

# V-160 塩化カルシウム溶液に浸漬したモルタルの劣化性状とその防止対策

金沢大学工学部 学生員○山田正弘  
 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之  
 金沢大学工学部 正会員 川村満紀

## 1. まえがき

塩化カルシウム30%溶液に浸漬したモルタルでは、温度20℃以下の条件にて劣化が急速に進行することが確認されている<sup>1)</sup>。塩化カルシウム溶液によるモルタルの劣化については、モルタル中の水酸化カルシウムと塩化カルシウムとの反応で生じる塩基性の複塩（ $3CaO \cdot CaCl_2 \cdot 15H_2O$ ）の生成が関与しているようであるが、その生成機構は必ずしも明確ではない<sup>2)</sup>。しかし、塩化カルシウム溶液による劣化が上記の反応機構によるものであれば、モルタル中の水酸化カルシウムを固定化し、緻密な組織を形成するポゾラン材料の使用は塩化カルシウム溶液による劣化を防止するのに有効な手段になるものと考えられる。

本研究は、5℃、20℃および40℃の塩化カルシウム30%溶液に浸漬した各種モルタルの劣化状況を追跡することによって、防止対策としてのポゾラン材料の使用の有効性について2、3の検討を行ったものである。

## 2. 実験概要

使用セメントは普通ポルトランドセメント（NP）および早強ポルトランドセメント（HP）である。モルタルの配合は水：セメント：川砂＝0.5（または0.3）：1：2（重量比）である。ただし、ポゾラン材料を使用したモルタルでは、水／セメント比を0.5とし、普通ポルトランドセメントに対するフライアッシュ（FA）、高炉スラグ微粉末（BS）およびシリカフェーム（SF）の置換率をそれぞれ30%、50%および10%とした。セメントおよびポゾラン材料の物理的性質を表.1および表.2に、また各種セメントモルタルの配合を表.3に示す。塩化カルシウム30%溶液へのモルタルの浸漬は、7日および28日間の水中養生後に実施し、5℃、20℃および40℃の恒温槽中の密閉容器に入れられた塩化カルシウム30%溶液および水道水は定期的に交換した。モルタル供試体は、4×4×16cmの直方体であり、所定の浸漬材令（7日、14日、28日および90日）にて圧縮および曲げ強度（JIS A 5201）を測定した。また、塩化物イオンのモルタルへの浸透深さは、浸漬材令28日および90日において供試体の割裂断面に0.1Nの硝酸銀溶液を噴霧し、変色境界深さを画像解析装置により測定することにより求めた。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 塩化物イオンの浸透深さ

塩化物イオンのモルタルへの浸透深さ（浸漬材令90日）を表.4に示す。表.4より明らかなように、ポルトランドセメントモルタルでは、セメントの種類による塩化物イオンの浸透深さの相違は比較的小さいが、水／セメント比を0.3と小さくすることにより塩化物イオンの浸透を大きく低減することができる。一方、ポゾラン材料の使用は塩化物イオンのモルタルへの浸透を抑制するのに有効であり、とくに水中養生期間が7日から28日になるとその効果は顕著なものとなる。

表.1 使用セメントの物理的性質

セメントの種類	比重	ブレン値(cm <sup>2</sup> /g)
普通ポルトランドセメント (NP)	3.16	3300
早強ポルトランドセメント (HP)	3.11	4330

表.2 使用混和材の物理的性質

混和材の種類	比重	BET比表面積 (m <sup>2</sup> /g)
フライアッシュ (FA)	2.40	1.17
高炉スラグ (BS)	2.94	1.04
シリカフェーム (SF)	2.23	24.20

表.3 各種セメントモルタルの配合

	略号	配合(重量比) 水：セメント：砂
普通ポルトランドセメント	NPO.5	1：0.5：2
早強ポルトランドセメント	NPO.3	1：0.3：2
フライアッシュ (30%置換)	HPO.5	1：0.5：2
フライアッシュ (50%置換)	HPO.3	1：0.3：2
高炉スラグ (50%置換)	BPO.5	1：0.5：2
シリカフェーム (10%置換)	SPO.5	1：0.5：2

表.4 塩化物イオンのモルタルへの浸透深さ(mm)（浸漬材令90日）

	溶液温度	初期水中養生期間	
		7日	28日
NP0.3	5℃	7	5
	20℃	7	4
	40℃	7	5
HP0.3	5℃	5	3
	20℃	6	4
	40℃	5	5
NP0.5	5℃	17	17
	20℃	20	20
	40℃	20	20
HP0.5	5℃	11	16
	20℃	15	20
	40℃	20	20
FA0.5	5℃	15	10
	20℃	12	9
	40℃	13	9
BS0.5	5℃	6	4
	20℃	7	4
	40℃	9	5
SF0.5	5℃	8	4
	20℃	8	3
	40℃	7	8

