

# 骨材의 特性이 콘크리트의 性質 및 配合에 미치는 影響 (I)

趙 炯 槿

〈韓國建設技術研究院·研究員〉

## 目 次

1. 序 論
2. 骨材의 諸特性
3. 骨材가 콘크리트의 性質에 미치는 影響
4. 骨材가 콘크리트의 配合에 미치는 影響
5. 結 論

### 1. 序 論

最近에 접어들면서 高度의 經濟成長과 産業發展에 따른 建設工事의 急增, 大型化 및 高層化 趨勢에 따라 各種 構造物의 主要 構造材로서 콘크리트가 차지하는 비중은 매우 크다.

이러한 콘크리트는 자갈, 모래, 未水和 시멘트 粒子, 시멘트 겔(Gel), 겔 空隙, 毛細管 空隙, 連行空氣泡로 구성된 多質의 構造體로서 일반적으로 시멘트, 骨材(자갈·모래), 물에 의해 만들어지는데, 그 性質 및 素材의 상호관계로 결정된다. 특히 콘크리트의 容積중 약 70~75% 이상을 차지하는 骨材가 콘크리트의 強度, 耐久性 및 經濟性 등에 미치는 影響은 크다.

한편 콘크리트에 영향을 미치는 性質要素중 1次의 要因으로 1918년 美國의 D. A. Abrams의 물-시멘트비(W/C)說로부터, 1970년 대를 전후하여 美國, 英國을 중심으로 세계 각 나라에서 2次的 要因이라 할 수 있는 骨材要素의 諸性質을 연구하기에 이르렀다.

그리고 1978년도 建設部의 “골재 포장량 조사보고서”에 의하면, 우리나라에 매장되어 있는 총 天然骨材量은 16억 6천만톤으로 向後의 産業發展 및 人口增加 등을 감안한 消費年限算出에서 자갈은 12년, 모래는 30년 정도이면 고갈될 것으로 推算되어 있다.

이에 本橋에서는 骨材의 強度, 粒形, 粒度 등의 特性이 콘크리트에 미치는 影響에 대해 記述하여 天然資源의 有限性에 따른 枯渴對策 및 自然環境의 保存對策의 일환인 人工骨材 및 再生骨材의 開發研究에 한 參考資料로 제공하고자 한다.

### 2. 骨材의 諸特性

建設工事에서 콘크리트용 骨材라 함은 자갈(굵은 골재), 모래(잔 골재), 부순 자갈, 부순 모래, 부순돌 및 기타 이와 유사한 재료를 말한다. 이러한 骨材가 지니고 있는 性質要素는 다음과 같다.

① 固有의 性質: 強度, 比重, 吸水量, 安定性, 磨耗率, 熱的 性質, 彈性係數, 프와송비(Poisson's Ratio)

② 改善할 수 있는 性質: 굵은 骨材의 最大치수, 粒形, 表面組織, 粒度, 粒度에 따른 實積率 및 單位 容積重量, 有機不純物, 점토덩어리 함유량, 鹽分含有量

③變動하는 性質：粒度，表面水量，含水狀態  
여기서 ①은 인위적으로 개선할 수 없는 骨材 自体의 石質이고, ②와 ③은 파쇄, 체가름 분석, 저장, 운반 등에 각기 좌우된다.

上記한 骨材의 代表的인 特性에 대해 살펴보기로 한다.

## 2.1 强 度(Strength)

콘크리트容積의 대략 70% 이상을 차지하고 있는 骨材와 30% 정도를 차지하고 있는 시멘트 페이스트는 콘크리트의 强度 특히 壓縮强度에 많은 영향을 미치는데, 이들 壓縮强度의 決定要素중 특히 콘크리트의 대부분을 차지하고 있는 骨材의 强度에 따른 영향은 매우 크다.

콘크리트가 파괴할 때의 그 内部 構造를 살펴보면 다음 3가지 경우이다.

① 骨材의 破壞：骨材의 시멘트 페이스트보다 약할 경우

② 骨材와 시멘트 페이스트의 境界面 破壞：骨材가 시멘트 페이스트보다 단단할 경우

③ 시멘트 페이스트의 破壞：骨材가 시멘트 페이스트보다 단단할 경우

天然骨材중 死石이라 불리는 암갈색의 軟質 砂岩, 凝灰岩, 火山岩, 粘板岩 등은 시멘트 페이스트의 强度보다 대체적으로 약하며, 만약 이들을 콘크리트용 骨材로 사용할 경우 上記 ①과 같은 破壞가 이루어진다.

그러므로 콘크리트용 骨材로는 일반적으로 시멘트 페이스트의 壓縮强度보다 2~3배정도 큰 1,000 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 것인 규사질 암석의 石英斑岩, 石英質 花崗岩 등의 단단한 石質이 많이 포함된 骨材가 적합하다. 이 경우의 콘크리트의 破壞發生은 上記 ② 또는 ③의 경우인데 이들 중 前者가 일반적인 破壞이다. 이는 骨材의 境界面에 있어서의 균열 발생과 그 진전에 의한 破壞라고 할 수 있다.

