高炉スラグ細骨材を使用した耐久性向上コンクリートの性質

（その１：フレッシュコンクリートの性質）

竹本油脂(株)　正会員　○齊藤 和秀
同　正会員　木之下光男
同　正会員　伊原 俊樹
名古屋工業大学大学院　フェロー　梅原 秀哲

１．はじめに

近年，天然資源の保全や省エネルギーの観点から高炉水砕スラグ細骨材(以下，スラグ細骨材)の使用が注目されている [1),2),3)]．スラグ細骨材のコンクリート用骨材への利用については古くから各方面で研究が行われており，コンクリートの諸物性に与える影響については (1) 単位水量が 2～10%程度増加する (2) 空気を連行しやすい (3) 凝結が遅延する (4) 圧縮強度は初期材齢で低く長期材齢では同等以上 (5) 乾燥収縮はやや小さい (6) 中性化速度は同等 (7) 凍結融解抵抗性はやや低下する等の知見が得られている [4),5),6),7),8)]．しかしながら，これらの知見は，対象としたコンクリートが水セメント比が 50～70%程度のプレーンまたは AE 減水剤コンクリートであり，スラグ細骨材を添加した時にワーカビリティーを一定とするために単位水量を増加させた配合で比較したものが大多数を占める．そこで本研究では，高性能 AE 減水剤を使用して減水したコンクリートにスラグ細骨材を適用し，天然細骨材を使用した場合と同じ配合でコンクリートの諸物性を比較し，スラグ細骨材のコンクリート用骨材としての有効性，特にコンクリートの耐久性を向上させる効果を見出すために調べた結果を報告する．

２．実験概要

２．１　高炉スラグ細骨材

JIS A 5011-1 コンクリート用スラグ骨材 第 1 部：高炉スラグ骨材に適合するスラグ細骨材(記号 SG1，区分 BFS5，表乾密度 2.73g/cm^3 ,吸水率 0.45% ，F.M.2.56)を使用した．

２．２　その他の使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3，ブレーン値 3300cm^2/g，記号 N)および高炉セメント B 種(密度 3.04g/cm^3,ブレーン値 3850cm^2/g，記号 BB)，細骨材は大井川水系産陸砂(表乾密度 2.58g/cm^3 ，吸水率 2.31% ，F.M.2.87，記号 S)，粗骨材は岡崎産砕石(表乾密度 2.68g/cm^3，吸水率 0.78%，実積率 60.0%，記号 G)，混和剤はポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤(記号 HP)を使用した．

２．３　コンクリートの配合

高性能 AE 減水剤を使用した普通強度のコンクリートを想定した水セメント比(以下 W/C)45%のスランプ 8cm と，高強度コンクリートを想定した W/C=30%，スランプ 23cm の 2 種類の配合を設定した．

コンクリートの配合を表－1 に示す．スラグ細骨材を置換する場合も単位水量と単位粗骨材かさ容積は一定とした．目標スランプおよび目標空気量は W/C=45%ではそれぞれ 8±1cm，4.5±1%，W/C=30%では 23±1cm，3.0±1%とした．

表－1　コンクリートの配合

記号	セメント	W/C (%)	s/a (%)	SG1 (%)	単位量(kg/m^3) W	C	S	SG1	G
45N0	N	45.0	43.4	0	150	333	784	0	1061
45N25				25			588	207	
45N50				50			392	415	
45N75				75			196	622	
30N0		30.0	48.5	0	160	533	802	0	884
30N25				25			601	213	
30N50				50			402	426	
30N100				100			0	849	
45B0	BB	45.0	43.0	0	150	333	771	0	1061
45B25				25			578	203	
45B50				50			387	405	
30B0		30.0	48.0	0	160	533	787	0	884

２．４　試験方法

練混ぜは，強制パン型ミキサ(容量 55L)を用いて，W/C=45%では全材料投入後 90 秒練り混ぜ後排出した．W/C=30%では全材料投入後 120 秒練り混ぜた後ミキサー内に 3 分静置後 60 秒練混ぜ排出した．なお，試験温度は20℃，練り量は 40L とした．

スランプは JIS A 1101，空気量は JIS A 1128，凝結時間は JIS A 1147，ブリーディング量は JIS A 1123 に準拠して測定した．

キーワード：高炉スラグ細骨材，コンクリート，高性能 AE 減水剤，乾燥収縮，自己収縮，耐久性
連絡先：〒443-8611 愛知県蒲郡市港 2-5 竹本油脂㈱第三事業部 研究開発部 TEL0533-68-2194　FAX0533-68-1339

３．実験結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表－2 および図－1 に示す.

３．１　混和剤添加量

目標スランプを得るための HP の添加量はスラグ細骨材置換率が 50%まではほぼ同等であったが 50%を超えると増加した．45N75 では C×0.85%以上添加してもスランプが増加せずやや分離傾向が認められたため，目標スランプは得られなかったが供試体を採取した．30N100 では約 1.2 倍の添加量を必要とし，目標スランプを得ることができたが，練混ぜ後の状態がやや荒々しいコンクリートとなった.

