

# 레미콘의 배합설계

본 내용은 콘크리트의 품질관련 업무를 수행하는 실무자에게  
 도움을 주고자 레미콘 핸드북의 '레미콘의 배합설계' 에서 정리 발췌한 것임  
 - 편집자주 -

## 1. 배합설계와 품질검사의 개요

### 1.1 배합설계

콘크리트를 만들때의 시멘트, 물, 잔골재, 굵은골재 및 혼화재료의 비율또는 사용량을 배합이라 하며, 이를 계획하고 결정하는 것을 배합설계라 한다. 또 배합설계를 말할때는 재료의 선정까지를 포함하는 넓은 의미를 뜻하는 경우와 재료와 기타의 조건이 주어진 상태에서 소요의 슬럼프, 공기량, 강도 등을 가지는 콘크리트의 배합을 구하는 것만을 말하는 두가지의 경우로 나눌수 있다.

품질이 좋은 콘크리트를 만들기 위해서는 작업에 알맞은 워커빌리티가 얻어지는 범위내에서 단위수량을 가능한 적게 하는 것이 중요하다. 또 콘크리트는 균질하고 경제적으로 만들어져야 하며 경화후에는 소요의 강도, 내구성 등의 성능을 갖도록 배합을 정할 필요가 있다.

콘크리트의 중요한 성질 가운데 강도, 내구성 및 수밀성은 주로 콘크리트의 배합에 의해 좌우되며, 내화성은 주로 굵은 골재의 성질에 의해, 마모에 대한 저항성은 주로 배합과 굵은 골재의 성질에 의해, 단위용적중량은 주로 골

재의 비중에 의해, 건조수축은 주로 단위수량에 의해, 온도변화에 따른 체적변화는 주로 단위시멘트량에 의해 좌우된다.

### 1.2 시험비비기

레미콘은 표준품과 특수품으로 대별되며, 생산자와 구입자가 협의하여 지정사항을 만족하도록 배합을 정하게 되어 있다. 생산자는 어떠한 경우에도 지정된 품질이 만족되도록 또한 검사에 합격되도록 배합을 정하여야 한다. 또 생산자는 구입자의 요구가 있으면 배합설계 및 콘크리트에 포함된 염화물량의 계산에 기초가 되는 자료 등을 제시하여야 한다.

한편, 생산자는 구입자로부터 시험비비기를 요구받는 경우가 있다. KS F 4009에는 시험비비기에 대하여 규정하고 있지 않으나 구입자는 생산자와 협의하여 시험비비기를 실시하도록 하며 입회할 수 있다. 그러나 KS표시허가를 받은 레미콘공장에서는 반드시 사내규격을 정하고 또 사용실적에 기초하여 사용재료와 배합등을 표준화하고 있기 때문에 표준품의 배합은 생산자에게 맡겨도 좋을 것이며, 따라서 시험비비기가 반드시 필요한 것은 아니

다. 다시 말해서 비비기보다도 일상의 관리자료를 제시받아 확인하는 쪽이 더 신뢰할수 있는 경우가 많다. 특별히 어떤 이유로 시험비비가 필요한 경우는 그 비용분담등에 대해서도 협의해 둘 필요가 있다.

특주품의 경우는 생산자와 구입자가 협의하여 배합을 정하게 된다. 구입자는 콘크리트의 품질이나 사용재료에 대한 지정사항도 있기 때문에 배합과 콘크리트의 품질을 확인한 후 필요에 따라 시험비비를 실시하며 이때 입회를 하는 것이 좋다.

### 1.3 품질검사

레미콘공장에서는 레미콘을 공장에서 혼합하여 현장으로 운반한 후 짐을 부리기까지의 품질변화를 고려하여 지정된 품질을 만족하도록 배합을 정해야 한다. 또 특정 시행기관에서 강도관리의 재령, 양생방법 등을 별도로 규정하는 경우는 발주자가 지정한 호칭강도가 KS F 4009의 강도검사 규정에 합격할 뿐 아니라 이러한 별도 검사규정에도 합격되는지의 여부를 검토할 필요가 있다. 원칙적으로 생산자는 KS F 4009에 의한 강도보증을 하면 되는 것이며, 그밖의 품질보증은 호칭강도치를 지정한 시공업자에게 책임이 있는 것이지만 실제적으로 레미콘 생산자에게 책임이 전가되는 경유가 있어 논란의 여지가 있기 때문에 사전에 발주자와 충분히 협의해 둘 필요가 있다.

## 2. 배합에 관한 용어

콘크리트의 배합에 관한 용어로서 콘크리트 표준시방서, 건축공사 표준시방서 등에서 정의하고 있는 것은 다음과 같다.

