

고강도 경량콘크리트의 제조와 시공(II)

徐致燾* 柳澤東**

< * 建國大學校 建築工學科 教授, ** 建國大學校 建築工學科 博士過程 >

目 次

4. 고강도 경량 콘크리트의 특성

4. 1 굳지않은 콘크리트의 성질

- (1) 단위용적중량
- (2) 슬럼프, 공기량
- (3) 워커빌리티(Workability)
- (4) 동 결

4. 2 유동화제를 사용한 콘크리트의 성질

- (1) 슬럼프
- (2) 공기량
- (3) 동결량
- (4) 재료분리

4. 3 압송후 콘크리트의 성질

- (1) 슬럼프, 공기량
- (2) 단위용적중량, 동결량, 골재흡수량

4. 4 경화된 콘크리트의 성질

- (1) 압축강도
- (2) 인장강도 및 휨강도
- (3) 전단강도
- (4) 부착강도
- (5) 변형특성
- (6) 건조수축
- (7) 열적성능
- (8) 동결융해저항성

5. 고강도 경량콘크리트의 시공

5. 1 개 요

5. 2 재료의 계량

- (1) 계량방법
- (2) 계량오차

5. 3 혼합(비빔)

- (1) 비빔
- (2) 믹서

5. 4 운 반

- (1) 운반방법
- (2) 운반시간과 그 영향

5. 5 펌프시공

- (1) 배관계획
- (2) 압송계획
- (3) 기중선정

5. 6 타설 및 다지기

- (1) 타설준비
- (2) 타설작업
- (3) 다지기
- (4) 표면마무리

5. 7 양 생

6. 결 론

4. 경량콘크리트의 성질

4. 1 굳지않은 콘크리트의 성질

(1) 단위용적 중량

경량콘크리트의 단위용적중량은 골재의 프리웨iting의 정도, 골재의 종류와 배합, 양생조건 등에 따라 변화한다.

일반적으로 이용하고 있는 경량콘크리트의 단위용적중량은 골재의 전부를 경량골재로 한 경우 1.5~1.7 t/m³, 골재의 일부에 보통골재를 사용한 경우 1.7~2.0 t/m³로 하고 있다.

(2) 슬럼프, 공기량

흡수율이 높은 경량골재를 이용한 경량콘크리트는 일반적으로 보통골재를 이용한 콘크리트에 비하여 같은 단위용적중량에 대한 슬럼프값이 적게 나타나고 있으나, 현재 흡수율이 낮은 경량골재가 출하되고 있어 보통콘크리트의 슬럼프값과 같은 정도가 기대된다. 실제에는 사용골재, 시멘트량, s/a, F·M 등에 따라 복잡하게 변화한다.

최근 하천골재의 부족으로 인해 보통콘크리트의 굵은골재로서 쇄석이 많이 사용됨에 따라 같은 슬럼프값을 얻기 위한 단위수량이 경량콘크리트에 비하여 보통콘크리트 쪽이 많은 경우도 있다.

① 동일한 슬럼프값을 얻기 위한 단위수량은 골재의 종류나 배합에 따라 차이가 있지만 일반적으로 보통콘크리트의 단위수량보다 3~5% 정도 더 증가시켜야 하며, 슬럼프값을 일정하게 하고 물시멘트비를 37~38% 이하로 할 경우 단위수량은 물시멘트비를 45% 이상으로 한 경우에 비하여 10~20% 정도의 단위수량이 증가되어야 한다.

② 잔골재율과 슬럼프

경량콘크리트의 경우 s/a가 1%의 증감에 대하여 단위수량의 증감은 W/C=55%인 경우

1.5~1.8kg, W/C=35%인 경우 0.9~1.5kg 정도이다.

③ 공기량과 단위수량

그림 4. 1은 공기량과 단위수량의 관계를 실험에 의해 구한 것이다. 이에 따라 경량콘크리트의 경우 공기량 1%의 증감에 대한 단위수량의 증감은 굵은골재가 조립형인 경우 2.9%, 비조립형인 경우 2.5%이며 이러한 변화율은 보통콘크리트와도 유사하다.

