

鉄鋼スラグ水和固化体のアルカリ溶出性と圧縮強度に及ぼす ポゾラン材の添加率および養生条件の影響

○宮崎大学大学院 学生会員 本田 寛樹 宮崎大学工学部 正会員 尾上 幸造
宮崎大学工学部 フェロー 中澤 隆雄 宮崎大学工学部 正会員 今井 富士夫
宮崎大学大学院 学生会員 小川 雅

1. はじめに

鉄鋼スラグ水和固化体¹⁾ (Steel-making Slag Concrete ; 以下 SSC と称す) は、製鉄所から発生する副産物の製鋼スラグと高炉スラグを原料とし、必要に応じてフライアッシュやアルカリ刺激材を添加して製造される環境負荷低減型の材料である。生物親和性や環境影響の観点から、SSC のアルカリ溶出性は重要であるが、使用材料や配合あるいは養生条件が及ぼす影響に関しては知見に乏しい。本研究では、ポゾラン材としてフライアッシュおよびシリスをとりあげ、ポゾラン材の添加率および気中曝露期間が SSC のアルカリ溶出性および力学特性に及ぼす影響について基礎的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

高炉スラグ微粉末 4000 (比表面積:4280cm²/g, 密度: 2.89g/cm³), 製鋼スラグ細骨材 (5mm 以下, 表乾密度: 3.26g/cm³, 吸水率:7.04%), 製鋼スラグ粗骨材(20~5mm, 表乾密度: 3.12g/cm³, 吸水率: 5.04%), フライアッシュ (JIS II 種, 比表面積: 4020cm²/g, 密度: 2.28g/cm³), シラス (鹿児島県横川産, 1.2mm 以下, 粗粒率: 1.57, 表乾密度: 2.14g/cm³, 吸水率: 5.66%), およびアルカリ刺激材として消石灰 (密度: 2.20g/cm³) を用いた。

SSC においてポゾラン材は長期強度の増進および Ca(OH)₂ の消費による固化体のアルカリ低減を目的として使用される。ここで、シリスは南九州に広く分布し、ポゾラン活性を有する²⁾ことが分かっている。シリスを活用することにより、SSC に占める天然由来材料の比率を高めることが可能となる。このことは SSC の環境負荷低減性を向上させるとともに、多量に存在する未利用資源の新たな有効用途先を開拓することにもつながる。さらに、海洋環境下における SSC の耐久性向上も期待できる。

表-1 に SSC の配合条件および単位量を示す。FA シリーズ(FA25, FA30, FA35)および SR シリーズ(SR25, SR30, SR35)は、高炉スラグ微粉末に対するフライアッシュまたはシリスの質量比率を 25, 30, 35(%)と変化させたものである。比較のため、ポゾラン量を 0kg/m³とした Normal も作製した。

2.2 実験方法

(1)アルカリ溶出試験

アルカリ溶出試験の流れを図-1 に示す。供試体と海水の体積比は 1 : 3.9 とした。気中曝露期間なしの場合は、脱型直後に海水 (宮崎市青島漁港より採取した天然海水を使用) 中への浸漬を開始した。海水浸漬後、2 日目にガラス電極式 pH メータを用いて海水 pH を測定し、海水の入替えを行い、このサイクルを 45 日間繰り返した。

気中曝露期間ありの場合、配合は FA35 と SR35 を採用した。脱型後淡水中で 1 週間養生したのち気中曝露を行ったもの (供試体 WA) と、脱型直後から気中曝露を行ったもの (供試体 A) についてアルカリ溶出試験を行った。気中曝露期間は、1 週間、2 週間、4 週間とし、その後は気中曝露期間なしの場合と同様の手順でアルカリ溶出試験を行った。

配合	FA/BF or SR/BF (mass%)	CH/BF (mass%)	強度指数*	単位量(kg/m ³)						
				水 W	高炉スラグ微粉末 BF	消石灰 CH	フライアッシュ FA	シリス SR	製鋼スラグ細骨材 SS	製鋼スラグ粗骨材 GS
Normal	0	20	2.2	250	458	92	0	0	794	893
FA25	25				427	85	107	0	745	837
FA30	30				421	84	126	0	735	826
FA35	35				416	83	146	0	726	816
SR25	25				427	85	0	107	740	831
SR30	30				421	84	0	126	730	820
SR35	35				416	83	0	146	720	809

*強度指数=(BF+CH+0.35FA)/W,または強度指数=(BF+CH+0.35SR)/W

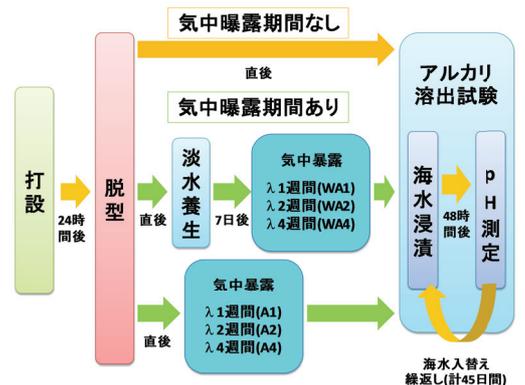


図-1 アルカリ溶出試験の流れ

(2) 圧縮強度の測定

所定の材齢において、SSCの圧縮強度をJIS A 1108に準じて測定した。

3. 実験結果

3.1 気中曝露期間なしの場合

図-2に海水浸漬前の気中曝露期間がない場合におけるアルカリ溶出試験の結果を示す。ポズランを混和することで、SSCからのアルカリ溶出が抑制されていることがわかる。生物生育に適したpH値はおよそ7.8~8.4と言われている。上限値であるpH=8.4に到達するまでの日数は、FA30およびSR30配合で最短となり、およそ20日であった。なお、ポズラン材としてFAを用いたものとシラスを用いたSSCのアルカリ溶出性はほぼ同等であった。

