

## 2.4 배합

### 2.4.1 일반사항

- (1) 콘크리트의 배합은 소요의 강도, 내구성, 수밀성, 균열저항성, 철근 또는 강재를 보호하는 성능을 갖도록 정하여야 한다. 또한 작업에 적합한 워커빌리티를 갖는 범위 내에서 단위수량은 될 수 있는 대로 작게 하여야 한다.
- (2) 작업에 적합한 워커빌리티를 갖도록 하기 위해서는 1회 타설할 수 있는 콘크리트 단면 형상, 치수 및 강재의 배치, 특히 콘크리트의 다지기 방법 등에 따라 거푸집 구석구석까지 콘크리트가 충분히 채워지도록 하고, 다지는 작업이 용이하면서 재료분리가 거의 생기지 않도록 콘크리트의 배합을 정하여야 한다.

### 2.4.2 배합강도

- (1) 구조물에 사용된 콘크리트의 압축강도가 설계기준강도보다 작아지지 않도록 현장 콘크리트의 품질변동을 고려하여 콘크리트의 배합강도( $f_{cr}$ )를 설계기준강도( $f_{ck}$ )보다 충분히 크게 정하여야 한다.
- (2) 콘크리트 배합강도는 다음의 두 식에 의한 값 중 큰 값으로 정한다.

$$f_{cr} = f_{ck} + 1.34s(\text{MPa}) \quad (2.1)$$

$$f_{cr} = (f_{ck} - 3.5) + 2.33s(\text{MPa}) \quad (2.2)$$

여기서,  $s$  : 압축강도의 표준편차(MPa)

- (3) 콘크리트 압축강도의 표준편차는 실제 사용한 콘크리트의 30회 이상의 시험실적으로부터 결정하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 압축강도의 시험횟수가 29회 이하이고 15회 이상인 경우는 그것으로 계산한 표준편차에 표 2.12의 보정계수를 곱한 값을 표준편차로 사용할 수 있다.
- (4) 콘크리트 압축강도의 표준편차를 알지 못할 때, 또는 압축강도의 시험횟수가 14회 이하인 경우, 콘크리트의 배합강도는 표 2.13과 같이 정한다.

2.12 가 29

시험횟수	표준편차의 보정계수
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 이상	1.00

주) 위 표에 명시되지 않은 시험횟수에 대해서는 직선 보간한다

설계기준강도 $f_{ck}$ (MPa)	배합강도 $f_{cr}$ (MPa)
21 미만	$f_{ck} + 7$
21 이상 35 이하	$f_{ck} + 8.5$
35 초과	$f_{ck} + 10$

#### 2.4.3 물-시멘트비

- (1) 물-시멘트비는 소요의 강도, 내구성, 수밀성 및 균열저항성 등을 고려하여 정한다.
- (2) 콘크리트의 압축강도를 기준으로 물-시멘트비를 정하는 경우 그 값은 다음과 같이 정한다.
  - ① 압축강도와 물-시멘트비와의 관계는 시험에 의하여 정하는 것을 원칙으로 한다. 이 때 공시체는 재령 28일을 표준으로 한다.
  - ② 배합에 사용할 물-시멘트비는 기준 재령의 시멘트-물비와 압축강도와의 관계식에서 배합강도에 해당하는 시멘트-물비 값의 역수로 한다.
- (3) 콘크리트의 내동해성을 기준으로 하여 물-시멘트비를 정할 경우 그 값은 표 2.14의 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 콘크리트의 황산염에 대한 내구성을 기준으로 하여 물-시멘트비를 정할 경우 그 값은 표 2.15의 값을 초과하지 않도록 하여야 한다.
- (5) 제빙화학제가 사용되는 콘크리트의 물-시멘트비는 45% 이하로 하여야 한다.
- (6) 콘크리트의 수밀성을 기준으로 물-시멘트비를 정할 경우, 그 값은 50% 이하로 하여야 한다.
- (7) 해양구조물에 쓰이는 콘크리트의 물-시멘트비를 정할 경우에는 제15장의 「2.2 물-시멘트비」에 따라야 한다.
- (8) 콘크리트의 중성화 저항성을 고려해야 하는 경우 물-시멘트비는 55% 이하로 하여야 한다.

#### 2.4.4 단위수량

- (1) 단위수량은 작업이 가능한 범위 내에서 될 수 있는 대로 적게 되도록 시험을 통해 정한다.
- (2) 단위수량은 굵은골재의 최대치수, 골재의 입도와 입형, 혼화재료의 종류, 콘크리트의 공기량 등에 따라 다르므로 실제의 시공에 사용되는 재료를 사용하여 시험을 실시한 다음 정한다.

