技術論文

高強度콘크리트를 위한 재료선정에 대한 考察

(A review on selection of materials for high-strength concrete)

김 형 태
((주) 대우엔지니어링 기술연구소 과장)

目　次

1. 머리말
2. 재료선정 기준
  2-1 시멘트
  2-2 골재
    2-2-1 굵은 골재
    2-2-2 잔골재
  2-3 배합
  2-4 혼화재료
    2-4-1 화학혼화제
    2-4-2 혼화재
3. 맺음말

1. 머리말

최근 새로운 건설재료로서 부각되기 시작한 高強度콘크리트는 그 개발은 오래전부터 이루어져 왔다. 1930년대 가압 및 진동다짐 방식과 오토클레이브 양생방법등을 이용하여 이미 1000kg/cm^{2}에 이르는 압축강도를 얻은 바 있으며 이를 실용적으로 생산 가능한 기술이 되게 한 것은 1960년대에 들어서면서 였다. 현재에는 실리카흄과 같은 혼화재를 이용하여 재령1일 強度가 1000kg/cm^{2}를 넘어서고 있으며 오토클레이브 양생한 고강도 콘크리트에 폴리머함침을 시켜 2500kg/cm^2 이상의 고강도를 달성하였다고 보고되고 있다. 이러한 고강도콘크리트를 개발하는데 있어서 사용되는 방법을 요약하면 그림1과 같이 요약된다. 본 고에서는 이러한 고강도콘크리트를 개발하기 위해서 제일 먼저 부딪치게 되며 고강도콘크리트개발의 成敗를 좌우하는 가장 중요한 요인인 재료선정 기준에 대해 현재까지 발표된 연구결과를 토대로 검토해 보고자 한다.

- 결합재의 강도개선
  - W/C의 감소
    - 배합의 검토
    - 혼화제의 이용
    - 혼화재의 이용
    - 배합 방법의 개선
    - 다짐의 개선
    - 함침
  - 양생
- 골재의 강도개선
- 골재와 결합재의 부착개선
  - 골재의 보강
  - 활성골재

그림 1. 고강도 콘크리트 개발방법

2. 재료선정기준

콘크리트 배합재료원이 최상의 품질을 갖거나 특수한 재료를 사용하면 고강도 콘크리트의 생산이 가능하지만 본 고에서는 경제성을 감안하여 폴리머, 에폭시등 특수재료의 사용을 하지 않고 다만 기존 배합재료원의 품질 기준치를 설정하여 현장에서 가용한 것들의 적합성을 검토할 수 있도록 하는데 재료선정 Guide line 제시의 목적이 있다. 고강도 콘크리트의 재료선정 Guide를 제시하기 위하여 시멘트, 굵은 골재, 잔골재, 배합수, 혼화재료별로 현재까지의 연구결과를 토대로 품질변화 특성 및 기준치를 검토하고자 한다.

2-1 시멘트

보다 강한 시멘트가 보다 강한 콘크리트를 만든다는 논리는 합리적인 것이라 사료된다. 시멘트 Type을 한가지만 정해도 여러회사의 제품을 사용할 경우에는 시방규정에서 허용하고 있는 분말도가 서로 다를 뿐만 아니라, 재료성분상의 변화 때문에 서로 다른 강도발현 특성을 나타내게 되므로 동일 Brand를 사용하도록 한다. 시멘트 선정시 우선적으로 해야 할 일은 시멘트 공급업자에게서 지난 6~12개월 동안의 Silo Test 결과에 대한 증빙서를 받는 일이다. 이를 통하여 시멘트의 균질성(Uniformity)과 몰탈강도시험으로 나타나는 강도발현능력을 평가할 수 있기 때문이다. 시멘트균질성에 영향을 주는 시멘트특성은 Type, 화학성분, 분말도, 몰탈강도등이 있으며 특히 분말도와 화학성분은 콘크리트 강도증진에 매우 중요한 인자로 평가된다. 분말도는 3500~4000cm^2/g일 때 장기강도 확보 측면에서 유리하며 시멘트에 C_3S성분이 많을 수록 강도확보에 유리하다. 〈표 1〉은 Brick에 의해 수행된 실험결과로서 동일시멘트 종류에서 분말도가 낮을수록 강도가 높게 나타났고, Na_2O, K_2O 등 알칼리량이 적을수록 강도가 높게 나타났다.

통상 시멘트 몰탈강도는 콘크리트 압축강도와 일정한 관계를 유지하는 것으로 알려져 있다. 따라서 일정한 작업성을 갖도록 하고 시멘트의 몰탈강도를 비교하는 것이 고강도 콘크리트 생산시 시멘트 선정을 위한 가장 좋은 기준이 될 수 있다. 일례로 Chicago지역에서의 공사시 고강도 콘크리트를 위해 제시된 시멘트사양은 다음과 같다.