図-3に圧縮強度試験の結果を示す。ポズランの種類や高炉スラグ微粉末に対する質量比率の影響は、本実験範囲において小さいといえる。

3.2 気中曝露期間ありの場合

図-4に海水浸漬前の気中曝露期間を設けた場合におけるアルカリ溶出試験の結果を示す。気中曝露期間を設けた場合、SSCを浸漬した海水のpH値はほとんど上昇しない。また、気中曝露期間が長くなるにつれ、海水pH値は低くなるのがわかる。このことから、海水浸漬前の気中曝露の有無がSSCのアルカリ溶出に及ぼす影響はきわめて大きく、固化体表面の炭酸化がその理由として挙げられる。

図-5に圧縮強度試験の結果を示す。28日強度は、気中曝露期間が長いほど低下する傾向にある。その後も海水中で養生することで、91日強度は、気中曝露期間1週と2週ではそれほど差はなくなるものの、4週では顕著に低下する結果となった。よって、強度確保の観点からは、気中曝露期間は長くても2週間程度までに設定する必要があるといえる。なお、供試体WAと供試体Aの圧縮強度に関し、本研究では明確な差異は確認されなかった。

4. まとめ

- (1) ポズランを混和することにより、SSCの海水中におけるアルカリ溶出性は抑制される。
- (2) ポズランの種類および高炉スラグ微粉末に対する質量添加率がSSCの圧縮強度および静弾性係数に与える影響は、本実験の範囲において小さい。
- (3) 海水浸漬前の気中曝露はSSCの海水中におけるアルカリ溶出性を低減する上で有効である。なお、強度確保の観点からは、気中曝露期間を長くても2週間程度までに設定する必要があることがわかった。

参考文献

- 1) 松永久宏, 小菊史男, 高木正人, 谷敷多穂: 鉄鋼スラグを利用した環境に優しい固化体の開発, コンクリート工学, Vol.41, No.4, pp.47-54, 2003
- 2) 武若耕司: しらすを利用したコンクリート用混和材の開発に関する研究, 材料, Vol.48, No.11, 1999

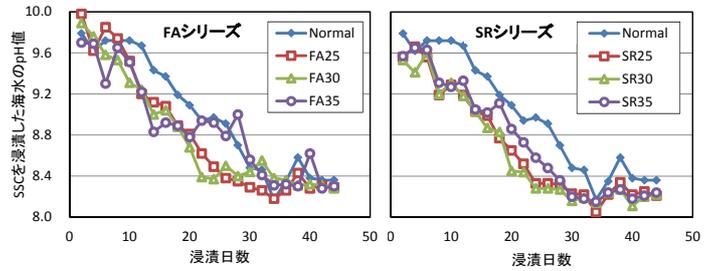


図-2 アルカリ溶出試験結果 (気中曝露なし)

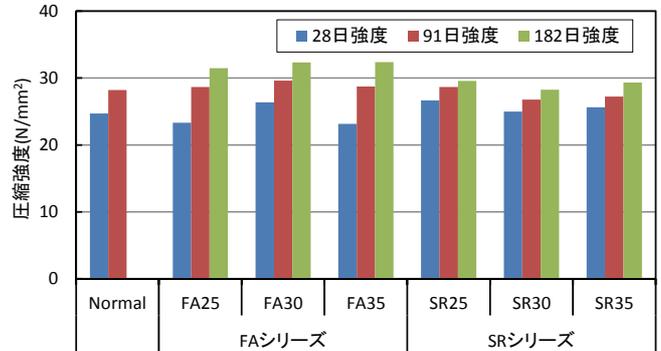


図-3 圧縮強度試験結果 (気中曝露なし)

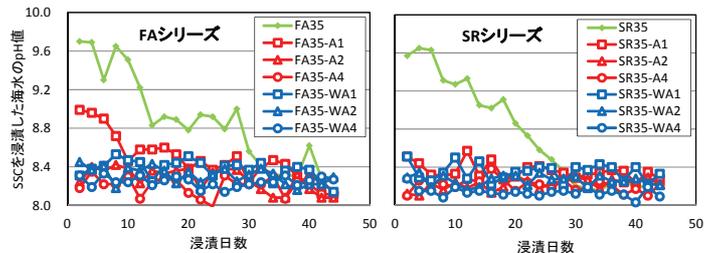


図-4 アルカリ溶出試験結果 (気中曝露あり)

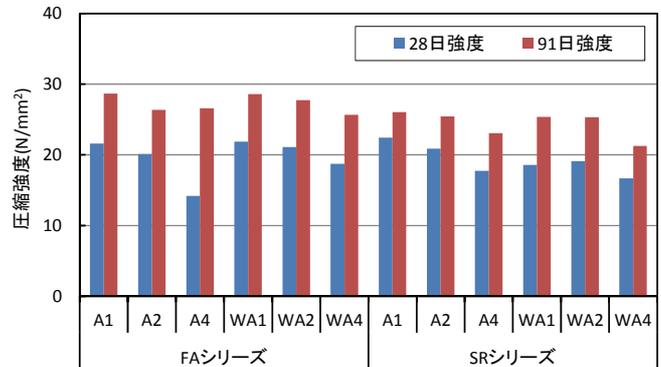


図-5 圧縮強度試験結果 (気中曝露あり)