

骨材의 特性이 콘크리트의 性質 및 配合에 미치는 影響(II)

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

(承前)

3. 骨材가 콘크리트의 性質에 미치는 影響

骨材의 強度, 吸水量, 粒形, 粒度, 굵은 골재의 최대치수 등 骨材가 지니고 있는 固有의 性質, 改善할 수 있는 性質 그리고 變動할 수 있는 性質은 지난 호(「레미콘」통권 9호, 86. 9)에 記述한 바와 같으며, 이러한 骨材의 特性이 콘크리트의 耐久性, 強度, 乾燥收縮, 熱的 性質, 單位重量 등 콘크리트의 性能에 미치는 影響에 대해서 각기 살펴보면 다음과 같다.

3.1 耐久性(Durability)

콘크리트의 性質중 가장 중요한 성질은 바로 耐久性으로서, 이것은 콘크리트 部材 및 콘크리트 構造物에서 要求되는 性能 즉 所要 耐力, 安全性, 機能, 品質 등을 소정의 수준이하로 저

하시키는 요인에 저항하는 것을 의미한다.

콘크리트의 耐久性이 저하되는 要因으로는 外氣에 노출되는 外部 環境에 의한 外的 要因과 콘크리트 자체의 内部 缺陷으로 인한 內的 要因으로 구분되며, 또한 外的 要因은 物理的 作用, 機械的 作用, 化學的 作用으로 세분되는데 이들 低下要因을 살펴보면 다음 표 4와 같다.

표 4에서 보는 바와 같이 콘크리트의 耐久性을 低下시키는 여러 要因중 여기서는 骨材에 의한 凍結融解作用과 알칼리-骨材反應에 대해서 記述코자 한다.

3.1.1 凍結融解作用(Resistance to Freezing and Thawing)

콘크리트의 容積중 대략 3/4을 차지하는 骨

표 4. 콘크리트 내구성의 저하요인

구 분	요 인	
외 적 요 인	물리적작용	동결융해작용, 전습의 반복작용, 온도변화등의 기상작용, 열 및 진류의 작용, 파쇄하중, 반복하중
	기계적작용	마모작용, 空洞作用(Cavitation)
	화학적작용	유기산, 무기산, 염류, 해수, 유해가스, 油脂, 액체의 용해작용, 알칼리 골재반응
내 적 요 인	콘크리트의 강도, 흡수성, 함수상태, 공기량, 사 용재료의 품질, 균열, 골재반응, 골재와 시멘트케이스트와의 온도특성의 상위에 의한 용적 변화, 시공상의 결함.	

材속에 吸水性이 높은 骨材의 粒子가 많이 포함되어 있으면 凍害防止用 시멘트 페이스트가 混入되어 있는 콘크리트라 할지라도 凍結 融解作用을 완전히 방지할 수는 없다. (이때 吸水性이 높은 骨材의 粒子라 함은 얼음이 수반된 水分의 膨脹으로 적절하게 빈 공간을 충분히 채울 수 없는 粒子를 의미한다.)

그 이유는 氣象條件의 變動으로 인해 水分이 凍結融解하여 收縮 및 膨脹이 반복되므로써 콘크리트의 容積이 증가하며 이에 따라 그 内部에 應力이 발생하게 되는데, 콘크리트의 膨脹係數로는 이러한 膨脹應力을 발휘할 수 없게 되어 균열, 붕괴, pop-out 現狀, D-Cracking이 나타나기 때문이다. 이와 같은 損傷은 外部로 노출되어 있는 콘크리트일수록 더욱 현저하게 나타난다.

한편 pop-out 現狀이란 内部 應力으로 인해 콘크리트 표면의 일부가 균열·과피되는 것으로, 水分 含有量과 凍結融解作用의 반복횟수에 따라 좌우되고, 특히 점토가 섞인 석회암, 혈암 등 비교적 比重이 작은 骨材를 사용하는 경우에 발생되기도 하며 알칼리-실리카 骨材反應에 의해서도 발생되기도 한다. 그리고 D-Cracking이란 서리, 얼음 및 水分이 있는 地面에 접한 슬래브의 隅角部로서, 부근, 균열조인트부근 등에서 발생하는 균열로서, 安全性이 없는 骨材를 사용하거나, 석회암, 백운석, 혈암, 사암 등의 퇴적암 또는 수성암의 石質로 된 骨材를 사용하는 경우에 발생된다. pop-out 現狀을 야기시키는 骨材의 粒子가 많을 경우에는 D-Cracking의 발생이 예측되지만, D-Cracking을 발생시키는 粒子는 반드시 Pop-out 現狀을 일으키지는 않는다. 이러한 두가지의 균열원인의 방지 대책으로는 粒徑이 작은 골재를 사용하는 것이 효과적이다.

또한 콘크리트의 凍結融解作用은 骨材의 空隙率, 吸水率 및 引張強度등에 좌우되며, 특히 잔골재보다는 굵은 골재의 여러 要素에 의한 영향향을 많이 받는다.

따라서 初期 被害가 특히 큰 콘크리트의 凍

結融解作用을 防止 또는 損傷을 줄이기 위해서는 使用水量을 최소한으로 줄이는 한편 AE 제 등의 혼화제를 사용하여 内部의 膨脹應力을 흡수시킬 수 있는 所要 空氣量의 증가 및 워커빌리티의 증진 그리고 어느 정도의 初期積算溫度를 유지시키는 적절한 養生方法이 요구된다.

3.1.2 알칼리-骨材 反應 (Alkali-Aggregate Reaction)

알칼리-骨材 反應이란 骨材중에 함유된 실리카등의 有害鹽物과 시멘트의 알칼리成分이 反應하여 水分이 吸水되는등 膨脹作用이 발생됨으로써 콘크리트가 粉末化, 脆弱化, 균열 및 붕괴되는 現狀이 일어나는 것을 의미한다. (그림 15참조)

