

# 海砂와 강모래의 혼합砂를 사용한 콘크리트에 관한 實驗的 研究

## An Experimental Study on The Effect of Mixed Sand Used Sea and River Sand as Fine Aggregate of Concrete

○ 南 相 駟\*  
Nam, Sang Ill

金 文 漢\*\*  
Kim, Moon Han

金 武 漢\*\*\*  
Kim, Moo Han

### ABSTRACT

This paper, an experimental study on the effect of mixed sand used sea and river sand as fine aggregate of concrete, is connected with the properties of fresh and hardened concrete and steel corrosion to investigate workability and engineering properties and general steel bar's corrosion of concrete used mixed sand. After analyzing positively fresh and hardened concrete and ratio of the corrosion area affected by the autoclave cycle, the purpose of this paper is to provide an experimental data developing concrete used mixed sand.

### 1. 序論

오늘날 건설공사의 폭주로 인하여 콘크리트用 河川骨材의 枯渴에 의한 骨材不足을 보충하기 위하여 콘크리트 構造物에 海産骨材 특히 除鹽을 하지 않은 海砂의 부분별한 사용은 콘크리트 中の 鹽化物量이 급증하여 鐵筋콘크리트 構造物의 劣化現象 및 耐久性 低下 現象이 현저하게 나타날 우려가 심화되고 있어 河川産 天然骨材를 代用할 수 있도록 海砂와 鹽化物를 포함하지 않은 강모래를 혼합한 混合砂를 사용한 콘크리트의 製造 및 調査設計를 開發하여 海砂를 사용한 콘크리트의 高品質化 및 高性能化의 필요성이 고조되고 있다.<sup>1)2)3)4)5)6)</sup>

이에 본 연구는 建設工事中에 構造材料의 주종을 이루고 있는 콘크리트용 細骨材로서 混合砂의 開發이라는 측면에서의 實驗的 研究로서 아직금지않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 工學的 特性和 오로클레이브에 의한 鐵筋 腐蝕率등을 比較·分析한 결과이다.

### 2. 混合砂를 사용한 콘크리트의 工學的 特性

建設工事中에 構造材料의 주종을 이루고 있는 콘크리트용 細骨材로서 混合砂의 開發이라는 측면에서 海砂 中の 鹽分이 콘크리트 構造物에 미치는 影響과 海砂 및 강모래를 혼합한 混合砂의 混合比率 등 각종 實驗要因과 水準을 설정하여 아직금지않은 상태 및 경화 상태에서의 각종 工學的 特性을 考察하였다.

#### 2.1 試驗 계획 및 방법

河川産 天然骨材의 代替骨材로서 海砂 活用方案으로 海砂와 鹽化物를 포함하지 않은 강모래를 혼합한 混合砂의 使用效果에 관하여 實驗的으로 比較·檢討하기 위한 本研究의 요인 및 수준은 표1과 같다.

本 實驗에 사용한 골재, 시멘트의 물리적 성질은 표2, 표3과 같다.

콘크리트의 調合(配合)은 大韓建築學會 標準示方書의 參考調合表를 基礎로 하여 수차의 試驗비법을

표 1 요인 및 수준

要 因		水 準					
물시멘트비(%)		45, 55, 65, 75					
슬럼프 (cm)		21±2					
混合砂의 比率 (%)	海砂	100	80	60	40	20	0
	강모래	0	20	40	60	80	100
측 정 항목	아직금지않은 콘크리트 시험	공기방, 비빔온도, 단위용적중량, 슬럼프, 플로우, 다짐계수, 임분함유량					
	경화 콘크리트 시험	단위용적중량, 압축강도, 동탄성계수, 초음파속도, 반발도					
	제 명 (주)	1, 4, 8					

표 2 골재의 물리적 성질

구분	입경 (mm)	크립율 (F·V)	비중	흡수율 (%)	실적율 (%)	단위용적중량 (kg/l)	비 고
강모래	5	3.08	2.60	1.15	58.8	1.57	심천산
제사	5	3.20	2.59	0.81	66.9	1.73	울진산
견 강자갈	25	7.16	2.67	1.24	59.5	1.55	미사리산

표 3 시멘트의 물리적 성질

시멘트 종류	비 중	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	용결도 (h·m)		안정성	압축 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		
			초결	중결		3일	7일	28일
브롬프콘리트 시멘트	3.15	3,340	5:07	7:20	양호	194	216	323

\* 正會員, 忠南大 大學院  
 \*\* 正會員, 서울대 教授·工博  
 \*\*\* 正會員, 忠南大 教授·工博

표 4 콘크리트의 調査

물시멘트비 (%)	스플리트 크기 (mm)	습윤도 (CR)	한도 지수 (9/VI)	단위 무게 (kg/m <sup>3</sup> )			밀도 (kg/m <sup>3</sup> )			
				시멘트	모래	자갈	시멘트	모래	자갈	
45	25	22	57.5	219	154	131	236	155	338	1031
55			41.5	204	118	277	391	271	717	1044
65			43.5	211	103	294	232	325	752	1019
75			45.5	211	90	318	231	252	824	1017