※塩化物イオン浸透深さ20mmはモルタル中心部まで塩分が完全に浸透していることを示す。

### 3.2劣化状況と圧縮強度

モルタルの劣化状況の一例を写真.1に示す。NP0.5およびHP0.5では、供試体の鋭角部にひびわれが発生し、その後浸漬材令とともに端部の角欠けおよびスケーリングが増大し、最終的にはモルタル自身の結合力はほとんど消失した。NP0.3およびHP0.3では、浸漬材令28日以後にごく軽微なスケーリングが発生した。一方、ポズラン材料を使用したモルタルでは、ひびわれおよびスケーリングが発生したFA0.5（水中養生7日）以外のものには大きな変状は観察されなかった。

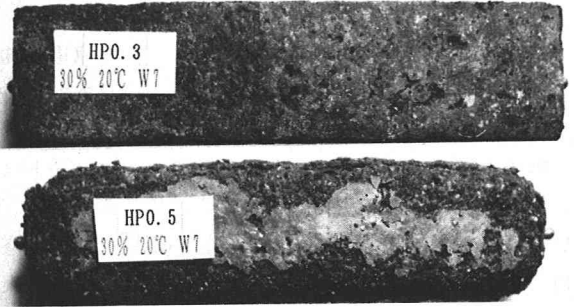


写真.1 モルタルの劣化状況 (HP0.3およびHP0.5)

モルタルの浸漬材令ともなう圧縮強度の変化を図.1および図.2に示す。NP0.5およびHP0.5では、温度5°Cおよび20°Cの条件においては圧縮強度が大きく低下したが、温度40°Cの条件においては圧縮強度の低下はほとんど認められなかった。また、NP0.3およびHP0.3では、いずれの温度条件においても圧縮強度の低下は認められなかった。一方、FA0.5では、水中養生期間7日の場合のみ温度5°Cおよび20°Cの条件において圧縮強度の低下が認められたが、BS0.5およびSF0.5では、いずれの場合も強度の低下は認められなかった。

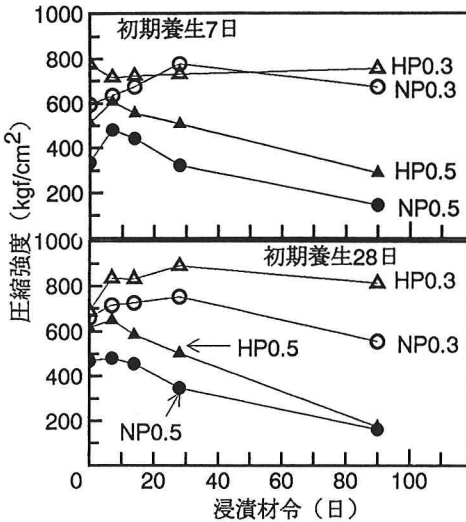


図.1 モルタルの圧縮強度の経時変化 (溶液温度：20°C)

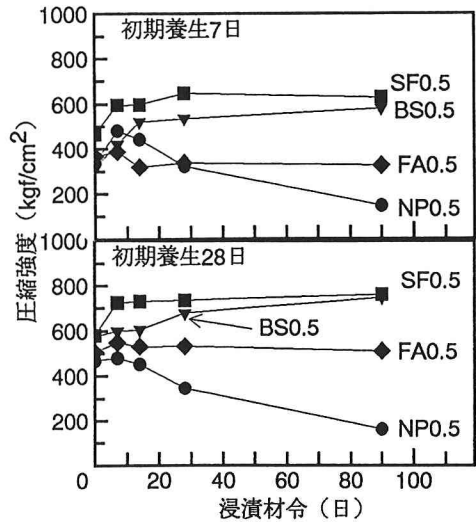


図.2 モルタルの圧縮強度の経時変化 (溶液温度：20°C)

### 4. まとめ

以上の結果より、ポズラン材料の使用は塩化カルシウム溶液によるモルタルの化学的劣化を防止するのに有効であることが確認できた。普通ポルトランドセメントと早強ポルトランドセメントとの比較、ポルトランドセメントとポズラン材料を使用したものとの比較から示唆されるように、塩化カルシウム溶液によるモルタルの化学的劣化現象では、塩化物イオンのモルタルへの浸透性ととも、浸漬開始時におけるモルタル中の水酸化カルシウムの量とその形態が重要な意味を持っており、現在この点を明らかにするために各種分析を実施している。

### 参考文献

- 1)川村満紀、鳥居和之、山田正弘、Chatterji, S.、第46回セメント技術大会講演集、1992.
- 2)Chatterji, S., Cement and Concrete Research, Vol. 8, pp. 461-468, 1978.