

고유동 콘크리트의 배합설계 방안에 관한 연구(I)

권 영 호

(동양대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 시공/품질시험 기술사)

이 현 호

(동양대학교 건축공학과 교수, 공학박사)

이 화 진

(동양대학교 건축공학과 교수, 공학박사)

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. 머리말 | 2.3 일본국토개발 및 오촌조의 배합설계 방법 |
| 2. 제안된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법 | 2.4 후찌다의 배합설계 방법 |
| 2.1 동경대학의 배합설계 방법 | 2.5 대성건설 및 전원개발의 배합설계 방법 |
| 2.2 강산대학의 배합설계 방법 | 2.6 소 결 |

1. 머리말

고유동 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 材料 · 配合設計 · 製造 · 品質管理 · 現場施工 등에 있어서 매우 엄격한 품질관리 및 기술력이 요구되기 때문에, 이를 실용화시키기 위해서는 사용재료, 기본적인 성능범위 및 배합설계 방법 등에 관한 새로운 접근이 필요하며, 이에 대한 概念定立이 요구된다.

지금까지 제안된 대부분의 배합설계 방법은 고유동 콘크리트의 충전성을 중심으로 要求性能

을 평가하는 시스템이다. 따라서, 사용재료 및 부재조건에 따라 약간의 차이는 있지만, 배합설계의 과정에서 가장 중요한 것은 요구되는 자기 충전성에 적합한 배합조건을 도출하는 것이다.

특히, 고유동 콘크리트의 충전성은 배합을 결정하기 전에 타설부재의 폭과 높이, 철근간격, 타설방향 및 펌프 압송거리 등과 같은 현장 조건을 충분히 고려하여 그 범위를 선정해야 한다. 충전성이 우수한 고유동 콘크리트는 변형성능도 높고 철근 및 배관과 같은 장애물을 통과하여 복잡한 형상에 충전될 수 있어야 하

기 때문에, 변형성능과 철근간극 통과성을 동시에 평가할 수 있는 U형 충전성 시험으로 판정하는 것이 바람직하다.

이러한 충전성을 만족해야 하는 고유동 콘크리트의 배합설계에서 사용재료 및 요구되는 성능에 따라 기본배합을 선정하는 것은 매우 중요하다. 즉, 증점제의 사용유무에 따라 크게 나눌 수 있으며, 증점제를 사용한 고유동 콘크리트의 배합설계에서도 増粘效果에 의해 재료 분리 저항성을 요구하는 경우와 굳지 않은 콘크리트 상태의 품질을 안정시키기 위하여 보조적으로 사용하는 경우로 나눌 수 있다.

국내의 경우, 고유동 콘크리트의 제조에 있어서 대부분 일반 콘크리트의 배합설계 방법으로 접근하고 있기 때문에, 이에 대한 배합설계 방안이 필요한 실정이다. 따라서, 본 고에서는 지금까지 제안된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법을 정리하고, 가장 적절하다고 사료되는 방안을 제안하고자 한다.

2. 제안된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법

지금까지 일본에서 제시된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법을 정리하면 다음과 같다.

2.1 동경대학의 배합설계 방법

東京大學에서 제안한 고유동 콘크리트의 배합설계 방법은 사용되는 결합재의 종류에 따라 모르타르 시험에 의해 기본배합의 물/결합재 용적비를 선정하는 것으로, 증점제를 사용하지 않는 분체계 고유동 콘크리트의 배합설계에 적용하는 것이 바람직하다. 또한, 이 배합설계 방법에 따르면, 굵은골재의 單位容積比(G_v : 굵은골재용적/공기를 제외한 콘크리트 容積)는 50%, 잔골재의 용적비(S_r : 잔골재 용적/모르타르 용적)는 40%를 기본적인 범위로 제시하고 있다. 따라서, 기본배합에서 고성능 AE감수제의 첨가량을 선정하기 위한 콘크리트의 시험을 실시하여 요구되는 충전성(특히, U형 box 충전성 시험)에 만족되는 고유동 콘크리트의 배합을 선정한다. 그러나, 이 배합설계 방법에 의해 선정된 고유동 콘크리트의 충전성 및 압축강도는 요구되는 성능보다 높게 되는 경우가 많다.