1) 배합 : 콘크리트 또는 모르터를 만들 때 소요되는 각 재료의 비율이나 사용량

2) 시방배합 : 시방서 또는 책임기술자가 지시한 배합, 이때 골재는 표면건조포화 상태에 있고 잔골재는 No.4체를 다 통과하고, 굵은 골재는 No.4체에 다 남는 것으로 한다. 건축공사 표준시방서에서는 시방배합이란 말 대신 계획배합이란 용어를 사용한다.

3) 현장배합 : 시방배합에 맞도록 현장에서 재료의 상태와 계량방법에 따라 정한 배합을 말한다.

4) 설계기준강도 : 콘크리트부재의 설계에 있어서 기준으로 한 강도를 말하며, 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 한다.

5) 배합강도 : 콘크리트의 배합을 정하는 경우에 목표로 하는 압축강도를 말한다. 일반적으로 재령 28일의 압축강도를 기준으로 한다.

6) 호칭강도 : 레미콘에 관한 한국공업규격(KS F 4009)에 사용된 용어로서 구입자가 지정하는 콘크리트의 강도를 말한다. 이것은 종전에 이 규격에서 사용한 설계기준강도라는 표현이 구조물 설계에서의 설계기준강도와 동일시 되기 쉽고 또 내구성등의 조건으로 배합을 결정하는 경우 등에 있어서는 콘크리트의 실제강도와 설계기준강도와는 상당히 동떨어진 내용이 되기 쉬운 점 등을 고려하여 새로이 사용된 용어이다. 레미콘의 강도를 지정하는 경우에 설계기준강도와 다른값을 지정하는 예로써 다음을 들수 있다.

① 건축공사표준시방서에 따라 기온에 따른 보정치의 규정을 적용하는 경우

② 건축공사 표준시방서에 따라 물시멘트비의 최대치 또는 단위시멘트량의 최소치 규정을 적용하는 경우

③ 콘크리트표준시방서에 따라 콘크리트의 내구성을 기준하여 물시멘트비를 정하는 경우

④ 한중콘크리트, 서중콘크리트, 매스콘크리트, 수밀콘크리트, 기타 특수한 고려를 요하는 콘크리트에 관한 규정을 적용하는 경우

7) 증가계수 : 배합강도를 정하는 경우, 품질의 변동을 고려하여 설계기준강도를 증가시키기 위해 곱하는 계수

8) 물시멘트비 : 콘크리트 또는 모르타에 있어서 골재가 표면건조포화상태에 있다고 보았을 때 시멘트풀 속에 있는 물과 시멘트의 중량비 (기호 : W/C)

9) 단위량 : 콘크리트 1m<sup>3</sup>를 만들 때 쓰이는 각 재료의 양

10) 잔골재율 : 골재중 No.4체를 통과한 부분을 잔골재로 보고 No.4체에 남는 부분을 굵은 골재로 보아 산출한 잔골재량의 전체 골재량에 대한 절대용적비를 백분율로 나타낸 것 (기호 : S/a)

11) 단위굵은골재용적 : 단위 굵은 골재량을 그 굵은 골재의 단위용적중량으로 나눈값

12) 반죽질기 (consistency) : 주로 水量의 다소에 따르는 반죽이 되고 진 정도를 나타내는 굳지않은 콘크리트의 성질

13) 워커빌리티(workability) : 반죽질기 여하에 따르는 작업의 난이의 정도 및 재료의 분리에 저항하는 정도를 나타내는 굳지않은 콘크리트의 성질

### 3. 레미콘의 강도규정

콘크리트의 강도는 다음의 두가지 규정을 만족시키는 것이어야 한다.

① 1회의 시험결과는 구입자가 지정한 호칭강도값의 85% 이상이어야 한다.

② 3회 시험결과와 평균치는 구입자가 지정하는 호칭강도의 값 이상이어야 한다. 이때 강도시험에 있어서 공시체의 재령은 표준품의 경우 28일, 특수품의 경우 구입자가 지정한 일수로 한다.

①의 규정은 1회의 시험결과라도 호칭강도의 값을 대폭적으로 밑도는 것이 없도록 또 과

도하게 높은 배합강도가 얻어지는 결과가 되지 않도록 전체적인 관점에서 최소보증강도를 호칭강도 값의 85%로 정한 것이다. 그리고 ②의 규정은 레미콘 강도의 3회 시험결과와 평균치가 호칭강도의 값을 밑돌지 않도록 보증하기 위한 것이다. 레미콘의 평균강도는 시험횟수를 많이 할수록 높은 정밀도로 판정할 수 있지만 경제성을 고려하여 3회로 한 것이다.