따라서 콘크리트를 骨材와 시멘트 페이스트로 구성된 多孔質의 二相物質(Two Phase Ma-

terial)이라 할 수 있으며, 이때 굵은 골재인 자갈은 모르터속에 매립된 상태이고, 모르터는 잔 골재인 모래입자가 시멘트 페이스트중에 분산된 상태로 다음의 그림 1, 2, 3, 과 같다.

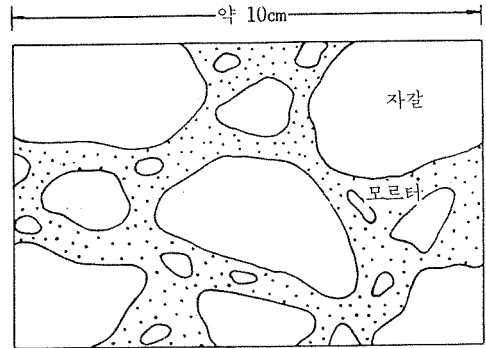


그림 1. 콘크리트의 구조모델

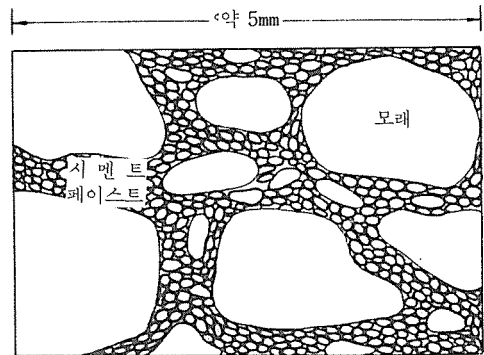
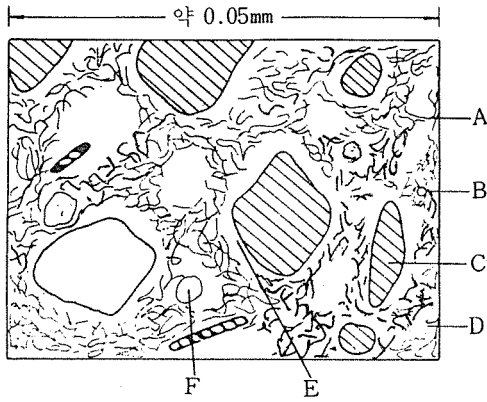


그림 2. 모르터의 구조모델

그리고 콘크리트의 壓縮强度는 骨材와 시멘트 페이스트의 附着强度를 좌우하는 接着機構 즉 다음과 같은 機械的 結合, 化學的 結合, 반데르발스힘에 의한 結合으로 결정된다.

① 機械的 結合：接着二相의 表面이 서로 접촉되어 結合하는 것.

● 例：콘크리트용 骨材로 自然石(강자갈) 대신 骨材의 表面組織에 요철이 많은 부순 돌을 사용할 경우, 콘크리트의 壓縮强度는 물론 휨



A : 毛細管空隙(毛細管水) B : 凝膠粒(凝水)  
 C : 水和水泥粒子 D : 水泥凝膠(非蒸發性水分)  
 E : 轉移帶(過飽和溶液) F : Ca(OH)<sub>2</sub> 등의 大結晶

그림 3. 시멘트 페이스트의 구조모델

強度 및 引張強度 모두 증가한다. R. John과 M. F. Kalpan의 研究報告書에 의하면 화장암이나 석회암의 자갈로서 表面이 평활한 것보다는 거친 경우가 引張強度 및 引張強度 모두가 30% 정도 증가되는 것으로 나타난다. 또한 K. M. Alexander에 의하면 시멘트와 骨材岩石과의 引張附着強度는 연마된 면이 있는 것의 強度는 파쇄한 면이 있는 것의 強度는 면이 있는 것보다 1/3 정도 저하되는 것으로 나타난다.

② 化學的 結合 : 시멘트 페이스트중에 容解한 物質이 骨材의 表面과 化學的으로 반응해서 結合하는 것.

● 例 : 대부분의 天然骨材는 化學的으로 不活性이지만 콘크리트용 骨材로 海砂를 사용할 경우에 알칼리 골재반응이 나타난다.

③ 반데르발스힘에 의한 結合 : 分子의 分極이나 原子의 分極의 電氣的 引力에 의해 結合하는 것.

● 例 : 시멘트 페이스트중 시멘트 겔의 含有容積率이 클수록 즉 그 濃度가 진할수록 시멘트 겔의 膨大한 比表面積의 接着力으로 骨材와 시멘트의 附着強度는 커진다. 骨材와 시멘트 페이스트와의 附着은 거의 이 結合에 의해서이며,

이에 관한 대표적인 콘크리트 強度理論으로는 D. A. Abrams의 물-시멘트比說, I. Lyse의 물-시멘트比說, A. N. Talbot의 시멘트-空隙比說등이 있다.

전술한 바와 같은 3가지 結合으로 된 骨材의 境界面에 대한 附着破壞의 發生要因으로는 다음과 같은 것이 있다.