[표 1]은 동경대학의 배합설계 방법에 따른 배합조건의 결정방법 및 수정방법을 나타낸 것이며, 이러한 배합설계 과정을 요약하면 다음과 같다.

2.1.1 잔골재 용적비(S_r)의 선정

모르타르 배합에서 잔골재 용적비(S_r)는 氣泡를 제거한 모르타르 용적에 대한 잔골재의 용적을 나타낸 것으로 콘크리트의 요구성능을

[표 1] 동경대학의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 단위 굵은골재량(G) 산정 : 용적(G_v) 50%	* 슬럼프 플로우 V-유하시간	① 조립잔골재
② 단위 잔골재량(S) 산정 : 용적(S_r) 40%	① 슬럼프 플로우 60~70cm 불만족 ⇒물/결합재비 또는 고성능 감수제량 조정	90 μ m이상의 잔골재
③ 단위수량(W), 시멘트량(C) 산정 - 물/결합재비 (모르타르의 상대플로우 면적비=5이고, 상대유하 속도비=1일 때의 용적비)	② V-유하시간 10~20초 불만족 ⇒물/결합재비 조정	② 상대플로우 면적비
④ 고성능 AE감수제량(AD) 산정 U형 box 충전성 시험의 높이가 300mm이상		③ 상대유하 속도비

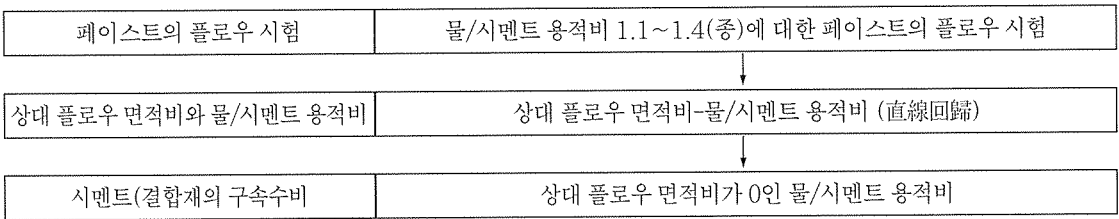
고려할 때, 이 값이 클수록 좋다. 그러나, 유동성 측면에서 한계값 이상으로 하면 충전성능에 영향을 미치므로 입형, 입도분포 및 혼화재의 특성을 고려하여 정하는 것이 바람직하다. 일반적인 모르타르의 잔골재 용적비는 0.40정도가 安全側이며, 이는 (식 1)에 의해 계산한다.

$$\text{잔골재의 용적비 } (S_r) = \frac{S/M}{1 - S_m} \dots\dots\dots(\text{식 1})$$

의 비(拘束水比)를 [그림 1]과 같이 산정한다.

여기서, 시멘트의 용적에 미립잔골재의 용적을 합한 값(시멘트+미립잔골재)으로 모르타르의 물/결합재 용적비를 산정하게 되는데, 이 값은 결합재의 구속수비에 일정한 값을 곱한 값으로 표현된다.

1) 페이스트의 플로우 시험



(그림 1) 고유동 콘크리트의 단열온도 상승시험 결과

여기서, S는 잔골재의 용적, M은 모르타르의 용적, S_m은 0.06mm 미만인 잔골재 입자의 비율을 의미한다. 잔골재에 함유된 미립자는 콘크리트의 매트릭스에서 시멘트와 같은 결합재로 거동하기 때문에, 미립 잔골재가 포함된 경우에는 배합설계에 反影하는 것이 바람직하다.

따라서, 골재의 체가름 시험으로 미립 잔골재비를 구하여 배합설계에 반영해야 하며, 함유량이 적을 경우에는 무시해도 된다. 즉, 체가름 시험에서 0.06mm미만의 비율이 2%이하일 경우에는 S_m을 0으로 假定한다.

