凍結融解を受ける天然ゼオライトを用いたポーラスコンクリートの劣化挙動

秋田大学　学生員　○千明祐也　　秋田大学　大谷朋也　秋田大学大学院　学生員　木村　渉
秋田大学大学院　正員　徳重英信　　秋田大学大学院　フェロー　川上　洵

1. はじめに

これまで著者らは天然ゼオライトを用いた植栽用ポーラスコンクリート平板の実用化を目指して，セメントモルタルとポーラスコンクリートの複層平板の各種物性に関する検討[1)]を行ってきている。本研究では積雪寒冷地において検討不可欠である凍結融解による劣化挙動について，河川護岸等に天然ゼオライト混和ポーラスコンクリート複層平板を適用した場合を想定し，ポーラスコンクリート単体およびモルタルとの複層平板の劣化挙動について検討を行うことを目的とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料，配合および供試体

ポーラスコンクリートには、普通ポルトランドセメント(密度：3.15kg/m^3)，骨材として表 1 に示す天然ゼオライト骨材または砕石を用いている。混和材には天然ゼオライト粉末（粒径：～0.08mm）を用い，高性能減水剤（SP）と AE 剤を使用した。配合は表 2 に示すとおりであり，骨材の種類と粒径，ゼオライト粉末混和率をパラメータとした。なお表中の p/a はペーストと骨材の絶対容積比を表している。また複層平板用供試体下層部に用いたセメントモルタルには早強ポルトランドセメント(3.13kg/m^3)と砕砂を用い，配合を表 3 に示す。

表 1　骨材の物理的性質

骨材	粒径（mm）	密度（g/cm^3）	吸水率（%）	産地
天然ゼオライトZG（粗骨材）	5.0～15.0	5.0～15.0	20.8	秋田県能代市二ツ井
天然ゼオライトZA（細骨材）	3.0～5.0	3.0～5.0	19.5	
砕石CG（粗骨材）	5.0～10.0	5.0～10.0	0.44	岩手県米里
砕砂CS（細骨材）	～2.5	～2.5	2.16	秋田県仙北市西木

表 2　ポーラスコンクリートの配合

供試体名	骨材	W/B(%)	p/a(%)	s/a(%)	ZP混和率(%)	単位量(kg/m^3)						SP (kg/m^3)	AE (kg/m^3)
						W	C	ZG	CG	ZA	ZP		
ZPC36-0-0	ZG	28.0	36.0	0.0	0.0	93	332	1048	0	0	0	0	0.07
ZPC36-0-10					10.0	92	303				24	9.1	0.06
ZPC36-0-15					15.0	91	288				36	8.7	0.06
ZPC36-0-20					20.0	90	273				43	8.2	0.05
ZPC36-0-30					30.0	88	243				73	7.3	0.05
CPC36-0-0	CG				0.0	93	332	0	1561	0	0	1.3	0.08
CPC36-0-10					10.0	92	303				24	10.3	0.08
CPC36-0-15					15.0	91	288				36	9.8	0.08
CPC36-0-20					20.0	90	273				43	9.3	0.08
CPC36-0-30					30.0	88	243				73	8.3	0.02
ZPC36-100-0	ZA			100	0.0	93	332	0	0	1059	0	0	0.07
ZPC36-100-30					30.0	88	243				73	7.3	0.05

表 3　モルタルの配合

骨材	W/B(%)	p/a(%)	単位量（kg/m^3）			SP (kg/m^3)	AE (kg/m^3)
			W	C	CS		
CS	42.0	44.0	279	664	981	0.66	0.33

