

ステンレススラグ細骨材を使ったコンクリートの乾燥収縮について

九州産業大学工学部 学生会員 ○酒見 優
九州産業大学工学部 正会員 松尾栄治
大和クレス（株） 正会員 田坂晃宏

1. はじめに

コンクリート分野では産業廃棄物の有効利用に関する研究開発が盛んに行われており、特に各種スラグを骨材として使用する事例研究は多岐にわたっている。中でも高炉スラグ、銅スラグ、熔融スラグなどが JIS 化されており、その有効活用に向けた環境整備が進んでいる。本研究ではステンレススラグ（以下 NSS）を対象とし、これを細骨材としたコンクリートの長さ変化試験を行った。NSS は年間約 3 万トンの発生量があり、有効利用が期待されている。本研究では基準となる配合の細骨材部分を NSS に体積置換したときの置換率を指標として、乾燥収縮を主原因とした収縮量との関係を実験的に明らかにした。

2. 実験方法

(1) 使用材料

セメントには普通ポルトランドセメント（メーカー間の有意差をなくすために 3 社混合、密度 3.16g/cm^3 ）を、練混ぜ水には上水道水を、混和剤は AE 減水剤および AE 剤と用いた。細骨材は砕砂と石灰砕砂の混合砂を基本とし、これを NSS に体積置換した。NSS はステンレスの製造過程で発生する製鋼スラグを選鉱・粒度調整処理を行ったものである。その物理的性質は、表乾密度 3.08g/cm^3 、粗粒率 2.77、吸水率 1.53%、微粒分量 1.96 である。また主成分が石灰石由来のカルシウムなので、水と接触するとコンクリート再生砂と同等のアルカリ水（ $\text{pH}=9\sim 11$ ）を生じる。



写真-1 NSS の外観

(2) 供試体作製方法および測定方法

表-1 の左側に配合を示す。配合 No.1 が基準配合であり、前述の砕砂と石灰砕砂の混合砂である。配合 No.2 は混合砂の 60% を NSS に体積置換したものであり、配合 No.3 はその置換率を 100% としたものである。細骨材はいずれも各々の表乾状態とした。

供試体寸法は $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱であり配合ごとに 3 本作製した。打設の翌日に脱型し、材齢 7 日まで 20°C の水中養生を施した後に水槽から取り出して乾燥を開始した。測定は JIS A 1129 に従って行った。乾燥は室温 20°C 、湿度 60% の恒温恒湿室にて行い、所定の日数にて長さ変化と質量を測定した。

3. 実験結果

表-1 の右側に材齢 28 日における強度試験結果を示す。NSS の混入が強度や静弾性係数へ及ぼす影響は小さいことが確認できる。図-1 に収縮ひずみの経時変化を示す。各測定点は 3 本の平均により求めた。挙

表-1 配合および強度試験結果

No.	NSS 置換率 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						強度試験結果			
				W	C	砕砂	石灰 砕砂	NSS	砕石 1505	砕石 2010	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)
1	0	45	45	170	378	552	239	-	339	601	35.2	28.9	2.25
2	60	45	45	170	378	232	96	551	339	601	34.8	31.4	2.14
3	100	45	45	170	378	-	-	921	339	601	33.9	28.6	2.00

動がスムーズではない部分は測定誤差と思われる。NSS を混入することにより収縮量が小さくなり、収縮に対する抵抗性があることが確認できた。ただし、置換率 60%と 100%ではほぼ同じひずみ量が生じており、混入量に比例して収縮量が減少するわけではない。また、ひずみの挙動は乾燥日数 90 日程度で緩やかになっている。NSS を使用したコンクリートはその置換率によらず収縮ひずみの大きさが約 700μ 以下になっており、半年の収縮量規制目標値の 800μ を満足するものと推定され、その場合は土木分野のみならず建築分野でも使用可能と判断できる。

図-2 に逸散水量の経時変化を示す。逸散水量とは供試体の質量変化のことである。逸散水量の大きさが収縮ひずみに影響を及ぼしている傾向がみられ、NSS の保水性の高さが収縮量を低減したものと推察される。

図-3 に単位ひずみの経時変化を示す。単位ひずみとは、ひずみを逸散水量で除した値であり、乾燥量を無次元化してひずみ抵抗性を比較するものである。NSS 置換率の違いが単位ひずみに及ぼす影響は小さいことが確認でき、本研究の範囲においては、骨材強度が収縮抵抗性に有効に作用しているわけではないことが推察される。

