

1. まえがき

前報¹⁾では、高炉スラグ高含有コンクリートの耐硫酸ナトリウム塩抵抗性について明らかにしたが、本報告では各種硫酸塩のうち海水中に存在する硫酸マグネシウムを取り上げ、硫酸塩種類がスラグ置換コンクリートに与える影響について考察した。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は川砂（比重2.61、吸水率1.70%、F.M.2.89）、粗骨材は硬質砂岩砕石（比重2.61、吸水率1.1%、最大寸法20mm）を用いた。使用した高炉スラグ微粉末の物理的性質ならびに化学成分を表-1に示す。スラグ置換率が50%以上であれば優れた耐硫酸塩抵抗性を有し、劣化はほとんどみられない¹⁾ことから硫酸塩種類の影響をみるために、ここでは低置換率領域(0～40%)で検討を行った。単位結合材量は $280\text{kg}/\text{m}^3$ 、水結合材比は0.57、空気量は $4.5\pm 0.5\%$ である。混和剤は、リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体のAE減水剤および変形アルキルカルボン酸化合物系陰イオン界面活性剤を主成分とするAE助剤を使用した。硫酸塩溶液は、無水硫酸ナトリウムおよび無水硫酸マグネシウムを水道水に溶かして作成した。溶液の種類は、硫酸ナトリウム水溶液（Nと略記）、硫酸マグネシウム水溶液（M）および両液を各50%混合したもの（MN）である。硫酸塩溶液の濃度はいずれも質量比で10%である。供試体は打設直後から20℃で湿润養生を行い、材齢1日で脱型したのち試験開始材齢まで20℃の水中養生を行った。供試体は $10\times 10\times 40\text{cm}$ の角柱供試体および $\phi 10\times 20\text{cm}$ の円柱供試

表-1 高炉スラグ微粉末の化学分析試験結果

粉末度 (m^2/kg)	比重	化 学 成 分 (%)						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	SO ₃	T t l
614	2.89	33.2	13.7	0.2	42.1	5.8	2.0	97.0

体であり、質量ならびに一次共鳴振動数を測定した。なお、角柱供試体についてはコンタクトゲージによる長さ変化の測定も行った。

3. 結果と考察

いずれのコンクリートについても、材齢8週あたりで表層のペーストに膨らみがみられた。図-1は、硫酸塩溶液浸漬時間の経過に伴う各配合の円柱供試体の質量変化を示している。なお、角柱供試体においても同様の傾向を示すが、円柱供試体に関する方が質量減少は大きい¹⁾ことが認められた。スラグ無置換および置換率20%については、材齢の経過とともに供試体端部付近に大きなひび割れが発生するとともに局部的に大きく膨張し、ペーストの剥離により骨材の露出やモルタル、骨材の剥

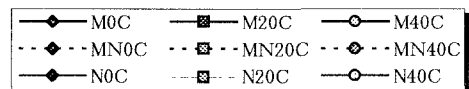


図-1 円柱供試体の質量変化

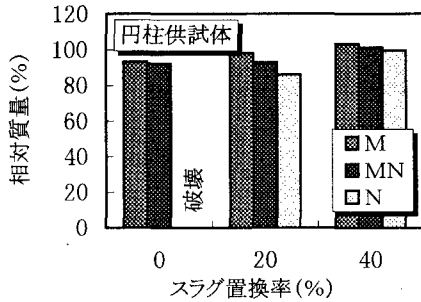


図-2 材齢72週における相対質量

落などが認められる。劣化の程度は硫酸塩種類により若干異なっている。

図-2は、材齢72週における円柱供試体の相対質量と硫酸塩水溶液種類との関係を示している。N水溶液における方がM水溶液中におけるよりも質量減少量は多い。両液を混合したMNは両者の中間に位置しており、N水溶液の方が劣化の程度が大きいといえる。本実験で用いた水溶液は化合物質量比としているため各溶液により SO_4^{2-} イオン濃度は異なっている。化学反応はモル濃度で比較するのが適切と考えられるが、ちなみにN溶液は0.78、M溶液は0.92モル濃度である。

硫酸塩による劣化は、直接あるいは間接的にカルシウムアルミネート水和物と反応して生成するエトリンガイトに起因する²⁾ことから SO_4^{2-} イオン濃度に影響を受け、またカルシウムシリケート水和物とも反応することから MgSO_4 溶液の方がより侵食的である³⁾と考えられるが、一方Mgを含む溶液は $\text{Mg}(\text{OH})_2$ を生成し、供試体表面にゼラチン状の膜を形成するため⁴⁾、促進・抑制の両要因が競合する結果として SO_4^{2-} イオン濃度はM水溶液の方が1.18倍と高いにもかかわらず劣化の程度は小さな結果となったものと考えられる。また、トータルイオン濃度はN水溶液の方が1.27倍と高く、トータルイオン濃度は浸透圧などに影響を与えることからそれらの影響も考えられる。

図-3および図-4は、角柱供試体に関する動弾性係数および長さ変化を示している。相対動弾性係数の低下は、円柱供試体に関する縦振動の方がたわみ振動よりも大きな結果となったが、若干バラツキが大きかった。長さ変化については、N溶液中のスラグ無置換供試体を除いて大きな膨張は認められていない。いずれも質量減少量の結果においてみられる傾向とほぼ同様である。

謝辞 本研究は文部省科学研究費(研究課題番号06650505)によった。ここに、深く感謝します。

参考文献 1) 中本純次、戸川一夫：高炉スラグ高含有コンクリートの耐硫酸塩抵抗性、関西支部年次講演会、V-39、1995 2) 岸谷孝一、西澤紀昭編：化学的腐食、技報堂出版 3) A.M.Meville: Properties of concrete, LONGMAN SCIENTIFIC & TECHNICAL 4) C.D.Lawrence: Sulfate attack on concrete, Magazine of Concrete Research, pp.249-264, 1990

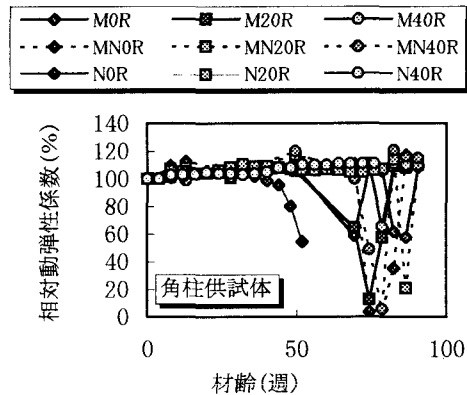


図-3 相対動弾性係数の経時変化

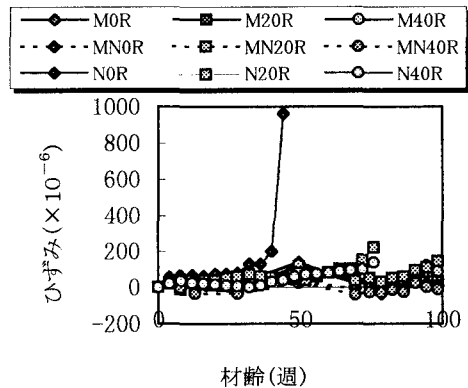


図-4 角柱供試体の長さ変化