#### 2.4.5 단위시멘트량

- (1) 단위시멘트량은 원칙적으로 단위수량과 물-시멘트비로부터 정한다.
- (2) 단위시멘트량은 소요의 강도, 내구성, 수밀성, 균열저항성, 강재를 보호하는 성능 등을 갖는 콘크리트가 얻어지도록 시험에 의하여 정한다.
- (3) 단위시멘트량의 하한값 혹은 상한값이 규정되어 있는 경우에는 이들의 조건을 충족하여야 한다.

2.14  
(%)

AE

구조물의 노출상태	기 상 조 건	기상작용이 심한 경우 또는 동결융해가 종종 반복되는 경우		기상작용이 심하지 않은 경우, 빙점 이하의 기온으로 되는 일이 드문 경우	
		얇은 경우 <sup>2)</sup>	보통의 경우 <sup>3)</sup>	얇은 경우 <sup>2)</sup>	보통의 경우 <sup>3)</sup>
① 계속해서 또는 종종 물로 포화되는 부분 <sup>1)</sup>		45	50	50	55
② 보통의 노출상태에 있으며 ①에 해당하지 않는 경우		50	55	55	60

- 주 1) 수로, 수조, 교대, 교각, 옹벽, 터널의 라이닝 등으로서 수면에 가까워 물로 포화되는 부분 및 이들 구조물 외에 보, 슬래브 등으로서 수면으로부터 떨어져 있기는 하나 용설, 유수, 물보라 등 때문에 물로 포화되는 부분  
 2) 단면 두께가 0.2m 이하인 구조물  
 3) 단면이 두꺼운 경우에도 보통의 경우와 같음

2.15

황산염 노출정도	토양내의 수용성 황산염(SO <sub>4</sub> ) 질량(%)	물 속의 황산염(ppm)	시멘트 종류	물-시멘트비 (물-결합재비) (%)
무시할 수 있음	0.00 ~ 0.10	0 ~ 150	-	-
보 통 <sup>1)</sup>	0.10 ~ 0.20	150 ~ 1,500	보통포틀랜드시멘트 + 포졸란 <sup>2)</sup> 플라이애쉬시멘트 중용열포틀랜드시멘트 고로슬래그시멘트	50
심 함	0.20 ~ 2.00	1,500 ~ 10,000	내황산염포틀랜드시멘트	45
매우 심함	2.00 초과	10,000 초과	내황산염포틀랜드시멘트 + 포졸란 <sup>3)</sup>	45

- 주 1) 바닷물은 노출 정도를 보통으로 함  
 2) 여기서 포졸란이란 플라이 애쉬, 고로슬래그 미분말 등의 혼화재를 말한다  
 3) 황산염에 대한 저항성을 개선시킬 수 있다는 입증된 자료가 있거나 실험에 의해 그 효과가 증명된 포졸란을 말한다

#### 2.4.6 굵은골재의 최대치수

- (1) 굵은골재의 최대치수는 부재 최소치수의 1/5, 철근피복 및 철근의 최소 순간격의 3/4을 초과해서는 안된다.
- (2) 굵은골재의 최대치수는 표 2.16의 값을 표준으로 한다.

2.16

구조물의 종류	굵은골재의 최대치수(mm)
일반적인 경우	20 또는 25
단면이 큰 경우	40
무근콘크리트	40 부재 최소치수의 1/4를 초과해서는 안됨

#### 2.4.7 슬럼프

- (1) 콘크리트의 슬럼프는 운반, 타설, 다지기 등의 작업에 알맞은 범위 내에서 될 수 있는 대로 작은 값으로 정한다.
- (2) 콘크리트를 타설할 때의 슬럼프 값은 표 2.17을 표준으로 한다.
- (3) 콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402에 따른다.
- (4) 된 반죽의 콘크리트에 대해서는 슬럼프 시험 대신에 KS F 2427, KS F 2428과 KS F 2452의 규정에 따라 시험할 수 있다.

