

ステンレススラグ細骨材を用いたコンクリートの諸物性に関する研究

九州産業大学工学部	学生会員	○徳重裕平
九州産業大学工学部	正会員	松尾栄治
山口大学大学院	正会員	高海克彦
大和クレス(株)	正会員	田坂晃宏

1. はじめに

近年、循環型社会の構築が社会的命題となっている。コンクリート分野でも資源の有効利用という観点から、各種の粉体状の廃棄物をコンクリート用骨材として利用する研究が全国各地で盛んに実施されている。特にスラグ骨材の有効利用に関する研究は古く、高炉スラグ骨材、フェロニッケルスラグ骨材などは有効利用の枠組みが体系的に確立している。また、一般廃棄物由来の溶融スラグなど、JIS 化が比較的新しく本格活用には課題が残っているものもある。さらには産廃由来の溶融スラグのように、JIS 化されておらず課題が多い種類もある。本研究で対象としたのはステンレス製造メーカーの製鋼所から排出されるステンレススラグ(以下、NSS と略)である。これをコンクリート用細骨材代替材として利用し、細骨材からの置換率が「凝結時間」、「強度性状」、「暴露環境における耐久性」に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 使用材料

セメントは普通ポルランドセメント（3 社混合製作，密度 3.16g/m³）を使用した。細骨材は砕砂と石灰砕砂の混合砂をベース配合とし，これの一部を NSS に体積置換（60，100%）した。NSS はステンレス鋼の製造過程で発生する製鋼スラグを粒度調整処理したものである。その主な物理的性質は表乾密度 3.08g/cm³，吸水率 1.53%，粗粒率 2.96 である。主成分が石灰石由来のカルシウムなので水と接触するとアルカリ性（pH=9～11）を示す性質を有する。練混ぜ水には上水道水を用いた。粗骨材には碎石を用いた。なお，AE 減水剤の使用量はセメント量の 0.8%と一定にした。

表-1 配合表

2.2 測定項目および測定方法

各配合において凝結試験，強度試験，暴露試験を行った。凝結試験は各種スラグの混入が凝結遅延傾向を示す報告が多いことを受けて検証するものであり，JIS A 1147 に準じて実施した。強度試験ではφ10×20cm の円柱供試体を作製し，水中養生を施した後，材齢 1，7，14，28，91 日における圧縮強度と割裂引張強度を測定した。材齢 7，14，91 日では静弾性係数も測定した。暴露試験ではφ15cm の円柱供試体を作製し，福岡市内の屋外に暴露した。供試体は地面から数 cm 浮かせた状態で設置した。所定の日数においてトレント法により透気係数 K 値を測定し，この値の変化により表面の風化状態を評価した。

3. 結果および考察

3.1 凝結試験結果

図-1 に凝結試験の結果を示す。NSS 置換率 0%

配合 No.	NSS 置換率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
				W	C	砕砂	石灰砕砂	NSS	碎石 1505	碎石 2010
1	0	45	45	170	378	552	239	-	339	601
2	60	45	45	170	378	232	96	551	339	601
3	100	45	45	170	378	-	-	921	339	601

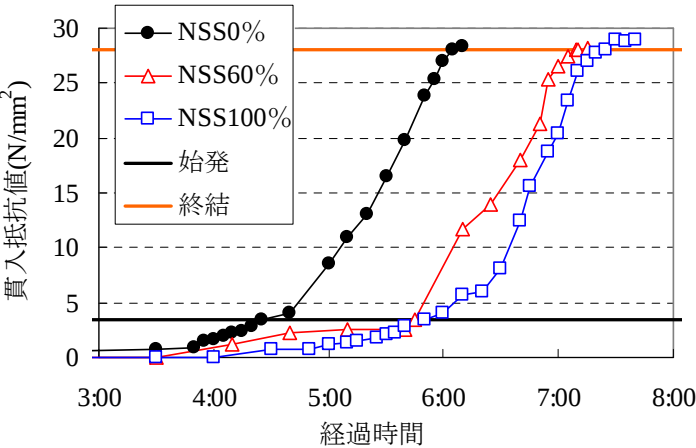


図-1 凝結試験の結果（貫入抵抗値の経時変化）

の場合は始発が 4 時間 25 分、終結が 6 時間 5 分であった。これに対し、NSS 置換率 60%では始発が 5 時間 42 分、終結が 7 時間 9 分、NSS 置換率 100%では始発が 5 時間 49 分、終結が 7 時間 23 分と置換率の増加ともなつて徐々に凝結が遅延する傾向を示したものの、いずれも JIS 規格（10 時間以内の終結）を十分に満足した。目視観察からは NSS 置換率を大きくするとブリーディング量が明らかに多くなっており、このことが凝結遅延の原因と考えられる。ブリーディングが増加については、NSS の密度が大きいことに起因する材料分離も一因として挙げられる。

3.2 強度試験結果

図-2 に圧縮強度の試験結果を、図-3 に割裂引張強度の試験結果を示す。いずれにおいても材齢に伴い順調に強度発現しており、NSS 置換による特徴的な傾向はみられなかった。すなわち、NSS 混入による強度への悪影響はないと判断した。図-4 に静弾性係数の結果を示す。強度試験と同様に NSS 混入による悪影響などはみられなかった。

