10×40	99.5×99.5×20
5	2515配合	有	有	10×10×40	-
6	2515配合	無	無	10×10×40	99.5×99.5×20

[キーワード] ポーラスコンクリート, 凍結融解, 河川護岸

[連絡先] 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 TEL.043-498-3853 FAX. 043-498-3821

3. 試験結果および考察

3.1 供試体温度

気中部供試体表面の凍結融解サイクル数が 300 サイクルに至った時点での各部の凍結融解サイクル数と暴露期間中の各部の最低温度を表 3 に示す。

凍結融解による劣化が最も懸念される水際部供試体表面の凍結融解サイクル数は、1 冬当り 21 回程度と少なく、気中部供試体表面の凍結融解サイクル数の 1/4 程度であった。これは、12 月下旬から 2 月下旬まで湛水面の氷結状態が持続し、氷結面の一部にしか凍結融解作用が生じないためと考えられる。水際部供試体内部は暴露期間中凍結しておらず、これはポーラスコンクリートと内部の空隙によって環境条件が大幅に緩和されているためと考えられる。

気中部供試体表面の凍結融解サイクル数は、1 冬当り 86 回程度で他の部位に比べて突出して多く、暴露期間中の最低気温も最も低かった。これに対して気中部供試体内部の凍結融解サイクル数は、供試体表面の 1/4 程度であり、暴露期間中の最低気温も 4.4 高い結果であった。これは、気中部と同様にポーラスコンクリートと内部の空隙によって環境条件が大幅に緩和されているためと考えられる。

水中部では、供試体表面、供試体内部ともに凍結しなかった。これは、暴露期間中の最大氷結厚が約 8cm であり、水中部の温度測定位置では氷結が生じなかったためであると考えられる。

3.2 相対動弾性係数および質量減少率

相対動弾性係数および質量減少率の経時変化を図 2 に示す。すべての試験水準の供試体において、相対動弾性係数の低下および質量減少率の増加は認められず、高い凍結融解耐久性を有していることを確認した。すべての試験水準の供試体において、相対動弾性係数が 50 サイクルまでは増加し、その後一定の傾向になったのは、供試体の強度が増加したためと考えられる。また、試験 No.4 の供試体のみ質量減少率が若干増加したのは、供用により緑化充填材の一部が流出したためであると考えられる。

3.3 圧縮強度

圧縮強度の経時変化を図 3 に示す。すべての試験水準の供試体において、暴露前の圧縮強度に対する 300 サイクル時点の圧縮強度の低下は認められず、相対動弾性係数および質量減少率の結果と同様に、高い凍結融解耐久性を有していることを確認した。

3.4 外観変化

すべての試験水準の供試体において、クラック、スケーリング、ポップアウトといった凍結融解による外観的劣化は認められなかった。

4. まとめ

- (1) ポーラスコンクリートの配合、緑化充填材の有無、覆土の有無に係わらず、気中部供試体表面の凍結融解サイクル数が 300 サイクルに至った時点で、相対動弾性係数の低下、質量減少率の増加、圧縮強度の低下、外観的な劣化は認められず、高い凍結融解耐久性を有していることを確認した。
- (2) 凍結融解による劣化が最も懸念される水際部供試体表面の凍結融解サイクル数は、1 冬当り 21 回程度と少なく、気中部供試体表面の凍結融解サイクル数の 1/4 程度であった。水際部供試体内部は暴露期間中凍結することがなく、これはポーラスコンクリートと内部の空隙によって環境条件が大幅に緩和されているためと考えられる。

表 3 供試体各部の凍結融解サイクル数と暴露期間中の最低温度

	外気温 ¹⁾	気中部		水際部		水中部	
		供試体表面	供試体内部	供試体表面	供試体内部	供試体表面	供試体内部
凍結融解サイクル数	-	300	71	73	0	0	0
1冬当りの凍結融解サイクル数	-	86程度	20程度	21程度	0	0	0
暴露期間中の最低温度(°C)	-14.5	-7.0	-2.6	-5.1	+0.4	+0.1	+0.4

注1) 十和田地域気象観測所の観測値

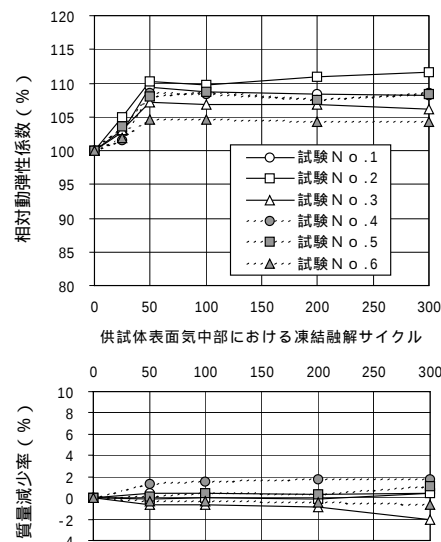


図 2 相対動弾性係数と質量減少率の経時変化

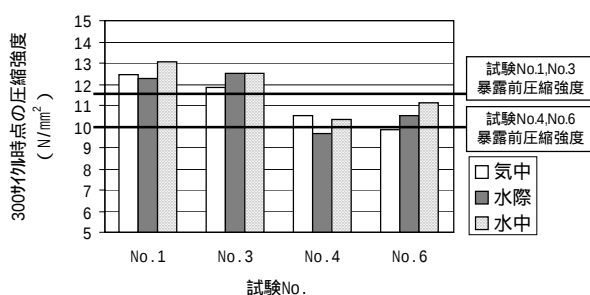


図 3 圧縮強度の経時変化

【謝辞】

試験に際して多大なご助力を頂きました北里大学獣医畜産学部生物生産環境学科の細川 吉晴助教授ならびに青森前田コンクリート工業株式会社の高橋 秀氏、及川 賢治氏、工藤 良一氏に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 国土交通省土木研究室：ポーラスコンクリートの強度および耐久性試験報告書，土木研究所資料 第 3799 号，2001。
- 2) 唐沢他：実環境下におけるポーラスコンクリート河川護岸の凍結融解耐久性の評価，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，pp.1181-1182 (2003)