2.1.2 물/결합재 용적비의 선정

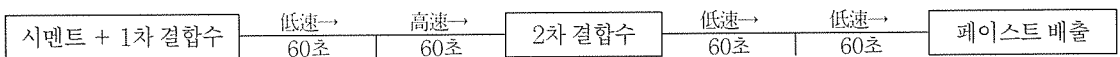
고유동 콘크리트에 필요한 단위수량을 결정하기 위해서는 먼저 시멘트 또는 결합재의 구속수량(즉, 유동에 기여하지 않는 수량)을 측정후, 시멘트 또는 결합재 입자가 갖는 구속수량

각각의 물/시멘트(또는 물/결합재) 용적비를 대상으로 [그림 2]와 같이 1 l의 페이스트를 만들어 플로우 시험을 실시한다. 플로우 시험은 KS R 5201에 준용하지만, 플로우 판에 낙하운동을 加하지 않고 플로우 콘을 제거후, 페이스트의 변형이 종료된 시점에서 2방향의 직경을 측정한다.

2) 구속수비의 산정

연속 2회 실시한 플로우 시험의 결과로부터 (식 2)를 이용하여 상대 플로우 면적비를 산정한다.

여기서, F_p는 페이스트의 플로우 값(mm), F_o는 플로우-콘의 단면직경(100mm)을 의미한다. 상대플로우 면적비와 물/시멘트 용적비를 선형관계로 回歸分析하여 상대플로우 면적비가 0이 되는 물/시멘트 용적비, 즉 직선의 切片값을



(그림 2) 페이스트의 배합방법

$$\text{상대플로우 면적비} (\Gamma_p) = -\frac{\pi(F_p/2)^2 - \pi(F_0/2)^2}{\pi(F_0/2)^2} = (F_p/F_0)^2 - 1 \dots\dots\dots (\text{식 2})$$

구속수비(β_p)라 하며 (식 3)과 같이 나타낸다.

$$\text{물/시멘트 용적비} (W/P) = E_p \bullet \Gamma_p + \beta_p \dots\dots\dots (\text{식 3})$$

3) 물/시멘트 용적비의 선정

물/시멘트 용적비(물/결합재 용적비)는 시멘트(결합재)의 구속수비에 적당한 상수(K_p)를 곱하여 선정하며, (식 1)에서 구한 잔골재 용적비(S_r)로부터 고성능 AE감수제의 첨가량을 변화시켜 플로우 시험 및 깔대기 유하시험을 실시한다. 여기서 구한 물/시멘트 용적비와 잔골재 용적비로부터 모르타르 배합을 계산한다. 모르타르 시험은 페이스트 시험에 준하여 실시하며, 상대 깔대기 속도비는 다음의 (식 4)로부터 산정한다. 여기서, T_r 은 V형 깔대기의 유하시간을 나타낸다.

$$\text{상대 깔대기 속도비} (R_m) = 10/T_r \dots\dots\dots (\text{식 4})$$

모르타르 시험에서 상대 플로우 면적비가 5일 때의 상대 깔대기 속도비를 산정하며, 0.9~1.1의 범위를 만족하면 물/시멘트 용적비로 결정한다.

2.1.3 단위 페이스트량

고유동 콘크리트의 단위수량은 고성능 감수제의 사용으로 일반 콘크리트에 비해 큰 차이는 없지만, 단위결합재량이 매우 다르기 때문에 고유동 콘크리트의 단위 페이스트량은 일반 콘크리트에 비해 증가된다. 단위 페이스트량이 증가되면 유동성에 기여하는 剩餘 페이스트량이 증대되기 때문에 유동성이 향상된다.¹⁾ 따라서, 고유동 콘크리트에 요구되는 컨시스턴

시를 확보하기 위해서는 어느 정도 큰 단위 페이스트량을 확보할 필요가 있다.