통하여 표4와 같이 결정하였으며, 供試體 製作 및 각종 시험방법은 각 규준에 준하여 행하였다.<sup>7)8)9)</sup>

한편 本 實驗에 사용된 鹽分 測定器는 일본의 HORIBA(社)에서 製作한 것으로 이온전극법을 이용한 鹽分 濃度計 U-7CL를 使用하였다.<sup>10)11)</sup>

2.2 아직굳지않은 콘크리트의 性狀 檢討

2.2.1 공기량

표5 및 그림1은 海砂/강모래의 混合比率에 따른 空氣量의 變化를 보여주는 것으로 모두 1% 이하로 海砂/강모래의 混合比率에 따른 空氣量의 차이는 거의 나타나지 않고 있다.

2.2.2 流動性 檢討

물시멘트비별 海砂/강모래의 混合比率에 따른 초기슬럼프치의 變化를 보여주고 있는 그림2는 海砂/강모래의 混合比率이 커짐에 따라 전체적으로 초기슬럼프치는 미약하게 저하하고 있는 傾向으로 이는 강모래의 입도가 海砂보다 작고, 입자표면의 거칠기가 거칠기 때문으로 여겨진다.

플로우의 경우에는 표5에서 보는바와 같이 전체적인 傾向은 초기슬럼프치와 유사한 傾向을 보여주고 있고, 다짐계수値는 물시멘트비 75%, 60/40의 경우를 제외하고는 모두 0.99의 우수한 다짐성능을 보여주고 있다.

2.2.3 염분함유량 검토

표6에서는 海砂/강모래의 混合比率에 따른 잔골재중의 鹽分含有量(NaCl)을 측정한 결과로 海砂/강모래의 混合比率이 커질수록 감소하고 있으나 KS

표 6 混合砂의 混合比率에 대한 鹽分含有量(NaCl)

혼합사(%)	100/0	80/20	60/40	40/60	20/80	0/100	계열사
염분 (%)	0.152	0.100	0.094	0.066	0.033	0.003	0.009

표 5 아직굳지않은 콘크리트의 試驗結果

혼합 비율	물시멘트비 (%)	공기량 (%)	단위용적중량 (kg/l)	슬럼프 (cm)	플로우 (cm)	다짐계수 (CF)	염화물 총량 (kg/m <sup>3</sup> )
45	100/0	0.30	2.41	20.6	54.8	0.99	0.99
	80/20	0.38	2.41	20.8	53.5	0.99	0.79
	60/40	0.30	2.42	20.2	54.4	0.99	0.55
	40/60	0.35	2.42	21.0	53.8	0.99	0.51
	20/80	0.55	2.40	20.9	53.5	0.99	0.24
0/100	0.40	2.42	20.1	54.3	0.99	0.19	
55	100/0	0.50	2.42	20.5	54.8	0.99	1.10
	80/20	0.60	2.39	19.7	55.3	0.99	0.91
	60/40	0.60	2.38	20.4	54.8	0.99	0.77
	40/60	0.50	2.39	19.1	56.3	0.99	0.56
	20/80	0.80	2.40	19.3	53.3	0.99	0.27
0/100	0.95	2.38	19.6	52.3	0.99	0.06	
65	100/0	0.25	2.39	20.4	58.8	0.99	1.09
	80/20	0.32	2.40	21.5	62.3	0.99	0.98
	60/40	0.45	2.39	21.1	62.1	0.99	0.68
	40/60	0.53	2.38	19.7	61.6	0.99	0.57
	20/80	0.80	2.36	20.3	60.3	0.99	0.29
0/100	0.82	2.38	19.8	59.8	0.99	0.11	
75	100/0	0.70	2.36	19.4	58.4	0.99	1.14
	80/20	0.65	2.36	19.3	59.4	0.99	0.98
	60/40	0.80	2.35	18.6	59.4	0.98	0.72
	40/60	1.70	2.34	18.8	59.0	0.99	0.57
	20/80	1.65	2.34	18.7	58.5	0.99	0.31
0/100	1.45	2.31	18.7	54.5	0.99	0.07	

