

## 레미콘의 배합설계

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

### 5. 레미콘 현장배합의 결정

시방배합과 같은 콘크리트를 제조하기 위해서는 공장에서 골재의 습윤상태, 골재의 입도 등의 재료상태와 1회의 혼합량 등에 따라 시방 배합을 수정하여 현장배합을 결정한다.

#### 5.1 골재의 입도, 표면수량에 따른 보정

1) 골재의 입도에 따른 보정 : 잔골재 속에 No. 4체에 남는 것이 a%, 굵은골재 속에 No. 4체를 통과하는 것이 b% 포함되어 있을 때 현장배합의 잔골재량(S')과 굵은골재량(G')은 다음식으로 계산된다.

$$S' = \frac{100 S - b(S + G)}{100 - (a + b)} \quad (9)$$

$$G' = \frac{100 G - a(S + G)}{100 - (a + b)} \quad (10)$$

2) 골재의 표면수량에 따른 보정 : 잔골재의 표면수량은 1일에 2회이상 측정하여야 하며 일반적으로 잔골재 표면수량 보정은 플랜트의 표면수 보정장치를 이용한다. 굵은 골재의 표

면수량은 잔골재에 비하여 변동이 작아서 강우직후를 제외하고는 통상 0.5-1.0% 정도의 일정한 값을 사용하여 보정하는 경우가 많다. 잔골재와 굵은 골재의 표면수량을 각각 a' 및 b'라 하면 표면수량에 의해 수정된 잔골재량(S''), 굵은골재량(G'') 및 단위수량(W')은 다음식으로 계산된다.

$$S'' = S'(1 + a' / 100) \quad (11)$$

$$G'' = G'(1 + b' / 100) \quad (12)$$

$$W' = W - S' \times a' / 100 - G' \times b' / 100 \quad (13)$$

특히 표면수량 보정의 정확도는 레미콘의 슬럼프, 강도의 변동에 크게 영향을 미치기 때문에 공정관리상 중요한 사항이다. 표면수량의 변동이 보통콘크리트의 품질에 미치는 영향은 [표 14]와 같다.

[표 14] 표면수량의 변동이 콘크리트의 품질에 미치는 영향

구 분	변 동	슬럼프	콘크리트 강도
잔골재의 표면수량	±1%	±(3-4)cm	±(6-8)%
굵은골재의 표면수량	±1%	±(1-2)cm	±(2-4)%

한편 경량콘크리트에서 시방배합의 경량골재량은 통상 절대건조중량으로 표시되기 때문에 경량골재 계량시의 중량은 그때마다 흡수율과 표면수량을 측정하여 함수량 (흡수율 + 표면수량)을 보정한 값으로 한다.

## 5.2 골재 혼합비의 변경

굵은골재의 최대치수가 40mm인 골재는 40-25mm(부순돌은 40-20mm)와 25-5mm(부순돌은 20-5mm)의 골재를 사용하여 최대치수 40mm의 표준입도 범위에 들도록 적당한 혼합비를 정하여 계량하는 경우가 있다. 이러한 경우는 사용하는 골재입도에 따라 표준입도범위에 들도록 혼합비를 변경할 필요가 있다.

잔골재로써 조사와 세사를 혼합하여 일정 조립율이 되도록 혼합비를 정하여 사용하는 경우는 조사와 세사의 조립율에 따라 조립율이  $\pm 0.2$ 의 범위에 들도록 혼합비를 변경한다. 또한 굵은 골재중의 5mm 이하는 잔골재, 잔골재중의 5mm 이상은 굵은 골재로 하여 굵은 골재량과 잔골재량을 수정한다.

## 6. 배합보고서

레미콘의 납품에 앞서 생산자는 제조에 사용할 재료와 배합 및 콘크리트에 함유된 염화물량의 한도 등에 대하여 구입자에게 보고하여야 한다. 구입자는 사용재료와 배합을 검토하고 지정사항을 만족시키는지의 여부를 판단한다. 또 필요에 따라 배합설계, 콘크리트에 함유된 염화물량의 계산에 기초가 된 자료, 예를 들면 배합계산서와, 그 첨부자료(그 공장의 사용재료를 기준한 물시멘트비와 강도의 관계식, 배합수정의 조건과 방법, 사용재료의 품질과 관리상황, 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 강

도 등의 관리도 등)를 생산자로부터 제시받아 검토한다.