● 外力에 의해 콘크리트 内部에 剪斷應力 및 引張應力の 發生(그림 4 참조)

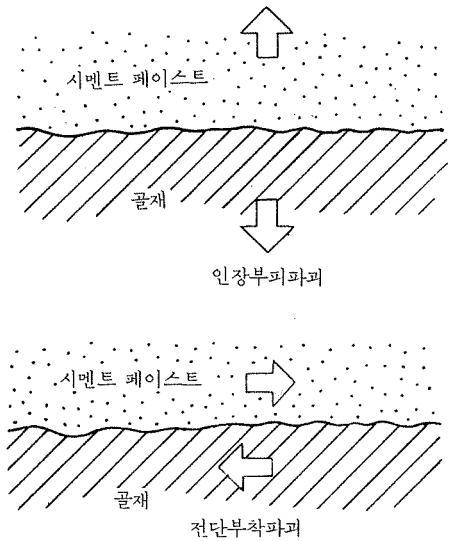


그림 4. 골재 境界面의 부착파괴

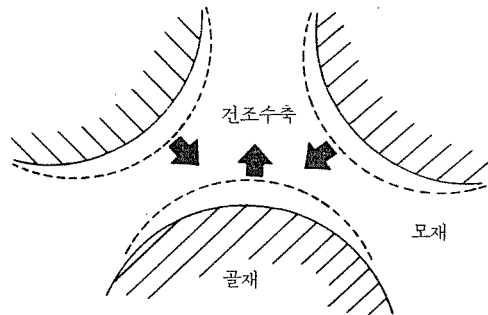


그림 5. 모재의 건조수축과 골재 境界面

- 母材인 모르타의 乾燥收縮(그림 5. 참조)
- 骨材와 母材와의 彈性係數 및 프와송比의 차이
- 骨材의 粒度 및 粒徑
- 시멘트의 水和作用으로 인한 시멘트 페이스트와 콘크리트와의 블리이딩비

## 2.2 比重(Specific Gravity)

骨材의 比重은 表面乾燥飽和狀態의 比重을 기준으로 하며, 이는 骨材의 石質의 種類에 따라 각기 다르고 内部空隙의 特性 때문에 粒子의 크

기에 따라 변한다.

骨材의 石質이 硬質岩일수록 比重이 크고 空隙率 및 吸水率이 작으며 組織이 밀실하여 凍結融解, 風化 등에 영향을 적게 받는 것은 물론 強度와 耐久性이 높다.

따라서 콘크리트용 骨材로 比重이 2.50 以下인 것은 사용하지 않도록 하고, 2.50 以上일지라도 吸水率이 큰 경우에는 콘크리트배합시 물-시멘트비를 조절한다.

한편 우리나라의 天然骨材調査에 의한 品質試驗에 따르면 전국 10개소에서 채취한 잔골재

표 1. 국내 주요 10개도시의 천연골재 품질시험 분석표

구분	기호	지역	산지	지질상황	비중	흡수율 (%)	손실율 (%)	마모율 (%)	단위용적중량 (kg/ℓ)	실적률 (%)	공극률 (%)	미세입자율 (%)	염분함유율 (%)
잔골재	S <sub>1</sub>	한강	천호동	석영조암, 화강암	2.61	0.90	7.43		1.53	58.32	41.68	1.50	-
	S <sub>2</sub>	중랑천	중랑교	화강암	2.53	1.02	7.81		1.52	59.29	40.71	2.02	-
	S <sub>3</sub>	낙동강	대구	화강암, 사암	2.55	1.76	6.88		1.54	59.38	40.62	4.51	-
	S <sub>4</sub>	낙동강	부산	화강암, 섬록암	2.49	1.99	11.25		1.56	60.94	39.06	5.11	-
	S <sub>5</sub>	금강	대전	화강암, 사암	2.59	1.30	6.67		1.60	60.64	39.36	2.15	-
	S <sub>6</sub>	영산강	광주	석영조암, 화강암	2.52	1.78	7.20		1.61	63.13	36.87	3.85	-
	S <sub>7</sub>	동해안	주문진	석영조암, 사암	2.60	1.13	8.78		1.66	63.24	36.76	4.13	0.0004
	S <sub>8</sub>	동해안	강릉	화강암, 석회암	2.52	1.16	8.37		1.54	60.27	39.73	3.02	0.0005
	S <sub>9</sub>	서해안	인천	화강암	2.55	1.20	10.88		1.51	58.56	41.44	1.03	0.06
	S <sub>10</sub>	동해안	포항	석영, 사암, 석회암	2.47	1.84	6.16		1.50	59.84	40.16	3.83	0.008
		평균			2.543	1.408	8.143		1.557	60.361	39.639	3.115	
굵은골재	g <sub>1</sub>	한강	천호동	석영조암, 화강암	2.63	1.20	2.16	20.36	1.73	65.81	34.19		
	g <sub>2</sub>	한강	영등포	석영조암, 화강암	2.57	1.32	2.23	23.22	1.77	70.39	29.61		
	g <sub>3</sub>	낙동강	대구	화강암, 사암	2.62	1.83	2.44	22.40	1.62	61.67	38.33		
	g <sub>4</sub>	낙동강	부산	화강암, 섬록암	2.65	1.40	2.66	20.67	1.63	61.66	38.34		
	g <sub>5</sub>	금강	대전	화강암, 사암	2.68	1.52	2.14	20.79	1.71	62.56	37.44		
	g <sub>6</sub>	영산강	광주	석영조암, 화강암	2.56	2.08	2.56	23.09	1.55	60.62	39.38		
	g <sub>7</sub>	동해안	주문진	석영조암, 사암	2.67	1.61	2.94	22.44	1.69	63.55	36.45		
	g <sub>8</sub>	동해안	강릉	석영조암, 섬록암	2.58	2.03	2.69	45.82	1.79	68.95	31.05		
	g <sub>9</sub>	동해안	포항	석영조암, 사암	2.59	1.60	2.43	28.94	1.70	66.96	33.04		
	g <sub>10</sub>	남해안	제주	현무암, 용암	2.60	2.28	1.50	53.46	1.69	65.13	34.87		
		평균			2.615	1.687	2.375	28.119	1.688	64.730	35.270		