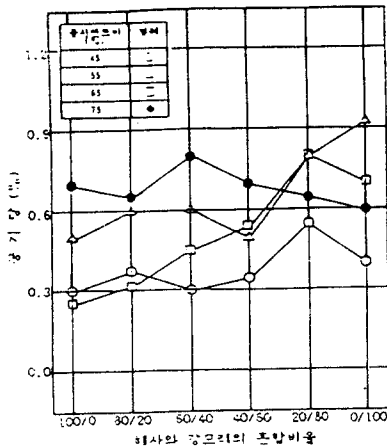


그림 1 海砂/강모래의 混合比率에 따른 空氣量의 變化

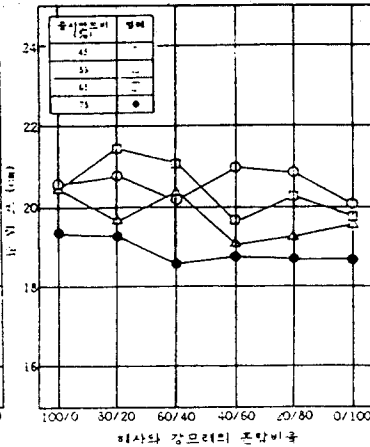


그림 2 海砂/강모래의 混合比率에 따른 초기슬럼프의 變化

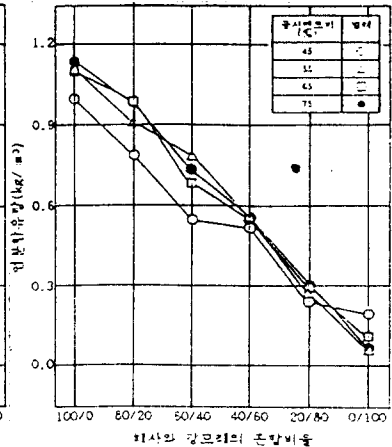


그림 3 海砂/강모래의 混合比率에 따른 鹽分含有量의 變化

F 4009(레디믹스트 콘크리트)에 규정하고 있는 염분 함유량(NaCl) 0.04%의 기준한도에 만족하는 혼합비율은 20/80뿐으로 나타나고 있다.

콘크리트중의 염분함유량(CI-)은 그림3처럼 해砂/강모래의 혼합비율에 따라서 뚜렷히 減少하는 傾向을 보이고 있으며, 물시멘트비가 커질수록 염분함유량은 커지는 傾向을 보인다. 콘크리트중에서의 염분함유량도 모래에서의 경우와 같이 혼합砂 20/80에서 우리나라 콘크리트 염분함유량 基準인 CI-량 0.3 kg/m<sup>3</sup> 을 만족시키고 있다.

### 2.3 경화 콘크리트의 工學的 特性 檢討

#### 2.3.1 압축강도

경화 콘크리트의 각종 試驗 結果를 나타낸 표7과 材齡別 海砂/강모래의 混合比率와 壓縮強度와의 關係를 보여주고 있는 그림4에 의하면 전체적으로 材齡이 증가함에 따라서 壓縮強度는 물시멘트비, 海砂/강모래의 混合比率에 관계없이 증가하는 傾向을 보이고 있다. 물시멘트비 45%의 경우 海砂/강모래의 混合比率이 커짐에 따라 약간의 強度 增進性을 보이고 있어 材齡 8週의 경우 0/100의 경우에는 100%의 경우보다 60 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 強度를 발현하고 있으며 물시멘트비 55%인 경우 각 材齡別로 海砂/강모래의 混合比率에 관계없이 거의 유사한 強度를 발현하고 있으나 물시멘트비 65%, 75%의 경우에는 海砂/강모래의 混合比率이 커짐에 따라 強度는 약간

씩 저하하는 傾向을 보이고 있어 물시멘트비 45%의 경우와는 相異한 傾向을 보이고 있으며 調合條件別로 壓縮強度에 미치는 混合砂의 效果가 서로 다르게 나타남을 알 수 있다.

#### 2.3.2 비파괴 시험에 의한 공학적 특성 검토

材齡別 海砂/강모래의 混合比率에 따른 動彈性係數의 變化를 보여주고 있는 그림4은 材齡 1週 물시멘트비 65%를 제외하고는 각 材齡 공히 강모래의 混合比率이 증가함에 따라 動彈性係數는 減少하는 傾向을 보이고 있는데 이는 단위용적중량의 변화와 거의 일치하는 傾向으로 이의 影響이 큰 것으로 여겨지고 있다. 물시멘트비의 影響을 살펴보면 물시멘트비 55%를 경계로 한 高品質 콘크리트와 低品質 콘크리트의 動彈性係數에 많은 차이가 보여지므로 凍結融解에 대한 내구성확보를 위한 콘크리트의 高品質化가 요구된다고 하겠다.

材齡別 海砂/강모래의 混合比率에 따른 反撥度의 變化를 보여주고 있는 그림4은 전체적인 傾向은 壓縮強度의 경우와 유사하게 나타나고 있다.