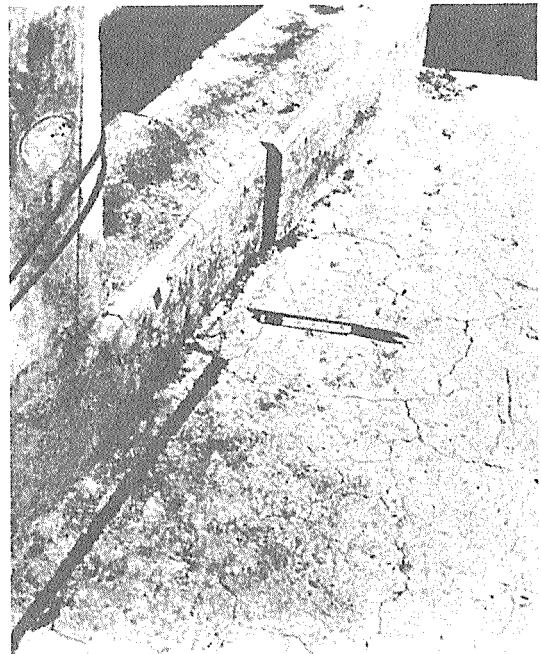


그림 15. 알칼리 골재반응에 의한 균열

이러한 反應은 1940年 美國의 T.E Stanton에 의해 최초 발견된 이후 이에 대한 연구가 주로 미국에서만 진행되어 왔으나, 최근 10년간 美

洲地域, 유럽地域, 中東諸國, 오세아니아洲 및 日本을 비롯한 동남아시아등의 세계 각국에서 이 反應에 의해 뱀, 콘크리트 포장도로, 교량, 각종 건축물등의 콘크리트 구조물이 피해를 입었다는 잇다른 事例報告가 잇자 이 反應에 대한 관심 및 연구가 세계 각국으로 확산되고 잇는 실정이며, 국내에서도 이에 대한 몇몇 논문이 발표된 바 잇다.

이와같은 알칼리-骨材 反應에 대한 배경의 因인을 살펴보면 다음과 같다.

- 에너지節減 및 環境保存을 위한 일환으로 시멘트의 製造法이 變化하여 시멘트내의 알칼리 含有量 증가
- 새로운 콘크리트 기술의 개발로 물-시멘트 比가 낮은 콘크리트의 사용이 늘어 콘크리트내의 空隙溶液의 알칼리이온(Na^+ , K^+)의 濃度가 짚어짐.
- 良質의 骨材資源의 고갈로 使用實積이 증명되지 않은 부순 자갈, 부순 모래등의 骨材 使用.

- 反應性 骨材를 배제키 위한 확실한 試驗方法의 未確立.
- 海砂사용으로 인해 海砂속에 함유된 염화 나트륨이 反應을 助長.
- 일부 混和劑에 反應을 촉진할 可能性이 내포되어 있음

이러한 因인으로 발생되는 알칼리-骨材 反應은 反應機構(Reaction Mechanism)에 따라 알칼리-실리카 反應, 시멘트-骨材 反應(알칼리-실리케이트 反應), 알칼리-炭酸鹽岩 反應의 3가지로 分類된다.

(1) 알칼리-실리카 反應(Alkali-Silica Reaction)

알칼리-骨材 反應중 가장 일반적인 反應으로 시멘트중의 알칼리 이온(Na^+ 및 K^+)이 골재에 포함된 오팔(Opal)과 같은 非結晶質의 실리카 鑛物과 水和作用을 일으켜 규산소다등의 알칼리규산염이 생성됨으로써 이들이 膨脹作用을 일으켜 콘크리트에 균열, 變形, 噴裂(Popout 또는 Popping), 地圖狀 균열(Map or Pattern Crac-

king) 등을 일으키게 한다.

骨材중의 反應性 鑛物 및 反應性 岩石을 나타내면 다음 표 5 및 표 6과 같다.

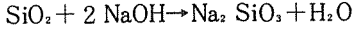
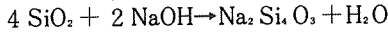
표 5. 反應性 鑛物

Reactive Mineral (反應性 鑛物)	Chemical Composition (化學 組成)	Physical Character (物理的 特徵)
Opal (오팔, 蛋白石)	$SiO_2 \cdot nH_2O$	Amorphous (非結晶質)
Chalcedony (玉髓)	SiO_2	Cryptocrystalline/fibrous (隱微晶質)
Cridymite (鱗珪石)	SiO_2	Crystalline (結晶質)
Crystobalite	SiO_2	Crystalline (結晶質)

표 6. 反應性 岩石

岩石의 種類	Reactive Rocks 反應 岩石名	Reactive Component 反應 成分
Siliceous rocks (硅土質岩)	Opaline Cherts (단백석 차트)	Opal
	Chalcedonic Cherts (玉髓 차트)	Chalcedony
	Siliceous Limestones (鱗珪石 차트)	Chalcedony, Opal
Volcanic rocks (火成岩)	Rhyolites and Rhyolite (流紋岩 및 凝灰岩)	
	Dacites and Dacite Tuffs (石英安山岩 및 凝灰岩)	Volcanic glass, Devitrified glass, Tridymite
	Andesites and Andesite (安山岩 및 凝灰岩)	
Metamorphic rocks(變成岩)	Phyllites (千枚岩)	Hydromica or very fine grained Quartz
기 타	上記 反應性 鑛物을 含有하는 岩石類(例: 砂岩, 頁岩, 花崗岩, 玄武岩은 非反應性이지만, 反應性成分을 含有하면 有害하다.)	

알칼리-실리카 反應 메카니즘을 살펴보면 다음과 같다.



상기의 反應에 의하여 생성된 알칼리 실리카 水和物(Gel)이 水分을 흡수하여 팽창할 때에 생기는 滲透壓에 의해 膨脹壓力이 발생되며 또한 反應性 骨材의 주위에 생기는 反應 림(Reaction Rim)이 반투막작용을 하기 때문에 발생하는 삼투압에 의해 팽창압력이 발생된다. 이러한 알칼리-실리카 겔의 팽창압으로 인한 引張應力에 의해 모르터 또는 콘크리트중의 反應性 骨材粒子的 주위에 균열이 발생된다. 그 이후의 균열 진행은 겔의 粘性 및 剛性에 따라 차이가 있다. 그림 16, 17, 18 참조)

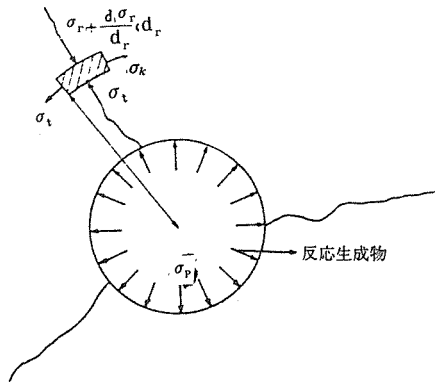


그림 16. 콘크리트내의 겔에 의한 팽창압력과 접선인장응력

알칼리-실리카 反應이 생기기 위해서는

- 1) 콘크리트중에 알칼리가 충분히 존재할 것
- 2) 反應性 骨材가 存在할 것
- 3) 충분한 水分이 存在할 것

등의 3가지 필수조건이 모두 갖추어져야만 발생하는데, 이 反應은 溫度가 높아질수록 촉진되는 반면 시멘트내의 알칼리량이 Na_2O 로 환산하여 0.6%이하이거나 건조한 콘크리트에서는 발생하지 않는다.