한편 위의 두조건을 만족시키기 위해서는 호칭강도 이하로 되는 비율이 4%이하가 되어야 한다. 한편 위에서 규정한 조건을 만족하는 레미콘의 배합강도는 다음 식으로 나타낼수 있다. 1회의 시험결과가 호칭강도의 값의 85%이상이어야 한다는 조건에 대하여

$$F \geq 0.85 F_0 + 3\sigma \text{ 또는 } F \geq \frac{0.85F_0}{1-3V/100} \dots (1)$$

3회 시험결과와 평균치가 호칭강도의 값 이상이어야 한다는 조건에 대하여

$$F \geq F_0 + \frac{3\sigma}{\sqrt{3}} = F_0 + \sqrt{3}\sigma \text{ 또는}$$

$$F \geq \frac{F_0}{\{1-3V/(100\sqrt{3})\}} = \frac{F_0}{(1-\sqrt{3}V/100)} \dots (2)$$

여기서 F : 배합강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F<sub>0</sub> : 호칭강도의 값 (kgf/cm<sup>2</sup>)

σ : 표준편차 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X-x)^2}{n-1}$$

x : 1회의 시험결과(3개 공시체 시험치의 평균치) (kgf/cm<sup>2</sup>)

X : n회의 시험결과와 평균치 (kgf/cm<sup>2</sup>)

V : 변동계수 (%)

$$V = \frac{\sigma}{F} \times 100$$

배합강도는 식(1) 및 식(2)에서 구한 값 중에서 큰값으로 정한다. 표준편차 또는 변동계수의 값은 그공장에서의 실제값을 사용해야 한다. 이

때 표준편차 또는 변동계수의 평균치를 사용하면 실제로 레미콘을 제조했을 때 식 (1) 또는 식 (2)를 만족하지 않는 경우도 발생된다. 그래서 증가계수를 정할 때는 표준편차 또는 변동계수의 변화, 시험에 의해 구한 물시멘트비와 강도와와의 관계식의 변화등도 고려하여 공장에서의 평균치를 적절히 증가시키는 것이 필요하다. 품질관리 자료가 아직 충분히 얻어지지 않은 경우에는 다른공장의 실제 예등을 참고하여 표준편

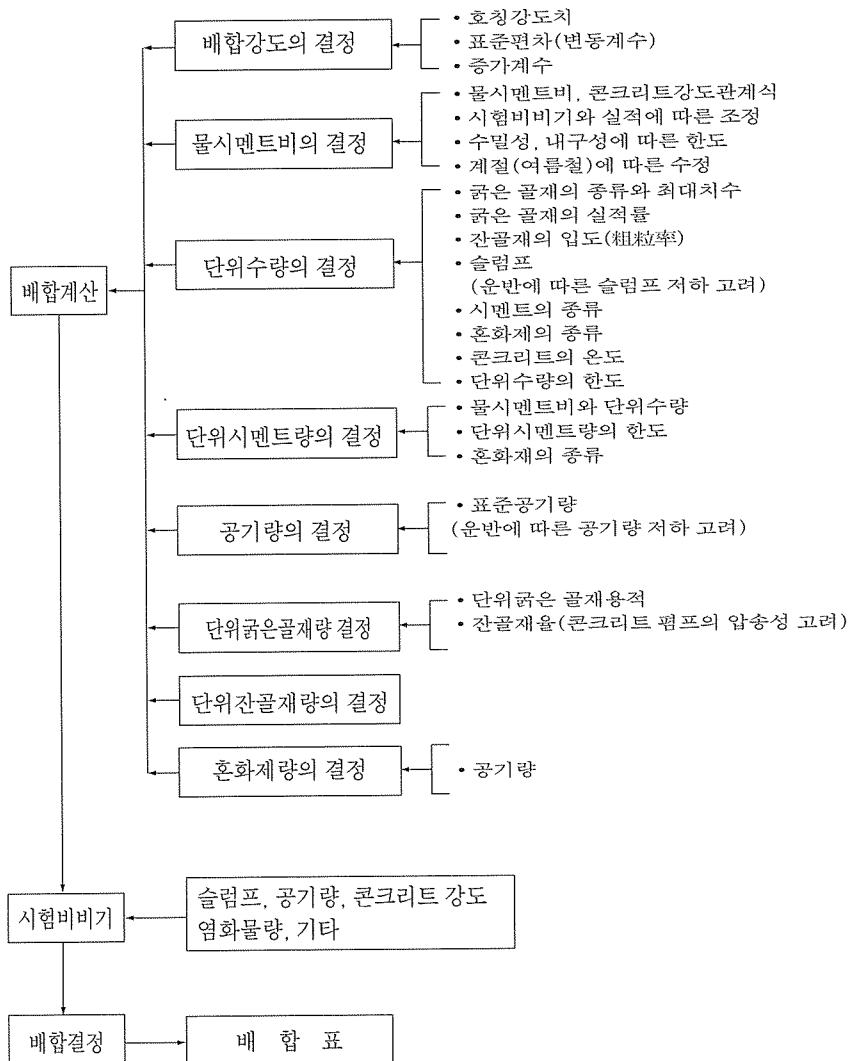
차 또는 변동계수를 일단 정하고 시험결과가 얻어지는데 따라서 이것을 수정해 가면 된다.