2.17 (mm)

종 류		슬럼프 값
철근콘크리트	일반적인 경우	80 ~150
	단면이 큰 경우	60 ~120
무근콘크리트	일반적인 경우	50 ~150
	단면이 큰 경우	50 ~100

- 주 1) 유동화콘크리트의 슬럼프에 대해서는 제11장의 「2.2 배합」을 표준으로 한다
- 2) 여기에서 제시된 슬럼프값은 구조물의 종류에 따른 슬럼프의 범위를 나타낸 것으로 실제로 각종 공사에서 슬럼프값을 정하고자 할 경우에는 구조물의 종류나 부재의 형상, 치수 및 배근상태에 따라 알맞은 값으로 정하되 충전성이 좋고 충분히 다질 수 있는 범위에서 되도록 작은 값으로 정하여야 한다
- 3) 콘크리트의 운반시간이 길 경우 또는 기온이 높을 경우에는 슬럼프가 크게 저하하므로 운반중의 슬럼프 저하를 고려한 슬럼프값에 대하여 배합을 정하여야 한다

#### 2.4.8 잔골재율

- (1) 잔골재율은 소요의 워커빌리티를 얻을 수 있는 범위 내에서 단위수량이 최소가 되도록 시험에 의해 정한다.
- (2) 잔골재율은 사용하는 잔골재의 입도, 콘크리트의 공기량, 단위시멘트량, 혼화재료의 종류 등에 따라 다르므로 시험에 의해 정한다.
- (3) 공사 중에 잔골재의 입도가 변하여 조립률이  $\pm 0.20$  이상 차이가 있을 경우에는 워커빌리티가 변화하므로 배합을 수정할 필요가 있다. 이 때 잔골재율에 대해서도 그 적합 여부를 시험에 의해 확인해 놓을 필요가 있다.
- (4) 콘크리트 펌프시공의 경우에는 콘크리트 펌프의 성능, 배관, 압송거리 등에 따라 적절한 잔골재율을 결정한다.
- (5) 유동화콘크리트의 경우, 유동화 후 콘크리트의 워커빌리티를 고려하여 잔골재율을 결정할 필요가 있다.
- (6) 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 경우로서 물-시멘트비 및 슬럼프가 같으면, 일반적인 AE감수제를 사용한 콘크리트와 비교하여 잔골재율을 1~2% 정도 크게 하는 것이 좋다.

#### 2.4.9 AE콘크리트의 공기량

- (1) AE제, AE감수제 또는 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 공기량은 굵은골재 최대치수와 내동해성을 고려하여 표 2.18과 같이 정하며, 운반 후 공기량은 이 값에서  $\pm 1.5\%$  이내이어야 한다.
- (2) AE콘크리트의 공기량은 같은 단위 AE제량을 사용하는 경우라도 여러 조건에 따라 상당히 변화하므로 AE콘크리트 시공에서는 반드시 KS F 2409 또는 KS F 2421에 따라 공기량 시험을 하여야 한다.

2.18 AE

굵은골재의 최대치수(mm)	공기량(%)	
	심한 노출 <sup>1)</sup>	보통 노출 <sup>2)</sup>
10	7.5	6.0
15	7.0	5.5
20	6.0	5.0
25	6.0	4.5
40	5.5	4.5

주 1) 동결기에 수분과 지속적인 접촉이 이루어져 결빙이 되거나, 또는 제빙화학제가 사용되는 경우

2) 동결기에 가끔 수분과 접촉하여 결빙되지만, 제빙화학제를 사용되지 않는 경우

#### 2.4.10 혼화재료의 단위량

- (1) AE제, AE감수제 및 고성능AE감수제 등의 단위량은 소요의 슬럼프 및 공기량을 얻을 수 있도록 시험에 의해 정한다.
- (2) (1) 이외의 혼화재료의 단위량은 시험결과나 기존의 경험 등을 바탕으로 효과를 얻을 수 있도록 정한다.
- (3) 제빙화학제에 노출된 콘크리트에 있어서 플라이 애쉬, 고로슬래그 미분말 또는 실리카 폼을 시멘트 재료의 일부로 치환하여 사용하는 경우 이들 혼화재의 사용량은 표 2.19의 값을 초과하지 않도록 한다.

#### 2.4.11 배합의 표시법

- (1) 배합의 표시법은 일반적으로 표 2.20에 따른다.
- (2) 시방배합에서 잔골재는 5mm체를 전부 통과하는 것을 말하고, 굵은골재는 5mm체에 전부 남는 것을 말하며, 잔골재 및 굵은골재는 각각 표면건조포화상태로서 나타낸다.
- (3) 시방배합을 현장배합으로 고칠 경우에는 골재의 함수상태, 잔골재 중에서 5mm체에 남는 굵은골재량, 굵은골재 중에서 5mm체를 통과하는 잔골재량 및 혼화제를 희석시킨 희석수량 등을 고려하여야 한다.