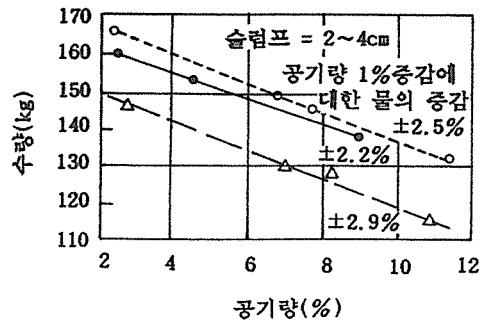


그림 4. 1 공기량과 단위수량의 관계

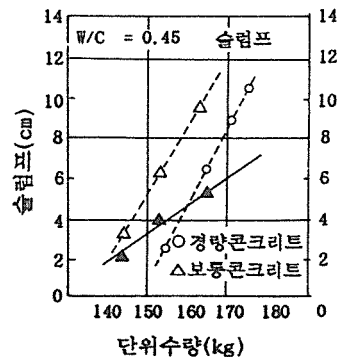


그림 4. 2 경량콘크리트의 단위수량과 슬럼프 및 관입치와의 관계

최근에 이르러 천연골재의 부족으로 인하여 쇄석의 사용이 증가하고 있으며, 이로인하여 보통콘크리트의 공기량은 경량콘크리트와 비교하여 같은 슬럼프값을 얻기 위한 단위수량이 증대되어 약간 많아지는 경향이 있다.

(3) 워커빌리티(Workability)

경량콘크리트는 비중이 작기 때문에 보통콘

크리트에 비하여 충전성이 떨어지는 등 워커빌리티에 문제가 있다. 그림 4. 2는 보통콘크리트와 경량콘크리트에 있어서 단위수량과 슬럼프와의 관계를 나타낸 것이다.

이 경우 단위수량이 동일하고 경량콘크리트의 슬럼프값이 3~4cm 작게 나타나고 있으나 관입치(콘크리트의 자중영향을 받지 않음)는 대부분 동일한 것으로 판명되었다.

표 4. 1 경량콘크리트의 슬럼프와 VB도와의 관계

종 류	W/C (%)	혼화 제	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	VB도 (sec)
보통 콘크리트	45~50		2.3~2.6	6.2	5.0
경량골재 콘크리트	45~50		5.3~6.4	5.7	5.0

표 4. 1은 W/C 45~50%의 범위에서 경량콘크리트와 보통콘크리트가 같은 양상의 워커빌리티를 얻기 위하여 어느 정도의 슬럼프값으로 되는가를 진동식 콘시스턴시미터에 비교한 결과이다. 이에 따라 플라스틱한 콘크리트에서는 같은 정도의 슬럼프값인 보통콘크리트와 경량콘크리트는 같은 정도의 워커빌리티로 되는 것을 나타내고 있다.

(4) 동결

경량콘크리트의 동결율은 경량골재의 흡수특성에 따라 동결수가 골재중에 흡수되기 때문에 보통콘크리트의 동결율보다 작게 나타난다. 그러므로 흡수율이 낮은 골재를 사용한 경우는 동결은 거의 발생하지 않지만 반대로 펌프압송을 고려한 고흡수율의 경량골재를 사용한 경우는 동결량도 많아지게 된다.

4. 2 유동화제를 사용한 콘크리트의 성질

경량콘크리트의 타설을 펌프시공으로 하는 경우는 베이스콘크리트에 유동화제를 첨가한

유동화콘크리트로 하여 사용하는 것이 바람직하다.

(1) 슬럼프

유동화콘크리트는 같은 슬럼프의 콘크리트에 비하여 단위수량이 적고, 시멘트 페이스트에 대한 골재량이 많으며 시멘트페이스트 자체의 유동성이 지극히 크다.

유동화콘크리트의 소성점도는 동일한 항복치를 가진 브레인콘크리트의 소성점도 보다 큰 겔보기 점도가 증대한다.

베이스콘크리트의 슬럼프와 유동화제 첨가량을 변화시킨 슬럼프 증대량의 관계를 그림 4. 3에 나타내었다.