## 4. 레미콘 시방배합의 결정

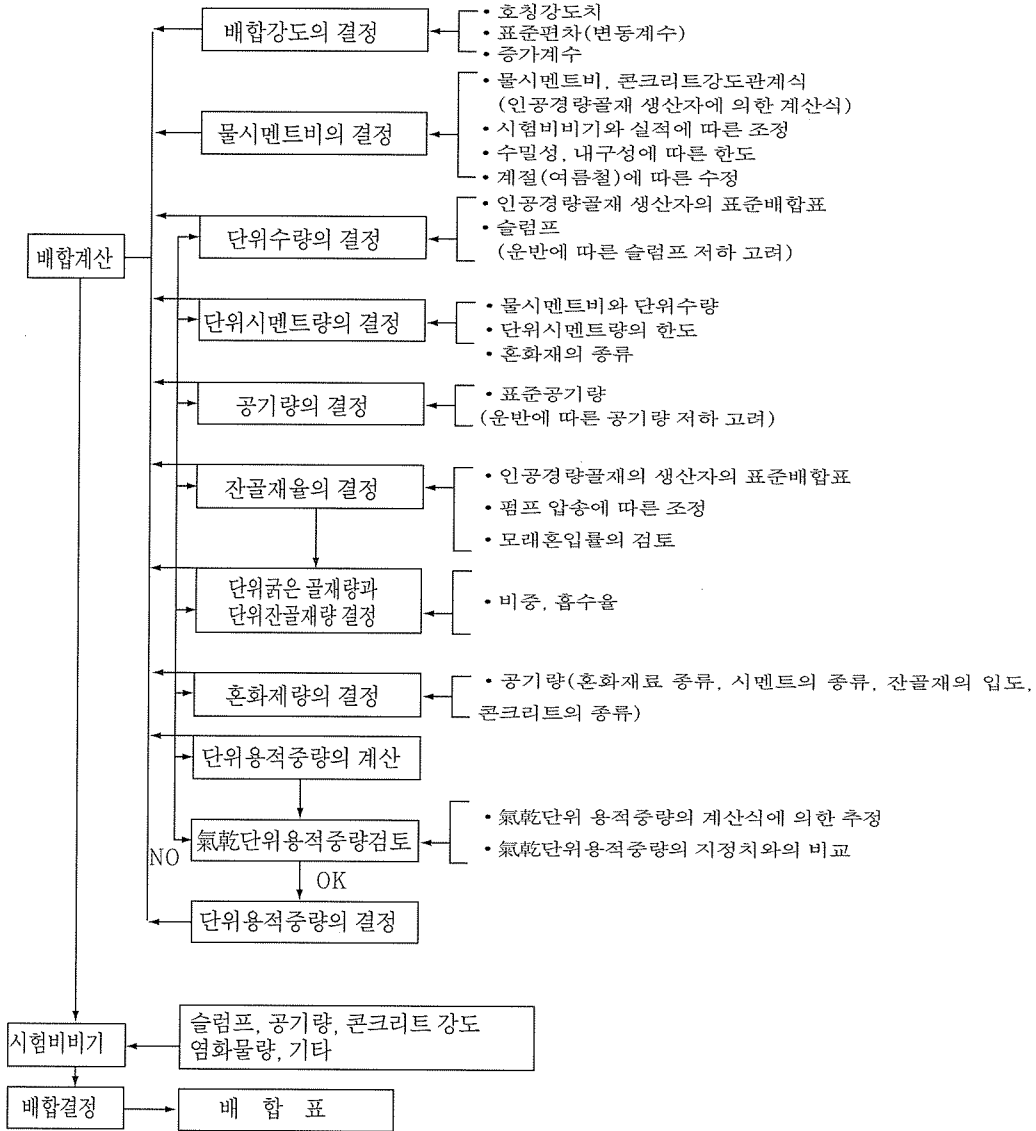
### 4.1 설계순서

일반적으로 레미콘공장에서는 표준품인 콘크리트의 시방배합을 [표 1](보통콘크리트).

[표 1] 배합설계의 순서(보통콘크리트)



(표 2) 배합설계의 순서(경량콘크리트)



[표 2](경량콘크리트)에 나타난 순서로 정한다.