- 시멘트 Type : Type I
- min. Fineness : 4000cm^2/g
- min. 7-day Mortar
  Cube Strength : 290kg/cm^2
- Mortar Air Content : 7 to 10%

부가적으로 ACI 363 위원회에서 제시한 Cement Uniformity 확보를 위한 Cement 화학성분 특성은 다음과 같다.

△ $C_3A \leq 4\%$
△ $SO_3 \leq 0.2\%$
△ Ignition Loss $\leq 0.5\%$
△ Fineness $\leq 375 cm^2/g$

여기서 △는 해당품질의 변화량을 의미한다.

시멘트의 선정과정을 요약하면 다음과 같다.

① Cement Type 선정(Type Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ)
② 몇 개의 Brand 선정
③ Brand별 몰탈강도시험, Job에 혼화제를 사용할 경우 시멘트와의 적합성 검토시험 수행
④ Brand, Type 선정
⑤ Job 수행전 Cement Uniformity 시험수행하여 허용범위내 있는가 검토

2-2 골 재

2-2-1 굵은 골재

골재는 콘크리트의 대부분을 차지하고 있어 콘크리트 강도특성에 중요한 영향을 미치고 있기 때문에 고강도콘크리트를 위해서는 골재

표 1. 고강도 콘크리트용 시멘트의 화학적 물리적 특성

Property	Brand A Type Ⅰ	Brand B Type Ⅰ	Brand C Type Ⅰ	Brand C Type Ⅱ	Brand C Type Ⅲ
SiO_2, %	21.8	20.6	20.5	21.9	20.4
Al_2O_3, %	5.3	6.1	5.7	4.1	5.5
Fe_2O_3, %	2.0	3.2	2.1	2.9	2.0
CaO, %	65.2	63.2	63.8	65.1	63.6
MgO, %	2.5	2.8	3.6	2.7	3.5
SO_3, %	2.1	2.6	2.5	2.0	3.0
Ignition loss, %	1.1	1.1	2.0	1.0	2.1
Na_2O, %	0.19	0.31	0.11	0.14	0.12
K_2O, %	0.33	0.59	0.09	0.15	0.12
Na_2O Equiv., %	0.41	0.70	0.17	0.24	0.20
C_3S, %	55	48	55	61	56
C_2S, %	21	23	17	17	17
C_3A, %	10.6	10.7	11.5	5.9	11.2
C_4AF, %	6.1	9.7	6.4	8.9	6.1
Blaine(Air Permeability)	3670	3780	3550	4220	5400
+325	4.1	8.4	5.6	2.5	0.9
N.C.	25.8	23.6	23.0	24.8	29.6
Setting Time Vicat	2:35	2:15	1:35	1:55	1:45
False Set :					
H_2O, %	30.0	30.0	30.0	30.0	33.0
3 min.	50	50	50	50	50
5 min.	35	50	50	50	50
8 min.	18	50	50	46	45
11 min.	12	50	50	40	39
Remix, 15 min.	11	None	None	50	50
Air content, %	9.1	9.5	7.6	6.6	6.2
H_2O, %	69.0	68.0	68.0	68.0	71.0
Comp. Strength					
H_2O, %	50.4	49.0	48.0	47.0	51.4
Flow, %	114	106	113	106	108
1 day, psi	1460	1400	1200	1860	2090
3 day, psi	2930	2870	2700	3280	4420
7 day, psi	4460	3980	4370	4560	6290
28 day, psi	6200	5730	6410	6770	7870
63 day, psi	6870	6320	7310	7850	8320

의 선정이 매우 중요하다. Kaplan에 의하면 동일조건시 굵은 골재의 종류에 따라 강도가 29%까지 변화된 것을 보고한 바 있다. 콘크리트강도 350kg/cm² 정도까지는 골재입자를 결합하고 있는 경화된 시멘트풀의 품질에 좌우된다. 그러나 고강도로 갈수록 재료의 균질성 때문에 골재와 시멘트 사이의 부착 파괴 양상과는 다르게, 파괴균열이 시멘트와 골재를 동시에 지나가게 되는 직선파괴 양상으로 바뀌게 되어 골재자체의 특성이 중요하게 된다. 고강도 콘크리트를 위한 굵은 골재의 선정시 고려되어야 할 요소는 다음과 같다.