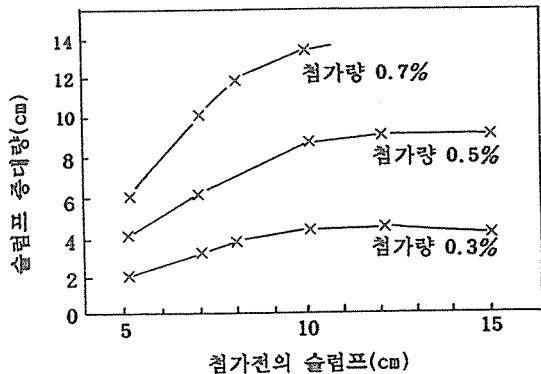


그림 4. 3 베이스콘크리트의 슬럼프와 슬럼프 증대

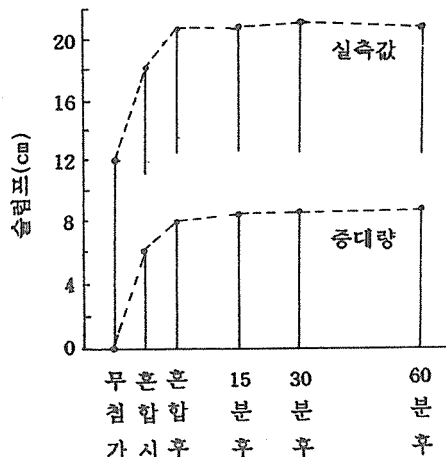


그림 4. 4 유동화제 첨가시기와 슬럼프 관계

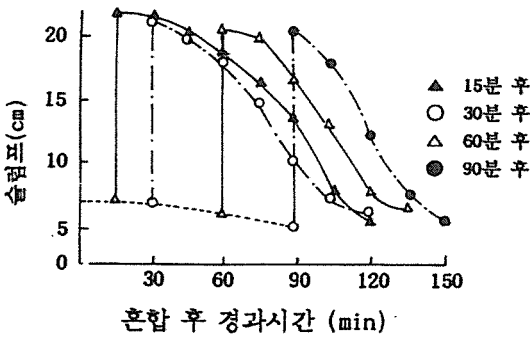


그림 4. 5 유동화콘크리트의 슬럼프 저하

슬럼프가 8cm 이상에서도 동일 첨가량에 대한 슬럼프 증대량은 동일한 것으로 나타나고 있다. 또한 유동화제의 첨가시기와 슬럼프 증대량을 그림 4. 4에 나타내었다.

슬럼프증대량은 베이스콘크리트 비빔직후 60분 정도까지 첨가시기에 따른 영향을 거의 받지 않지만 첨가시기가 늦어지면 유동화에 따른 효과는 감소하는 것으로 나타나고 있다. (그림 4. 5)

(2) 공기량

유동화제의 대부분은 그 주성분이 비공기연행성에 있으므로 유동화 후의 공기량은 시멘트 입자의 분산, 슬럼프의 증대, 유동화를 위한 비빔 등에 따라 감소하는 경향이 있다.

현재 사용되고 있는 유동화제는 유동화 전후의 공기량의 변화를 적게 하기 위해 보조 AE제를 첨가하는 등 조정된 공기량은 거의 변화가 없이 약간 저하한 정도이다.

또한 콘크리트의 동결융해에 대한 저항성의 지표인 기포간극계수는 유동화에 의하여 약간 증가하는 경향이 있다.

(3) 동결량

유동화콘크리트의 동결량은 베이스콘크리트에서 지나치게 변한 같은 슬럼프의 콘크리트보다 약간 작지만 지연형 유동화제의 경우는 약간 많게 된다는 보고도 있다. 또한 잔골재중의 0.15mm이하의 미립분이 적지않고 큰폭으로

증가하는 것이 있다는 것에 주의해야 한다.

동결량은 슬럼프 증대량이 큰 정도로 증가하는 경향이 있고 콘크리트 온도가 저하되면 많아진다는 보고가 있다.