#### 4.2 콘크리트의 혼합량

타설현장에서 레미콘의 용적이 납품서에 기재된 용적과 같이 되도록 하기 위하여는 공장

에서 현장까지의 운반에 따른 공기량 감소를 고려하여야 한다. 즉 지정 공기량이 4%인 경우 배합설계시 공기량을 30리터로 하여 각 재료량을 산출하는 것이 좋다. 실제로는 콘크리트의 공기량이 4%가 되도록 콘크리트를 만들기 때문에 혼합하는 콘크리트의량은 1010리터(1.01m<sup>3</sup>)가 된다.

### 4.3 물시멘트비의 결정

물시멘트비는 소요의 강도, 내구성, 수밀성 등을 고려하여야 한다.

1) 콘크리트의 압축강도를 기준으로 물시멘트비를 정할 경우

콘크리트의 압축강도를 기준으로 하여 물시멘트비를 정할 경우는 시험에 의해 구하는 것이 원칙이다. 그러나 토목분야에서 기준으로 하는 콘크리트표준시방서에 따르면 큰 강도를 필요로 하지 않는 소규모 공사 등에서 시험을 하지 않을 경우는 보통포틀랜드시멘트를 쓰고, 혼화재를 쓰지않는 보통콘크리트에 있어서 물시멘트비(W/C)를 구할 때 다음 식을 써도 좋다고 한다.

$$F = -210 + 215C/W \dots\dots\dots (3)$$

여기서 F : 콘크리트의 재령 28일 압축강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

C/W : 시멘트물비

그런데 이 식은 품질관리가 만족스럽지 못

[표 3] 각종 콘크리트의 물시멘트비 조정을 위한 표준치(일본건축학회)

종 류	같은 압축강도를 얻기 위한 물시멘트비(%)
모래·자갈·AE콘크리트	W/C-5
모래·부순돌콘크리트	W/C+5
모래·자갈콘크리트	W/C
모래·부순돌·AE콘크리트	W/C
모래·고로슬래그부순돌·AE콘크리트	W/C-3
경량콘크리트 1종 (AE)	0.9W/C
경량콘크리트 2종 (AE)	0.85W/C

[표 4] 물시멘트비의 최대값(%)

시멘트의 종류	품질등급	보통콘크리트	경량콘크리트
보통포틀랜드시멘트	고급	65	60
조강포틀랜드시멘트	보통	70	65

주) 흙속 또는 물속에 항상 접해 있는 경량콘크리트의 물시멘트비의 최대값은 55%로 한다.

한 곳에서의 시험결과까지를 포함하여 거의 최저선을 나타낸 것이기 때문에 경제적인 방법이 되지 못할수 있다. 한편 건축분야와 레미콘공장에서는 물시멘트비를 구할 때 식(4)를 널리 사용하고 있다.

$$W/C = \frac{61}{F/K + 0.34} (\%) \dots\dots\dots (4)$$

여기서 K : 시멘트 K강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F : 콘크리트 배합강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

이 식은 당초 일본 건축학회에서 제안한 식으로써 현재는 식(5)등도 제안되고 있는데 시멘트강도(K)를 결정하는 방법에 있어 일본과 우리나라는 차이가 있기 때문에 이들 식을 사용할 때는 주의가 필요하다.

$$W/C = \frac{71}{F/K + 0.43} (\%) \dots\dots\dots (5)$$

따라서 레미콘 공장에서는 그 공장에서 사용하는 재료의 시험 비비기를 하고 또 기존의 시험 실적 등을 분석하여 실제적인 물시멘트비와 강도와의 관계식을 구하는 것이 필요하다. 한편

일본건축학회의 자료에 따르면 골재의 종류 및 콘크리트의 종류가 다른 경우 식(5)로 계산된 물시멘트비를 [표 3]과 같이 조정하면 대체로 같은 결과를 얻을수 있다고 한다. 그밖에 건축공사 표준시방서에서는 [표 4]와 같이 물시멘트비의 최대한도에 대해서도 규정하고 있다.

2) 콘크리트의 내구성을 기준으로 물시멘트비를 정할 경우

콘크리트의 내구성을 증

[표 5] 콘크리트의 내구성을 기준으로 하여 물시멘트비를 정하는 경우의 AE콘크리트의 최대 물시멘트비(%)

구조물의 노출	기상조건	기상작용이 심한 경우 또는 동결융해가 종종 반복되는 경우		기상작용이 심하지 않는 경우 빙점이 하 기온으로 되는 일이 드문 경우	
	단면	얇은 경우 <sup>2)</sup>	보통의 경우 <sup>3)</sup>	얇은 경우 <sup>2)</sup>	보통의 경우 <sup>3)</sup>
계속 또는 물로 포화되는 부분 <sup>1)</sup>		55	60	55	65
보통의 노출상태에 있는 경우		60	65	60	70

- 주) 1) 수로, 수조, 교대, 교각, 옹벽, 터널의 라이닝공 등으로서 수면에 가까워 물로 포화되는 부분 및 이들 구조물 외에 보, 슬래브 등으로서 수면으로부터 떨어져 있기는 하나 응설, 유수 등 때문에 물로 포화되는 부분  
 2) 단면의 두께가 약 20cm이하인 구조물의 부분  
 3) 단면이 두꺼운 경우에도 보통의 경우와 같다.