2.1.4 굵은골재 용적의 산정

굵은골재의 용적은 최대크기, 입도분포, 입형 등에 따라 다르지만 고유동 콘크리트의 충전성에 영향을 미친다. 특히, 골재의 실적율에 따른 영향은 매우 크다. 굵은골재의 용적비(G_v)는 U형 box 충전성 시험으로 평가하며, 일반적으로 공기를 제외한 콘크리트 용적에 차지하는 굵은골재 용적의 비율로 나타낸다.

따라서, 굵은골재의 최대크기가 20mm일 때, 공기를 제외한 콘크리트 용적에 대한 굵은골재 용적비는 사용할 굵은골재 실적율의 50% 정도로 하는 것이 바람직하다. 고유동 콘크리트에서 굵은골재가 접촉하여 막히는 현상이 발생하면 모르타르와 굵은골재의 일체성을 유지하기 어렵기 때문에, 간극통과성 및 충전성이 나빠진다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 굵은골재 입자간의 거리를 충분히 확보하여 골재표면에 충분한 모르타르를 부착시킬 필요가 있다.

또한, 고유동 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 단위 굵은골재량이 적다. 비교적 단위 결합재량이 적고 굵은골재의 용적이 큰 증점제계 고유동 콘크리트의 경우(셀루로스계)에도 굵은골재량은 일반 콘크리트에 비해 낮기 때문에 (325kg/m^3) 충전성이 개선되지만, 아르킬계 증점제를 사용한 경우에는 잔골재율을 증가시키면(굵은골재 용적의 감소), 모르타르의 점착력이 증가되어 재료분리 저항성이 증대된다.²⁾

고유동 콘크리트의 배합설계는 잔골재 용적비, 물/시멘트(또는 물/결합재) 용적비, 공기량 및 굵은골재의 용적비에 근거하여, 콘크리

트 1m³중의 각 재료용적을 계산한 후 각 재료의 비중을 이용하면 중량배합을 계산할 수 있다.

2.1.5 고유동 콘크리트의 배합계산

앞에서 선정한 잔골재 용적비(Sr), 물/시멘트 용적비, 굵은골재 용적비(Gv), 공기량 및 굵은골재의 실적율(Gd)에 따라 콘크리트 1m³의 재료용적을 산정하게 되는데, 이러한 배합계산을 식으로 나타내면 (식 5)와 같다.

특히, 2성분계 또는 3성분계 고유동 콘크리트는 사용할 결합재의 치환율에 대한 배합계산식을 사용하면 된다. 또한, 고성능 AE감수제의 사용량은 시험에 의해 결정한다. 요구되는 슬럼프 플로우 범위에서 재료의 사용량을 구하며, 모르타르와 마찬가지로 콘크리트의 V

형 깔대기 유하시험을 실시한다. 이때, 상대 깔대기 속도비가 0.5~1.0 범위에 있으면 충전성을 만족하는 것으로 하며, 투입방법 및 투입량에 대한 경향을 파악해 두는 것이 바람직하다.

2.2 岡山大學의 배합설계 방법

岡山大學에서 제안한 배합설계 방법은 증점제의 사용으로 증점효과를 기대하는 고유동 콘크리트의 배합설계에 적합하며, 이에 따른 배합설계의 결정 및 수정방법은 [표 2]와 같다.³⁾

여기서, 제안된 배합설계 방법은 동경대학의 배합설계 방법과 달리 모르타르 시험으로 배합조건을 선정하는 항목은 없으며, 시험에

공기량 용적 (A) = 목표공기량(Air) (식 5)

굵은골재 용적 (G) = $G_v \times G_d \times (1 - A)$

잔골재 용적 (S) = $S_r(1 - A - G)$

배합수 용적 (W) = $(1 - A - G) \times (1 - S) \times \frac{K_p \times \beta_p}{1 + (K_p \times \beta_p)}$

시멘트 용적 (C) = $(1 - A - G) \times (1 - S) \times \frac{1}{1 + (K_p \times \beta_p)}$