(4) 재료분리

유동화콘크리트는 베이스콘크리트에 비하여 압송성이나 응결 등의 워커빌리티가 큰폭으로 개선되지만 체가름을 실시하지 않으면 높은 강도가 나오지 않는다. 그러나 과도한 진동을 접하면 굵은골재의 분리, 강도의 불균일이 보이

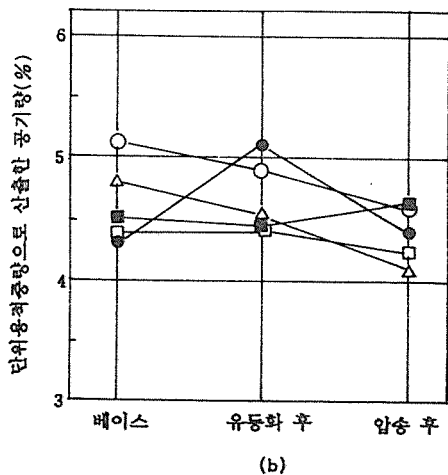
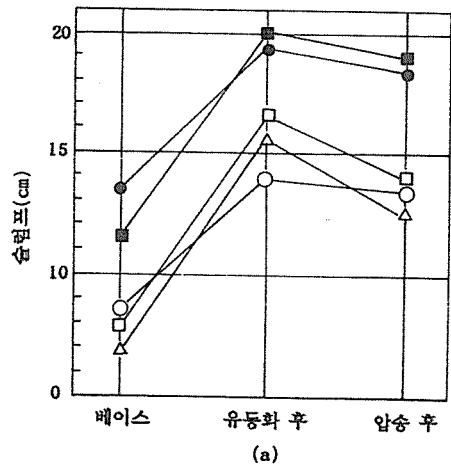
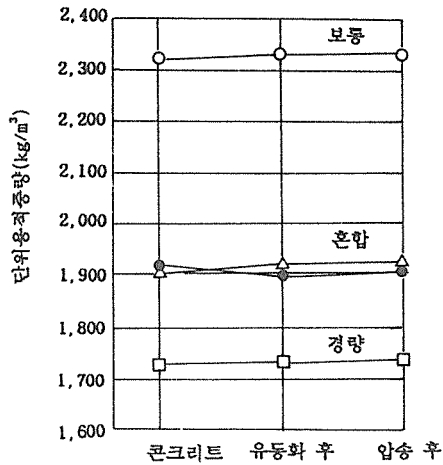
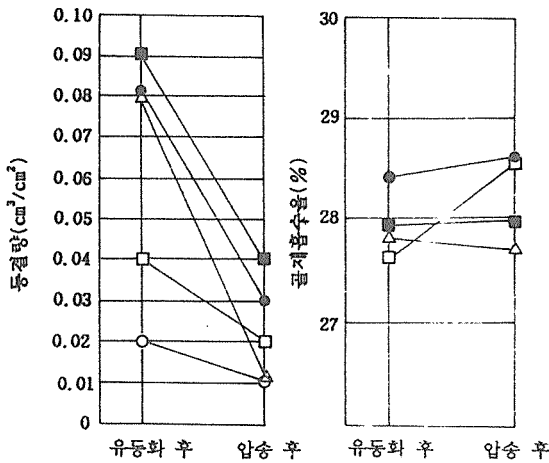


그림 4. 6 압송에 의한 경량콘크리트의 재성질



(c)



(d)

(e)

	목표슬럼프 (cm)		골재의 종류	
	보통	유동화	잔골재	굵은골재
●	12	18	경량	혼합
■			경량	경량
○	8	15	보통	보통
△			경량	혼합
□			경량	경량

그림 4.7 압송에 따른 경량콘크리트의 제성질 (수평환산압송거리 약 173m)

고 그 정도는 잔골재율에 영향을 받는다. 유동

화 후의 슬럼프가 클수록 재료분리의 정도가 크게 되고 이 경향은 물시멘트비가 클수록 현저하게 나타난다.

4.3 압송후 콘크리트의 성질

(1) 슬럼프, 공기량

압송에 따른 슬럼프로스는 유동화 후의 슬럼프가 큰 것은 적고, 유동화 후의 슬럼프가 적은 것은 크며, 슬럼프로스는 최대 2.5~3cm 정도이다. 경량골재는 펌프압송 등의 고압력에 흡수하는 성질이 있고 슬럼프가 적은 정관내압은 크고 관내압이 크면 흡수량도 크게 된다. 그러나 프리웨팅이 충분한 고흡수율의 경량골재는 그림 4.6에서 보면 압력개방 후 곧 방수된다. 유동화 및 압송에 따른 공기량의 저하는 같은 실험에 의하면 1% 정도 이내에 있다.