註: 표 1은 洪鶴義 “國產 天然骨材의 分布調査 및 品質試驗에 關하여”(1969. 9. 大韓建築學會誌 Vol. 13, No.33)에서 발췌·정리한 것임.

와 굵은 골재의 평균 比重은 각기 2.543, 2.615 이다. (표 1. 참조)

### 2.3 吸水率(Adsorption)

骨材의 吸水率은 骨材의 石質, 粒徑 및 内部의 空隙 그리고 表面組織에 따른 表面水量과 内部에 含有한 水量의 영향을 많이 받는다. 이는 물-시멘트비 및 이에 따른 시멘트 페이스트의 濃도와 밀접한 관계가 있으며, 콘크리트의 強度 및 耐久性에도 많은 영향을 미치게 된다.

예를 들면, 骨材의 表面水量의 변동 범위가 0.1% 以下일 경우에는 별 지장이 없어 무시해도 좋으나 0.5% 以上이 되면 슬럼프값이 2~5 cm 정도 변동되어 콘크리트의 強度는 5~10% 정도 변동된다. 또한 骨材의 品質이 일정하고 所要 시멘트량이 동일한 상태에서의 물-시멘트비의 1% 증가는 콘크리트의 強度를 약 3% 저하시킨다. 그러나 물-시멘트비가 너무 낮으면 콘크리트의 균열 발생의 원인이 되기도 한다.

(그림 6. 참조)

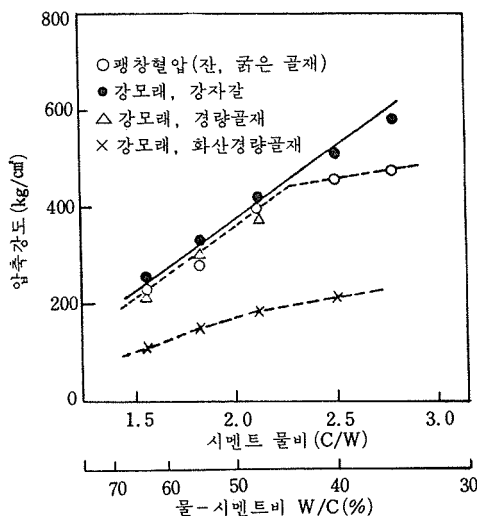


그림 6. 콘크리트 압축강도와 물-시멘트비의 관계

따라서 骨材의 吸水率의 변화로 콘크리트의 워커빌리티가 저하되는 것을 막기 위해 적절한

混和材料를 사용하거나, 콘크리트의 비비기 및 운반시에 흡수되는 量을 고려하여 일정한 컨시스턴시를 유지할 수 있도록 骨材使用전에 프리웨팅 (Prewetting)이 요구된다.

한편 骨材의 吸水率은 일반적으로 石質에 따라 견실하고 밀실한 硬岩質은 1.2% 以下이고 有孔質의 軟岩質인 不良骨材는 2.0% 以上이다. 그리고 국내 주요 10개 도시에서 채취한 骨材의 吸水率은 표 1. 과 같다.

### 2.4 粒形(Shape of Aggregate Particles) 및 表面組織 (Surface Texture)

骨材의 粒形 및 表面組織은 골재의 空隙率과 實積率, 콘크리트의 워커빌리티, 물-시멘트비, 強度, 耐久性 및 經濟性 등과 그리고 混和材料의 사용을 결정한다. 즉 骨材의 粒形이 편평하거나 가늘고 길거나 모난 銳角이 많은 것을 콘크리트용 骨材로 사용하는 경우 이는 부스러지기 쉽고 不安定하며, 콘크리트속의 内部磨擦을 증대시켜 워커빌리티를 나쁘게 하고, 空隙率이 커서 多量의 시멘트 페이스트, 물, 잔 골재(모래)가 요구되는 물론 콘크리트가 硬化된 이후에 곰보가 생기기 쉽다.