초음파속도의 경우에서 고찰한 압축강도 및 반발도와는 상이한 傾向을 보여주고 있다. 즉 材齡 1週의 경우 강모래의 混合比率이 증가함에 따라서 전체 물시멘트비 공히 저하하고 있으며, 材齡 4週, 8週의 경우 海砂/강모래의 混合比率에 따른 차이는 거의 나타나고 있지 않으며, 材齡 8週의 경우 壓縮

표 7 경화 콘크리트의 試驗結果

구분	물시멘트비 (%)	지령 (주)	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	동탄성계수 (x10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	초음파속도 (km/sec)	단위용적중량 (kg/l)	반발도 (R-N)	
45	1-45W 100/0	1	288	3.59	4.44	2.43	20	
		4	311	4.05	4.69	2.46	24	
		8	336	4.24	4.62	2.45	26	
	1-45W 80/20	1	275	3.71	4.48	2.46	20	
		4	303	3.98	4.67	2.45	25	
		8	327	4.11	4.71	2.43	25	
	1-45W 60/40	1	283	3.59	4.39	2.43	20	
		4	309	3.87	4.63	2.45	26	
		8	315	4.16	4.58	2.45	29	
	1-45W 40/60	1	300	3.55	4.41	2.43	17	
		4	341	3.85	4.59	2.44	29	
		8	357	4.13	4.62	2.44	28	
	1-45W 20/80	1	261	3.55	4.42	2.42	19	
		4	336	3.81	4.71	2.43	29	
		8	365	3.99	4.54	2.44	32	
	1-45W 100/0	1	297	3.56	4.37	2.42	20	
		4	374	3.94	4.56	2.45	30	
		8	378	4.07	4.62	2.43	32	
	55	1-55W 100/0	1	225	3.74	4.39	2.45	19
			4	268	3.56	4.69	2.45	25
			8	286	4.18	4.67	2.47	25
		1-55W 80/20	1	233	3.70	4.44	2.44	16
			4	292	3.91	4.63	2.44	22
			8	305	4.13	4.69	2.45	23
1-55W 60/40		1	223	3.59	4.33	2.45	18	
		4	283	3.83	4.62	2.43	23	
		8	296	4.01	4.70	2.44	23	
1-55W 40/60		1	227	3.47	4.13	2.43	15	
		4	268	3.86	4.62	2.44	23	
		8	275	3.98	4.71	2.43	25	
1-55W 20/80		1	215	2.41	4.31	2.41	17	
		4	291	3.71	4.55	2.42	28	
		8	294	3.96	4.64	2.43	21	
1-55W 100/0		1	230	3.41	4.26	2.42	16	
		4	280	3.82	4.63	2.42	25	
		8	291	3.96	4.61	2.44	26	

구분	물시멘트비 (%)	지령 (주)	압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	동탄성계수 (x10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> )	초음파속도 (km/sec)	단위용적중량 (kg/l)	반발도 (R-N)	
65	1-65W 100/0	1	166	3.28	4.13	2.39	14	
		4	214	3.80	4.59	2.44	22	
		8	215	3.93	4.64	2.45	21	
	1-65W 80/20	1	151	3.31	4.26	2.42	16	
		4	187	3.67	4.53	2.43	19	
		8	191	3.84	4.59	2.42	21	
	1-65W 60/40	1	146	3.18	4.22	2.41	12	
		4	205	3.58	4.53	2.42	17	
		8	207	3.83	4.60	2.43	22	
	1-65W 40/60	1	157	3.11	4.26	2.39	13	
		4	210	3.60	4.49	2.42	19	
		8	215	3.64	4.55	2.39	20	
	1-65W 20/80	1	144	3.10	4.13	2.42	14	
		4	191	3.61	4.58	2.42	21	
		8	193	3.67	4.55	2.41	19	
	1-65W 100/0	1	124	3.04	4.27	2.41	14	
		4	177	3.57	4.55	2.42	20	
		8	185	3.58	4.57	2.41	18	
	75	1-75W 100/0	1	140	3.24	4.32	2.41	12
			4	188	3.57	4.48	2.44	18
			8	193	3.66	4.57	2.42	17
		1-75W 80/20	1	135	3.21	4.32	2.40	11
			4	165	3.52	4.44	2.41	14
			8	176	3.64	4.62	2.40	14
1-75W 60/40		1	127	3.17	4.26	2.42	12	
		4	166	3.48	4.55	2.41	16	
		8	192	3.68	4.59	2.41	12	
1-75W 40/60		1	132	3.00	4.18	2.39	11	
		4	156	3.49	4.47	2.40	17	
		8	164	3.53	4.54	2.40	15	
1-75W 20/80		1	113	2.97	4.21	2.38	11	
		4	158	3.35	4.39	2.38	17	
		8	164	3.54	4.60	2.40	16	
1-75W 100/0		1	116	2.85	4.01	2.37	10	
		4	165	3.36	4.41	2.39	15	
		8	182	3.52	4.57	2.40	16	

強度 및 反變度에서 다른 몰시멘트비보다 월등하게 높은 시험치를 나타낸 몰시멘트비 45%의 경우가 오히려 다른 몰시멘트비 보다 낮은 超音波速度測定値를 나타내고 있어 직접 파괴에 의한 強度 測定値와 비파괴 시험치 測定 方法別로 相關 關係에 대해서도 주의가 요망된다.