- 강도
- 입형과 표면조직
- 광물학과 조성(Mineralogy and Formation)
- 최대골재크기, 입도
- 청정도
- 골재－페이스트부착

① 강도

골재의 파쇄강도는 경화시멘트풀의 강도보다 커야 한다. 그러나 현재 가용한 골재들의 파쇄강도는 800kg/cm² 이상이 보통이므로 이는 더 이상 중요한 제한요인이 아니다. 단 쇄석골재사용시 초기파쇄시 내부균열에 의해 강도가 떨어지는 일이 있으므로 이를 검토해야 한다.

② 입형과 표면조직

고강도 콘크리트를 위해서는 깨끗하고 입방체를 가지며 편석량이 최소인 100% 쇄석굵은 골재가 가장 이상적이다. 둥근자갈과 쇄석으로 만든 콘크리트에 대한 강도발현비교 결과를 그림 2에 나타냈다. 이러한 강도차이는 W/C비가 증가함에 따라 감소되는 것으로 나타났다. Freedman은 같은 입도를 가질 때 골재의 입형과 표면조직에서의 차이점의 지표로서 공극량(Void Content)의 사용을 제안하였다. 연구결과 굵은골재의 공극량이 증가함에 따라 요구배합수량이 증가하는 경향이 밝혀졌다. 구체적으로 굵은 골재의 공극량이 1% 증가하면 콘크리트 요구배합수량은 2.5kg/m³이 증가하며, 이 지표는 콘크리트생산자에게 요구배합수량과 주어진 골재로 만든 콘크리트의 강도에 미치는 영향에 대한 판단기준으로 사용되어져야 하는 것으로 밝혀졌다.

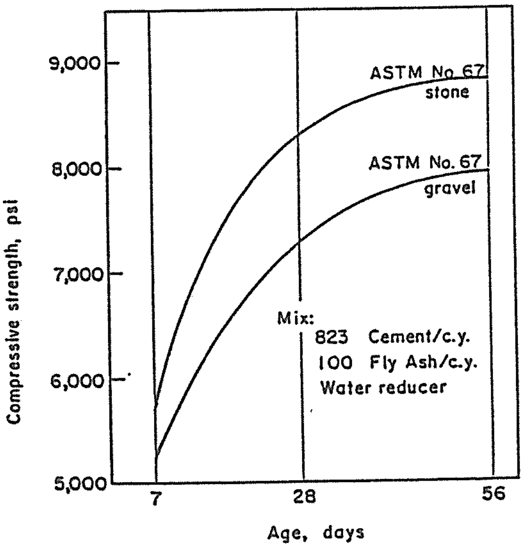


그림 2. 고강도 콘크리트를 위한 굵은 골재의 크기와 종류에 대한 강도 발현특성

③ 광물학과 조성(Mineralogy and Formation)

전술한 바와 같이 쇄석골재가 둥근자갈보다 압축강도가 높게 나온다는 사실은 골재의 입형뿐만 아니라 광물학상의 중요성도 나타내고 있다. 물론 특정한 골재원이 콘크리트 강도특성에 대해 갖는 영향에 대해 일반화시킨다는 것은 매우 어려운 일이다. 굵은골재의 광물학상특성이 고강도콘크리트 개발에 미치는 영향은 입자강도와 골재－페이스트 부착 강도에 대한 그 효과로 보다 더 잘 표현되고 있다. 한편 Parrot의 연구로 굵은 골재의 종류가 콘크리트강도에 미치는 영향은 다음과 같이 밝혀졌다. 골재종류에 따른 강도의 영향은 재령 7일에서는 무시될 수 있다. 그리고 재령 28일과 90일 강도에서는 비중, 흡수율, 골재의 산

도(Acidity)등에 좌우되지는 않는 것으로 나타났지만 암조성(Rock formation) 방법에는 어느정도 영향이 있는 것으로 나타났다. 특히 화산분출암들은 입자 알갱이가 작고 강하기 때문에 콘크리트 장기재령강도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 그림 3은 암조성방법이 보통 포틀랜드 시멘트로 만든 콘크리트강도에 미치는 영향을 보이고 있다. 따라서 골재의 품질이 콘크리트강도를 지배하는 주요한 요인이 되고 있다.