[표 2] 강산대학의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 공기량(A) 산정 ⇒ 동결융해 저항성 고려 ② 물/시멘트비(W/C) 산정 ⇒ 강도 고려 ③ 단위수량(W) 산정 ⇒ 수축율 고려 ④ A+W+C ≥ 300 l / m³ ⇒ 만족해야 ⑤ 잔골재량(S), 굵은골재량(G) - 높은 충전성 要 ⇒ S/a=52.5% - 낮은 충전성 要 ⇒ S/a=42.5% - 단위골재량 ⇒ 0.63m³ ⑥ 고성능 감수제량 산정 : 현상(1.2%), 실내(2.4%) ⑦ 증점제량 산정 : 슬럼프 플로우 60 ~ 70cm 만족	① 슬럼프 플로우 ≥ 70cm 경우 ⇒ 고성능 감수제량 저감 ② 슬럼프 플로우 ≤ 60cm 경우 ⇒ 고성능 감수제량 증가 ③ 요구되는 충전성 불만족 ⇒ 단위수량 조정	* 자기충전성 측정 ⇒ U형 충전성 시험장치 사용

의해 선정하는 재료량은 증점제량 뿐이다. 전체 골재용적은 요구되는 충전성에 관계없이 0.63m³로 설정되며, 잔골재율은 충전성이 높을 경우 52.5%로, 낮을 경우 42.5%로 정하도록 제시하였다. 특이한 것은 배합의 결정방법에서 전체 재료의 용적이 1m³를 만족하지 않으면 결합재를 첨가하고, 1m³를 초과할 경우에는 배합을 다시 실시하도록 제안하였다.

2.3 日本國土開發 및 奥村組의 배합설계 방법

[표 3] 및 [표 4]에 나타난 바와 같이 일본 국토개발⁴⁾ 및 奥村組(오촌조)⁵⁾에서 제안한 배합설계 방법도 강산대학과 마찬가지로 증점제의 사용으로 증점효과를 기대하는 배합설계에 적합하다. 일본국토개발에서 제안한 배합설계 방법에서는 각 재료에 대한 사용량의 범

[표 3] 일본국토개발의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 사전 고려사항 - 충전성 · 슬럼프 플로우 수준, 배합강도 · 내구성 / 제조방법 - 혼화제 및 혼화제의 종류 ② 공기량(A) ⇒ 3.0~5.0% ③ 단위수량(W) ⇒ 160~180kg/m³ ④ 결합재량(B) ⇒ 300~400kg/m³ ⑤ 단위굵은골재용적(Gv) ⇒ 300~350 l / m³ ⑥ 고성능AE감수제량 ⇒ C×1.5~3.0% ⑦ 증점제량 ⇒ 0.3~0.5kg/m³	*유동성이 낮은 경우 ① 슬럼프 플로우 증대 - 고성능 AE감수제 첨가량 조정 - 단위수량 증대 ② 굵은골재량 감소 ③ 공기량 증대	* 유동성 U-box L-플로우 확인

[표 4] 奥村組의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 공기량(A), 물/결합재비(W/B) 선정 ⇒ 충전성, 강도, 내구성 고려 30% ≤ W/B ≤ 50% 만족 ② 단위수량(W) 산정(kg/m³) - W/B=30% (W=160, 증점제 무첨가) - W/B=40% (W=175, 증점제(W×0.2%)) - W/B=50% (W=185, 증점제(W×0.3~0.4%)) ③ 결합재량 및 시멘트량 산정 - 고로슬래그 미분말 (치환율 : C×50%) - 플라이애쉬 (치환율 : C×30%) - 실리카 흙 (치환율 : C×10%) ④ 굵은골재 및 잔골재량 산정 - 단위굵은골재량 : 용적(Vg)=320 l / m³ ⑤ 고성능 AE감수제량(AD) 산정 - L형 플로우 시험으로 산정 - 플로우50cm 도달시간	① 최종 플로우에 도달할 때 까지의 시간이 가장 지연 되는 경우에 비해 60%이상 되는 것 중에서, 플로우 50cm 도달시간이 10초 이상 ⇒증점제량 또는 결합재량 저감 ② 최종 플로우에 도달할 때 까지의 시간이 가장 지연 되는 경우에 비해 60%이상 되는 것 중에서, 플로우 50cm 도달시간이 10초 이하 ⇒증점제량 또는 결합재량 증대	* 증점제 종류는 셀루로스 계를 사용