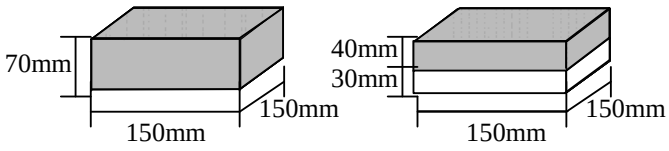

図 1　供試体形状と寸法
（左：ポーラスコンクリート単体，右：複層平板）

供試体は打込み後に CIF 試験の供試体保管方法[2)]に準じて，材齢 7 日まで水中養生を行った後，20 日間 20℃･60%RH で室内保管し，底面から 1 日間吸水させた後に凍結融解試験に供した。供試体形状と寸法は図 1 に示すようにポーラスコンクリート単体および複層供試体ともに 70×150×150mm である。

2.2　凍結融解試験概要

凍結融解試験は CIF 試験[2)]を参考に実施し，温度環境は-20℃～20℃を 2 サイクル/日とした。しかし供試体浸漬水位は図 2 に示すように供試体下半分が浸漬した状態とし，10 サイクル毎にスケーリング量および水分吸収量（質量変化）の測定を行った。また図 2 に示すように標点距離 50mm の埋め込み型ひずみゲージと熱電対を内部に設置した供試体も用い，供試体内部の温度と変形も測定した。試験は原則として 50 サイクルまで実施している。複層平板供試体の場合はモルタル側を下層として，同様の浸漬条件で凍結融解試験を行っている。

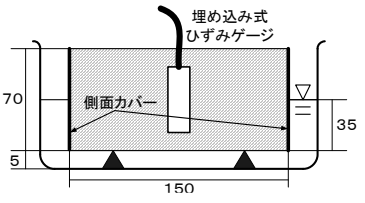

図 2 供試体設置状況

キーワード：天然ゼオライト，ポーラスコンクリート，凍結融解，スケーリング，残留ひずみ，複層平板
〒010-8502　秋田県秋田市手形学園町 1-1　秋田大学工学資源学部土木環境工学科

3　実験結果および考察

3.1 ポーラスコンクリート単体の劣化挙動

スケーリング量の測定結果を図 3 に示す。砕石を骨材に用いた普通ポーラスコンクリート（CPC36-0-0）は 50 サイクルで 250g/m^2 程度のスケーリング量を示した。ゼオライト粉末を混和すると，15%混和で 350g/m^2 程度とスケーリング量は若干の増加であるが，30%混和すると CIF 試験で定められている基準値である 600g/m^2 を大幅に上回り浸漬部分の多くが崩壊する劣化を示した。これはゼオライト粉末の混和に伴って単位セメント量が減少したことが要因と考えられる。

一方，ゼオライト粗骨材を用いた場合，ゼオライト粉末が無混和であれば普通ポーラスコンクリートのスケーリング量を下回り，粉末混和率 15%でも普通ポーラスコンクリートと同様の傾向である。また埋め込み型ひずみゲージを用いた残留ひずみの測定結果においても，図 4 に示すように天然ゼオライトを粉末として混和すると残留ひずみが増大するが，骨材に用いた場合には普通ポーラスコンクリートと同程度の傾向を示した。試験終了時のスケーリング量は水分吸収率の増加とともに増える傾向（図 5）であるが，残留ひずみ（図 6）はその傾向は認められず，骨材細孔構造と組織内の凍結融解による水分移動の関係について詳細な検討が必要であると考えられる。