④ 최대크기와 입도

보통 콘크리트에서는 골재크기가 증가함에 따라 강도가 증가하는 것이 일반적인 경향이었다. 그러나 고강도 콘크리트에서는 이러한 경향을 좀 더 자세히 연구되어져야 할 필요가 있다. 그림 4와 그림 5는 굵은 골재의 크기가 콘크리트강도에 미치는 영향을 보여주고 있다. 더구나 그림 5를 보면 골재크기가 작아질수록 고강도 콘크리트에서 시멘트의 효용성을 높여

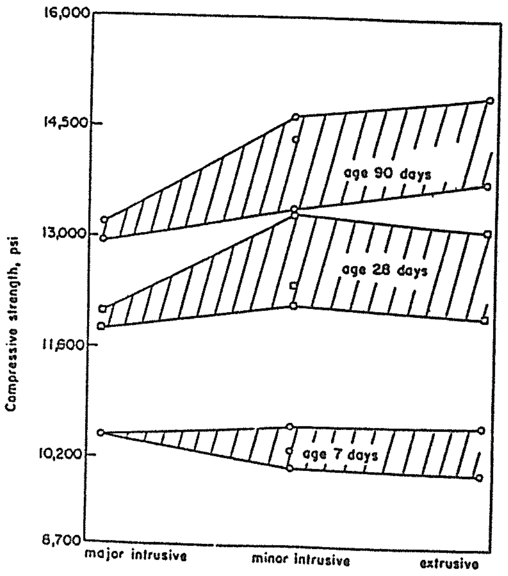


그림 3. 암조성이 콘크리트 강도에 미치는 영향

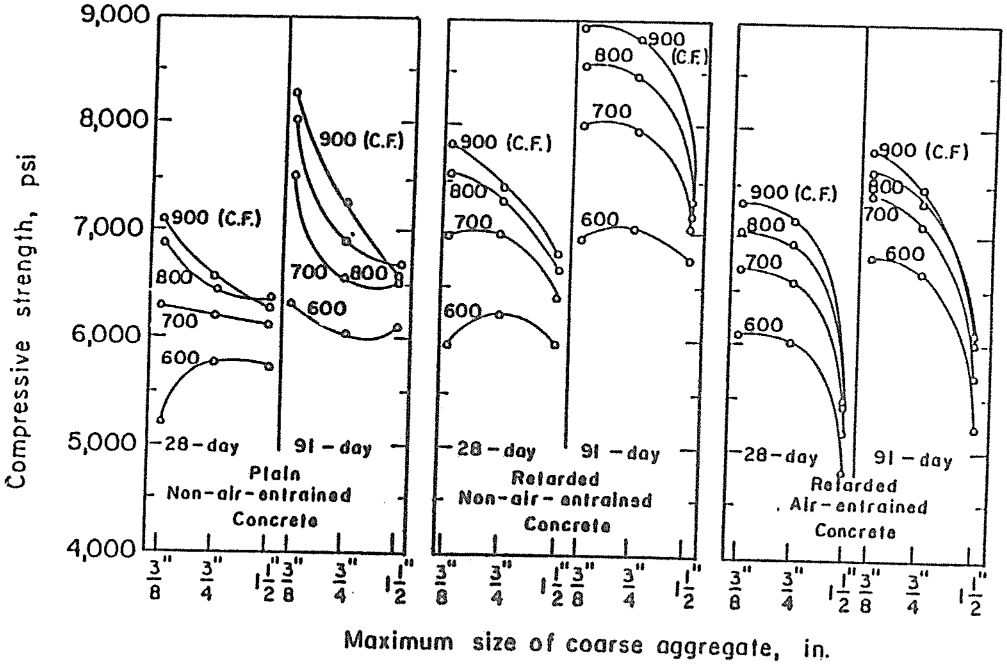


그림 4. 골재 최대크기가 각종 콘크리트 강도에 미치는 영향

주고 있다는 것을 알 수 있다. 더 작은 크기의 입자를 사용할 때 얻어지는 고강도는 골재의 표면적이 증가하였기 때문에 시멘트페이스트와 굵은 골재사이에 발생된 부착력이 증가되었기 때문으로 판단된다. 그러나 각 골재에 대해 강도 수준에 따라 최적굵은골재의 크기가 달라진다. 입도의 경우 기존 시방에 의한 값들이 고강도 콘크리트에 그대로 적용된다. 이에 대해 Freedman은 현재 잔골재량이 작업성을 적절하게 유지시켜주는 경우라면, 주어진 골재 크기를 갖는 굵은 골재의 입도는 강도에 영향을 끼치지 않고 시방규정한계 내에서 폭넓게 변화될 수도 있다. 결국 시험배치, 시험, 경험 그리고 재료와 현장여건에 대한 파악이 시멘트량을 최소로 하면서 최적의 굵은 골재 크기를 결정하는 길잡이(guide line)가 된다.

⑤ 청정도

고강도 콘크리트에 사용되는 굵은 골재는 유해한 분진(Dust)으로부터 보호되어져야 한다. 분진량은 세립자량의 증가나 콘크리트의 단위수량의 증가를 야기시켜서는 안된다. 물론 이러한 분진들은 배합과정에서 세척되지 않는다면 콘크리트 강도에 영향을 미칠 것이다. 쇄석굵은골재를 세척하는 것이 반드시 필요하지는 않지만 권장할 만한 사항이다.