### 3. 混合砂를 사용한 콘크리트의 鐵筋 腐蝕

海砂 중의 鹽分이 콘크리트 構造物에 미치는 影響과 방청대책에 관한 實驗的 研究 중 오토클레이브에 의한 鐵筋 腐蝕率등을 각종 要因과 水準을 設定하여 考察하였다.

#### 3.1 실험계획 및 방법

##### 3.1.1 실험계획

鐵筋의 腐蝕에 影響을 미치는 要因을 把握하기 위한 촉진 폭로 실험계획은 표8와같이 설정하여 오토클레이브에 의한 鐵筋 발청 促進 蒸露 試驗을 행하여 腐蝕面積率을 測定하였다. 특히 몰시멘트비 65%의 경우에는 促進 蒸露 횟수의 影響을 檢討하기 위하여 促進 蒸露 횟수를 2회, 5회, 10회 반복하였다.

한편 사용재료 및 콘크리트의 조합은 2결과 같다.

##### 3.1.2 공시체의 제작

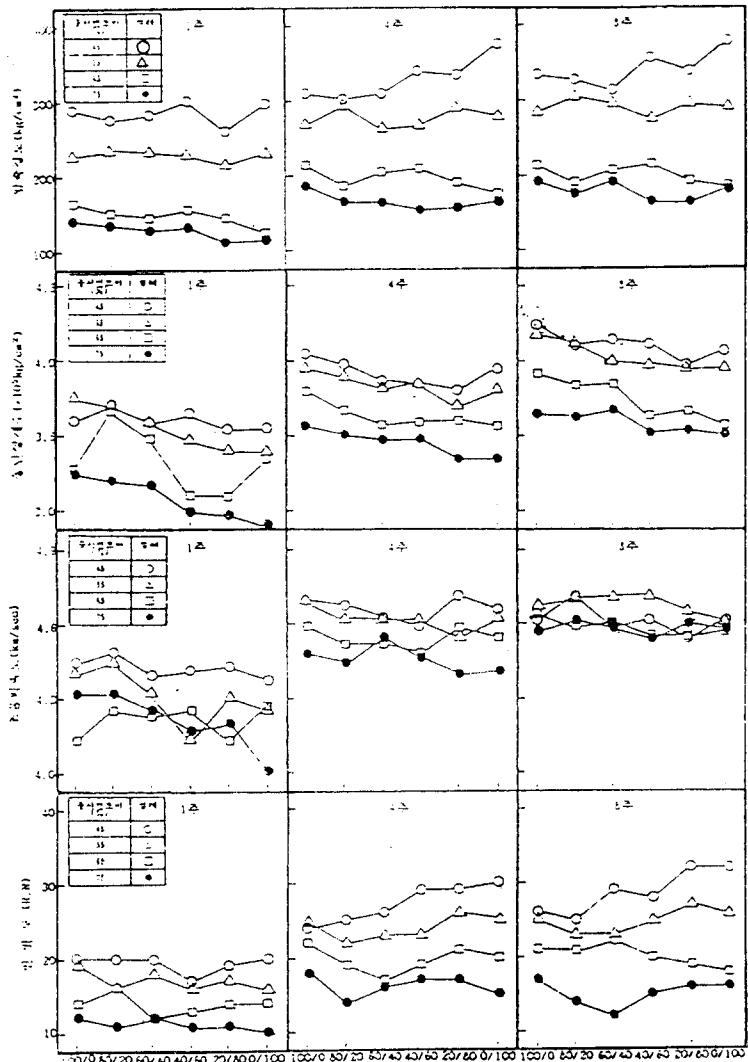
원주형시편체는 100 × 20cm의 몰드를 使用하여 圓形鐵筋 φ9mm을 20cm 길이로 잘라 피복두께가 2cm, 5cm가 되게하여 2개를 垂直으로 平行하게 넣는다.