위를 실적자료에 근거하여 선정한다. 따라서, 기본배합은 시험을 실시하지 않고 요구되는 콘크리트의 성능에 따라 범위를 선정할 수 있다.

배합설계에 따른 기본배합은 비교적 일반 콘크리트의 배합에 가까우며, 제안된 배합설계 방법 가운데 골재량이 가장 많다. 일본국토개발의 배합설계 방법에서 고유동 콘크리트의 품질은 슬럼프 플로우, U형 box 충전성, L형 플로우 시험 등으로 평가한다.

奥村組에서 제안한 배합설계 방법도 모르타르 시험으로 정하는 항목은 없고, 시험으로 선정하는 재료량은 고성능 AE감수제 뿐이다. 즉, 고성능 AE감수제의 사용량은 콘크리트의 시험으로 결정하도록 규정하고 있다. 또한, 사용되는 혼화재의 종류에 따라 시멘트에 대한 置換率을 제시하고 있으며, 어떠한 혼화재를 사용하더라도 물/결합재비에 따라 증점제의 사용량을 선정할 수 있지만 사용되는 증점제는 셀룰로오스에 국한시키고 있다.

굵은골재 용적비는 0.32m³로 설정되어 있지만, 물/결합재비 및 단위수량은 요구되는 충

전성 및 경화후의 특성에 따라 선정된다. 奥村組의 배합설계 방법에서는 고유동 콘크리트의 품질을 L형 플로우 시험으로 얻어지는 플로우와 플로우 시간의 관계로 평가한다.

2.4 후찌다의 배합설계 방법

후찌다의 배합설계 방법은 [표 5]에 나타난 바와 같이 굳지 않은 콘크리트의 품질을 안정시킬 목적과 기본배합의 수정을 위해 증점제를 사용하도록 권장하고 있다.⁶⁾

[표 5]에 정리한 바와 같이 후찌다에서 제안한 배합설계 방법도 기본배합은 시험을 실시하지 않고 선정할 수 있으며, 굵은골재 용적은 요구되는 충전성 수준에 따라 선정된다. 즉, 높은 충전성이 요구되는 고유동 콘크리트에서는 굵은골재 용적비가 낮은 반면에, 낮은 충전성이 요구되는 경우에는 굵은골재 용적비가 높다. 또한, 고유동 콘크리트가 타설되는 거푸집내의 철근밀도에 따라 목표하는 슬럼프 플로우가 다르다. 이 배합설계 방법에서는 요구되는 고

[표 5] 후찌다의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 단위수량(W), 시멘트량(C), 공기량 산정 ⇒ 강도 및 내구성 고려 ② 잔골재(S), 굵은골재량(G) 산정 - 단위 굵은골재 용적(VG) ⇒ 철근 과밀 : $V_G = 0.30 \sim 0.32m^3$ ⇒ 철근 보통 : $V_G = 0.32 \sim 0.34m^3$ ⇒ 철근 무근 : $V_G = 0.34 \sim 0.35m^3$ - 잔골재율(S/a) = 50% ③ $A+W+C+S+G \leq 1m^3$ 경우 ⇒ 부족분은 플라이애쉬, 고로슬래그, 석회석 미분말 등의 혼화재 치환 ④ $A+W+C+S+G \geq 1m^3$ 경우 ⇒ 잉여분은 공기량을 제외, 비례로 재분배 ⑤ 고성능 감수제량(AD) 산정 : 업체 권장값	① 슬럼프 플로우 - 클 경우 : AD 또는 W 低 - 작을 경우 : 185kg/m³ (한계로 W 또는 AD 增) ② 50cm도달시간 - 3초이하 : 혼화재 또는 C증대, S감소 - 10초이상 : 혼화재 또는 C감소, S증대 ⇒ $45\% \leq S/a \leq 55\%$ ③ V꺠대기 유하시간 - 4초이하 : 혼화재 또는 C증대, S감소 - 10초이상 : 혼화재 또는 C감소, S증대 ⇒ $W/B \geq 30\%$	* 증점제는 수정배합을 할 경우, 분체만으로 점성을 확보하지 못하는 경우 ⇒ 보조적 사용