그림 4.6의 (a), (b)는 유동화한 경량콘크리트의 압송에 따른 슬럼프, 공기량의 변화를 측정하는 것이다.

(2) 단위용적중량, 동결량, 골재흡수율

그림 4.7의 (c), (d), (e)는 유동화한 경량콘크리트의 압송에 따른 단위용적중량, 동결량, 골재흡수율의 변화를 측정하는 것이다.

단위용적중량의 변화는 어떤 배합에 있어서도 미소하고 약간의 증가경향에 있다. 동결량은 전체적으로 압송전의 1/2로 저하되며, 이 경우 콘크리트온도가 높고(33~36°C) 골재흡수율의 변화가 심하여 동결량이 저하되는 것으로 판단된다.

4.4 경화된 콘크리트의 성질

(1) 압축강도

경량골재콘크리트의 압축강도는 사용한 인공 경량골재의 강도·배합조건·양생조건 등의 영향을 받으며, 보통콘크리트와 같이 인장강도·부착강도를 추정하는 기본적인 것이다. 경량 콘크리트에 있어서 단위용적중량이 적은 것을

사용하면 경량성에는 유리하나 콘크리트의 압축강도는 저하된다. 이것은 전술한 바와 같이 골재가 가벼울 수록 골재의 강도가 낮기 때문이다. 따라서 역학적 성능이 좋은 경량골재는 기건단위용적중량과 강도와의 상관관계에서 가볍고 강도가 큰 것일 수록 비강도가 높게 나타난다.

경량골재콘크리트의 압축강도는 물시멘트비, 골재의 강도 및 공극률, 공기량, 골재의 사용량의 영향을 받는다. 西岡思郎에 의하면 시멘트량을 일정하게 하고 슬럼프값이 증가된 분량만큼 단위수량을 감소하면 압축강도는 상승되며, 또한 물시멘트비를 일정하게 한 경우는 단위시멘트량을 감소한 것만큼 강도는 저하되는 것으로 나타났다.

또한 압축력이 가해진 보통콘크리트의 파괴 성상을 살펴보면 보통 골재입자와 시멘트 페이스트와의 부착력의 분리로 전체 파괴에 이르나, 경량골재콘크리트의 경우에는 골재입자와 페이스트와의 부착부분의 분리 이전에 골재자체가 파괴된다. 따라서 경량골재콘크리트의 압축강도는 보통콘크리트와 달리 골재의 성질에 크게 좌우된다.

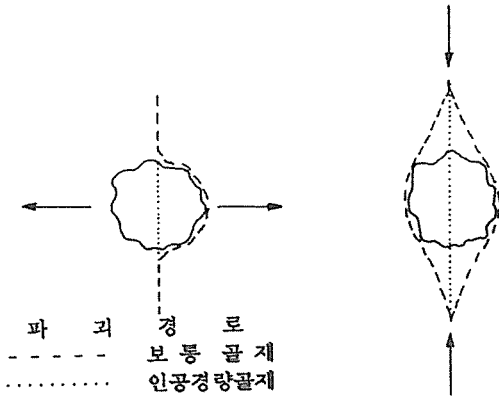


그림 4. 8 콘크리트에서의 골재 파괴 양상

(2) 인장강도 및 휨강도

습윤상태에서 양생한 낮은 압축강도의 경량골재콘크리트의 경우 脆度係數(압축강도/인장

강도)는 보통콘크리트보다 작으나, 압축강도가 높은 경우에는 그 값이 비교적 크게 나타난다. 압축강도가 높은 경우 인장강도 및 휨강도의 강도증가율은 보통콘크리트에 비하여 낮으며, 건조한 경량콘크리트의 인장강도 및 휨강도는 수증양생한 경우보다 작은 값을 나타낸다.

28일간 습윤상태에서 양생한 공시체와 7일간 습윤양생 후 21일간 습도 50%의 건조실에서 방치한 공시체의 인장강도를 비교한 J.A. Hanson의 실험에 의하면 건조된 공시체의 인장강도는 20~30% 정도가 저하된 값을 보이고 있다.