⑥ 골재－페이스트부착

보다 고강도가 요구되면 골재－페이스트부착은 더 강해야만 한다. 이러한 부착은 골재의 크기가 증가하거나 물－시멘트비 증가에 따라 감소하는 것으로 알려져 있다. 예를 들어 75㎜ 골재의 시멘트－골재 부착력은 13㎜ 경우에 비해 1/10정도를 나타낸다. 이러한 사실을 통해 가장 좋은 굵은골재로 생각할 수 있는 것은 통상 고강도 콘크리트에서는 물－시멘트비가 0.4보다 낮기 때문에 최대크기 13㎜를 갖는 쇄석 굵은 골재라는 것을 알 수 있다.

2－2－2 잔골재

잔골재의 입도와 입형은 고강도 콘크리트생산에 중요한 요소이다. 모래입형과 표면조직이 요구배합수량과 콘크리트 압축강도에 미치는 영향은 굵은골재의 상응하는 특성에 대한 것

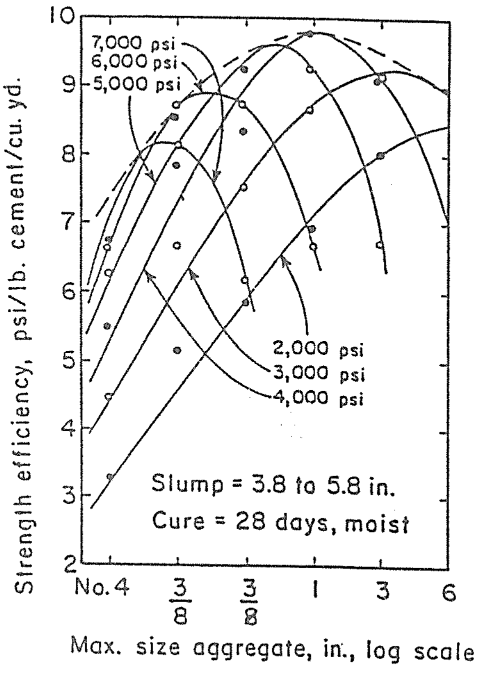


그림 5. 골재 최대크기와 강도 효율성과의 관계

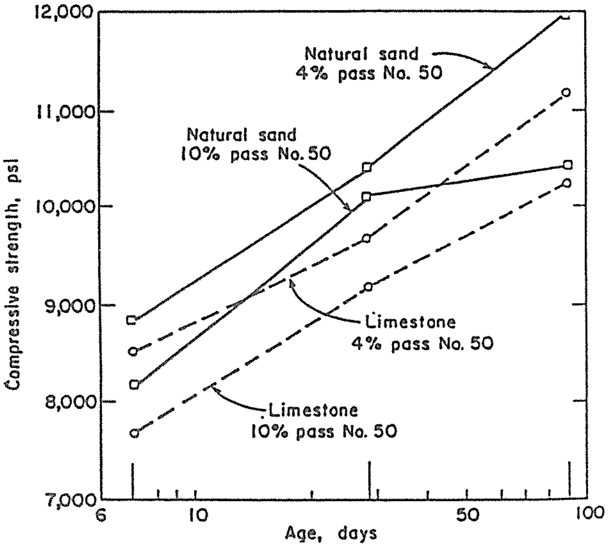


그림 6. 잔골재 입도의 영향

과 같이 큰 것으로 나타났다. 모래의 입도가 일정할때 잔골재 공극이 1%증가하면 배합수량이 약 5kg/m^{3}만큼 증가된다. 잔골재와 페이스트의 부착은 별로 중요하지 않다. 통상 콘크리트에서 잔골재의 주요한 역할 중의 하나는 작업성과 마감성을 제공해 주는 일이다. 고강도 콘크리트는 통상 많은량의 시멘트페이스트가 있기 때문에 작업성과 마감성을 제공하는데에 대한 잔골재의 역할이 별로 중요하지 않다. 조립률 2.7~3.2 정도의 잔골재이면 가장 적절하다. 이 범위아래의 잔골재는 배합의 점도가 증가하여 작업성이 떨어지고 강도저하도 초래된다. No. 50과 No.100 사이의 통과량을 감소시키면 그림 6처럼 압축강도의 증가를 꾀할 수 있어 유리하다. 따라서 기존의 입도와 비교하여 잔골재의 입도는 표 2와 같이 추천된다.

