

III-369

水ガラス・セメント系ホモゲルの水中養生における1年間の強度・安定性

の経時変化に関する一考察

小野田ケミコ株式会社：正会員 木次 恭一、佐藤工業株式会社：久保田 清三、花田 行和

1. 緒言

珪酸ソーダ・セメント系の懸濁型グラウト材につき、その硬化体（ホモゲル）を水中に浸漬した場合、長期安定性においてどのような変化が現われるかを確認する目的で材令1年間に亘って試験した。ここではセメントとして普通ポルトランドセメント（以下NPCと略記）、およびスラグ系セメント：商品名 小野田・アロフィクスDS（以下DSと略記）をもちい、養生条件は淡水に浸漬しそのまま保持する、いわば滞水中での養生（以下定水養生という）と、同じ淡水を3～4日毎に入れ替えてホモゲルをいわば流動する水中に浸漬して養生する方式（以下、流水養生という）との2水準について検討した。

2. 要旨

使用した水ガラスは JIS・K-1408に規定された珪酸ナトリウム3号で、水ガラス・水系混合溶液をA液、セメント・水系懸濁液をB液とし、両者を一挙に混合して攪拌後直ちに5cmφ×10cmの型枠に流し込んで成型し、1日間湿室中に保持したのち、水中に浸漬養生し、経時的な変化を下記について測定した。

- i) 一軸圧縮強度 ii) 養生水質の変化 iii) ホモゲルからのイオンの溶脱
- iv) 材令1年のホモゲルの化学成分、X線回折による鉱物組成の分析
- v) ホモゲルの構造についての電子顕微鏡観察

供試体の配合設計および供試体の重量組成を表-1に示す。

表-1 ホモゲルの配合設計および供試体の重量組成

項目 試料	ホモゲル1m ³ 当りの配合設計					供試体1本あたりの重量組成(g)			
	A液(ℓ)		B液(kg)			水ガラス	セメント	水	計
	水ガラス	水	NPC	DS	水				
No. 1	200	300	300	—	405	59.39	58.8	138.18	256.37
No. 2	200	300	400	—	373	58.61	78.4	131.90	268.91
No. 3	200	300	—	300	400	58.99	58.8	137.20	254.99
No. 4	200	300	—	400	368	58.80	78.4	130.93	268.13

3. 結果の概要

3-1) ホモゲルの強度（図-1参照）

NPCでは、材令90日付近に極大値があり、以後、漸次強度が劣化するが、特に180日以降では急速に低下して崩壊する。この傾向は、定水養生、流水養生のいずれの場合にも共通している。一方DSでは定水養生の場合強度は経時的に順調な増加を示したが、流水養生の場合は、およそ材令90日で極大値を示し以後緩徐な低下傾向を示した。養生条件については、流水養生の方が定水養生に比し初期の強度発現が大きい。なお、強度水準は、DSの方がNPCに比し大である。

3-2) ホモゲルの γ_d と q_u との相関分析

DS、NPCを総合して解析した結果、 γ_d と q_u との間には正相関が有意に検定されたが、セメント種別で層別して検定した処、NPCの場合には明らかに負の相関が認められた。このことは、ホモゲル内部に2次的に析出する結晶による構造体の劣化を示唆する。

3-3) ホモゲルから水中へのイオンの溶出（図-2参照）

ホモゲルからのイオン溶脱の挙動については、養生条件で著しい差異が認められた。但し、Naイオンは流水・定水何れの養生条件においても等しく、材令100日でほぼ完全に溶脱した。Caイオンは、流水の場合溶

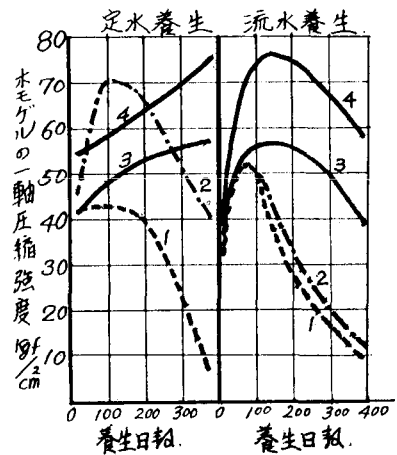


図-1. 養生条件別ホモゲル強度傾向

出し、材令1ヶ月で原イオン量の3%が溶出するに対し定水養生では殆ど溶出しなかった。また、Siイオンについても流水の場合の溶出量は、材令1ヶ月で原イオン量の約5%であるに対し、定水の場合は1.5%にとどまった。