##### 3.1.3 鐵筋의 발청시험 方法

試驗體는 탈형후 비닐포대로 밀봉하여 材齡 10일까지 25±3°C의 온도에서 養生한 후에 腐蝕 促進 試驗을 P사의 ALC生産라인의 오토클레이브 養生裝置를 이용하여 促進 試驗을 행하였다. 오토클레이브 養生조건은 그림5와 같이 사이클은 試驗體를 養生裝置에 넣은 후 약 3시간에 걸쳐서 180°C, 10氣壓으로 溫度와 壓力을 上

표 8 촉진폭로 실험계획

몰시멘트비(%) 혼합사의 비율	45	55	65	75	측정항목
100/0	○	○	○	○	물리, 사진 및 부식 전극용 측정
80/20	○	○	○	○	
50/50	—	—	○	○	
40/60	—	—	○	○	
20/80	—	—	○	○	
0/100	—	—	○	—	



1:1과 강모래의 혼합비율

그림 4 재령별 海砂/강모래의 混合比率과 각종 工學的 特性과의 관계

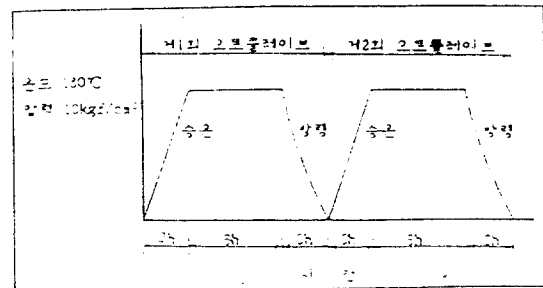


그림 5 오토클레이브 養生 조건

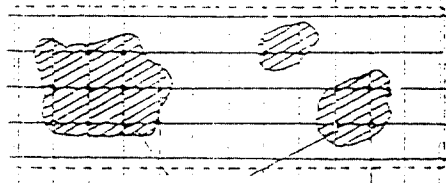
후한 후 약 6시간 동안 維持시키고 3시간에 걸쳐 溫度와 壓力을 常溫·常壓으로 낮추었다.

### 3.1.4 鐵筋의 腐蝕面積 測定

腐蝕面積 測定은 투명한 비닐을 鐵筋에 감아 이 비닐에 腐蝕한 부분을 그림과 같이 그린 후에 아래 식에 의해 腐蝕面積率을 計算하였다.

$$\text{腐蝕面積率(\%)} = \frac{\text{腐蝕面積의 結點數}(n)}{\text{測定面積의 結點數}(N)} \times 100$$

(N=65)



腐蝕部分 (n=16)  
面積率 = 25%  
그림 6 부식면적의 측정

### 3.2 철근의 腐蝕面積率 檢討

#### 3.2.1 혼합사별 철근 부식면적률 檢討 및 分析

鐵筋의 促進暴露試驗을 10사이클로 실행한 결과의 腐蝕面積率로서 檢討 및 分析을 행하고 또한 피복두께에 관해서 피복두께 2cm, 5cm경우를 채택하여 實驗을 행하였으나 本 實驗結果 피복두께에 의한 유의한 차이는 없었으며 피복두께의 영향은 검토하지 않았다.

#### 가. 물시멘트비가 동일한 경우의 混合砂別 檢討

물시멘트비가 45%, 피복두께 2cm인 경우에 混合砂 100/0(CI-량 : 0.99 kg/m<sup>3</sup>), 80/20 (CI-량: 0.79 kg/m<sup>3</sup>)에 대하여 각각 표9, 그림7처럼 鐵筋의 腐蝕面積率이 28.65%, 15.63%를 보이고 있어 混合砂 100/0은 80/20의 2배 정도의 증가경향을 나타내고 있다. 물시멘트비 55%, 피복두께 2cm인 경우에 混合砂 100/0 (CI-량 : 1.10kg/m<sup>3</sup>), 80/20 (CI-량: 0.91kg/m<sup>3</sup>)에 대하여 鐵筋의 腐蝕面積率이 각각 34.9%, 25.52%로 混合砂 100/0은 80/20보다 1.4배 정도 증가하는 경향이 보인다.

물시멘트비 65%, 피복두께 2cm인 경우에 混合砂 100/0(CI-량: 1.09kg/m<sup>3</sup>), 80/20(CI-량: 0.98kg/m<sup>3</sup>), 60/40(CI-량: 0.68kg/m<sup>3</sup>), 40/60(CI-량: 0.57kg/m<sup>3</sup>), 20/80(CI-량: 0.29kg/m<sup>3</sup>)에 대하여 鐵筋의 腐蝕面積率이 각각 35.42%, 28.13%, 10.94%, 33.33%, 11.46%로 混合砂 100/0에 대하여 각각 0.79배, 0.31배, 0.94배, 0.32배로 줄어드는 경향을 보이는데 混合砂別 腐蝕面積率을 보면 鹽分含有量의 減少에 대하여 특이한 경향을 나타내지 않고 있다. 물시멘트비 75%, 피복두께 2cm인 경우에 混合砂 100/0 (CI-량: 1.14kg/m<sup>3</sup>), 80/20(CI-량: 0.98kg/m<sup>3</sup>), 60/40 (CI-량: 0.72kg/m<sup>3</sup>), 40/60(CI-량: 0.57kg/m<sup>3</sup>), 20/80 (CI-량: 0.31kg/m<sup>3</sup>)에 대하여 鐵筋의 腐蝕面積率은 각각 52.60%, 60.94%, 37.50%, 20.31%, 13.54%로 混合砂 100/0에 대하여 1.16배, 0.71배, 0.39배,

0.26배로 混合砂 80/20의 경우만 제외하고는 줄어드는 경향을 보인다.