유동 콘크리트의 충전성을 만족하기 위한 굵은골재용적과 슬럼프 플로우의 기준값을 제시하고 있다. 또한, 잔골재율은 50%로 제시되어 있지만, 물/결합재비는 요구되는 경화후의 특성에 따라 선정된다. 고유동 콘크리트의 품질은 슬럼프 플로우, V형 깔대기 유하시간, 및 U형 box 충전성 시험으로 평가한다.

2.5 大成建設 및 電源開發의 배합설계 방법

大成建設에서 제시한 고유동 콘크리트의 배합설계 방법도 굳지 않은 콘크리트의 품질을 안정시킬 목적과 기본배합의 수정을 위해 증점제를 사용하도록 권장하고 있다.⁴⁾ [표 6]에 정리한 바와 같이 대성건설에서 제안한 배합설계 방법도 기본배합은 시험을 실시하지 않고 선정할 수 있는데, 기본배합에서 단위수량, 단위분체량 및 잔골재율의 표준값이 제시되어 있으며, 요구되는 강도 및 發熱特性에 따라 혼화제와 시멘트의 혼합비율이 선정된다.

또한, 증점제는 잔골재의 표면수율 등에 따른 단위수량의 변동에 대하여 굳지 않은 콘크리트의 품질변동을 억제할 목적으로 사용된다.

大成建設의 배합설계 방법에서 고유동 콘크리트의 품질은 슬럼프 플로우 및 U형 box 충전성 시험으로 판정한다.

電源開發에서 제안한 배합설계 방법은 [표 7]에 나타난 바와 같이 물/결합재비와 잔골재/결합재비를 모르타르 시험으로 선정하며, 기본배합의 선정에는 콘크리트 시험이 실시되지 않는다.⁷⁾ 그러나, 사용재료의 특성과 상호작용을 고려한 최적 배합비율은 모르타르 시험으로 확인할 수 있기 때문에, 고유동 콘크리트의 기본배합에서 슬럼프 플로우는 60cm 이상이 되는 것을 알 수 있다. 증점제는 기본배합을 수정할 때 필요에 따라 결합재량의 0.01%이하로 사용한다. 고유동 콘크리트의 품질은 슬럼프 플로우 및 VF시험으로 판정한다.

2.6 소 결

앞에서 서술한 바와 같이 제안된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법에 따르면, 단위 굵은골재량은 약 800~1,000kg/m³의 범위에 있으나, 높은 자기충전성이 요구될수록 단위 굵은골재량이 감소되는 경향을 보이고 있으며, 페

[표 6] 대성건설의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 시멘트(C) · 결합재량(B) 산정 - 철근간격/부재치수/형상 고려 ⇒ 표준 500kg/m ³ - 강도발현 ⇒ 혼화제 비율 (표준배합 고로B종 : 플라이애쉬 = 4:1)	* 합격판정기준 ① 슬럼프 플로우 ⇒ 65±5cm ② 50cm도달시간 ⇒ 7±3초	* 증점제 ⇒ Bio-poly사용
② 단위수량(W) ⇒ 170kg/m ³	* 슬럼프 플로우가 60cm이하일 때	* 고강도용 분체 ⇒ Belite : Fly ash = 9:1
③ 잔골재(S) · 굵은골재량(G) 산정 ⇒ S/a ≥ 45%	- S/a 45~50%조정 - 분체량 증가 : ⇒ 25~50kg/m ³ 범위	* 기타 확인사항 ⇒ 표면수율 민감도 시험
④ 증점제량 ⇒ 1.0kg/m ³	- W/B ≤ 36%	⇒ 경시변화
⑤ 고성능 AE감수제량 산정 ⇒ 분체용적의 1.3%		