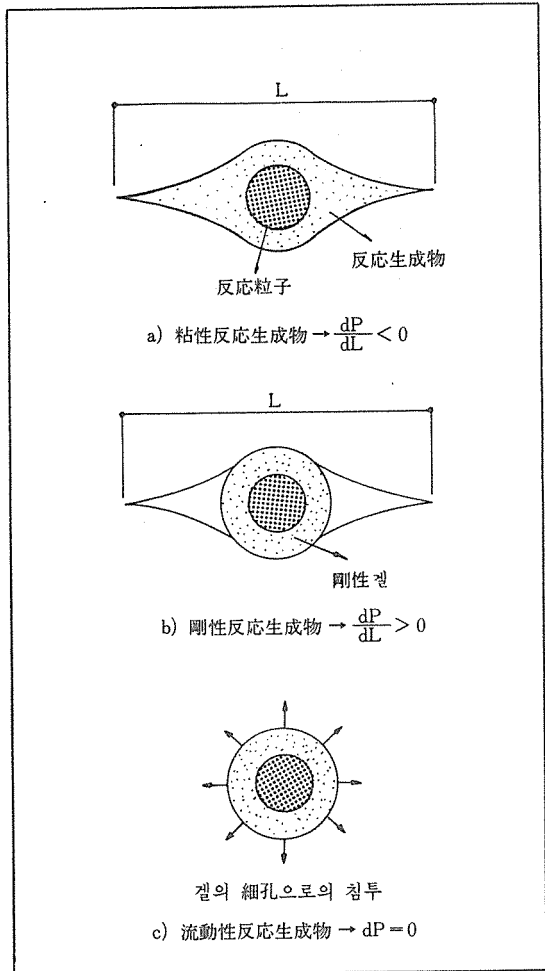


그림 17. 反應生成物の 특성과 균열의 진전

따라서 알칼리-실리카 反應을 억제하기 위해서는 反應性 骨材를 사용하지 않거나(실제적으로는 經濟的 側面에서 볼 때 不利)알칼리량이 0.6%이하인 시멘트를 사용하거나 고로슬래그가 많이 포함된 시멘트를 사용하거나 포졸란, 플라이애쉬등의 혼화재료를 사용하거나 콘크리트가 습윤상태가 되지 않도록 하는 것이 필요하다.(그림 19~22 참조)

한편 이 반응에 영향을 미치는 주요 要素로는 反應性 骨材속에 함유된 雜物 및 岩石의 特性, 含有量, 粒徑, 콘크리트의 配合, 混入量,

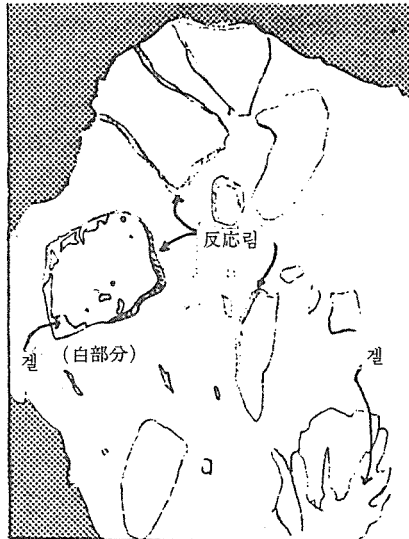


그림 18. 알칼리 골재 반응에 의해 피해를 입은 콘크리트의 단면
(골재 주변에 알칼리 반응에 의한 반응립과 겔)