가시킴을 위해서 물시멘트비는 가능한 작게 하는 것이 좋다. 또 AE콘크리트는 기상작용에 대한 내구성이 우수하므로 기상작용이 심한 경우는 AE콘크리트를 사용하는 것이 원칙이다. 콘크리트의 내동해성을 기준으로 하여 물시멘트비를 정할 경우에는 [표 5]의 값 이하의 물시멘트비를 하용하도록 콘크리트표준시방서에 규정하고 있다.

한편 황산염을 포함한 흙이나 물에 접하는 콘크리트, 용염제의 사용이 예상되는 곳의 콘크리트, 해양콘크리트, 포장콘크리트 및 댐콘크리트에 대해서는 물시멘트비의 최대치에 대한 별도의 규정이 있다.

3) 콘크리트의 수밀성을 기준으로 하여 물시멘트비를 정할 경우

물시멘트비가 55-60% 이상이 되면 다지기 및 양생을 충분히 한 콘크리트라도 수밀성은 감소한다. 또 일반적으로 물시멘트비가 큰 콘크리트는 재료분리의 경향이 크고 쳐 넣은 콘크리트에 결함이 생기기 쉽다. 그래서 콘크리트표준시방서에서는 수밀성이 요구되는 경우 55%이하의 물시멘트비를 표준으로 하고 있다. 수밀콘크리트에는 양질의 AE감수제, AE감수제를 사용하는 것이 좋고 방수제를 사용하는 때에는 방수효과 및 콘크리트의 다른성질에 미치는 영향을 확인한 후 사용해야 한다.

[표 6] 콘크리트의 배합설계를 위한 단위수량 및 잔골재율의 대략값

굵은골재 최대치수 (mm)	AE제를 사용하지 않는 콘크리트			AE콘크리트				
	간헐공기 (%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	공기량 (%)	양질의 AE제를 사용할 경우		양질의 감수제를 알맞게 사용할 경우	
					잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )
16	2.5	49	190	7.0	46	170	47	160
19	2.0	45	185	6.0	42	165	43	155
25	1.5	41	175	5.0	37	155	38	145
40	1.2	36	165	4.5	33	145	34	135
50	1.0	33	155	4.0	30	135	31	125
80	0.5	31	140	3.5	28	120	29	110

주) 이표의 값은 물시멘트비 55%, 슬럼프 8cm, 모래의 조립율 2.80정도이며, 천연자갈을 사용한 콘크리트에 대한 것이다.

#### 4.4 단위수량 및 잔골재율의 결정

잔골재율은 소요의 워커빌리티를 얻을수 있는 범위내에서 단위수량이 최소가 되도록 시험에 의해 정하는 것이 원칙이다. 콘크리트표준시방서에서는 단위수량과 잔골재율의 대체적인 표준으로 [표 6]을 제시하고 있다. 사용하

는 재료 또는 콘크리트의 품질조건이 이 표의 조건과 다를 경우에는 [표 7]에 따라 보정한다.

콘크리트표준시방서는 포장콘크리트의 단위수량을 150kg/m<sup>3</sup>이하로, 댐콘크리트의 단위수량을 120kg/m<sup>3</sup>이하로 규정하고 있다. 콘크리트의 단위수량을 결정할 때에는 [표 6] 이외에도 콘크리트의 종류에 따라 단위수량을

(표 7) 콘크리트 배합의 보정표

구 분	S/a(%)의 보정	W(kg)의 보정
모래의 조립율이 0.1클(작을)때	0.5만클 크게(작게)	보정하지 않는다.
슬럼프값이 1cm만클 클(작을)때	보정하지 않는다.	1.2%만클 크게(작게)
공기량이 1%만클 클(작을)때	0.5-1만클 작게(크게)	3%만클 작게(크게)
부순돌을 사용할 경우	3-5만클 크게	9-15만클 크게
부순모래를 사용할 경우	2-3만클 크게	6-9만클 크게
물시멘트비가 5%만클 클(작을)때	1만클 크게(작게)	보정하지 않는다.
S/A가 1% 클(작을)때	-	1.5만클 크게(작게)

(표 8) 각종 콘크리트의 단위수량의 대략값(kg/m<sup>3</sup>)