(3) 전단강도

Hanger의 일면전단시험에 의한 경량골재콘크리트의 전단시험결과에 의하면 압축강도가 400~500kg/cm²의 경우 전단강도는 50kg/cm² 정도에 있고 전단강도의 상용추정식은 다음과 같다.

$$\tau = \frac{1}{2} \sigma_c \cdot \sigma_t$$

σ_c : 콘크리트의 압축응력도

σ_t : 콘크리트의 인장응력도

위의 식으로 계산된 값에 대하여 수증양생의 경우 90% 기건양생의 경우에 70%의 수준이다.

이에 대하여 경량콘크리트의 전단강도는 인장이나 휨강도와 같이 건조에 따라 강도가 감소하며, 특히 이 실험에 의해 작은 공시체(15×15×15cm)는 3주간 정도의 건조에 약 30% 정도의 강도가 감소한다.

(4) 부착강도

표 4. 2는 ASTM-C 234에 준하여 일본산 경량골재를 이용하여 일본에서 실시한 경량콘크리트의 압축강도와 수평철근의 일반시험의 결과이다. 사용한 철근은 JIS G 3112(철근콘크리트용 봉강 D-19이고, 공시체 내에 위

아래 2단으로 배치하였다. 또한 둘레는 지름 6mm의 강선을 직경 약 10cm의 나선상으로 굽은 것을 넣어 보강하였다.

표 4. 2에 의해 W/C의 큰 경량콘크리트 정상하철근의 부착강도에 차이가 발생한다.

이것은 동결융과도 밀접한 관련이 있고 동결량이 큰 콘크리트 정상계 철근하에 동결의 수도에 따라 영향을 크게 받는 것을 나타내고 있다.

(5) 변형특성

보통콘크리트와 경량골재콘크리트의 응력-변형곡선의 일반적인 경향을 살펴보면, 보통콘크리트는 곡선적이고, 경량골재콘크리트는 직선적인 변형을 나타내고 있으며, 그 평균구배는 보통콘크리트보다 낮다. 따라서 경량콘크리트의

탄성계수 E_c 는 보통콘크리트의 40~70% 정도에 이르며, 콘크리트의 압축강도(f_c) 및 콘크리트의 단위용적중량(r)의 계수로 표시될 수 있다.

대한건축학회의 철근콘크리트 구조계산 기준에서는

$$E_c = 2.1 \times 10^5 \times (r/2.3)^{1.5} \times \sqrt{f_c/200}$$

의 관계식이 규정되어 있으며, A.C.I 기준은 콘크리트 단위용적중량 2.4 t/m^3 되는 범위, 즉 경량콘크리트까지 포함하는 범위에서 적용될 수 있는 다음과 같은 실용식을 채택하고 있다.

$$E_c = 4,270 \times r^{1.5} \times \sqrt{f_c}$$

표 4. 2 경량골재콘크리트의 부착강도

골재의 종류		W/C (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도 σ_c (kg/cm ²)	부착강도 (kg/cm ²)			γ_b/σ_c
굵은골재	잔골재					상단철근	하단철근	평균 γ_b	
메사라이트	메사라이트	41.9	12.7	3.9	443	117.1	116.3	116.7	0.26
메사라이트	메사라이트	50.0	21.3	5.9	375	82.7	101.2	92.0	0.25
메사라이트	강 모 래	44.3	12.5	3.0	463	118.5	118.2	118.4	0.26
메사라이트	강 모 래	53.8	20.8	5.1	340	78.9	103.8	91.4	0.27

주) 양생조건 : 4주간 표준수준양생, 재령 -- 28일

(6) 건조수축

그림 4. 9는 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온실에 있어서 공시체(10×10×40cm)의 길이와 중량의 변화를 나타낸 것이다.