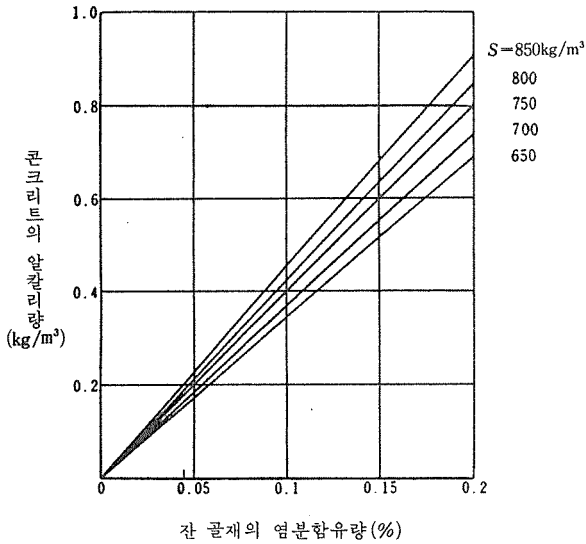


그림 19. 잔 골재중에 함유된 염분에 의한 콘크리트의 알칼리 함유량

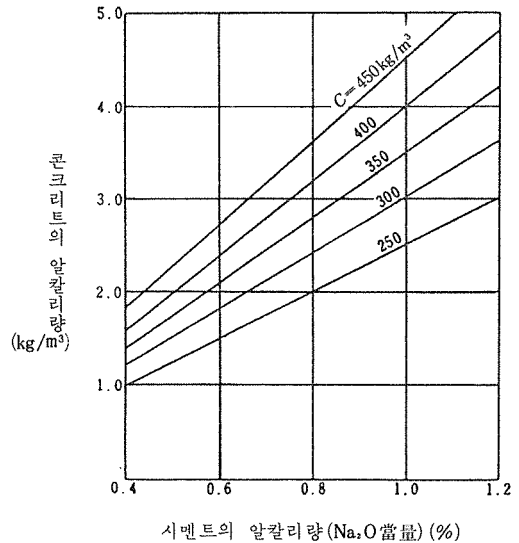


그림 20. 시멘트중에 함유된 알칼리량에 의한 콘크리트의 알칼리함유량

溶解性 알칼리의 量, 使用水量, 濕度 溫度등이며, 이들은 아주 복잡하게 변화하므로 아직 未解決의 문제점이 많이 남아 있다. 특히 有害性

判斷試驗의 경우가 이에 해당된다. 잠재적 손상에 대한 골재의 판단은 골재의 과거 使用實績에 근거를 두고 있으며, 이것은 ASTM C 295의 骨

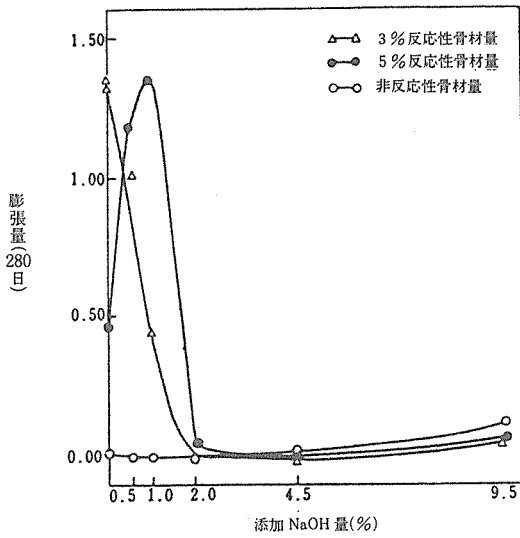


그림 21. 알칼리량과 팽창량과의 관계

材 岩石學的 考察 (Petrographic Examination), A STM C 227의 모르터 法 (Mortar-Bar Expansion of the Aggregate used with Cement) 및 ASTM C 289의 化學法 (Quick Chemical Method) 등으로 알 수 있다.

(2) 시멘트-骨材 反應 (Cement-Aggregate Reaction)

시멘트-骨材 反應은 이름 그대로 콘크리트에 알칼리가 적게 포함된 시멘트를 사용할 경우 발생하는 특수한 알칼리-骨材 反應이다. 이 反應은 天然骨材인 강모래, 강자갈을 사용하는 경우에 나타나며 水分의 移動 및 乾燥로 인한 알칼리-실리카 反應의 一種으로 콘크리트의 局部地域內로 알칼리를 집중시키는 원인이 되어 地圖狀 균열을 발생시킨다.

그리고 모든 骨材는 채취장소에 따라 石質 및 構成要素가 다르고 또한 膨脹係數가 각기 다르지만 加급적 良質의 骨材를 사용하는 것이 바람직하며, 만약 이러한 骨材를 사용하는 경우 시멘트속의 알칼리량의 제한과 適當한 補正 計量이 필요하다. 그러나 補正計量을 항상 할 수 없으므로 포졸란등의 혼화제를 사용하거나 非 反應性 석회암의 굵은 골재로 일부 대체하여 사

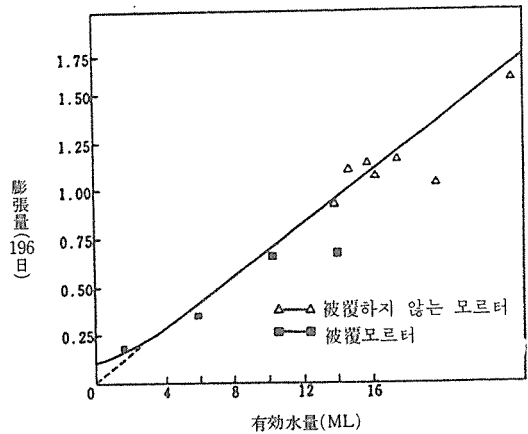


그림 22. 모르터의 수량과 팽창량과의 관계

용하는 것이 좋다.

(3) 알칼리-炭酸鹽岩 反應 (Alkali-Carbonate Rock Reaction)

백운석, 석회암등이 섞인 일부 골재가 이 反應을 하여 炭酸鹽岩이 섞인 골재의 경우 알칼리-骨材 反應은 발생하지만 膨脹하지는 않는다.

그러나 膨脹되는 反應性 炭酸鹽岩의 대부분은 다음과 같은 양상을 띄운다.

- 백운석이라 할지라도 상당량의 方解石이 포함되어 있다.
- 점토 및 실트가 포함되어 있다.
- 아주 미세한 粒子로 되어 있다.
- 점토 또는 실트와 微細粒子의 方解岩 내에 산재된 작은 백운석의 結晶体가 함유된 특수 조직으로 되어 있다.

상기의 양상은 吸水過程에서 실제의 形狀으로 된 후에 흡수되는 水分과 膨脹, 반투막의 滲透壓, 백운석조직들 사이의 特質등에 의해 附着力이 약화되는 점토의 膨脹매카니즘 형태라 볼 수 있다. 이러한 反應을 방지하기 위해서는 膨脹性 岩石을 補正計量하여 사용하고, 유해한 岩石을 제거하거나 그 허용량을 엄격히 제한 결정하고, 低알칼리 시멘트를 사용하는 것이 요구된다.

표 7. 콘크리트의 壓縮 σ_c , 引張 σ_t , 휨 σ_b 強度의 對比

強 度(kg/cm ²)			強 度 比		
σ_c	σ_b	σ_t	σ_c / σ_t	σ_b / σ_t	σ_c / σ_b
100	20.5	10.4	9.6	1.97	4.9
200	32.9	18.5	10.8	1.78	6.1
300	42.6	25.0	12.0	1.70	7.0
400	51.8	31.0	12.9	1.67	7.7
500	60.7	37.0	13.5	1.64	8.2
600	68.4	42.6	14.1	1.60	8.8

3.2 強度 (Strength)

콘크리트의 性質중 두번째로 중요한 性質은 콘크리트의 壓縮強度 및 휨強度라 할 수 있다. (표 7 참조)

이러한 強度는 骨材의 強度, 시멘트 페이스트의 強度 그리고 前述한 바 있는 「2.1 強度」에서 시멘트 페이스트와 骨材와의 附着強度에 영향을 받는다. 이때의 附着強度는 骨材의 表面組織, 石質, 粒徑, 粒形, 粒度, 鹽分 및 有機不純物의 含有量등에 좌우된다. 즉 잔 골재 보다는 굵은 골재, 표면조직이 매끄러운 것보다는 거친 부순 자갈을 사용할 수록 콘크리트의 強度는 증가되며 이는 또한 시멘트 使用量과 使用水量에 관계되는 잔 골재의 粒度, 粒形 및 그 使用量에 의해서도 좌우된다.

3.3 乾燥收縮 (Shrinkage)

콘크리트의 材料중 콘크리트의 乾燥收縮의 주요 要因이 되는 材料는 骨材로서, 乾燥狀態에서 골재에 저항하는 시멘트 페이스트의 乾燥收縮에 의해 콘크리트는 건조수축되며, 이는 콘크리트의 水分含有量에도 크게 좌우된다.