콘크리트의 종류	굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프(cm)				
		8	12	15	18	21
모래 자갈콘크리트	25	166	173	180	190	205
	20	170	177	185	196	210
모래 자갈 AE콘크리트	25	153	159	166	175	189
	20	156	163	170	179	193
모래 부순돌 콘크리트	25	179	187	194	204	221
	20	184	191	200	210	227
모래 부순돌 AE콘크리트	25	166	173	180	190	205
	20	170	177	185	195	210
모래 고로슬래그 쉐석 AE콘크리트	25	158	165	171	181	194
	20	162	169	176	186	199
경량콘크리트 1종(AE)	20	160	165	170	179	189
	15	165	170	175	185	195
경량콘크리트 2종(AE)	20	155	160	165	170	179
	15	160	165	170	175	185

- 주) 1) 이 표의 값은 물시멘트비 50-65%, 잔골재의 조립율 2.8, 20℃전후의 콘크리트에 대한 것이며, AE콘크리트의 공기량은 보통 콘크리트에서 4%, 경량콘크리트에서 5%를 기준으로 한 것이다.  
 2) 물시멘트비가 40-50%일때는 단위수량을 3-5%증가시킨다.  
 3) 잔골재의 조립율 0.5의 증감에 따라 단위수량을 2-3%감소, 증가시킨다.  
 4) 굵은 골재의 최대치수가 40mm인 경우는 25mm의 경우에 비하여 단위수량을 약 6%감소시킨다.



[표 9] AE경량콘크리트의 단위수량의 대략값(kg/m<sup>3</sup>)

물시멘트비 (%)	슬럼프(cm)	경량콘크리트(kg/m <sup>3</sup> )			
		1종	2종	3종	4종
40	8	168	166	-	-
	12	175	171	-	-
	15	181	175	207	197
	18	189	181	219	209
	21	200	190	236	225
45	8	166	164	-	-
	12	172	168	-	-
	15	178	172	201	192
	18	186	178	213	208
	21	197	187	230	219
50	8	165	163	-	-
	12	170	166	-	-
	15	176	170	196	187
	18	184	176	207	197
	21	195	185	224	213
55-65	8	164	162	-	-
	12	169	165	-	-
	15	173	169	192	183
	18	183	175	203	193
	21	183	183	219	209

주) 1) 사용된 굵은 골재의 최대치수는 1종 및 2종의 경우 15mm이며, 3종 및 4종의 경우는 20mm이다. 잔골재의 조립율은 2.8(2.5mm)이며, 콘크리트온도 20℃를 기준으로 한 값이다.

2) 단위수량이 200kg/m<sup>3</sup>를 넘는 경우는 AE감수제등을 사용하여 가능한 200kg/m<sup>3</sup>이하가 되게 한다.

나타낸 [표 8]을 참고로 할수 있으며, 특히 경량콘크리트의 경우로써 보통포틀랜드시멘트를 사용하는 AE콘크리트의 단위수량을 결정할 때에는 일본건축학회에서 제시한 [표 9]의 값을 참고 하면 좋다.

#### 4.5 단위시멘트량의 결정

단위시멘트량은 일반적으로 물시멘트비와 단위수량으로부터 산출한다. 철근콘크리트에 사용되는 콘크리트에서는 소요강도의 콘크리트를 얻기 위하여 상당량의 시멘트를 필요로

한다. 또한 철근이 녹스는 것을 방지하고 콘크리트와 철근과의 부착강도를 높이기 위해서는 적당한 물시멘트의 시멘트풀로 완전히 둘러싸야하며, 콘크리트가 충분히 수밀해야 하는데 이를 위해서도 상당한 양의 시멘트를 사용해야 한다. 일반적으로 단위시멘트량을 300kg/m<sup>3</sup>이상으로 하면 이와 같은 목적을 달성할 수 있다. 매스콘크리트의 경우에는 수화열에 의한 균열이 생기기 쉬우므로 단위시멘트량은 충분히 검토한 후에 정할 필요가 있다. 건축공사 표준시방서는 단위시멘트의 최소값으로서 [표 10]의 값을 규정하고 있다.

한편 펌프로 압송하는 콘크리트의 경우 시멘트량이 적을수록 일반적으로 관내저항이 증가하며, 펌프 부하가 크게 되어 압송능력이 저하된다. 압송이 가능한 시멘트량의 최저치는 여러 조건에 따라 다르나 250kg/m<sup>3</sup>정도이며 시멘트량이 적으면 水量, 골재의 良否가 압송성에 민감하게 영향을 미친다. 따라서 건축용으로 비교적 묽은 반죽인 콘크리트의 단위시멘트량은 실용적으로 280kg/m<sup>3</sup> 이상이 바람직 하다.

현장에서의 실측결과에 의하면 관경과 압송 거리에 따라 필요한 단위시멘트량의 최저치는 [표 11]과 같다. 펌프로 압송하는 경량콘크리트의 단위시멘트량은 [표 12]에 나타난 값을 참고로 하면 좋다.

