

日大生産工学部 正会員 堺 毅

" " 河合 礼哉

" " 学生会員 刈部 初彦

1. まえがき

海洋構造物の建設が多くなるにつれて、塩化物がコンクリート練りまぜの時点から導入される場合と、コンクリートが硬化した後に外部からの侵入による場合とがあり、コンクリートが塩化物に早期に接する機会が多くなっている。その結果、コンクリートは腐食し、しいては破壊まで進行している。

本研究では、海水などによつてコンクリートの外部から塩化物などによつて、コンクリート構造物にどの様に影響を与えるか二・三の養生によつて確かめたものである。

2. 使用材料

リセメント：一般に市販されている普通ポルトランドセメントを使用した。

ii) 骨材：粗・細骨材は鬼怒川産の川砂・川砂利を使用し、物理試験の結果は表2に示す通りである。

3. 実験方法

i) 示方配合：示方配合の決定は、数多くの海洋構造物の基礎的研究及び一般構造物の配合等の諸条件を基にして表1の様に決定した。

ii) 練り混ぜ及び供試体作製方法：コンクリートの練りまぜは、水平型強制練りミキサーを用い、練り混ぜ時間1分30秒とした。供試体作製は、 $10^{\text{mm}} \times 20^{\text{mm}}$ の円

表-1 示方配合

示方配合	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランジの範囲 (mm)	水セメント比 %	細骨材率 %	単 位 量 (kg/m^3)			
					水	セメント	粗骨材	細骨材
					W	C	S	G
	20	8 ± 2	55	45	178.6	324.8	883.0	911.6

筒型テストピースに内部振動機を用いて2層に分け1層15秒間振動を与え練り固めた。

iii) 養生方法：養生法の決定については、東京湾の海水の分析を行った結果、海水中に含まれている塩化物・硫酸物とそれに工業排水中に含まれている酸・アルカリの濃度を個々の養生に加え、コンクリートに影響を及ぼすと考えられる次の三種類と、水中養生(標準養生)を加えて計四種類の養生とした。

a) 塩水養生：塩化ナトリウム溶液(NaCl ag)は、純水1ℓに対し、塩化ナトリウム(NaCl)を10gを溶かした溶液を使用し、水温を $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保つようにした。

b) 硫酸水素養生：キップの設置により硫酸水素(H_2S)を発生させ、濃度を5000ppm、水温を $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保つように操作した。

c) 硫酸養生：硫酸(H_2SO_4)を $\text{PH}2$ とし、水温を $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ に保った。

iv) カルシウム濃度測定方法：カルシウム濃度は、原子吸光分析機で炎色反応により測定した。測定結果は表3に示す。

v) 強度試験方法：試験は、 100^{t} 万能型耐圧試験機で圧縮強度試験をJIS-1108に基づいて行った。

4. 結果及び考察

表-3 カルシウム濃度

材 令 (日)	3	4	5	6	7	8	9	12	14	15	28	91
カルシウム濃度 (ppm)												
水中養生	245	247	251	252	273	275	279	282	283	320	352	353
硫酸水素養生	249	261	247	278	277	272	245.3	26.56	23.20	24.12	27.22	24.27
塩水養生	178	3.68	3.84	4.47	6.34	6.77	25.73	26.19	27.23	24.12	25.57	27.37

表-2 骨材の物理試験

種 別	産 地	比 重	吸水量 (%)	洗い試験 (%)	スリヘリ 試験 (%)	単位容積 重量 (kg/m^3)	ふるい分け試験										
							通 過 分 (%)										
							30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
細骨材	鬼怒川	2.56	2.58	4.00	—	1696	—	—	—	—	—	100	93.8	78.8	36.02	7.42	0.78
粗骨材	鬼怒川	2.58	2.06	—	30.48	1645	100	98.6	45.7	14	0	—	—	—	—	—	7.0

圧縮強度の変化は、図1より次のような結果が得られた。

普通ポルトランドセメントコンクリートにおいて、酸性溶液 (H_2SO_4 PH2) がコンクリートを腐食するのは、コンクリート自体強アルカリを示しているので、コンクリートの表面の水酸化カルシウム ($Ca(OH)_2$) が酸によって反応して、コンクリート中の強アルカリが次第に弱アルカリ・中性と変化し、ついにはコンクリートを破壊すると思われる。