이와 관련되는 骨材의 주요 要素에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

- 骨材의 剛性, 壓縮強度, 彈性係數

- 骨材의 粒度, 粒形, 굵은 골재의 최대치수, 使用率
 - 骨材와 시멘트 페이스트와의 附着強度에 영향을 주는 骨材의 表面組織, 空隙率等
 - 骨材속에 함유된 점토덩어리 및 吸水率
- 한편 Carlson에 제시한 노출되는 콘크리트의 乾燥收縮의 結果를 나타내면 다음 표 8과 같다.

표 8. Drying shrinkage of concrete

Aggregate	Specific gravity	Absorption, percent	One-year shrinkage, 50 percent relative humidity, millionths	One-year shrinkage, percent
Sandstone	2.47	5.0	1160	0.12
Slate	2.75	1.2	680	0.07
Granite	2.67	0.5	470	0.05
Limestone	2.74	0.2	410	0.04
Quartz	2.65	0.3	320	0.03

3.4 熱的 性質 (Thermal Properties)

콘크리트의 熱的 性質은 骨材의 熱膨脹係數, 熱傳導係數 및 熱擴散係數에 영향을 받는다. 熱膨脹係數는 骨材의 石質에 따라 각기 다르지만 容積比에 따른 重量의 平均값으로 대략 비교.

산정할 수 있으며, 특히 石英成分이 많이 함유되어 있을수록 크고, 시멘트 페이스트의 열팽창계수는 석영보다 일반적으로 1.5배 정도이다.

그리고 열전도계수는 콘크리트 단위중량에 따라 각기 다르며, 일반적으로 비중이 클수록 크다. 따라서 콘크리트배합시 비중이 큰 골재를 사용하면 열전도계수는 커진다.

3.5 單位重量(Unit Weight)

콘크리트의 單位重量은 骨材의 比重, AE 含量, 配合比 및 使用水量에 영향을 받는다. 일반적으로 시멘트 페이스트의 比重이 보통골재의 比重보다 작기 때문에 시멘트 페이스트량이 감소할수록 單位重量은 증가한다.

3.6 彈性係數(Modulus of Elasticity)

콘크리트의 彈性係數는 콘크리트에 함유된 骨材率에 따라 각기 다르며, 콘크리트의 壓縮 및 引張時의 應力-變形率 曲線 (Stress-Strain Curve)은 골재의 彈性係數와 線型比例의 관계가 있다.

그리고 시멘트 모르타의 應力이 대략 極限強度의 30%를 초과할 경우에는 應力-變形率 曲線의 曲線部分에 해당된다. 이는 시멘트페이스트의 非線型 舉動과 骨材와 시멘트 페이스트의 境界面에서의 附着應力 破壞 및 미끄러짐의 발생으로 인해서이다.

콘크리트의 彈性係數는 일반적으로 骨材의 彈性係數가 클수록 크며 콘크리트의 容積중 骨材가 차지하는 비율이 클수록 골재의 彈性係數에 접근하게 된다. 그러나 콘크리트의 彈性係數를 정확히 산출하기 위해서는 먼저 實驗的 또는 理論的으로 골재의 彈性係數를 정확히 算出하는 것이 요구된다.

3.7 기 타

콘크리트의 摩擦係數 또는 미끄럼係數(Coefficient of Friction or Slipperiness)는 使用 骨材의 表面組織에 영향을 받으며 특히 잔골재의 표면 조직과 硬度가 가장 큰 要素로 작용한다. 굵은

골재의 경우는 표면에 상당량이 노출되어 있는 경우에만 해당된다.

그리고 골재가 콘크리트의 經濟性에 미치는 영향으로는 콘크리트의 現場치기에 대한 全体費用側面에서 고려하여 볼 때 적은 편이라할 수 있다. 骨材에 대한 비용은 骨材의 有用性, 取扱費用, 運搬距離등에 관계되며, 골재에 대한 直接經費보다는 오히려 骨材의 經濟性 또는 環境的 要素에 영향을 받는다. 즉 콘크리트 配合時 骨材의 石質(耐久性, 淸淨等), 粒形, 粒度, 單位水量, 단위시멘트량, 比重, 強度, 콘크리트의 強度, 워커빌리티, 마감정도 등에 대한 효과를 고려하여야 한다.

한편 콘크리트의 材料性質과 要求 性能과의 關聯을 나타내면 다음 표 9와 같다.

4. 骨材가 콘크리트配合에 미치는 影響

콘크리트의 配合에 영향을 미치는 骨材의 物理的 性質要素로는 骨材의 粒度, 굵은 골재의 최대치수, 粒形, 表面組織, 單位重量, 吸水量, 比重, 점토덩어리의 含有量등이다. 예를 들면 10mm(3/8")체를 통과하는 굵은 골재의 사용량을 제한함으로써 워커빌리티, Pumpability, 표면 마무리 및 이에 따른 진동다지기 作業이 증진되며, No 50체(30.0 μ m)를 통과하는 잔골재의 使用량을 제한할 경우 마감정도(精度) 등에 크게 영향을 미치게 된다.

그리고 有機不純物 및 溶解性 鹽類가 많이 함유되어 있으면 콘크리트의 配合性質중 슬럼프 값이 낮아지고 凝結時間의 지연, 單位水量的 증가, 所要空氣量의 증대가 요구된다.

이와 같이 骨材는 콘크리트의 配合性質을 크게 변화시킨다. 따라서 骨材의 使用實績을 참고하여 콘크리트의 使用材料 및 配合比의 선택으로 骨材의 使用範圍를 넓힘으로써 所定의 品質의 콘크리트를 얻는 것이 바람직하다.