#### 4.6 혼화제량의 결정

일반적으로 혼화제의 사용량은 시멘트에 대

한 중량비로 나타내며 혼화제 제조회사가 추천하는 값을 기준으로 시험을 실시하여 적절히 정한다. AE제 또는 AE감수제를 사용하면 콘크리트의 워커빌리티가 개선되며 동결융해에 대한 저항성이 개선되는등 여러 가지 성질이 개선된다. 공기량은 굵은 골재 최대치수 등에 따라 콘크리트용적의 3-6%로 하는 것이 일반적이다. KS F 4009에서 레미콘 표준품의 공기량은 보통콘크리트의 경우 4%, 경량콘크리트는 5%로 규정하고 있다. 레미콘의 공기량은 운반, 펌프압송, 진동다짐 등에 의해 다소 감소하며 이에 대한 고려가 필요하다.

#### 4.7 골재량의 결정

시멘트, 잔골재, 굵은골재의 비중을 각각 Sc, Ss, Sg라 하면 콘크리트 1m<sup>3</sup>당의 단위잔골재량 및 단위굵은골재량은 다음계산에 의해

[표 10] 단위시멘트량의 최소값(kg/m<sup>3</sup>)

콘크리트 품질등급	보통콘크리트	경량콘크리트
고 급	270	300
보 통	250	300

주) 흙속 또는 물속에 항시 접해있는 경량콘크리트의 단위시멘트량의 최소값은 340kg/m<sup>3</sup>로 한다.

[표 11] 보통콘크리트의 단위시멘트량의 최소값(kg/m<sup>3</sup>)

수송관의 호칭치수			수평환산거리(M)		
100A (4B)	125A (5B)	150A (6B)	60미만	60이상 150미만	150이상
300	290	280	280	290	300

[표 12] 경량콘크리트의 단위시멘트량의 최소값(kg/m<sup>3</sup>)

종류	슬럼프(cm)	8이상 18이하		18초과		
	수평환산거리(m)	60미만	60이상 150미만	60미만	60이상 150미만	150이상
1,2종	인공경량콘크리트	310	320	330	340	350
3,4종	천연부산경량콘크리트	320	330	340	350	360
5종	천연경량콘크리트	330	340	350	360	360

구해진다. 또 다른 예로서 혼화재로 플라이애쉬(비중 Sf)를 F(kg/m<sup>3</sup>)량 사용하는 경우는 식(6)의 우측변( )속에 F/ (Sf×1000)을 추가하면 된다.

$$\begin{aligned} & \text{단위골재량의 절대용적 (Va) (m}^3\text{)} \\ & = 1 - (V_w + V_c + V_{air}) \\ & = 1 - \{W/1000 + C/(S_c \times 1000) + Air(\%)/1000\} \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{단위잔골재량 S(kg)} \\ & = V_a \times (S/A \div 100) \times S_s \times 1000 \dots\dots(7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{단위굵은골재량 G(kg)} \\ & = V_a \times (1 - S/a \div 100) \times S_g \times 1000 \dots\dots(8) \end{aligned}$$

여기서 V<sub>w</sub> : 물의용적 (m<sup>3</sup>)  
V<sub>c</sub> : 시멘트의 절대용적 (m<sup>3</sup>)

V<sub>air</sub> : 공기의 용적 (m<sup>3</sup>)  
W : 단위수량 (kg/m<sup>3</sup>)  
C : 단위시멘트량 (kg/m<sup>3</sup>)  
S/A : 잔골재율 (%)

#### 4.8 시방배합의 변경

시방배합을 작성한 때의 조건 즉, 원재료의 품질, 콘크리트 강도의 변동치 등이 일정 규정치 이상 변화한 경우는 시방배합을 변경하여야 한다. 시방배합의 변경조건을 규정한 한 예를 [표 13]에 나타낸다.

《다음호에 계속》

[표 13] 시방배합의 변경조건

요 인	변 경 조 건	
원재료의 품질	시멘트	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시멘트의 변경</li> <li>• 물시멘트비와 콘크리트강도의 관계식이 실제와 맞지 않는 경우</li> </ul>
	골재	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시방배합을 작성한 때의 표준골재와 다른골재를 사용한 경우(특히 비중, 실적율, 조립율)</li> </ul>
	혼화재료	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표준으로 사용한 혼화재료를 변경한 때</li> </ul>
	콘크리트 강도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공정검사, 제품검사에서 강도의 변동이나 경향이 다르게 된 경우</li> <li>• 강도관리도에서 강도의 경향이나 표준편차의 값이 사내규격치와 다르게 나타나는 경우</li> <li>• 사내규격의 품질보증 방침을 변경한 때 (호칭강도 이하의 불량률을 변경한 때)</li> </ul>