3.3 透気係数試験結果

図-5 に暴露試験における透気係数 K 値の変化を示す。 K 値の値が大きいほどコンクリートの品質が低下していることを意味し、現状ではいずれの配合も K 値が徐々に小さくなっている。Torrent による評価基準によると、暴露開始時は「評価 3 (Fair, $K=0.1 \sim 1.0 \times 10^{-16} \text{m}^2$)」であったが、暴露期間 91 日以降では「評価 2 (Very Good, $K=0.01 \sim 0.1 \times 10^{-16} \text{m}^2$)」になった。これは劣化よりも雨水による養生効果が卓越し、表面の組織が緻密化したものと推察される。

4. 結論

本研究ではステンレススラグ細骨材を用いたコンクリートの諸物性について以下の知見を得た。

- (1) NSS コンクリートは普通コンクリートと比較してブリーディング量が増加し、凝結遅延傾向を示すものの、許容範囲に収まる。
- (2) NSS に置換しても強度的観点からの悪影響はない。
- (3) 暴露試験では現段階で劣化は確認できない。

謝辞：本研究では透気係数の測定においては、九州産業大学の豊福俊泰教授、彌永育代氏のご協力を得た。ここに記し、謝意を表します。

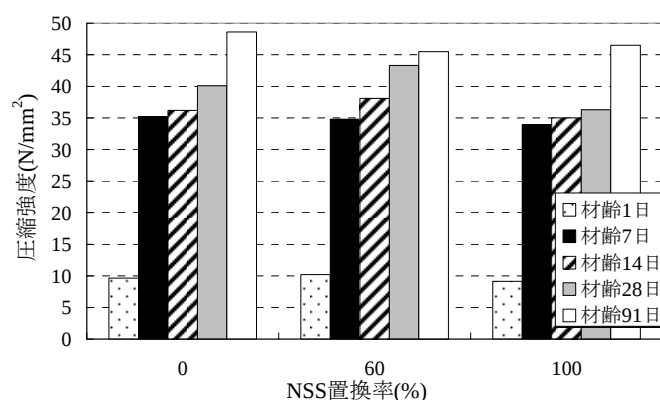


図-2 圧縮強度の試験結果

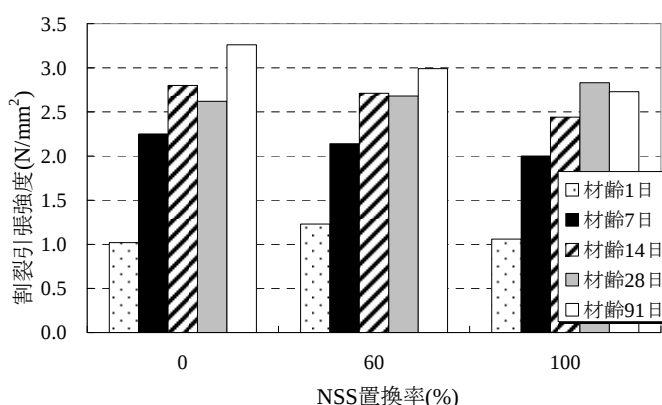


図-3 割裂引張強度の試験結果

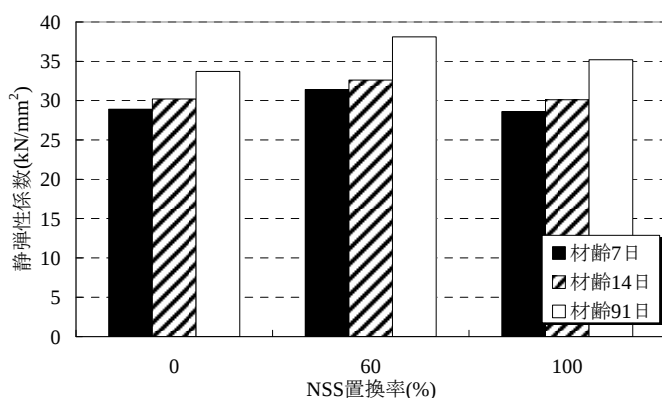


図-4 静弾性係数の試験結果

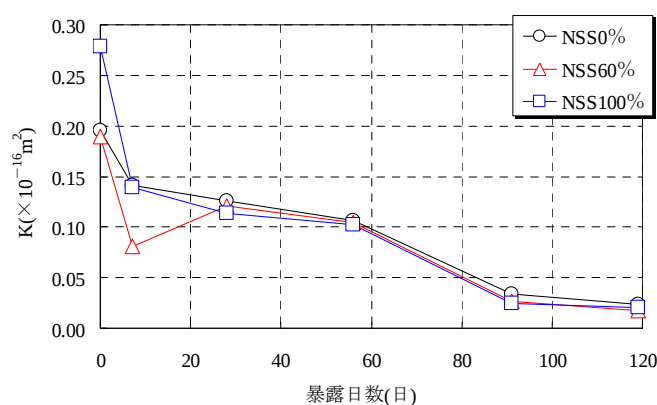


図-5 暴露日数と K 値の関係