표 2. 고강도 콘크리트를 위한 잔골재 입도 추천치

Sieve Size	ASTM C-33	Typical Stone Sand	Recommended for High Strength Concrete
3/8″			100
No. 4	95-100	100	95-100
8	80-100	92	80-100
16	50-85	66	50-85
30	25-60	35	25-60
50	10-30	14	5-20
100	2-20	4	0-5

또한 쇄사보다는 강모래를 사용하여 보다 더 높은 강도를 얻었다. 각이 진 쇄사이기 때문에 발생되는 콘크리트 마감성의 어려움이 페이스트량이 많기 때문에 상쇄되어 고강도콘크리트에는 큰 문제가 되지 않는다. 그 외에 운모질이나 점토질 성분이 포함된 잔골재는 피해야 한다. 입도에 수정 제안된 값을 제외하고는 기존의 시방입도를 만족시켜야 한다.

2-3 배합수

기존 시방규정에 맞는 배합수는 고강도 콘크리트에서는 유해한 작용을 하지 않는 것으로 나타났다. 따라서 기존 시방규정에 맞는 것이면 족하다. 배합시 배합수온이 콘크리트 압축강도에 미치는 영향에 대해 연구한 결과, 그림 7과 같이 콘크리트 배합수온 또는 배합시 콘크리트재료의 온도와 압축강도 증가와의 사이에는 일정한 관계가 없는 것으로 나타났다. 한편 차가운 배합수가 사용되면 Slump는 매우 증가하는 것으로 나타났다. 낮은 W/C와 높은 시멘트 성분을 갖는 고강도 콘크리트에 대해 작업성과 다짐성관점에서의 슬럼프 증가는 바람직하다. 차가운 배합수를 사용하면 또한 강도의 증가도 가능하게 되는데, 이에 대한 이유는 다음과 같이 2가지로 제시될 수 있다.

① 차가운 배합수를 사용하여 작업성이 증가하였기 때문에 보통 다짐방법을 사용하여도 더 좋은 다짐도를 얻을 수 있으며

② 굳지 않는 콘크리트의 온도가 내려감에 따라 좀더 강하고 보다 안정된 화합물이 될 수 있는 시간을 주면서 수화반응이 지연되기 때문이다.

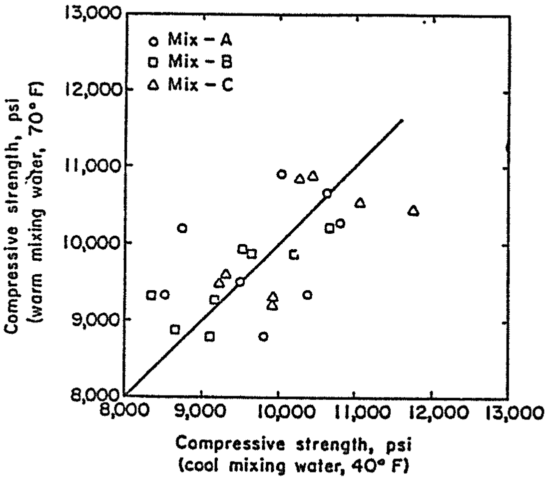


그림 7. 배합시 배합수온이 콘크리트강도에 미치는 영향

2－4 혼화재료

2－4－1 혼화제

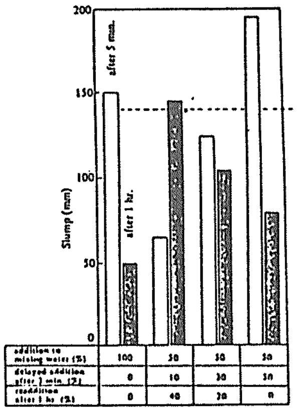
고강도 콘크리트를 위해서는 혼화제 품질은 일단 시방규정에 적합해야하며 종류는 감수제나 지연제가 권장된다. 고강도 콘크리트에 사용되는 기본적인 혼화제는 Type A,D로써 다음과 같이 3가지가 있다.

