

ステンレススラグを細骨材に用いたモルタルの収縮性状に関する研究

九州産業大学 学生会員 ○児玉敦士
九州産業大学 正会員 松尾栄治
山口大学 正会員 高海克彦

1. はじめに

持続可能な社会の構築に向けて、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いる。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おり、高炉スラグ骨材、フェロニッケルスラグ骨材、銅スラグ骨材、電気炉酸化スラグ骨材は JIS 化されて、その利用に向けた環境が整備されている。本研究で対象とするのはステンレススラグ（以下 NSS）であり、年間約 3 万トンの発生量があり、有効利用が望まれている材料のひとつである。一般的に、スラグを使用する場合には強度性状の確認だけではなく、耐久性の把握も必要となる。本研究では NSS の有効利用を目的に、これを細骨材としたモルタルの長さ変化試験を行った。すなわち、基準配合の JIS 細骨材を NSS に体積置換したときの、置換率と乾燥収縮を主原因とした収縮量の関係を実験的に明らかにした。

2. 実験方法

(1) 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント（T 社製、密度 3.15g/cm^3 ）を使用し、練混ぜ水には上水道水を用いた。混和剤は使用していない。細骨材は JIS 砂および NSS を用いた。NSS の製造工程は、ステンレス鋼の製造工程の一つである電気炉にて副生した熔融状態のスラグを凝固・冷却の後に一次破碎し、磁選、二次破碎、ふるいの工程を経て粒度調整される。物理的性質は、絶乾密度 3.03g/cm^3 、表乾密度 3.08g/cm^3 、吸水率 1.53%、F.M.=3.95、微粒分量 1.96%であり、他のスラグと比較してダスティングしやすいという欠点がある。主成分は CaO（35～45%）、 SiO_2 （20～30%）、 Al_2O_3 （4～10%）、MgO（7～10%）、 Cr_2O_3 （3～9%）であり、水と接触するとアルカリ性（ $\text{pH}=9\sim 11$ ）を示すという化学的性質を有する。

(2) 供試体作製方法および測定方法

表-1 に配合表（練り量）を示す。セメントの強さ試験の配合を基準（配合①）とし、JIS 標準砂に対してその 30、60、100%を NSS に体積置換（それぞれ配合②～④）した。NSS の含水状態は JIS 砂と同条件すなわち絶乾状態（自然吸水のみ）とした。供試体寸法は、長さ変化試験用が $4\times 4\times 16\text{cm}$ の角柱、強度測定用が $\phi 5\times 10\text{cm}$ の円柱とした。いずれも打設の翌日に脱型し、角柱は材齢 7 日まで 20°C の水中養生を施した後に養生槽から取り出し、供試体表面の水分を拭き取ってコンタクトゲージ用のチップを貼り付けた状態を長さ



写真-1 ステンレススラグの外観

質量の初期値とした。乾燥は 20°C 、60%の環境において行い、所定の日数においてコンタクトゲージにて長さ変化を測定すると同時に、質量を測定して逸散水量を求めた。円柱は材齢 28 日まで水中養生を施して圧縮強度試験に供した。

表-1 配合表（練り量）および材料強度試験結果

配合 No	NSS 置換率 (%)	練混ぜ量(g)				理論密度 (g/cm^3)	材齢28日における	
		OPC	水	JIS砂	NSS		円柱圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)
①	0	1147.5	574	3443	0	2.30	11.5	30529
②	30	1147.5	574	2410	1187	2.37	11.6	30396
③	60	1147.5	574	1377	2374	2.44	12.9	30888
④	100	1147.5	574	0	3956	2.53	12.4	29813

3. 実験結果

図-1 にひずみの経時変化を示す。各測定点は3本平均により求めた。挙動がスムーズでない部分は測定誤差と思われる。いずれの配合においても収縮が確認されており、スラグを混入することにより収縮量が大きくなることが明らかである。ただし、混入量に応じて収縮量が増大するわけではなく、置換率 60%と 100%ではほぼ同じ程度のひずみが生じていることから、頭打ち現象があるものと考えられる。また、総じて乾燥日数 40 日程度で収縮ひずみの増加傾向は緩やかになっている。またひずみの大きさも 800μ であり、モルタルレベルでは小さいことから、コンクリートへ適用した際には十分に許容値に収まることが予測される。

図-2 に逸散水量の経時変化を示す。最も逸散水量が小さいのは無置換の配合であることから、NSS を混入した供試体は水離れが良い（濡れ角度が大きい）ために保水効果が小さいことが推察される。しかしながら、NSS 混入量に比例するわけではないことから、複合的な要因が作用していることが考えられる。

