【V－11】

細骨材の種類がポーラスコンクリートの強度特性や耐久性に与える影響

総合開発　正会員　○葛西博文　　徳島県庁　非会員　石川美波
徳島大学大学院　正会員　橋本親典　　正会員　渡辺　健

1.　はじめに

ポーラスコンクリートは，内部に水や空気を通す連続空隙率をもつ多孔質なコンクリートであり，一般的なコンクリートと比べ，透水性・透気性が飛躍的に向上することから水際環境 [1]で使用されることが多く，雨水や河川水による乾湿繰り返し作用，および寒冷地においては凍結融解作用による耐久性への影響が懸念される．

一方，ポーラスコンクリートにおける細骨材は，モルタルの垂れの抑制，乾燥収縮量の低減，乾湿繰り返しに対する耐久性の向上が期待できる．また，細骨材として使用されている海砂の採取が困難になり，代替砂の検討が必要となっている．本研究では，細骨材として産業副産物であるスラグ系細骨材に着目し，その材質物性と強度特性および耐久性に関する実験的検証を行った．

2.　実験概要

2.1　使用材料および配合

使用した細骨材の物性値および配合を**表-1**，**表-2** に示す．海砂の代替砂として産業副産物である高炉スラグ(BFS)，フェロニッケルスラグ(FNS)，銅スラグ(CUS)を使用する．なお，右の数字は最大粒径を意味する．

海砂の配合を基準とし，細骨材全量を各スラグ細骨材に置換した．水セメント比（W/C）は 25%，粗骨材は粒径 7 号砕石で一定とした．また，型枠への詰め込み量を変化させることで目標空隙率（18%，20%，22%，24%）を設定し 1 配合につき 4 段階設けた．

表-1　細骨材の物性値

	海砂	BFS1.2	BFS5	FNS1.2	CUS2.5
絶乾密度(g/cm^3)	2.61	2.70	2.72	3.04	3.47
表乾密度(g/cm^3)	2.58	2.73	2.74	3.08	3.6
吸水率(%)	1.15	1.14	0.49	0.31	0.11
単位容積量(kg/L)	1.61	1.55	1.53	1.78	2.20
微粒分量(%)	0.6	3.6	2.7	1.6	3.2
粗粒率	2.16	2.12	2.53	1.56	2.76

表-2　配合

配合	W/C(%)	単位量(kg/m^3)			
		W	C	S	G
海砂	25	92	370	97	1491
BFS1.2				102	
BFS5				102	
FNS1.2				115	
CUS2.5				134	

2.2　実験項目および方法

2.2.1　空隙率および圧縮強度

空隙率は，“ポーラスコンクリート河川護岸工法の手引き”に準拠し，圧縮強度試験は JIS A 1107 に準じ試験を行った．

2.2.2　簡易急速凍結融解試験

試験方法の詳細は，参考文献 [2]に記載している．液化窒素用の容器に供試体を投入し，液化窒素を数秒間吹き付け，蓋をして 30 秒間供試体の底面を凍結させる．その後約 40℃の温水に浸漬し 5 分間融解させる．融解後水分を拭き取り，凍結した底面から約 15 ㎜の位置に超音波センサーをあて，供試体の直径（100㎜）の超音波伝播速度を計測した．この作業を 1 サイクルとし，相対動弾性係数が 60%以下になるか，10 サイクルに達した時点で試験終了とした．

2.2.3　乾湿繰返し試験

湿潤条件を 20℃水中，乾燥条件を 40℃の乾燥炉内とし，サイクルタイムは乾燥期間 3 日，湿潤期間 1 日，乾燥期間 2 日，湿潤期間 1 日を 2 サイクルとする．試験開始前および試験開始後 2 サイクルごとに超音波伝播速度および供試体質量を測定した．測定は，湿潤期間工程終了直後に行い，水中から取り出した後 1 時間，気中で内部の水抜きをし，表面の水を抜き取り測定した．

3.　実験結果および考察

3.1　圧縮強度試験

図-1 に全空隙率と圧縮強度の関係を示す．同一空隙率において，海砂より全てのスラグ系細骨材において，強度は 10%程度大きかった．著者らの既往の研究 [2]と同様に，どの配合も空隙率が大きくなるにつれて，圧縮強度は低下する傾向があった．BFS1.2 と FNS1.2 は，空隙率の増加に伴う強度の低下傾向がやや大きく，BFS5 と CUS2.5 は，その傾向がやや小さかった．粒径（粗粒率）が大きい細骨材のほうが，空隙率の影響を受けにくいと考えられる．