- Ligno sulfonates
- Hydrocarboxylic acids
- Hydroxylated polymers

선정된 시멘트와 혼화제와의 적합성이 재료여건, 온도 및 습도등 현장사정을 고려한 시험배치를 통해 평가되어져야 한다. 이때 고려해야 하는 항목들은 응결시간, 작업성, 감수정도, 강도, 첨가시기, 첨가율등이다. 감수제의 효용성은 매우 중요하게 변할 수 있다. 일반적으로 감수율과 지연정도의 항으로서 나타낸 감수제의 효과는 시멘트 분말도의 증가, C_3A의 변화, 용해성 알칼리, 시멘트의 CaO량, 콘크리트온도 변화 등에 의해 영향을 받게 된다. 감수제는 조기경화 또는 응결불량등으로 급작스런 슬럼프 저하를 초래하기도 하며 이로인해 강도증진에 별 효과가 없는 경우도 있다. 슬럼프 저하는 보통 21℃에서 5～6분 정도의 실험실 배합상으로는 분명하게 나타나지는 않는다. 그리고 콘크리트가 27℃～32℃에서 45분 이상 믹싱될 때 혼화제 사용상의 장점이 사라지게 된다. 이러한 혼화제 비적합성과 관련된 시멘트의 주요한 변수는 시멘트 종류, Calcium Sulfate, 혼화제사용량, 용해성 알칼리량등이다. 고강도 콘크리트를 위해서는 감수지연제 TypeD가 감수제 TypeA보다 양호한 결과를 나타냈다. 사용상 주의점은 제조업체의 표준권장치와 다른 사용량의 변화를 고려해야한다는 것이다. 어떤 경우에는 유해한 효과없이 10% 강도증진을 위해 50% 사용량 증가를 한 사례도 보고된 바 있다. 부수적으로 콘크리트내의 공기량에 대해 갖는 효과 때문에 혼화제 사용시 주의를 해야한다. Lignin 계통 혼화제는 보통 1～3% 공기의 연행효과를 갖는다.

Freedman에 의하면 공기량 1%는 강도를 약 5% 감소시키기 때문에 이 계통의 혼화제는 강도감소에 대해 주의를 기울여야한다고 하였다. 따라서 만약 감수제가 사용되는 경우에 공기 연행제를 병용하려면 콘크리트에 주어진 공기량을 연행시키기에 필요한 사용량을 1/2～1/3정도로 줄이는 것이 바람직하다.

그러나 이는 통상 고강도콘크리트는 공기연행을 요구하지 않기 때문에 별로 중요한 의미



Admixture : Type N W/C: 0.31
Total Dosage : Cement wt.×1.55% Cement: 520㎏/㎥

그림 8. 투입방법별 슬럼프치

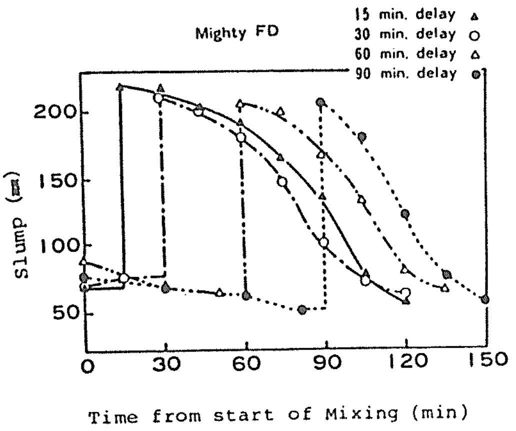


그림 9. 혼화제 투입시간별 슬럼프치 변화(SNF계)

를 갖지 않는 경우가 많다. 감수제는 보통 배합수와 같이 콘크리트에 첨가된다. 믹싱 후 감수제 첨가는 지연제 처럼 그의 효용성을 증대시키기 시작하고 그들의 감수특성을 개선시킨다. 감수제의 효율을 극대화시키기 위해서는 시멘트 모두가 초기 배합수와 결합할 때까지 혼화제 첨가를 지연시켜야 한다. 이와 관련된 혼화제 첨가방법 및 첨가시간변화에 따른 슬럼프치 변화를 그림 8과 그림 9에 나타내었다.

2-4-2 혼화재

플라이 애쉬와 같은 포졸란재료는 장기강도를 증가시키기 위해 고강도 콘크리트 배합에 사용되기도 한다. 높은 흡수율, 낮은 비중, 그리고 분말도가 높은 특성등으로 인해 콘크리트에 주어진 작업성을 만족시키기 위해 요구배합수량이 증가되는 경향이 있다. 고강도 콘크리트 생산을 위해서는 높은 분말도와 3% 이하의 강열감량이 요구된다는 것이 연구결과

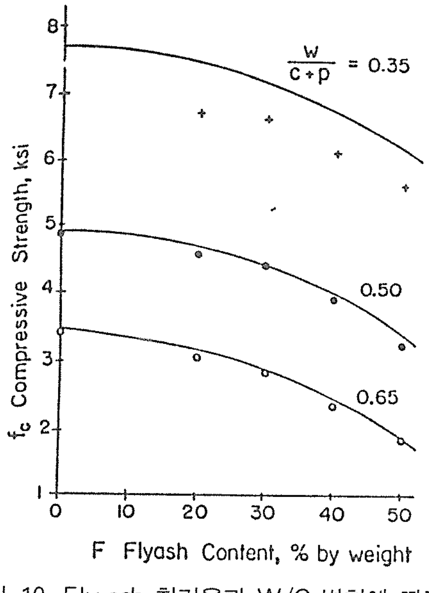


그림 10. Fly ash 첨가율과 W/C 변화에 따른 압축강도 영향

밝혀졌다. Fly Ash의 화학조성과 사용량의 적정치는 시멘트의 Brand, 사용량에 따라 시험배치를 통해 결정되어져야 한다. 시멘트 중량비로 10~20%이 통상 사용된다.