4.1 配合比(Mixture Proportions)

骨材의 粒度 및 粒形은 콘크리트의 經濟性과

표 9. 콘크리트의 材料 性質과 性能關聯

콘크리트의 要求性能	材 料 性 質			
	시멘트	水	混和材料	骨 材
위 커빌리티	○Flow	○不純分	○表面活性作用등	○粒度, 粒形
凝 結 速 度	○凝結時間	○不純分	○凝結作用	○不純物
發 熱 量	○發熱量	△不純分	○早強作用등	△比熱, 比重등
防 凍 性	△硬化速度	△不純分	○ "	△強度등
硬 化 速 度	○硬化速度	○不純分	○ "	○不純物등
強 度 · 剛 性	○水和物 強度, 剛性	○不純分	○ "	○強度, 剛性, 不純物, 粘土 덩어리
單位容積重量	△比 重	×	○空氣連行作用등	○比重, 單位容積重量
化 學 成 分	○化學成分	×	○化學成分	○化學成分
水 密 性	○收縮特性	△不純分	○水密作用	○粒度, 粒形, 吸水量, 微粉分
크 리 프	○크리프特性	×	△早強作用등	○粒形, 剛性
硬 化 乾 燥 收 縮	○化學成分, 粉末度	△不純分	○硬化乾燥收縮作用등	○剛性, 粒形, 微粉分
中 性 化 速 度	○化學成分	×	○表面活性作用등	○氣密性
凍 結 融 解 用 抵 抗 性	○強度등	△不純分	○空氣連行作用등	○吸水性등
耐 磨 耗 性	○種 類	×	○硬化作用등	○耐磨耗性, 微粉分
耐 火 性, 耐 熱 性	○化學組成	×	△耐火作用등	○耐熱性, 熱膨脹率, 伝熱性, 比熱
耐海水性, 耐藥品性	○化學組成	×	○耐藥品作用등	○耐藥品性
經 濟 性	○單 價	△單 價	○單價, 使用量	○單價, 粒形, 實積率

圖註：○：關係가 많음, △：間接的 關係(영향이 적음), ×：關係가 없음

좋은 위커빌리티를 얻는데 커다란 영향을 미치며, 또한 굵은 골재의 최대치수 및 粒徑, 그리고 잔 골재 및 굵은 골재의 粒形과 表面組織은 소정의 슬럼프 또는 위커빌리티를 얻는데 필요한 使用水量에 커다란 영향을 미친다. 예를들면 표면조직이 거칠고 모가 많이 난 잔 골재를 사용하는 경우 使用水量이 증가되며 이에 따른 소정의 물-시멘트비를 얻기 위한 시멘트의 사용량도 증가된다. (그림 23 참조)

그리고 표면조직이 거칠고 모가 많이 난 굵은 골재를 사용하는 경우에도 역시 소정의 위커빌리티를 얻기 위해 使用水量의 증가가 요구되나 일반적으로 잔 골재의 경우보다도 그 영향이 작다. 또한 콘크리트에 편평하고 가늘고 긴 조각

의 骨材를 많이 사용하면 빈 空間 및 벌집모양의 곰보자국이 생기는 한편 콘크리트 펌프가 막히는등 콘크리트 현장치기 作業 및 施工結果가 나쁘게 된다. 이때 빈 空間에 생기는 空洞現象은 骨材의 比重과도 관계된다.

4.2 슬럼프 및 위커빌리티(Slump and Workability)

콘크리트의 強度, 外樣, 水密등은 빈 空間이 생기지 않고 또한 벌집모양의 곰보자국이 생기지 않도록 하는 콘크리트치기 및 다지기에 좌우된다. 따라서철근 주위 및 모서리에 콘크리트가 충분히 채워지도록 하는 거푸집공사, 配筋間隔, 콘크리트치기의 순서 및 다지기의 技術的

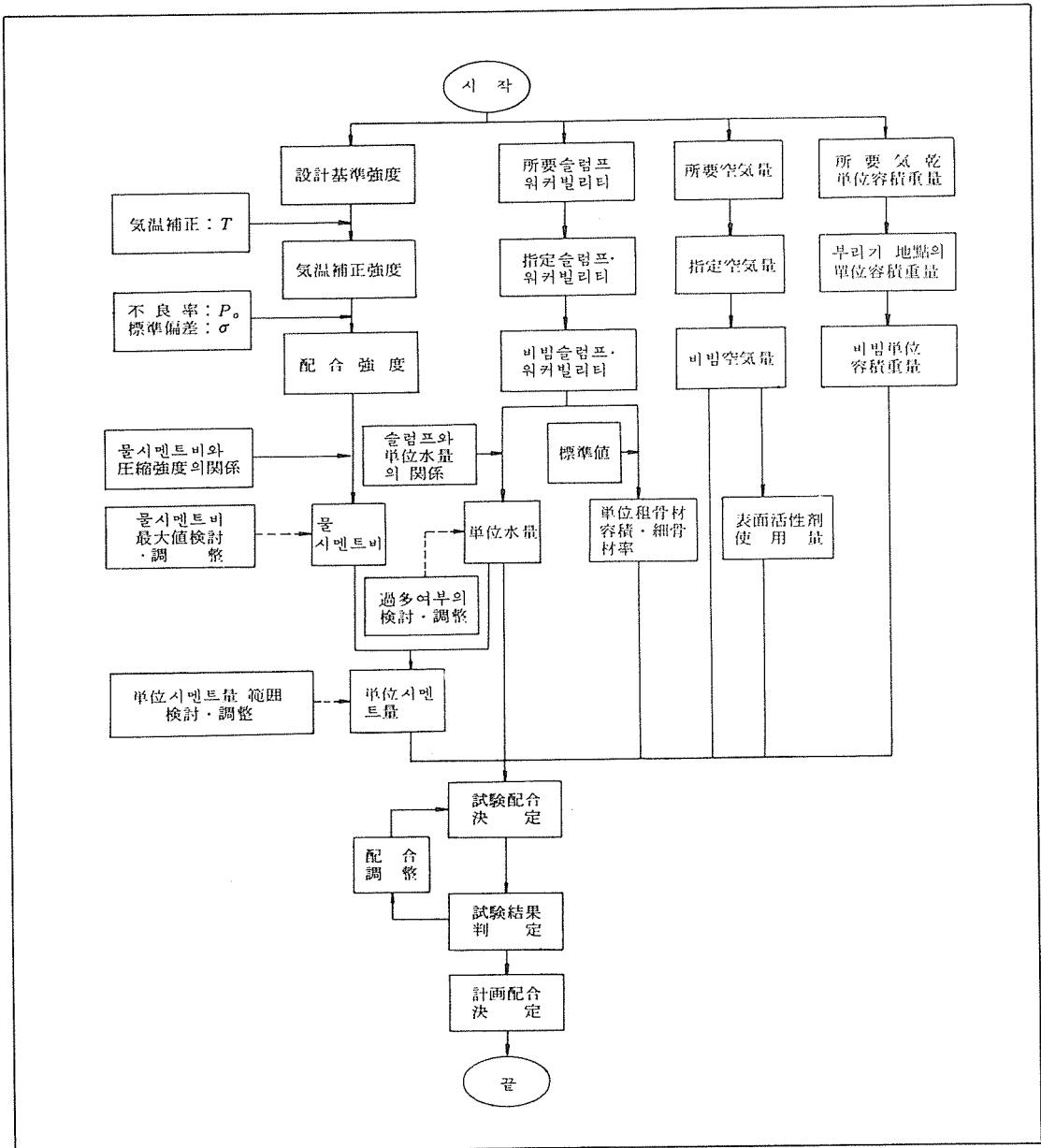


그림 23. 計劃配合의 決定順序

方法이 요구된다.