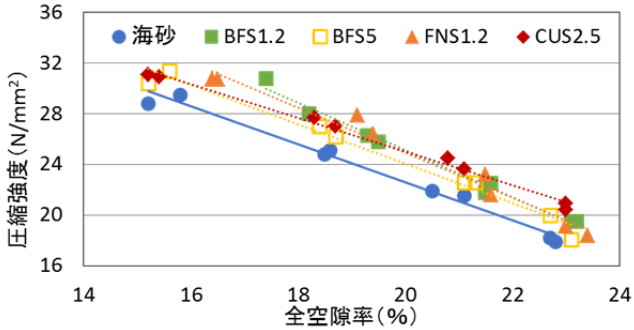

図-1　全空隙率と圧縮強度の関係

3.2　簡易急速凍結融解試験

図-2 に全空隙率と 10 サイクル目の相対動弾性係数の関係を示す．すべての供試体が相対動弾性係数を 60%以上保ったことから，どの細骨材を用いても凍結融解への抵抗性は十分に確保できていることが示された．また，全体的な傾向として空隙率が大きくなるほど相対動弾性係数の低下は大きかった．海砂とスラグ系細骨材を比較すると，同一空隙率において海砂より全てのスラグ系細骨材の相対動弾性係数が，やや，大きい傾向を示した．よって，スラグ系細骨材を用いたポーラスコンクリートは凍結融解のような厳しい劣化形態に対して抵抗性が高いことが示唆された．

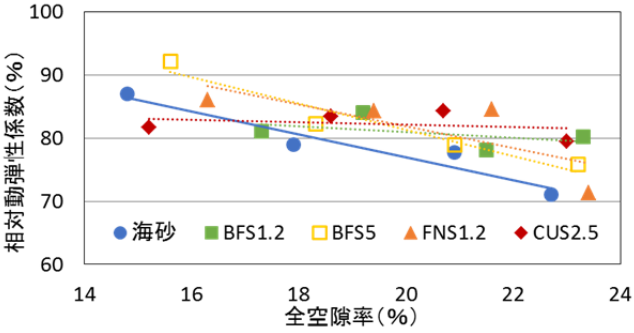

図-2　全空隙率と相対動弾性係数の関係

3.3　乾湿繰返し試験

図-3 と図-4 に一例として BFS1.2 の乾湿繰返し試験結果と質量減少率を示す．すべての配合において相対動弾性係数はほぼ 100%を維持し，相対動弾性係数の低下は，95%程度であり，乾湿繰返しへの抵抗性は十分に確保できていることがわかった．また，質量減少率においてはすべての配合において 0.5%程度であり，質量減少率からみても，乾湿繰返しによる劣化は確認できなかった．乾湿繰返しのような緩やかな劣化形態においては，細骨材の違いが耐久性に与える影響は極めて軽微であることが明らかとなった．

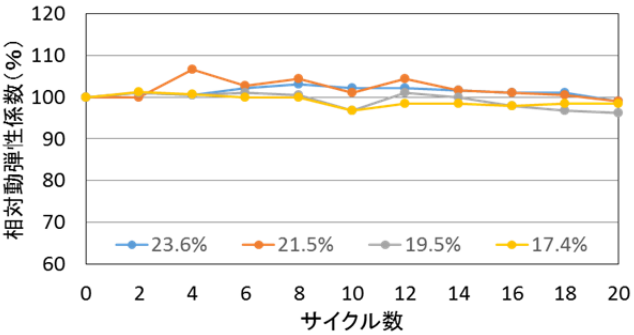

図-3　BFS1.2 の乾湿繰返し試験結果

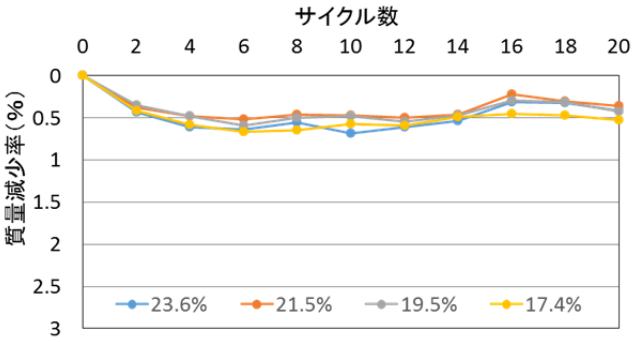

図-4　BFS1.2 の質量減少率

4.　結論

本研究の範囲内であるが，海砂代替としてスラグ系細骨材を用いたポーラスコンクリートは，同一空隙率において，海砂を用いたポーラスコンクリートよりも，圧縮強度は 10%程度大きく，凍結融解抵抗性も高い傾向を示した．一方，乾湿繰返しに対する抵抗性は，海砂およびスラグ系細骨材の種類に関係なく同一の傾向を示し，スラグ系細骨材を用いても問題がないことが明らかになった．

参考文献

1) 葛西博文，橋本親典，田中美里，小田島勉，山田登志夫：ポーラスコンクリートの耐久性改善に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.68，pp.203-204，2013.9
2) 田中美里，橋本親典，小田島勉，葛西博文：骨材特性がポーラスコンクリートの耐久性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.36,No.1，pp.730-735，2014.