材令9日前後で圧縮強度が4種類の養生で最大強度を示した。これは、コンクリートの水和作用がほぼここで終了したと考えられる。各養生で圧縮強度の差があるのは、養生水がコンクリートの表面だけの反応以外に、コンクリートの水和作用の過程に悪影響を与えたと思われる。また、材令9日以降では、コンクリートの水和過程に与えた悪影響より、養生水による侵食の方が強くなったので圧縮強度が低下していると思われる。

普通ポルトランドセメントコンクリートを H_2SO_4 ・ H_2Sag ・ $NaClag$ に養生すると、コンクリートの表面は次のように変色していた。

H_2SO_4 に養生したコンクリートは、表面がかなりぼろぼろに腐食し、細・粗骨材がコンクリートの表面まで見え、コンクリート本来の色である灰色が白色に変色していた。この白色の成分は、セメントを水和させた時に生じる $Ca(OH)_2$ と思われる。

H_2S に養生したコンクリートの表面は、滑らかで、黒色に変色していた。この黒色に変色したのは、キップの装置によって塩酸 (HCl) と硫化鉄 (FeS) と反応して生じる硫化第二鉄 (FeS_2) (黒色) がコンクリートの表面に付着したと考えられる。

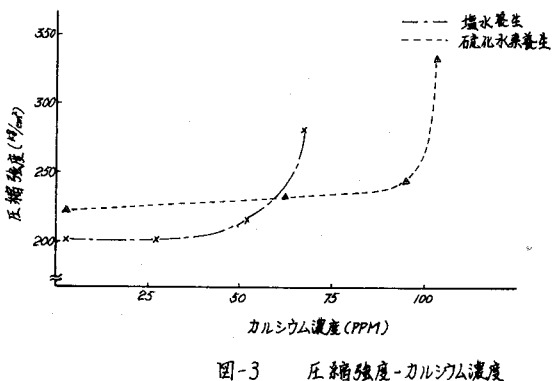
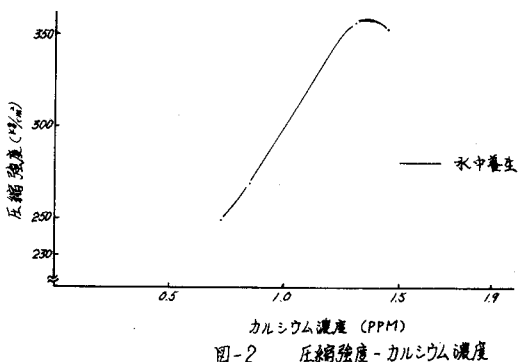
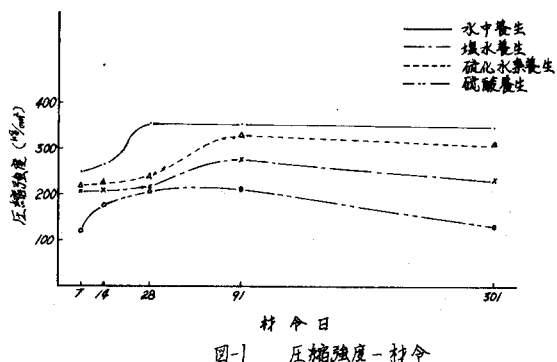
塩水養生したコンクリートは、コンクリートの表面に白色の結晶が付着していた。この白色結晶は、養生水を作る際に投入した $NaCl$ が結晶し、コンクリートの表面に付着したと思われる。

カルシウム濃度と圧縮強度の関係は、図2より次の様な結果を得た。

水中養生では、カルシウム濃度が増大するにつれて圧縮強度も増加するが、カルシウム濃度1.3ppm前後で強度は低下している。このことから、 $Ca(OH)_2$ が折

出すると強度に悪影響を与えると推測される。

しかし、図3の塩水養生・硫化水素養生に於いては、カルシウム濃度が増大しても圧縮強度は低下しなかった。だが、カルシウム濃度が更に増加すれば、コンクリート中のカルシウム量が低下し、硬化コンクリートの成分のバランスが破れ、強度劣下を生じると推測される。



参考文献

セメント・コンクリート No. 266

コンクリートの化学 山崎寛司 氏