３．２　ブリーディング

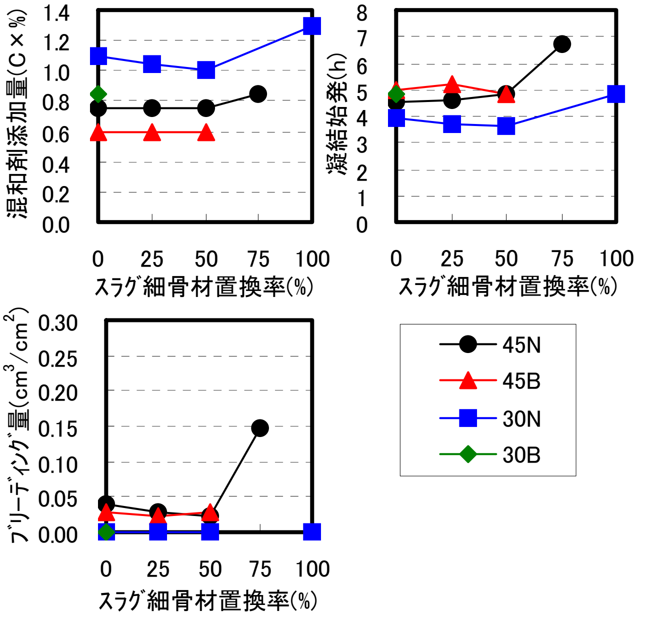
W/C=45%では置換率 50%まではブリーディングは天然細骨材とほぼ同等であったが，置換率 75%では約 3 倍に増加した．W/C=30%ではいずれの配合においてもブリーディングは認められなかった.

３．３　凝結時間

W/C=45%では置換率の増加に伴い凝結時間は遅延する傾向があり，置換率 50%までは約 20 分程度遅延した．この遅延は固結防止剤の添加によるものであり程度はわずかであった [3]．しかし，置換率が 75%になると高性能 AE 減水剤の添加量が増加したため約 120 分程度遅延した．W/C=30%では置換率 50%まで凝結遅延は認められなかったが，100%では高性能 AE 減水剤の添加量が増加したため約 80 分程度遅延した.

表－2　フレッシュコンクリートの試験結果

記号	HP 添加量 (C×%)	ｽﾗﾝﾌﾟ (cm)	空気量 (%)	ｺﾝｸﾘｰﾄ温度 (℃)	凝結(h) 始発	凝結(h) 終結	ﾌﾞﾘｰﾃﾞｨﾝｸﾞ量 (cm^3/cm^2)
45N0	0.75	8.0	4.2	21.0	4.5	6.6	0.039
45N25	0.75	8.5	4.5	21.0	4.6	6.8	0.029
45N50	0.75	7.5	4.4	21.0	4.8	6.9	0.022
45N75	0.85	2.5	4.7	22.0	6.7	9.1	0.147
45B0	0.60	8.0	4.6	20.0	5.0	7.8	0.029
45B25	0.60	8.0	5.0	20.0	5.2	7.7	0.022
45B50	0.60	8.0	4.8	20.0	4.8	7.5	0.029
30N0	1.10	23.0	3.1	23.0	3.9	6.0	0
30N25	1.05	22.0	2.8	23.0	3.7	5.8	0
30N50	1.00	23.0	3.2	23.0	3.6	5.7	0
30N100	1.30	22.0	3.1	23.0	4.8	7.3	0
30B0	0.85	22.5	3.0	22.0	4.8	6.5	0



図－1　フレッシュコンクリートの試験結果

４．まとめ

高炉スラグ細骨材を高性能 AE 減水剤を使用したコンクリートに適用し，天然細骨材を 100%使用した場合と比較し，フレッシュ性状について以下の知見を得た.

(1) スラグ細骨材置換率 50%までは天然細骨材と同一配合としても高性能 AE 減水剤を使用することにより良好なワーカビリティーが得られた.

(2) 置換率 50%程度まで使用してもコンクリートのフレッシュ性状(ワーカビリティー，凝結時間，ブリーディング)は天然細骨材と同等であった.

【参考文献】

1) 山中量一：高炉スラグ細骨材，コンクリート工学，Vol.46，No.5，pp.90-94，2008.5
2) 吉澤千秋：高炉スラグ細骨材の現状と課題，コンクリートテクノ，Vol.24，No.12，pp.29-34，2005.12
3) 高橋智雄，木之下光男，光藤浩之，吉澤千秋：高炉スラグ細骨材用固結防止剤の開発，コンクリート工学，Vol.40，No.11，pp.19-25，2002.11
4) 長滝重義，高田誠，河野広隆：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの体積変化，セメント技術年報，No.31，pp.148-151，1977
5) 長滝重義，米山紘一，高田誠：高炉スラグ水砕砂を用いたコンクリートの諸性状について，コンクリート工学年次講演会論文集，Vol.1，pp.193-196，1979
6) 依田彰彦：高炉スラグを細骨材としたコンクリートの性質について，セメント技術年報，No.34，pp.133-136，1980
7) 國府勝郎，下山善秀：高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートの20年試験結果，セメント・コンクリート，No.714，pp.27-32，2006.8
8) 岸谷孝一，友沢史紀，沼田晋一：コンクリート用水砕スラグ細骨材の使用規準作成に関する研究，コンクリート工学年次講演会論文集，Vol.1，pp.213-216，1979