결과적으로 물시멘트비 65% 및 75%의 경우 混合砂 20/80은 NaCl 량 0.04%로 현재 우리나라에서 허용하는 鹽分含有量과 같은 정도의 것이지만 鐵筋 腐蝕面積率이 다소 높은 경향을 보여주고 있어 促進暴露試驗 10사이클 정도의 가혹한 환경하에서는 상당한 鹽害가 예상됨을 시사하고 있다. 또한 混合砂別 鹽分含有量의 減少에 대한 鐵筋의 腐蝕面積率이 뚜렷한 減少傾向이 없는 것도 促進暴露試驗의 과다 횟수에 의한 것으로 사료된다.

#### 나. 동일한 混合砂의 경우 물시멘트비 影響의 檢討

混合砂 100/0의 경우 물시멘트비 45%, 55%, 65%, 75%에 대하여 鐵筋의 腐蝕面積率은 각각 28.65%, 34.90%, 35.42%, 52.60%으로 물시멘트비 45%의 1.22배, 1.24배, 1.84배로 물시멘트비가 증가할수록 腐蝕面積率은 증가하는 경향을 보인다.

표 9. 混合砂別 부식면적률 측정결과(10사이클)

구분	W/C (%)	NaCl 함유량 (%)	CI-량 (kg/m <sup>3</sup> )	건거 부식면적률 (%)	
				피복두께	
				2 cm	5 cm
100-1-45V 100/0	45	0.24	0.99	28.35	21.35
				100-1-45V 20/20	0.19
100-1-55V 100/0	55	0.23	1.10	24.90	31.25
				100-1-55V 20/20	1.09
100-1-65V 100/0	65	0.22	1.09	35.42	46.33
				100-1-65V 20/20	0.19
100-1-65V 80/40	65	0.13	0.68	10.94	38.02
				100-1-65V 40/60	0.10
100-1-65V 20/80	65	0.04	0.29	11.46	25.00
				100-1-75V 100/0	0.21
100-1-75V 20/20	75	0.13	0.98	30.34	62.50
				100-1-75V 60/40	0.13
100-1-75V 40/60	75	0.09	0.57	20.31	40.10
				100-1-75V 20/80	0.04

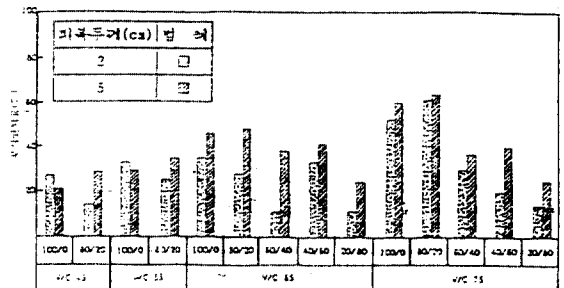


그림 7 물시멘트비별 混合砂의 混合비율과 부식면적률과의 관계

표 10 축진폭로 치수별 혼합사의 혼합비율과 부식면적률

구분	물시멘트비 (%)	NaCl (g/m <sup>3</sup> )	Cl-량 (kg/m <sup>3</sup> )	부식면적률 (%)						
				1사이클 (2C)		5사이클 (5C)		10사이클 (10C)		
				1cm	5cm	1cm	5cm	1cm	5cm	
55	100/0	0.14	1.29	2.12	3.35	22.23	35.45	21.25	23.15	
	80/20			4.69	2.50	12.54	13.23	22.31	29.17	
	60/40			4.17	5.12	13.54	14.53	20.23	12.50	
	40/60			0.52	0.52	4.17	2.25	11.98	21.25	
	20/80			0.52	0.52	5.52	4.17	5.77	5.77	
	10/90			0.52	3.11	3.52	0.52	1.55	3.55	3.10

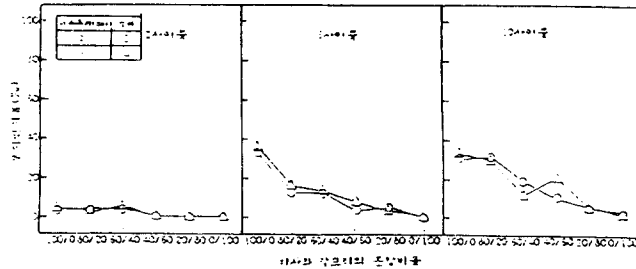


그림 8 사이클별 혼합사의 혼합비율과 부식면적률과의 관계

혼합사 80/20의 경우는 혼합사 100/0과 같이 물시멘트비 45%, 55%, 65%에 대하여 15.63%, 25.52%, 28.13%, 60.94%로 물시멘트비 45%의 1.63배, 1.80배, 3.90배로 물시멘트비가 증가할수록 부식면적률은 증가한다.