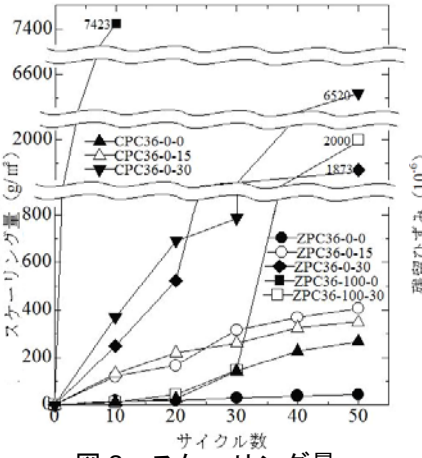

図 3　スケーリング量

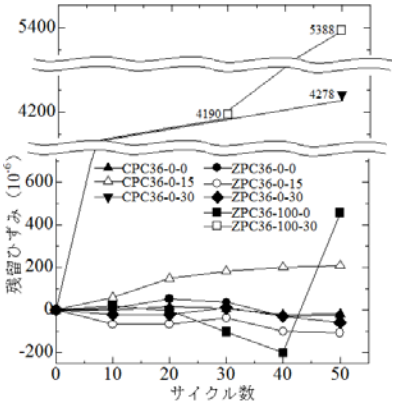

図 4　残留ひずみ

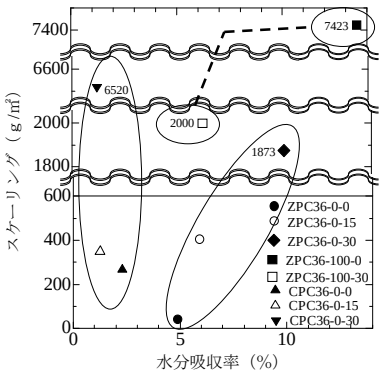

図 5 水分吸収率とスケーリング

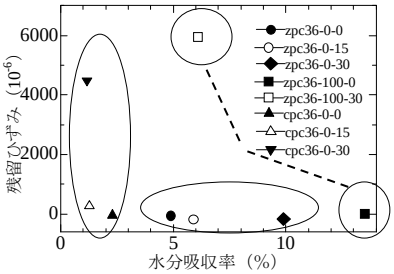

図 6 水分吸収率と残留ひずみ

3.2 ポーラスコンクリート複層平板の劣化挙動

複層平板供試体のスケーリング量を図7に，残留ひずみを図8に示す。全供試体ともにポーラスコンクリート単体の測定結果よりも比較的小さな値となり，下層部のモルタルにより凍結融解時の変形が拘束されたことが影響したものと考えられる。しかし，ゼオライト細骨材を用いたポーラスコンクリート（ZPC36-100-C）では残留ひずみが増大し，単体の測定結果と同様に低い凍結融解抵抗性を示した。

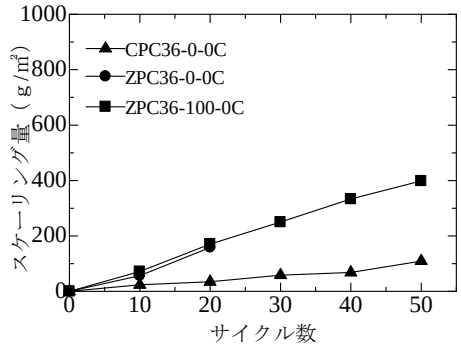

図 7 複層平板のスケーリング

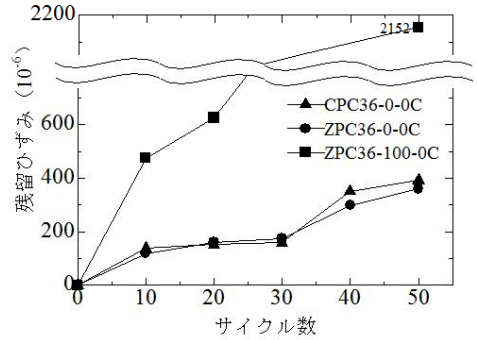

図 8　複層平板の残留ひずみ

4. まとめ

天然ゼオライトを粗骨材に用いたポーラスコンクリートは骨材の吸水率が高い多孔質体であるにも関わらず高い凍結融解抵抗性を有することが示唆され，内部組織の水分移動特性の検討を詳細に行う必要がある。

【参考文献】1) 徳重英信ほか：天然ゼオライト混和ポーラスコンクリート複合平板の曲げ強度とクエン酸抵抗性，セメント・コンクリート論文集，No.64, pp.257-264（2011）

2) RILEM TC 176-IDC: Test Methods of Frost Resistance of Concrete: CIF-Test, Materials and Structures, Vol.37, pp 743-753（2004）