배합보고서를 제출한 후 사용재료를 변경한 경우 생산자는 신속히 배합보고서를 구입자에게 다시 제출할 필요가 있다.

또 일반적으로 배합보고서의 배합표에 기재한 각 재료량은 앞에서 기술한 바와 같이 운반에 따른 공기량의 감소를 고려하여 혼합직후의 콘크리트용적이  $1.01\text{m}^3$ 가 되도록 결정한다. 1일의 콘크리트 타설후 타설량과 공장으로부터의 납품수량과에 차이가 생겨 이의가 제기되는 경우가 있다. 이 차이가 큰 경우 그 현장에 납품된 각 배치의 재료계량치의 자동기록지가 참고가 된다. 일반적으로 이 양자의 차이는 약 2%정도까지 허용되고 있다.

## 7. 시방배합설계시의 참고자료

### 7.1 운반에 의한 슬럼프의 저하치

운반에 따른 슬럼프의 저하는 사용하는 골재의 품질, 슬럼프 값, 기온, 혼화제의 종류, 운반시간등에 따라 다르다. 특히 기온이 높은 경우 슬럼프의 저하가 크며, 지연제등을 사용한 경우에도 슬럼프의 저하가 큰 경우가 있기 때문에 주의를 요한다. 운반시간에 따른 슬럼프저하량을 나타낸 예로써 다음식이 있다.

$$Y = 0.001X_1X_2 - 0.0006X_1X_3 + 0.02X_1X_4 + 0.03X_1 - 0.95 \dots \dots \dots (14)$$

- 여기서, Y : 슬럼프 저하량 (cm)  
 $X_1$  : 운반시간 (분)  
 $X_2$  : 콘크리트 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $X_3$  : 혼합직후의 슬럼프 (cm)  
 $X_4$  : 혼화제 사용유무(사용한 경우 : 1, 사용하지 않은 경우 : 0)

위의 식에 의해 운반시간과 콘크리트의 온도별로 슬럼프 저하량을 계산하여 나타낸 것

[표 15] 슬럼프 저하량의 추정치 (cm)

종류	보통콘크리트			혼화제 사용한 콘크리트		
	30	60	90	30	60	90
운반시간(분) 콘크리트 온도(℃)						
10	0	1	2	0.5	2	3.5
20	0.5	1.5	3	1	2.5	4.5
30	0.5	2	3.5	1	3	5.5
35	0.5	2.5	4	1	3.5	6

이 [표 15]이다. 이때 혼화제를 사용한 경우는 혼화제의 종류에 따라 슬럼프 저하량에 상당한 차이가 있기 때문에 확인이 필요하다.

### 7.2 운반에 의한 공기량의 저하값

운반에 의한 공기량의 저하치는 시멘트의 종류, 콘크리트의 종류, 혼화제의 종류, 배합, 레미콘의 온도, 교반시간등에 따라 다른데 일반적으로 0.5-1% 정도의 범위이다. 전술한 바와 같이 배합설계시에는 공기량 저하를 1%정도로 보고 이를 반영하는 경우가 많다

### 7.3 콘크리트 온도의 변화

한중콘크리트의 경우 콘크리트 타설시의 온도는 대개 10-20℃로 규정되어있기 때문에 보통 재료의 가열이 필요하며, 운반중의 온도저하를 고려해야 한다. 골재의 가열은 온도가 균일하며, 과도하게 건조되지 않도록 하여야 한다. 골재가 가열되면 취급이 곤란하게 되며 건조된 골재는 믹서내에서 급속히 흡수하여 단위수량의 관리를 어렵게 만든다. 시멘트는 가열해서는 안된다. 온도가 균일하게 되도록 시멘트를 가열하기가 어려울 뿐만 아니라 시멘트의 온도가 높을 경우 급결함으로써 콘크리트의 성질에 나쁜 영향을 미칠 우려가 있기 때문이다.