혼합사 60/40, 40/60, 20/80의 경우에 물시멘트비 65%, 75%로 증가할수록 15.63%, 25.52%, 28.13%에 비해 증가하는 경향이 나타난다. 결론적으로 물시멘트비의 증가에 따른 블리딩의 효과, 이로 인한 염소이온이 철근표면부로 농축되는 현상에 기인한 것으로 사료된다.

3.2.2 발청 축진 폭로 치수의 영향에 관한 검토 및 분석

本實驗에서는 물시멘트비 65%를 채택하여 15.63%, 25.52%, 28.13%에 대해 60.94%로 물시멘트비 45%의 1.63배, 1.80배, 3.90배로 물시멘트비가 증가할수록 부식면적률은 증가한다. 혼합사 60/40, 40/60, 20/80의 경우에 물시멘트비 65%, 75%로 증가할수록 15.63%, 25.52%, 28.13%에 비해 증가하는 경향이 나타난다. 결론적으로 물시멘트비의 증가에 따른 블리딩의 효과, 이로 인한 염소이온이 철근표면부로 농축되는 현상에 기인한 것으로 사료된다.

4. 結論

海砂와 강모래를 혼합한 혼합사의 使用效果에 관한 本 研究에서는 調合條件 및 混合比率를 각각 달리하여 아직 알려지지 않은 콘크리트에서의 施工性を 檢査하고 경화 콘크리트에서 壓縮強度를 비롯한 工學的 特性 檢査 및 促進 試驗에 의한 鐵筋 腐蝕面積率을 檢査한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 海砂에 강모래를 混入한 混合砂를 使用한 콘크리트의 경우, 混合砂의 混入率別 鹽分은 거의 變化를 보이지 않고 있어 混合砂를 使用한 콘크리트의 施工性 및 作業性은 강모래를 使用한 콘크리트와 동일한 水準의 우수한 施工性을 보여주고 있다.

2) 강모래의 混入率 증가에 따라 混合砂의 鹽分含有量은 거의 直線적으로 減少하고 있으며 海砂20%, 강모래80%의 混合砂의 경우에만 鹽分含有量 基準值인 Cl-량 0.3kg/m<sup>3</sup> 이하의 規制値를 만족시켜 주고 있다.

3) 물시멘트비55%를 基準로 壓縮強度를 비롯한 工學的 特性이 물시멘트비65% 및 75%의 低品質 콘크리트보다 크게 改善되는 傾向을 보이고 있어, 混合砂를 使用한 콘크리트의 경우 물시멘트비를 55%이하로 하는 것이 推奨되고 바람직하다.

4) 混合砂의 경우 강모래의 混合比率이 저질수록 그리고 물시멘트비가 작을수록 腐蝕面積率이 작아지는 傾向을 보이고 있다.

5) 동일 混合砂의 경우, 물시멘트비 65% 및 75%로 증가할수록 철근의 부식면적률이 증가하는 반면 물시멘트비 45% 및 55%의 高品質 콘크리트일수록 腐蝕面積率이 적게 나타나 콘크리트工學의 전반적인 技術向上에 의해 海砂를 使用한 콘크리트의 防蝕 對策의 講究가 필요함을 시사하고 있다.

參考文獻

- 1) 서울대학교 工學研究所, "海砂 活用 技術 研究 (I)"
- 2) 大韓住宅公社 : 海外專門家 招請講演會 -海砂 活用 技術 研究, 1991.4.
- 3) 李在龍 : 철근콘크리트에 있어서 鹽分이 鐵筋 腐蝕에 미치는 影響에 관한 研究, 1992. 2. pp25 - 32
- 4) 岸谷孝一外 : 鹽害(I), 技報堂出版, 1987.
- 5) 岸谷孝一外 : 鹽害(II), 技報堂出版, 1991.
- 6) 岸谷 : 鐵筋 콘크리트 構造物에 對하여 鐵筋의 腐蝕 について, 콘크리트-ジャーナル Vol. 12, No. 2, Feb. 1972.
- 7) 岸谷孝一 : "海砂中の鹽分が鐵筋に及ぼす影響と防 せい對策", 콘크리트-ジャーナル Vol. 12, No. 10, 1974.
- 8) J.B. Verbeck : Mechanism of Corrosion of Steel in Concrete, ACI SP 49 - 3, P. 27
- 9) R. Shaion & M. Raphael, "Influence of sea water on corrosion of reinforcement", ACI Journal, June 1959.
- 10) 現場製作所 : 鹽分濃度計 (I-7cL, Manual, 1991.
- 11) 金武漢 : 構造材料 實驗 方法論, 學文社, 1982. PP 194 - 270