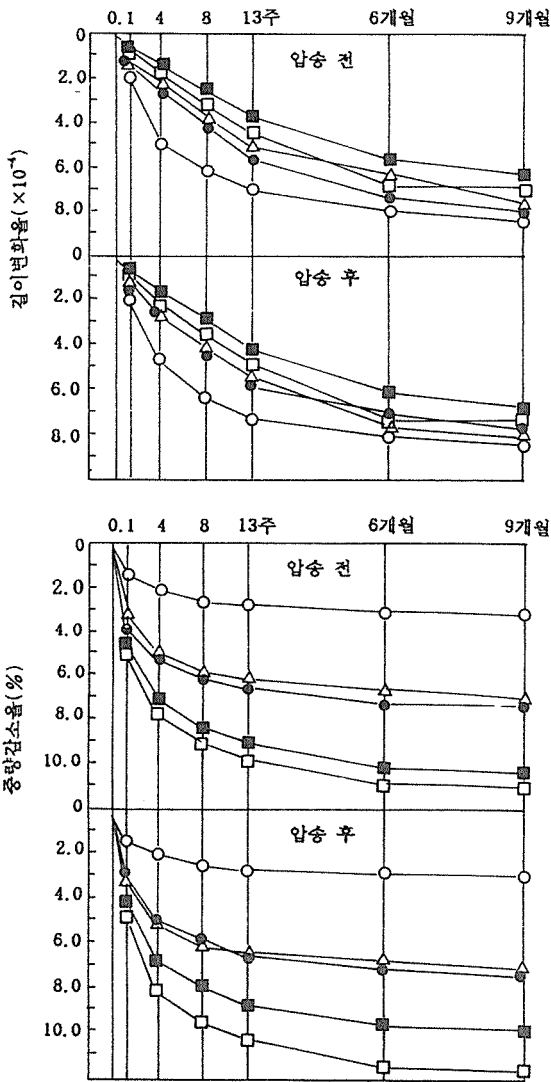
보통콘크리트에 비하여 경량콘크리트의 건조수축은 골재가 충분히 프리웨팅이 된것은 골재안의 물을 콘크리트안으로 천천히 방출하기 때문에 원만하다.

경량골재는 보통골재에 비하여 강성이 작기 때문에 본질적으로 건조수축은 크지 않다. 이 실험에 의하면 9개월 후에 있어서 길이 변화율은 보통경량콘크리트와 같은 정도이고 재령

이 진행되는 경량콘크리트의 길이 변화율은 보통콘크리트의 것 보다 크게 되는 경향이 나타났다. 그러나 경량콘크리트가 실제 사용되어지는 부재단면은 공시체보다 크고 골재도 충분히 프리웨팅하여 사용하면 일반적으로 경량콘크리트는 보통콘크리트에 비하여 건조수축은 적다고 말할 수 있다.

(7) 열적성능

콘크리트의 열전도율은 사용되는 경량골재와 이에 따른 그 배합에 좌우되며, 특히 단위용적중량에 의해 결정되어진다.



	골재의 종류		W/C (%)	단위량	
	잔골재	굵은골재		시멘트 (kg/m ³)	물 (kg/m ³)
●	경량	혼합	43.0	400	172
■	경량	경량	43.0	400	172
○	보통	보통	43.0	405	174
△	경량	혼합	43.0	381	164
□	경량	경량	43.0	381	164

그림 4. 9 건조수축시의 길이변화, 중량 감소율

경량골재콘크리트의 열전도율 λ 와 기건단위 용적중량 r 에는 밀접한 관계가 있으므로 이에 관하여 浜田은 다음과 같은 관계식을 제안하였다.

$$\lambda = 0.22 - 0.20r + 0.24r^2$$

또한 경량골재콘크리트의 선팽창율은 일반적으로 보통콘크리트의 60~70% 정도이며, 열확산율도 보통콘크리트에 비하여 상당히 낮다.

(8) 동결융해저항성

Kishitani에 의하면 인공경량골재를 사용한 콘크리트의 동결융해에 대한 저항성에 영향을 미치는 요인으로는 골재의 종류(품질), 골재의 입경, 보통골재와 경량골재의 혼입율, 골재의 함수상태, AE제의 종류 등이 있다고 한다.

골재의 종류와 입경과 관련하여 Klieger와 Hanson는 인공경량골재콘크리트 품질에 따라서 보통골재를 사용한 콘크리트에 비하여 동결융해에 대한 내구성이 저하하는 것도 있으나 AE콘크리트로 함으로써 현저하게 내구성이 향상된다는 것을 기술하고 있다. 또한 골재의 입경에 대해서 굵은골재의 최대치수를 15mm에서 10mm로 함으로써 내구성은 어느정도 개량되며 더욱이 10mm 이상의 굵은골재를 보통의 자갈로 대체함으로써 극심한 동결융해 작용에 대하여 보통콘크리트와 동등한 내구성이 얻어지는 것으로 알려져 있다.