재료를 가열하는 경우 열용량이 크고 가열이 용이한 물의 가열이 가장 효과적이다. 온도의 저하에 따라 먼저 물을 가열하고 다음으로 잔골재, 굵은 골재의 순으로 가열하는 것이 좋다. 혼합한 콘크리트의 온도( $\theta$ )는 혼합중의 냉각을 고려할 때 대체로 다음 식으로 계산된 값과 같다.

$$\theta = \frac{0.2(\theta_a W_a + \theta_c W_c) + \theta_f W_f + \theta_m W_m}{0.2(W_a + W_c) + W_r + W_m} \quad (15)$$

여기서 0.2 : 시멘트 및 골재의 평균비열

$W_a$  : 골재중량 (kg)

$W_c$  : 시멘트 중량 (kg)

$W_f$  : 골재의 표면수 중량 (kg)

$W_m$  : 혼합수량 (kg)

$\theta$  : 혼합직후의 콘크리트 온도 (℃)

$\theta_a$  : 골재온도 (℃)

$\theta_c$  : 시멘트 온도 (℃)

$\theta_f$  : 골재 표면수의 온도 (℃)

$\theta_m$  : 혼합수 온도 (℃)

한편 1시간 동안의 운반에 의한 콘크리트의 온도저하는 콘크리트의 온도와 대기온도의 차이의 15% 정도이기 때문에 운반에 의한 온도저하치는 다음식으로 나타낼수 있다.

$$T' = 0.15(T_1 + T_0)t \quad (16)$$

여기서  $T'$  : 콘크리트의 온도저하치 (℃)

$T_1$  : 혼합직후의 콘크리트 온도 (℃)

$T_0$  : 주위의 기온 (℃)

$t$  : 혼합후 타설종료시 까지의 시간 (시)

한중콘크리트로 펌프압송을 하는 경우는 레미콘의 온도가 타설장소에서 0.5-1.5 (℃) 정도 상승하게 된다. 특히 서중콘크리트로서 매스 콘크리트인 경우는 타설후의 수화열에 의한 온도상승과, 운반중의 온도상승 (통상의 경우 1-2(℃)정도)을 고려하여 혼합시의 콘크리트온도를 정할 필요가 있다.

콘크리트의 온도를 저하시키기 위하여 얼음을 사용하거나 골재와 운반차를 냉각시킨다거나 기온이 낮은 아침과 저녁에 타설해야 하는 경우도 있다. 또 근래에는 콘크리트의 온도를 액체질소로 냉각하는 방법도 사용되고 있다.

#### 7.4 콘크리트강도의 표준편차

콘크리트강도의 표준편차는 그 공장의 실적으로부터 산정한 값을 사용한다. 이 경우 평균치를 취소할 것인가 또는 편차를 감안하여 안전측으로 크게 정할 것인가 하는 문제를 결정하여야 하며, 또 산정식의 적용시기등을 분명히 해 둘 필요가 있다. 레미콘에 관한 품질기준이나 실정이 우리나라와 비슷한 일본의 경우는 편차를 감안하여 실제의 표준편차보다 약

5kgf/cm<sup>2</sup>정도 큰 값을 적용하는 경우가 많다고 한다.

일본 전국의 레미콘공장에 대한 조사예를 보면 배합설계시의 표준편차( $\sigma$ )는 콘크리트강도가 136-160kgf/cm<sup>2</sup>에서는 평균적으로  $\sigma = 22\text{kgf/cm}^2$  정도, 240-270kgf/cm<sup>2</sup>에서는  $\sigma = 27\text{kgf/cm}^2$ 의 값을 채택하고 있으며, 실제적인  $\sigma$  값은 136-160kgf/cm<sup>2</sup>에서  $\sigma = 16\text{kgf/cm}^2$ , 240-270kgf/cm<sup>2</sup>에서  $\sigma = 20\text{kgf/cm}^2$  정도인 것으로 나타났다. 일반적으로는  $\sigma = 20\text{-}25\text{kgf/cm}^2$ 를 채택하는 경우가 많고 콘크리트강도가 300-350kgf/cm<sup>2</sup>인 경우는 대개  $\sigma = 30\text{-}35\text{kgf/cm}^2$ 의 값을 사용하는 것으로 보인다. 표준편차를 구하기 위해서는 동일한 배합으로 25배치 이상, 공시체 75개 이상의 시험치로 구하는 것이 좋다.