따라서 콘크리트용 골재로는 球形에 가까운 形狀으로 그 表面이 평활한 것보다는 거친 것이 좋다. 이것은 骨材와 시멘트 페이스트의 접촉과 이에 따른 슬럼프값 모두가 양호하게 되기 때문이다. 부순 자갈과 부순 돌로 球形의 天然骨材를 사용한 것과 동일한 슬럼프의 콘크리트를 얻기 위해서는 後者에 비해 2~3% 정도의 사용량을 증가시켜야 한다. 이때 使用水量은 콘크리트 1 m³ 당 부순 자갈의 경우 6~9kg, 부순 돌의 경우 9~15kg 정도 증가하게 된다. 이에 따라 시멘트 페이스트의 量도 증가되며, 配合시 AB劑, 分散劑 등의 混和材料를 반드시 사용하여야 한다. 그러나 이 경우에는 요구하는 粒度的 骨材를 용이하게 얻을 수 있는 利點이 있다.

## 2.5 單位 容積重量(Unit Weight)

骨材의 單位 容積重量이란 1M<sup>3</sup>의 骨材의 重量을 말하며, 이는 骨材의 比重, 粒形, 粒度, 含水率, 그리고 計量容器的 形態, 크기 및 計量方法에 따라 크게 달라진다. 예를 들면, 骨材의 粒度가 均등하지 못하고 粒形이 좋지 않고 含水率이 높을수록 骨材의 實積率이 나빠지게 되기 때문에 單位 容積重量이 감소하게 된다. 이에 따라 콘크리트의 乾燥收縮 및 水和熱이 증가되어 所要 콘크리트의 強度를 얻는데 비경제적이 되며, 또한 콘크리트의 水密性, 耐久性 및 曆耗性이 감소하게 된다. (그림 7. 참조)

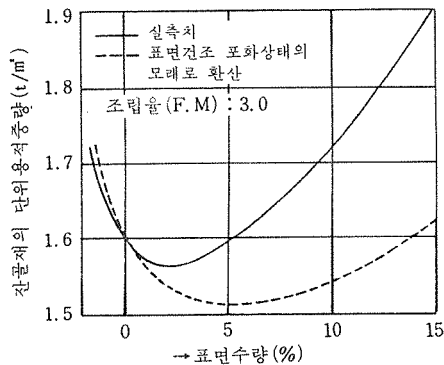


그림 7. 잔골재의 표면수량과 단위용적 중량과의 관계

한편 국내 주요 10개도시에서 채취한 잔 골재와 굵은 골재의 單位 容積重量은 각기 1.557 kg / ℓ, 1.688kg/ℓ 이다. (표 1. 참조)

## 2.6 粒度(Grading)

骨材의 粒度란 骨材粒子크기의 分布狀態를 나타내는 것으로, 骨材의 單位容積重量, 實積率, 粗粒率, 물-시멘트비, 配合比와 關係되며, 이에 따라 콘크리트의 強度, 耐久性 및 經濟性에 큰 영향을 미친다.

만약 골재의 잔 입자와 굵은 粒子가 적당히 혼합되어 있지 않은 경우에는 粒度가 나쁘게 되

어 材料分離現象이 발생하고, 슬럼프값이 저하되며, 콘크리트의 워커빌리티가 나쁘게 되며, 空隙率이 커져 混和材料의 사용이 요구되며, 單位 시멘트量 및 單位 水量이 증가되고, 乾燥收縮率이 커진다.

그리고 콘크리트속의 骨材量은 시멘트 페이스트와 더불어 콘크리트의 워커빌리티를 좌우하게 되는데, 骨材量을 일정하게 사용할 경우 시멘트 페이스트가 적으면 물-시멘트비가 작게 되어 콘크리트의 반죽이 되게 된다. 이와 관련하여 시멘트 페이스트의 濃度를 진하게 할수록 콘크리트속의 시멘트 젤의 占有容積率이 커지므로 콘크리트의 強度가 증가하나, 시멘트 페이스트를 일정하게 사용할 경우 콘크리트의 워커빌리티, 물-시멘트비 등에 영향을 주어 耐久性은 저하된다. 또한 물-시멘트비를 일정하게 할 경우 시멘트 사용량에 차이가 생겨 經濟的으로 손실을 준다.

한편 잔 골재의 粒度 및 그 使用量은 單位 시멘트量과 콘크리트의 마무리정도(Finishability)에 영향을 미친다. (그림 8. 참조) 잔 골재의 粗粒率은 콘크리트의 強度低下에 커다란 영향을 끼치지 않는지만, 잔 골재율의 35~40%에서 最大 單位重量 즉 最小 空隙을 갖게 되는데 이 空隙은 시멘트 페이스트로 충전시켜야 할 공간이므로 最小 시멘트量을 요구하게 되어 經濟的 利點을 가져오게 하나 強度低下를 염두에 두어야 한다.