소정의 위커빌리티를 얻기 위해서는 상기한 施工技術을 포함하여 骨材의 性質중 骨材의 粒形, 粒度 및 使用水量을 변경할 수 있다. 즉 使用水量을 일정하게 하고 골재의 粒度 및 粒形을

변경시키면 콘크리트의 컨시스턴시도 변경된다. 이때의 컨시스턴시의 값을 측정하면 이것이 곧 슬럼프값이 된다. 그러나 이때의 컨시스턴시가 곧바로 위커빌리티를 의미하는 것은 아니다.

그리고 콘크리트의 配合性質의 要素로는 콘

크리트의 附着力, 거칠기, 材料分離, 블리이딩, 다짐의 용이성 및 마감정도(精度)등이 중요한 要素인데, 이들은 전적으로 슬럼프에 의해 좌우되는 것은 아니다.

콘크리트의 특수치기에 필요한 워커빌리티는 構造物의 種類, 運搬裝備 및 콘크리트의 다짐기에 따라 각기 다르다. 예를 들면 슬립폼(Slip Form)을 사용하는 경우 필요한 워커 빌리티는 密實한 R.C기둥 또는 포스트텐션 거더(Post-tension Girder)에서의 콘크리트치기와는 다르다.

또한 소정의 워커빌리티를 얻기 위해서는 콘크리트의 모르타르 부터 굵은 粒子가 分離되고 콘크리트치기를 하는 주변 또는 그 上部에 모르타르의 불량한 粒子가 집중되는 경향이 있다는 것을 고려하여야 한다. 특히 塑性 또는 流動性이 좋은 콘크리트가 요구되는 配合物을 제조해야 되는 경우에는 반드시 이를 고려해야 한다.

콘크리트의 附着性質은 굵은 骨材의 최대치수에 많은 영향을 받으며, 骨材의 粒徑이 일정하다면 配合時 많은 어려움이 뒤따른다. 그리고 粒度가 고르지 못하고 流動性이 많은 配合物에서는 굵은 骨材와 모르타르가 상호 分離되려는 경향이 있는데, 富配合의 콘크리트인 경우에는 잔 골재가 다소 부족하더라도 시멘트의 微細 粒子가 충분히 接着力을 발휘하지만, 貧配合에서는 骨材속에 함유된 점토의 微細分 粒子의 크기에 따라 또한 실트의 함유량이 많을 경우에 발생한다. 특히 잔 골재의 사용이 부족한 경우에는 AE제를 사용하지 않은 경우에도 발생된다. 따라서 AE제, 化學的 混和材料 또는 플라이애쉬 등의 鑛物學的 混和材料를 混入 使用하여 接着力 및 워커빌리티를 증진시키는 것이 필요하다. 그러나 아직 워커빌리티에 대한 정확한 測定方法이 없기 때문에 이들을 정확히 평가하기는 어렵다. 다만 워커빌리티의 개선은 콘크리트치기중 치기순서 또는 치기장비의 변경과 좋은 워커빌리티를 얻기 위한 사전 배합비의 조정으로 가능하다.

한편 骨材의 粒度分布가 좋지 않고 잔 골재의 使用量이 많은 경우에는 콘크리트의 使用水量

의 증가, 슬럼프의 감소, 空氣量의 감소 등의 문제점이 야기된다.

4.3 블리이딩(Bleeding)

콘크리트의 블리이딩은 配合比, 使用材料의 性質, 空氣量 그리고 특히 잔 골재의 粒形 및 粒度등에 많은 영향을 받는다. 이러한 블리이딩은 콘크리트의 마감에 손상을 주어 콘크리트 표면을 약화시킬 뿐만 아니라 콘크리트 펌핑(Pumping)작업에도 많은 지장을 초래하며 또한 塑性의 乾燥收縮균열을 야기시키기도 한다.

4.4 기 타

콘크리트의 표면마무리는 골재의 粒形, 粒度, 블리이딩량, 콘크리트의 配合比등에 좌우되는데, 이를 좋게하기 위해서는 잔 골재 사용량의 증가, 粒度分布가 양호한 혼합모래, 시멘트 사용량의 증가, 포졸란, 화학적 혼화제 및 공기연행제(AE제)의 사용, 배합비의 조정, 잔골재 및 굵은 골재의 粒度調整등이 필요하다. 그리고 이때 표면에 있는 自由水(Free Water)는 드래그(Drag) 또는 진공매트로 제거한다.

콘크리트의 空氣量은 특히 No.200체를 통과하는 骨材의 사용량에 따라 변화된다. 대체적으로 No.200체의 통과율이 큰 골재를 사용할수록 空氣量은 감소되므로 AE제 등을 사용하여 所定 空氣量, 使用水量, 슬럼프등을 조절하되 이때 強度가 低下됨을 염두에 두어야 한다.

그리고 콘크리트의 凝結時間은 骨材의 영향을 별로 크게 받지 않으나, 골재속에 鹽分 및 有機不純物이 함유되어 있을 경우에 그 영향이 많이 받는다.

한편 콘크리트의 주요 品質性能과 配合條件과의 關聯性 및 그 要素와의 관계를 각기 나타낸 것이 다음의 표 10과 그림 24이다.