図-3 に単位ひずみの経時変化を示す。ここで、単位ひずみとは、ひずみを逸散水量で除した値であり、同じ乾燥量におけるひずみの大小関係を比較することで、ひずみに対する抵抗力を評価した。これより、NSS 置換率 30%の場合は乾燥しやすいわりにはひずみを抑制していること、NSS 置換率 60%の場合は乾燥量が大きくないにもかかわらず収縮しやすいことが確認できる。

図-4 に乾燥日数 7 日のひずみと各乾燥日数におけるひずみの関係を示す。いずれもほぼ同じ形のグラフとなることから、乾燥日数が初期におけるひずみの大小関係から長期のひずみの大小関係を推定することが可能と考えられる。

4. まとめ

本研究ではセメントの強さ試験に用いるモルタルの細骨材を NSS に置換した場合の乾燥収縮特性を実験的に検討した。その結果、下記の結論が得られた。

- (1) NSS を混入することで、乾燥収縮が大き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) 乾燥収縮が大きくなる理由としては、NSS の保水性が小さいことが考えられる。

なお、規定の乾燥日数 13 週間まで測定を継続中である。

謝辞：本研究の実施にあたり、九州産業大学の鍋田充政氏の協力を得た。ここに記して謝意を表する。

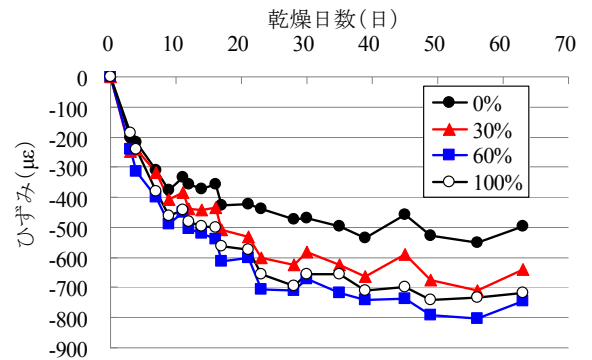


図-1 ひずみの経時変化

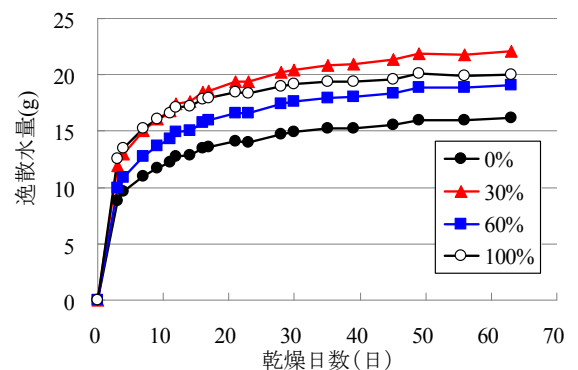


図-2 逸散水量の経時変化

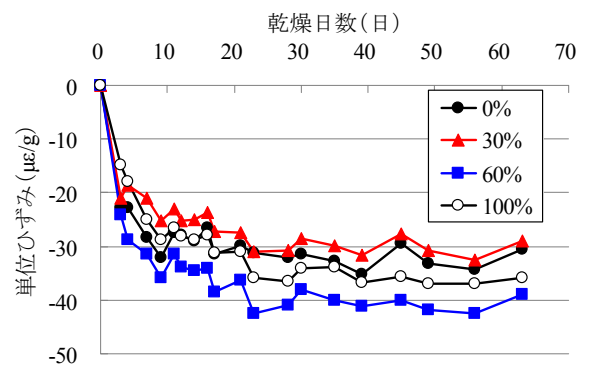


図-3 NSS スラグ置換率と圧縮強度の関係

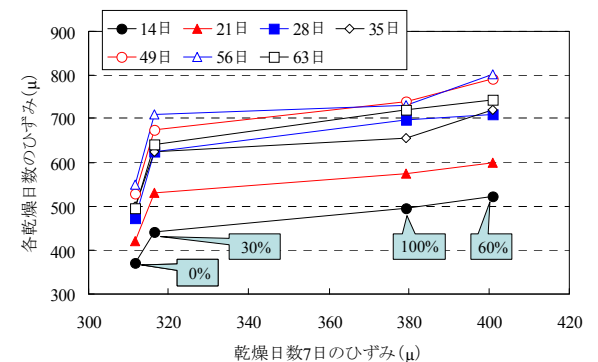


図-4 材齢によるひずみの変化