그리고 굵은 골재를 많이 사용하거나 잔 골재에 대한 굵은 골재의 양을 높이면 콘크리트의 워커빌리티가 좋아지고 粘性은 나쁘게 되는데 이 경우 混和材料를 사용하여 材料分離를 감소시키고 粘性을 양호하게 한다. 이때 사용하는 混和材料로는 1)粘性을 높이는 것(粉末度가 높은 微細物質) 2)시멘트의 粒子内部의 水和作用을 지연시키는 것(Flokulation 量을 적게 하는 약품) 3) 미세한 氣泡를 만들어 骨材表面의 潤滑作用을 일으키게 하는 것(AE제) 등으로 한다. (표 2. 참조)

표 2. 표면활성제의 주요효과

表面活性劑 種類 主要 効果		A E 劑	減 水 劑			A E 減 水 劑		
			標準形	遲延形	促進形	標準形	遲延形	促進形
굳지않는 콘크리트	單位 水 量 減 少	○	△	△	△	◎	◎	◎
	單位 시 멘 트 量 減 少	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	空 氣 連 行 性	◎	-	-	-	◎	◎	◎
	워 커 빌 리 티 改 良	◎	○	○	○	◎	◎	◎
	블 리 이 닝 減 少	◎	△	△	△	◎	◎	◎
	콘 크 리 트 凝 結 遲 延	-	-	◎	×	◎	◎	×
	콘 크 리 트 凝 結 促 進	-	-	×	○	-	×	○
	Pumpability 改 良	○	◎	◎	◎	-	○	○
	Finishability 改 良	○	○	○	○	○	○	○
슬 럼 프 低 下 防 止	-	○	◎	-	○	◎	-	
굳은 콘크리트	初 期 强 度 增 大	-	○	-	◎	○	-	◎
	水 和 熱 低 減	-	○	◎	×	○	◎	×
	水 密 性 增 大	○	○	○	○	◎	◎	◎
	中 性 化 의 抵 抗 性 增 大	○	○	○	○	◎	◎	◎
	凍 結 融 解 作 用 의 抵 抗 性 增 大	◎	-	-	-	◎	◎	◎
	化 學 的 浸 食 作 用 의 抵 抗 性 增 大	○	○	○	○	◎	◎	◎
	磨 耗 作 用 의 抵 抗 性 增 大	-	○	○	○	○	○	○

註: ◎: 효과가 큼, ○: 효과가 있음, △: 間接的 効果, ×: 使用不可, -: 關係없음.

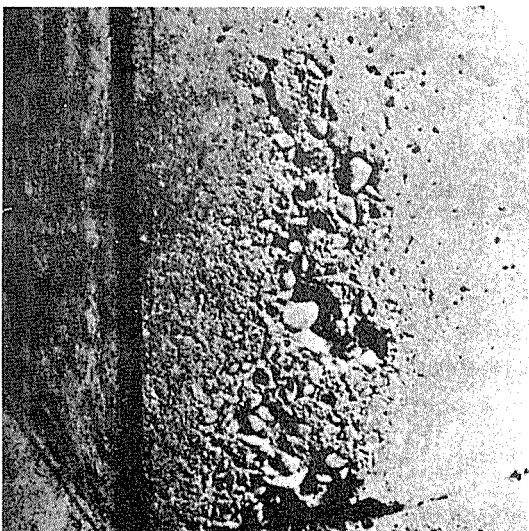


그림 8. 콘크리트의 空洞現象(Cavitation)

### 2.7 굵은 골재의 最大치수(Maximum Size of Coarse Aggregate)

굵은 골재의 최대 치수는 重量으로 90%以上을 통과시키는 체중에서 최대치수의 체눈을 통칭치수로 나타낸 굵은 골재의 치수를 의미한다. 이것은 콘크리트의 마무리 정도와 슬럼프 값에 관계되며, 그 최대치수가 클수록 所要品質의 콘크리트를 얻기 위한 單位 數量 및 單位 시멘트량이 일반적으로 감소하여 경제적으로나, 壓縮强度가 400kg/cm<sup>2</sup> 정도로 비교적 큰 콘크리트가 요구될 경우에는 오히려 시멘트량이 증대되고 施工面에서 믹싱(Mixing) 및 取扱이 곤란해지며 재료분리가 생기기 쉽다.

또한 Stanton 및 Walker에 의하면 물-시멘트비를 동일하게 할 경우 최대치수가 클수록 강

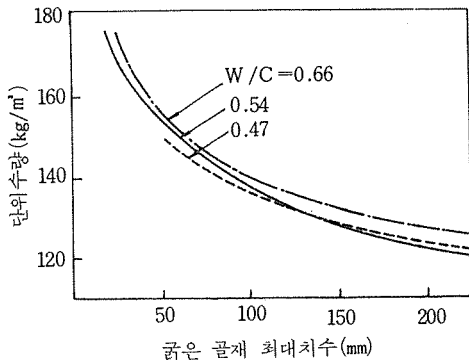


그림 9. 굵은 골재의 최대치수와 단위수량과의 관계

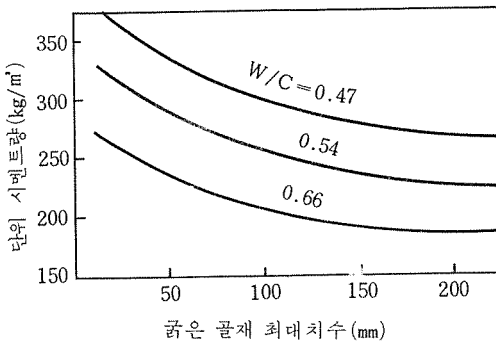


그림 10. 굵은 골재의 최대치수와 단위시멘트량과의 관계

도가 감소되고, 단위 시멘트량을 동일하게 할 경우 단위 수량은 감소하지만 강도는 증가하지 않고 오히려 감소되는 경향이 있다고 한다.