2.19

혼화재의 종류	시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량백분율(%)
플라이 애쉬	25
고로슬래그 미분말	50
실리카 폼	10
플라이 애쉬, 고로슬래그 미분말 및 실리카 폼의 합계	50 <sup>1)</sup>
플라이 애쉬와 실리카 폼의 합계	35 <sup>1)</sup>

주 1) 플라이 애쉬와 실리카 폼은 시멘트와 이들 혼화재를 합한 질량에 대해 각각 25% 및 10%를 넘지 않아야 한다

굵은골재의최대치수 (mm)	슬럼프 범위 (mm)	공기량 범위 (%)	물-시멘트 비 <sup>1)</sup> W/C (%)	잔골재율 S/α (%)	단 위 량 (kg/m <sup>3</sup> )						
					물 W	시멘트 C	잔골재 S	굵은골재 G		혼화재료	
								mm~ mm	mm~ mm	혼화재 <sup>1)</sup>	혼화제 <sup>2)</sup>

주 1) 포졸란반응성 및 잠재수경성을 갖는 혼화재를 사용할 경우 물-시멘트비는 물-결합재비가 된다

2) 같은 종류의 재료를 여러 가지 사용할 경우에는 각각의 난을 나누어 표시한다. 이 때 사용량에 대하여는  $m^3/m^3$  또는  $g/m^3$ 로 표시하며, 희석시키거나 녹이거나 하지 않은 것으로 나타낸다

## 2.5 계량 및 비비기

### 2.5.1 재료의 계량

- (1) 계량은 현장배합에 의해 실시하는 것으로 한다.
- (2) 골재의 표면수율의 시험방법은 KS F 2550 및 KS F 2509에 따른다. 골재가 건조되어 있을 때의 유효흡수율의 값은 골재를 적절한 시간 흡수시켜서 구한다.
- (3) 유효흡수율의 시험에서 골재에 흡수시키는 시간은 공사현장의 사정에 따라 다르나 실용상으로 보통 15~30분간의 흡수율을 유효흡수율로 보아도 좋다. 또 혼화제를 녹이는 데 사용하는 물이나 혼화제를 묽게 하는 데 사용하는 물은 단위수량의 일부로 보아야 한다.
- (4) 1 배치량은 콘크리트의 종류, 비비기 설비의 성능, 운반방법, 공사의 종류, 콘크리트의 타설량 등을 고려하여 정하여야 한다.
- (5) 각 재료는 1배치씩 질량으로 계량하여야 한다. 다만, 물과 혼화제 용액은 용적으로 계량해도 좋다.
- (6) 계량오차는 1회 계량분에 대하여 표 2.21의 값 이하하여야 한다.
- (7) 연속믹서를 사용할 경우, 각 재료는 용적으로 계량해도 좋다. 이 때의 계량오차는 믹서의 용량에 따라 정해지는 소정의 시간당 계량분을 질량으로 환산하고, 표 2.21의 값 이하이어야 한다. 이 경우 소정의 시간당 계량분은 믹서의 종류, 비비기 시간 등을 고려하여 적절히 정하여야 한다.

2.21

재료의 종류	허용오차 (%)
물	1
시멘트	1
골재	3
혼화재 <sup>1)</sup>	2
혼화제	3

주 1) 고로슬래그 미분말의 계량오차의 최대치는 1%로 한다

2.5.2 비비기

- (1) 콘크리트의 재료는 반죽된 콘크리트가 균등하게 될 때까지 충분히 비벼야 한다.
- (2) 재료를 믹서에 투입하는 순서는 믹서의 형식, 비비기 시간, 골재의 종류 및 입도, 단위수량, 단위시멘트량, 혼화재료의 종류 등에 따라 다르므로 KS F 2455에 의한 시험, 강도시험, 블리딩시험 등의 결과 또는 실적을 참고로 해서 정한다.
- (3) 비비기 시간은 시험에 의해 정하는 것을 원칙으로 한다. 비비기 시간에 대한 시험을 실시하지 않은 경우 그 최소시간은 가경식 믹서일 때에는 1분 30초 이상, 강제식 믹서일 때에는 1분 이상을 표준으로 해도 좋다.
- (4) 비비기는 미리 정해 둔 비비기 시간의 3배 이상 계속해서는 안된다.
- (5) 비비기를 시작하기 전에 미리 믹서 내부를 모르타르로 부착시켜야 한다.
- (6) 믹서 안의 콘크리트를 전부 꺼낸 후가 아니면 믹서 안에 다음 재료를 넣어서는 안된다.
- (7) 믹서는 사용 전후에 잘 청소하여야 한다.
- (8) 연속믹서를 사용할 경우, 비비기 시작 후 최초에 배출되는 콘크리트는 사용해서는 안된다