(표 7) 전원개발의 고유동 콘크리트 배합설계 방법

배합설계의 결정방법	배합설계의 수정방법	비 고
① 공기량(A) 산정 ⇒동결융해저항성 고려 ⇒최종변형량, 변형속도(Fresh) ⇒표준값 : 5% ② 고성능 감수제량(AD) 산정 ⇒최종변형량/변형속도/경시변화 ⇒표준값 : 분체량 1.75~2.25% ③ 결합재의 혼합비율 산정 ⇒강도 및 발열특성 고려 ⇒시멘트 : 플라이애쉬 = 6:4 ④ 굵은골재 용적비(Vg) 산정 ⇒철근간격, 골재의 실적을 고려 ⇒표준값 : 0.33m³ ⑤ 물/결합재비(W/B) 산정 ⇒DOM ≤ 5mm - Optimum ⑥ 잔골재/결합재비(S/B) 산정 ⇒DOM ≤ 5mm에서 DS관입시험 ⇒관입시간 최소화는 S/B산정 ⇒S/B - Optimum	* 합격판정기준 ① 슬럼프 플로우 ⇒ 65±3cm ② VF시험의 침하량 ⇒ 20cm이상 * 분리저항성을 증대시킬 경우 ① 분체량 증대 ⇒ 0.01%한도 ② W/B 감소 * 최종변형량을 증대시킬 경우 ① S/B 감소	* DOM -상하 2층 분할용 원통용기에 모르타르 주입, -일정시간 방치 후 용기 분할, 2층의 모르타르 플로우 차이 산정. * DS관입시험 -Ø 10×20cm에 모르타르 15cm까지 주입, 자중으로 일정깊이 관입하는 시간 측정. * 경시변화 고려 -지연형 AD사용 * 저발열형 필요 -플라이애쉬 사용 60% 한도

이스트량도 단위용적당 약 30~45%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 현재 사용되는 고유동 콘크리트의 배합범위는 사용재료의 종류 및 목표하는 자기충전성 등에 따라 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

제안된 고유동 콘크리트의 배합설계 방법은 기본배합에서 굳지 않은 콘크리트의 상태 및 경화상태의 성능을 확인하는 과정을 거치도록 되어 있으며, 요구성능에 만족하지 않을 경우에는 기본배합을 수정하는 방안을 제시하고 있다. 그러나, 기본배합의 수정이 불가능할 경우에는 사용재료를 再檢討하여 다시 기본배합을 실시하여야 한다.

시험실 배합에서 모든 요구성능이 만족될 경우, 이를 “시방배합”으로 정하고 이에 따른 배척플랜트 시험을 실시한다. 현장의 시공성

을 확인하기 위한 항목으로는 타설조건에 따른 유동성의 경시변화, 응결시간, 펌프압송성, 제조시의 편차에 대한 영향 등을 꼽을 수 있으며, 모든 조건이 충족될 때까지 시방배합에 대한 수정배합을 실시해야 한다. 이러한 과정을 통해 모든 조건이 만족되면 이를 “현장배합”으로 확정한다.

이상의 단계를 거쳐 자기충전성, 시공성 및 경화후의 성능을 만족하는 고유동 콘크리트가 현장에서도 동일한 성능을 갖고 타설되기 위해서는 충전성을 측정할 수 있는 시험법의 객관적인 기준 및 지표가 필요하다. 즉, 충전성을 나타내는 지표와 현장의 타설조건에서의 충전성과 상호관계가 명확하게 정립되어야 하며, 이를 위한 합리적인 고유동 콘크리트의 배합설계 방법이 확립되어야 한다. <다음호 계속>