## 2.8 安定性(Soundness)

骨材의 安定性은 크게 物理的 安定性和 化學的 安定性으로 대별할 수 있다.

物理的으로 安定하다 함은 風化作用에 의해 붕괴 또는 분해되지 않는 경우이며, 만약 밀실치 않은 軟質의 不良骨材를 사용하면 콘크리트의 強度가 저하됨은 물론 乾濕의 상호작용 및 凍結融解作用의 반복으로 인해 콘크리트 表面의 모르타가 剪斷 破壞되고 動彈性係數가 크게 저

하되는 등 腐蝕이 빠르고, 膨脹龜裂 등이 발생하게 된다.

그리고 化學的으로 安定하다 함은 1)骨材 속의 실리카가 시멘트속의 알칼리성분과 반응하여 콘크리트의 과도한 팽창으로 만족되거나 膨脹龜裂되어 粉末化 및 中性化되는 경향이 매우 적은 것을 의미하는 경우와 2)골재속에 混入된 황화광물이 물과 반응하여 산화되면서 생기는 황산과 골재표면에 부착된 可用性의 황산염이 시멘트와 화합하여 이룬 결정체의 容積膨脹으로 인해 균열 파쇄되지 않는 경우라 할 수 있다. 이러한 骨材의 安定性은 骨材의 粒徑 및 吸水量, 모르타와 굵은 골재와의 膨脹係數의 차이, 물-시멘트비, AE공기량, 氣泡의 組織등에 영향을 받는다.

## 2.9 磨耗(Abrasion)

골재의 마모율은 骨材의 粒形이 모가 나고 가늘고 길며, 편평한 골재 즉 粒度分布를 나쁘게 하는 骨材이거나 軟質의 암석으로 된 골재일수록 높다. 따라서 硬質의 球形粒子가 많은 골재는 그 磨耗率이 대략 20%이며, 軟質의 예각이 많은 骨材는 40% 정도가 된다.

## 2.10 有機不純物(Organic Impurities)

骨材에 포함된 有機不純物(점토덩어리, 실트, 腐蝕土, 운모질 물질, 탄닌산, 후민산등)의 함유량이 증가될수록 시멘트의 석회분과 혼합하여 유기산 석회질이 생기게 되어 시멘트의 水和作用을 저해하고, 시멘트 페이스트가 굵은골재의 표면 또는 鐵筋表面의 附着力을 감소시키거나 건조습윤에 따라서 容積變化를 일으키고 鐵筋이 腐蝕되는 등 콘크리트의 耐久性 및 強度의 低下가 심하다. 또한 이들이 骨材에 많이 포함되어 있으면 콘크리트의 適當한 攪拌을 만들기 위해 물-시멘트비를 증가하여야 하므로 콘크리트의 強度를 저하시키는 결과를 초래한다.



## 2. 11 鹽分(Salt Contamination)

骨材 특히 海砂의 鹽分含有量은 滿潮時의 水邊에서 海砂의 채취장소까지의 거리와 채취장소의 深度에 따라 각기 다르다. 보통 콘크리트에서는 海砂에 포함되는 염화물함유량의 허용한도를 海砂의 絶對乾燥重量에 대하여 NaCl로 환산하여 0.1% 이하로 한다. 허용한도를 만약 초과했을 경우는 海砂를 물로 씻거나 기타 적절한 방법으로 처리하여 허용한도 이하로 되게 하여 사용하되 電蝕의 염려가 있는 鐵筋콘크리트 構造物에서는 특히 허용한도값 이하로 하여 사용한다. 이는 대체적으로 PH가 12 이상의 알칼리성인 콘크리트속에 매립된 鐵筋은 자체 腐蝕의 발생이 매우 어렵지만, (그림 14의 ㉠의 위치) 鹽分이 콘크리트속의 骨材 및 물에 함유되어 있고 또한 鐵筋의 表面 및 組織에 미세한 부분이라도 不均一한 곳이 있으면 局部的인 電池가 형성되어 다음과 같은 電氣化學的 反應을 하기 때문이다. (그림 13. 참조)

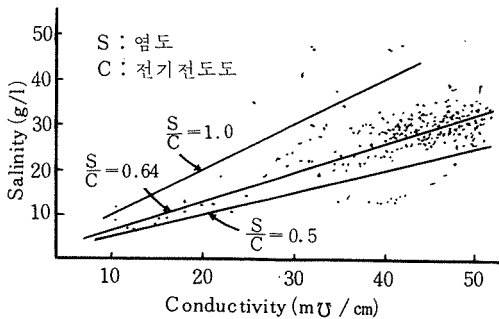
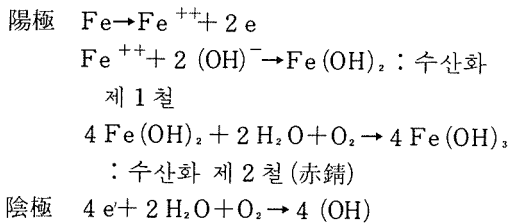


그림 11. 염도와 전기전도도의 관계

上記의 反應에 대한 防蝕方法에 대해서 간략히 살펴보면 다음과 같다.