Silica Fume은 Silicon이나 Ferrosilicon 합금 생산시 전기 용광로 속에서 석탄과 함께 추출되는 매우 순도높은 결정체로서 미세한 구형의 입자(Fine Spherical Particles)로서 비정형질의 SiO_2를 90%이상 함유하고 있으며 물리적 성질과 화학조성도는 각각 표 3, 그림 11과 같다.

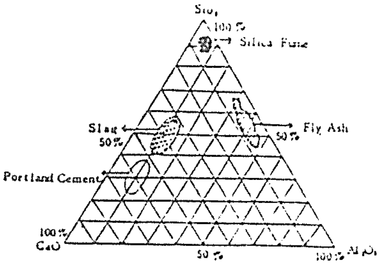


그림 11. Silica Fume의 화학적 조성도

표 3. Silica Fume의 물리적 성질

	Silica Fume	Cement
비 중	2.2~2.5	3.1
Bulk loose Density	250~300kg/m³	1,200kg/m³
Fineness*	20,000m²/kg	300~400m²/kg
입자의 직경	0.1~1μm	10~100μm

* Fly Ash 400~700m²/kg
Blast-Furnace Slag 350~600m²/kg

이러한 화학적 성분과 물리적 성질을 가진 Silica Fume은 최근 연구결과에 따르면 고강도 콘크리트용 혼화재로서 각광을 받고 있는데 Silica Fume의 Pozzolanic Activity Index는 표 4와 같이 다른 Pozzolan 재료나 Fly Ash보다 월등히 높게 나타났으며 실제 Silica Fume을 사용한 콘크리트 실험결과에 의하면 재령별 강도발현은 표 5와 같다.

표 4. 포졸란 활성도와 요구 배합수량

Pozzolanic activity test(in accordance with C 618)	Silica fume*	ASTM requirements(C 618)		
		Pozzolan	Fly ash Class F	Fly ash Class C
With portland cement Percent of control at 28 days	110	75min	75min	75min
water requirement	134	115max	115max	105max
With lime MPa at 7 days	9 to 10	5.5min	5.5min	5.5min

표 5. 실리카흄과 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 재령강도

Age at test, days	Compressive strength, MPa(psi)	
1	64.9	(9430)
7	94.6	(13,730)
28	111.4	(16,170)
90	115.1	(16,700)
128	124.2	(18,020)

단 Silica Fume 사용시 표 4에서 알 수 있듯이 단위수량의 증가가 요구되므로 이를 보완하기 위해서 고성능 감수제가 사용된다는 점에 유의하고, 시멘트 Type, Brand별 Silica Fume의 최적혼입율을 Fly Ash의 경우처럼 Trial Batch를 통하여 시험하여야 한다.

3. 맺음말

본고에서는 고강도 콘크리트 생산을 위해 소요되는 배합재료원의 경제적으로 선정할 수 있는 기준에 대해 살펴보았다. 본고에 제시된 기준들은 향후 좀 더 많은 연구와 시공경험·실적등을 통해 수정, 개선이 되어져야하며 좀 더 많은 기술사항들을 밝혀내 이를 응용하면 더 높은 수준의 초고강도 콘크리트의 실용화로 가능해질 것이다.

결론적으로 고강도 콘크리트의 생산을 위한 재료선정에 대한 최상의 기준을 위해서는 시험배치, 재료실험, 경험 그리고 현장여건과 현장재료에 대한 철저한 검토등이 복합되어져야 한다.

近着圖書 및 資料

圖 書
- 日本 生콘크리트年鑑(1990年度)
- 日本 시멘트年鑑(1990年度)
- 骨材의 採取와 生産(日本建設機械化協會 編)

Video Tape
- RCCP(安全産業社(株) 製作)
- 콘크리트 活性材로서의 混和材料(日本콘크리트工學協會 製作)
- Truck Mixer Driver Safety Training(美國레미콘協會 製作)

※ 上記 資料를 利用하고자 하는 希望者는 한국레미콘공업협회 기획과로 問議하시기 바랍니다.
TEL. 566-7162, 7164
FAX. 554-7420