

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
前田製管(株) 開発営業部 土田 保

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

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。十和田地域気象観測所の1979年から2000年の統計によれば、十和田地域の最低気温平年値は、1月、2月、3月および12月において摂氏-2.8～-5.8、最大積雪深さは同月において17～51cmであり、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と考えられる。

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。ポーラスコンクリート供試体は、重心が湛水面と一致する位置に設置した。水深は、常時500mm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、2003年3月現在、2年2か月、3冬を供用している。

2.2 供試体

ポーラスコンクリート供試体の配合は、植生重視護岸タイプ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。ポーラスコンクリート供試体は、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。供試体寸法形状は、10×10×40cmの角柱供試体とした。

2.3 試験水準

試験水準は、ポーラスコンクリート供試体の配合、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、各試験水準ともに3本とした。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。緑化充填材の充填は、材齢14日のポーラスコンクリート供試体に乾燥状態の緑化充填材を振動を加えながら充填し、暴露中の緑化充填材の流出防止のため、供試体表面には水溶性エマルジョンを吹き付けて乾燥硬化させた。覆土の材料は細目砂、覆土厚は20mm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、供試体の温度を熱電対により測定した。供試体は、2.2の供試体とは寸法が異なり、実際のポーラスコンクリート河川護岸の温度を把握する意味から、表1に示す2515配合で、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=995×995×200mmの形状の供試体を作製し、緑化充填材と覆土を用いずに設置した。温度の測定位置は、図2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。

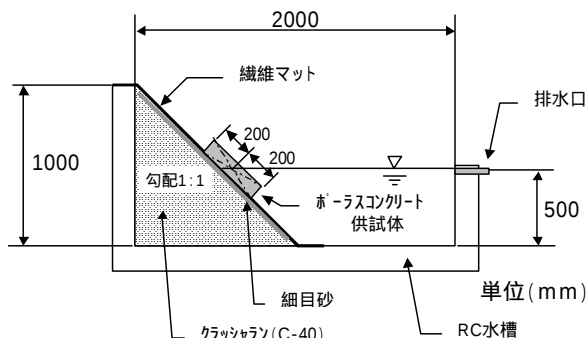


図1 ポーラスコンクリート河川護岸模型

表1 ポーラスコンクリートの配合と圧縮強度試験結果

配合名	W/C (%)	総空隙率 (%)	粗骨材粒度 (mm)	単位量 (kg/m³)					28d圧縮強度 (N/mm²)
				W	C	G	S	Ad	
1510配合	20	31	15～10	261	261	1540		5.21	11.4
2515配合	20	31	25～15	171	171	1556	82	8.55	10.4

表2 試験水準

試験 No.	配合名	緑化充填材	覆土
1	1510配合	有	無
2	1510配合	有	有
3	1510配合	無	無
4	2515配合	有	無
5	2515配合	有	有
6	2515配合	無	無

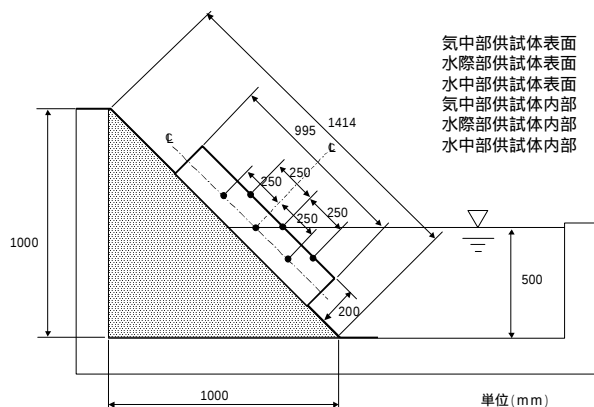


図2 供試体の温度測定位置

[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

（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、2.2 の供試体において、暴露前と、気中部供試体表面（図 2 に示す の位置）の凍結融解サイクル数が 25、50、100、200 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）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、2.2 の供試体において、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。

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 200 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 19 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 80 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 1/5 であり、暴露期間中の最低気温も 5.2 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 80mm 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 動弾性係数および供試体質量

相対動弾性係数の結果を図 3 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。

質量減少率の結果を図 4 に示す。すべての試験水準の供試体において、質量減少率の増加はほとんど認められず、相対動弾性係数からの評価と同様に、高い凍結融解耐久性を有していることを確認した。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 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ず、相対動弾性係数や質量減少率からの評価と同様に、高い凍結融解耐久性を有していることを確認した。

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 200 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、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 19 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。

5. おわりに

本試験において、更に長期的な凍結融解耐久性の評価を進めるとともに、ポーラスコンクリート河川護岸の乾湿繰り返しに対する耐久性についても今後評価を行っていく予定である。

【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及川 賢治氏、高橋 秀氏、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.

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	-	200	40	47	0	0	0
1冬当りの凍結融解サイクル数	-	80程度	16程度	19程度	0	0	0
最低温度(℃)	-14.5	-7.0	-1.8	-5.1	+0.4	+0.2	+0.4

注1) 十和田地域気象観測所の観測値

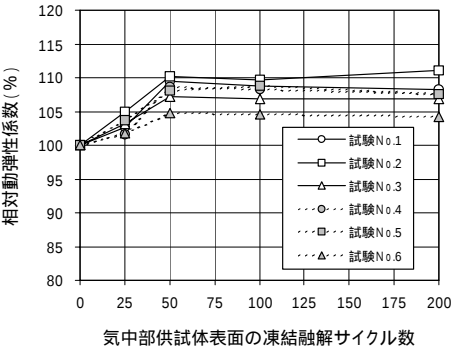


図 3 相対動弾性係数の結果

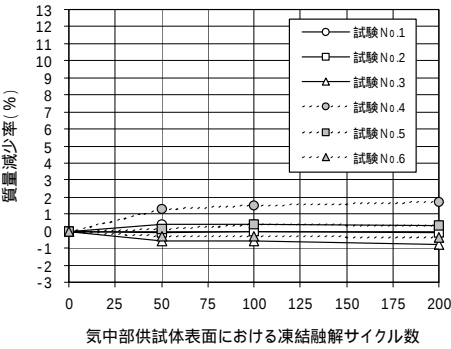


図 4 質量減少率の結果