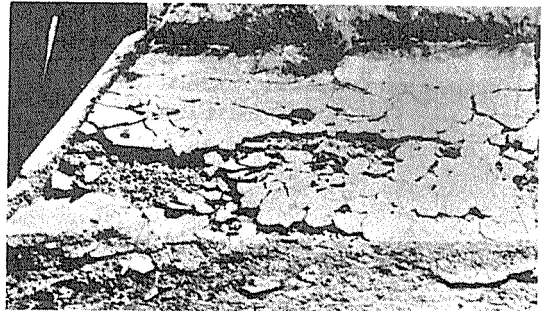


그림 12. 염분함유로 인한 분해(Disintergration)

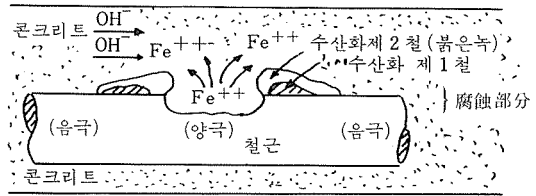


그림 13. 콘크리트중의 鐵筋의 Macro Cell부식의 모형

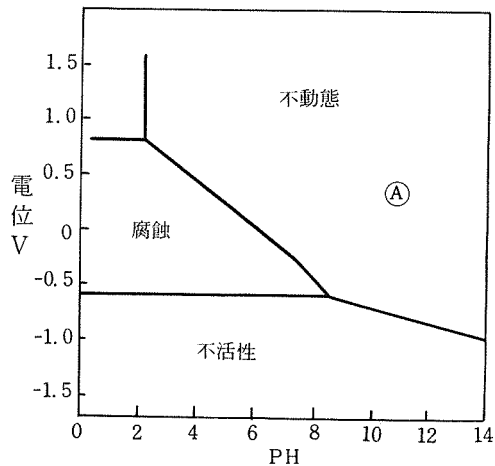


그림 14. 鐵筋의 전위 및 PH

(1) 環境庶斷에 의한 防蝕方法

- ① 鐵筋의 表面에서 환경차단
  - 鐵筋의 亞鉛鍍金 處理
  - 鐵筋의 에폭시樹脂粉体 塗裝
- ② 콘크리트의 表面에서의 환경차단

표 3. 콘크리트층의 철근 방식법의 적용 가능성

환경 조건	콘크리트균열		에폭시수지도료 철근의 이용	아연도금 철근의 이용	전기방식의 이용	콘크리트표층의 Polymer 함浸처리	콘크리트표면의 라이닝처리
溫	대기중	없음	◎	◎		◎	○
		있음	◎	○		○	○
暖	비말대	없음	○		△	○	
		있음	○		△	○	
	해수중	없음	○		◎		
		있음	○		◎		
凍害	대기중					△	
	비말대					△	
高速潮流下	해수중					△	
	해저					△	

◎ : 실용화된 기술, ○ : 거의 실용화단계에 있는 기술, △ : 적용가능성 있음

- 콘크리트 표면의 라이닝 (Lining)

③ 콘크리트의 表層에서의 환경차단

- 콘크리트에 폴리머 (Polymer) 함浸

(2) 電氣化學的인 防蝕方法

① 鐵筋의 電氣防蝕

- 陰極防蝕法 (일반적으로 사용)

- 陽極防蝕法

前述한 防蝕方法을 大氣中, 飛沫영역 및 海水中 영역별로 그 적용가능성을 나타내면 다음 표 3. 과 같다.

## 2. 12 기 타

骨材의 耐火性은 骨材의 含有化合物과 더불어

어 骨材自體의 열팽창, 열분산, 열전도율 등으로 결정되는데, 골재의 열팽창계수는 대략  $0.9 \sim 16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  이고, 열전도율은  $1.26 \text{ Kcal/mh}^{\circ}\text{C}$  이다. 또한 시멘트 페이스트의 열팽창계수는  $11 \sim 16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  이다.

그리고 골재와 시멘트 페이스트 (母材) 와의 彈性係數 및 프와송비의 차이가 클수록 콘크리트의 強度는 저하된다. 만약 이들의 차이가 없이 상호 동일하다면 골재주변에 應力이 집중되지 않는다. 이것은 또한 골재의 粒徑과 그 量에 좌우되며 골재의 粒徑이 클수록 應力이 크게 되어 콘크리트의 強度에 영향을 미치게 된다.

(次号에 계속)