5. 結 論

콘크리트는 壓縮強度가 크고 耐久性이 높아 各種 構造物의 構造材料로서 널리 사용되고 있

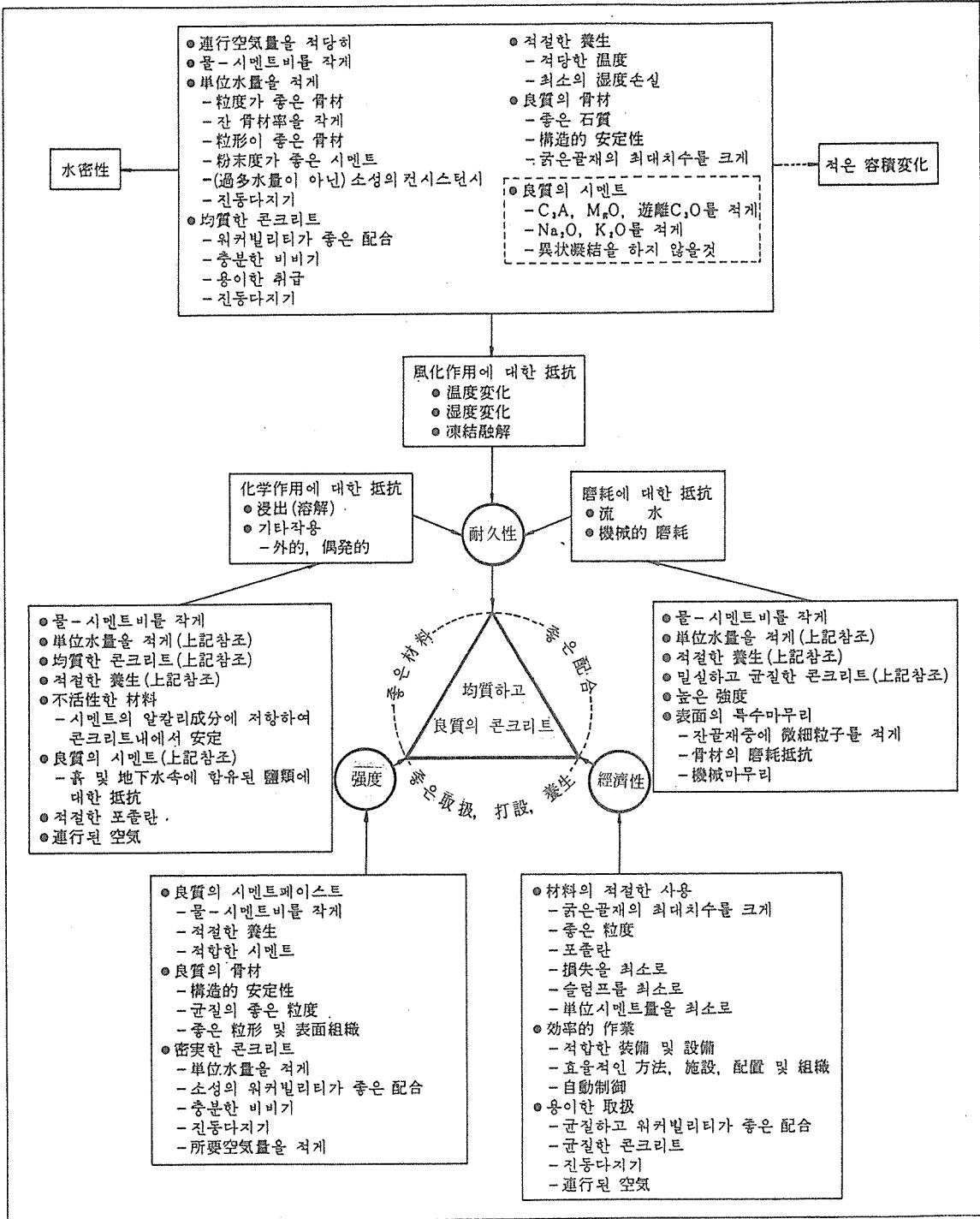


그림 24. 균질하고 양질의 콘크리트를 제조하기 위한 條件 및 要素의 관계

표 10. 콘크리트의 주요品質性能과配合條件의關聯性

콘크리트의 品質性能 配合條件	워커빌리티	전시스틱시	材料分離	凝結速度	硬化速度	免熱量	防凍性	強度	耐(耐凍結融解) 久(久性)	水密性	크리프	乾燥收縮	中性化
굵은골재의 최대치수	○	○	○	×	×	○	×	○	△	○	△	△	△
슬럼프	○	○	○	△	△	×	△	△	△	○	△	△	△
空氣量	○	○	○	×	×	×	×	△	○	○	△	△	○
물-시멘트비	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○
잔골재율	○	○	○	×	×	×	×	△	△	△	△	△	△
單位水量	○	○	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○
單位시멘트量	○	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○
單位잔骨材量	○	○	○	×	×	×	×	△	×	△	△	△	△
單位굵은骨材量	○	○	○	×	×	△	×	△	△	△	○	○	△
混和劑	○	○	○	○	○	○~×	○~×	○	○	○	○~×	○~×	○
混和材	○	△	○	○~×	○~×	○	△	○	○	○	○~×	○~×	○

註: ○:關係가 많음 △:間接的 關係 ×:關係가 없음

으며 또한 그 수요도 점차 증가되고 있는 추세이다.

이는 지금에 이르기까지 콘크리트에 대한 材力學的 側面과 構造的 側面의 많은 문제점을 究明하여 이를 실제 적용한 결과라 볼 수 있다.

그러나 이러한 콘크리트는 그 特性 및 配合에 있어서 使用材料중 骨材의 여러 關聯要素만 고려하여 보더라도 前述한 바와 같이 매우 複合的인 變化要素를 내포하고 있어 현재 이에 대한 完전한 파악이 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 다음과 같은 콘크리트의 要求性能을 만족시키는 均質하고 良質의 콘크리트를 얻기 위해서는 콘크리트의 使用材料(골재, 시멘트, 혼화재료, 보강재료등)의 개발과 더불어 이에 대한 지속적인 研究 및 開發이 절실히 필요하다.

- 균열이 적은 콘크리트
- 중량이 작은 콘크리트
- 凍結融解作用 및 磨耗등에 대한 抵抗性이 큰 콘크리트

- 水和熱이 작은 콘크리트
- 氣象條件의 영향을 덜 받는 콘크리트
- 熱傳導率이 작은 콘크리트
- 水密性이 좋은 콘크리트
- 引張強度가 큰 콘크리트
- 再使用이 가능한 콘크리트
- 大量生産할 수 있는 콘크리트
- 多用性 및 美學的인 콘크리트

上記한 要求性能을 갖춘 콘크리트를 얻기 위해서는 우선 콘크리트에 대한 理論的知識을 체계적으로 확립한 후 最적의 판단을 거쳐 모델시험을 하는 것이 바람직하다 하겠다.

그리고 이에 대한 研究 및 開發을 하는데 있어서는 많은 時間과 費用이 소요되므로 關聯政府機關, 建設業界, 學界, 研究團體 및 레미콘 제조업체등에서 공동 관심을 갖고 長期的인 計劃을 樹立한 후 이에 따른 研究 및 開發을 遂行하여야 할 것으로 생각된다. *