図-4 に各乾燥期間の収縮ひずみと最終的な収縮ひずみの関係を示す。材料によっては短期のひずみから最終的なひずみを高精度で推定することが可能な場合もある。NSS を使用したコンクリートの場合は短期ひずみと長期ひずみの相関性は中程度と判断でき、終局ひずみの大小関係を判断するには少なくとも 2 ヶ月程度の実験調査に基づく必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

(1) ステンレススラグを混入することで収縮ひずみが小さくなる傾向があるが、必ずしも混入量に比例するわけではない。

(2) 上記の原因は、ステンレススラグの保水性が高いことにより逸散水量を抑制することと推察され、骨材強度の影響は小さいと思われる。

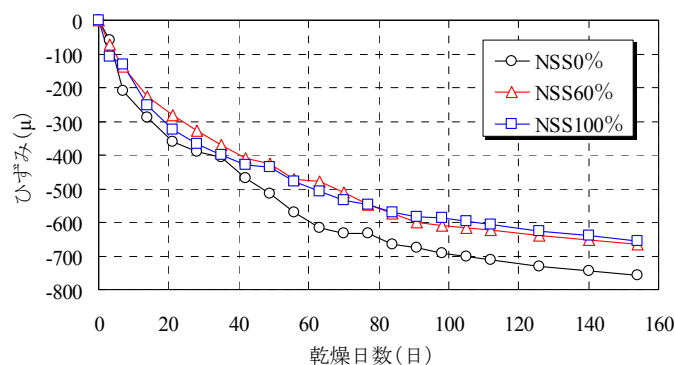


図-1 収縮ひずみの経時変化

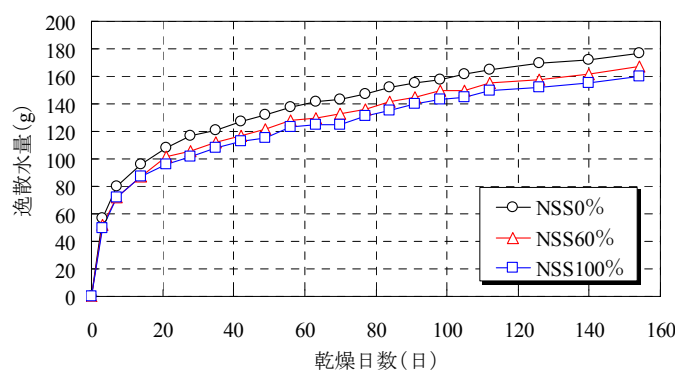


図-2 逸散水量の経時変化

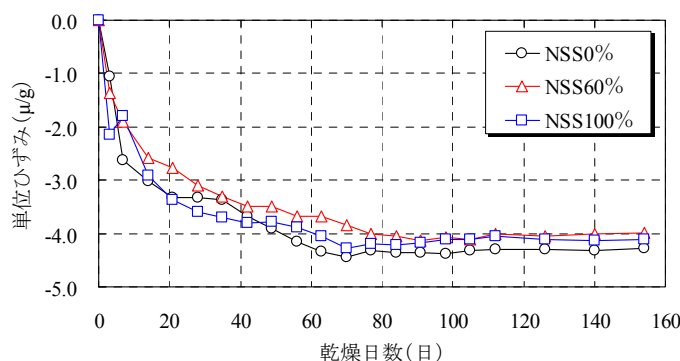


図-3 単位ひずみの経時変化

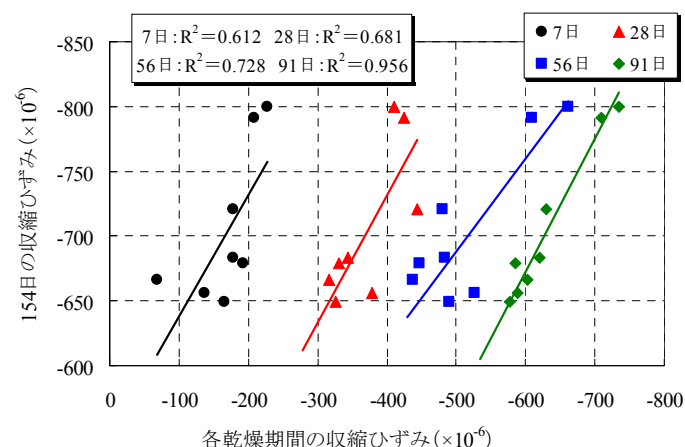


図-4 ひずみの乾燥期間による相関