3-4) 材令1ヶ月のホモゲルの結晶組成の変化

(図-3参照)

ホモゲルを構成する組成物は大部分、メタ珪酸カルシウムおよびシリカゲルから成るが、経時的に炭酸化が進行し、また、NPC系ゲルについては、中心部にエトリンガイト結晶が折出する等の変化がX線的に確認された。炭酸化反応はNPCの場合、すべてカルサイトの折出であり、DSの場合は1部にアラゴナイトの晶出が認められた。これらの変化は、ホモゲルの長期安定性を支配する要因と考えられ、NPCの場合、長期的安定性が危惧される。一方、スラグ系DS-ゲルの場合はむしろ安定化に寄与すると考えられる。上述の考察はホモゲル強度の推移を理論的に裏付けるものであろう。

3-5) ホモゲルの微視的構造 (写真1,2 参照)

材令1ヶ月のホモゲルについて電子顕微鏡によって観察すれば、DSの場合、NPCに比し、メタ珪酸石灰の結晶サイズが著しく微細であり、緻密な構造体を形成していることが明らかであった。

材令1ヶ月ホモゲルのSEM写真 ×5000

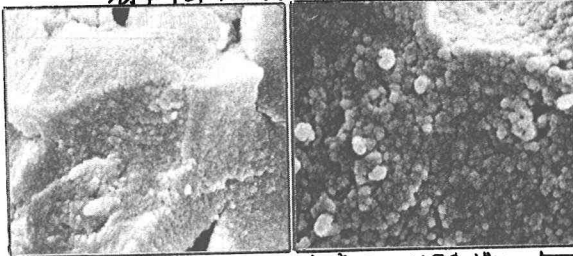


写真1. DS-ゲル

写真2. NPC-ゲル 2μm

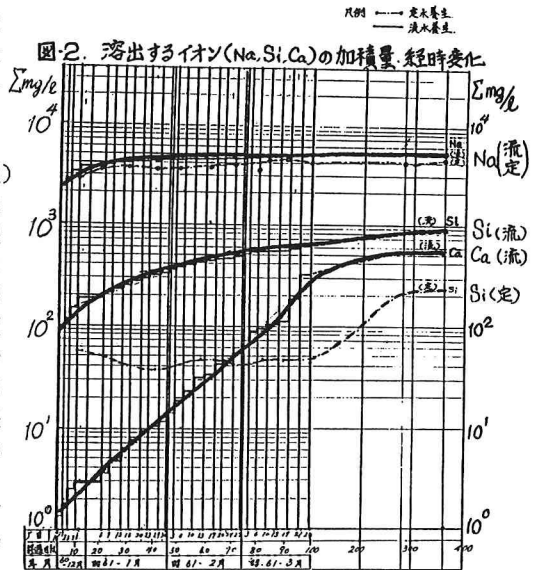


図-2. 溶出するイオン(Na, Si, Ca)の加積量、経時変化

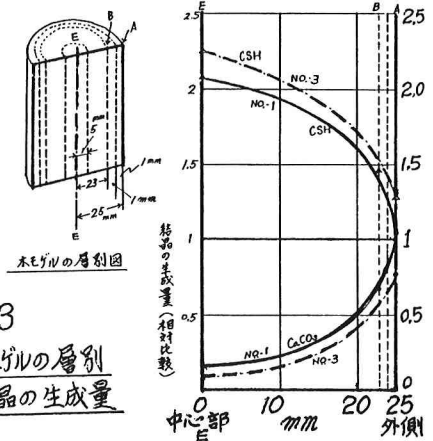


図-3
ホモゲルの層別
結晶の生成量

4. 考 察

- 4-1) ホモゲルからのイオンの溶出は、固化強度に關与するSiおよびCaイオンの溶出が流水養生の場合、定水養生に比し大であり、従って強度も長期的には流水養生の方が定水養生に比して劣化する傾向をあらわすものと考察される。
- 4-2) 初期強度は流水の方が定水に比し大であるが、これは、流水、定水に關係なくほぼ完全に溶脱するNaイオンに伴われるOHイオンの、共通イオン効果によって定水の場合Ca(OH)₂の解離が抑制されるためである。
- 4-3) 炭酸化反応によるカルサイトの折出、また、エトリンガイトの折出などによってNPC-ゲルは長期的には不安定になると考えられる。
NPCゲルの場合、quとγdとの間に負相関が検定されたことは、これら構造を劣化させる結晶が2次的に折出したことによるものと考えられる。これらの主要なものはエトリンガイトおよびカルサイトである。