인공경량골재콘크리트 내구성 저하는 큰입자와 경량골재가 주원인으로 작용하므로 굵은골재의 조립부분을 보통골재로 치환하는 것이 내구성 향상에 유효하게 작용한다.

보통골재와 경량골재의 혼입률에 관련하여 보통골재를 경량골재로 대체하여 사용할수록 경량콘크리트의 동결융해저항성이 감소하지만 낮은 물시멘트비의 고강도콘크리트를 제작하여 공기량이 적절히 도입된다면 경량골재를 사용한 경우라 하더라도 보통골재콘크리트와 동일한 내동해성이 있다고 기술하고 있다.

또한 골재의 함수상태와 관련하여 경량골재의 함수상태를 절건과 기건, 표건상태로 분류하여 실험을 한 결과, 수중양생 시험체에서는 표건상태의 골재에 비하여 절건상태, 혹은 기건상태의 경량골재를 사용한 콘크리트의 동결융해저항성이 어느 정도 우수한 성능을 보이고 있으나 그 차는 근소하다고 밝히고 있다.

그리고 기중양생 시험체에서도 표건상태의 골재를 사용한 콘크리트와 절건상태나 기건상태의 골재를 사용한 콘크리트의 동결융해저항성이 거의 같은 정도으로써 그 차는 근소하다고 기술하고 있다.

따라서 경량콘크리트의 동결융해에 대한 대책으로서는 AE콘크리트로 제조하거나, 가능하면 단위수량을 감소시키고, 사용하는 인공경량골재의 흡수율저하방안을 강구하며, 콘크리트 표면에 불투수성이며, 내구성이 우수한 마감재료의 사용이 요구된다.

5. 고강도 경량 콘크리트의 시공

5. 1 개 요

KS F 4009의 레디믹스트콘크리트에서 레디믹스트콘크리트의 재료, 종류, 호칭방법, 품질, 배합, 제조, 시험방법, 검사 등이 규정되어 있으며, 그 부속서에 레디믹스트 콘크리트용 골재의 품질 및 시험방법, 굳지않은 콘크리트 속의 염소이온농도나 알칼리실리카반응성의 시험방법, 알칼리골재반응 억제대책 등이 규정되어 있다.

또 콘크리트 표준시방서 시공편에는 레디믹스트 콘크리트를 발주할 때 공장의 선정 및 품질의 지정, 수입검사 등이 규정되어 있다.

5. 2 재료의 계량

콘크리트는 재료의 선택과 배합의 선정이 적절하고 혼합, 다짐, 양생 등의 작업이 순조롭게 이루어졌다 하더라도 계량오차가 발생하였을 경우 물시멘트비 등에 변동이 생겨 콘크리

트의 품질변동에 중요한 원인이 된다. 즉 요구되는 품질의 콘크리트를 안정된 상태로 제조하기 위해서는 정확히 재료계량을 하는 것이 무엇보다 중요하다.

(1) 계량 방법

재료는 1배치씩 중량으로 계량하는 것이 원칙이나 일반적으로 물 및 혼화제용액은 용적으로 계량하여도 상당한 정밀도로 계량할 수 있으므로 용적으로 계량해도 좋다.

연속믹서의 경우는 재료를 연속적으로 계량하고 공급할 필요가 있으므로 기구상 용적계량이 된다.

(2) 계량 오차

각 재료는 현장배합에 의거하며 KS F 4009 [레디믹스트 콘크리트] 7. 2 재료의 개량의 규정에 적합하도록 계량한다.

그 계량오차는 1회 계량하는 무게에 대하여 시멘트 1%, 골재 3%, 물 1%, 혼화제 2% 이내로 한다.

만약, 주문자의 허락이 있으면 포대수로 계량해도 좋으나 1포대 미만인 경우에는 반드시 무게로 계량해야 한다.

혼화제를 용액으로 사용하고, 무게 또는 부피로 계량하며 그 계량오차는 1회 계량분량의 3%이내이어야 한다.

계량오차에는 계량기에 따른 오차와 재료의 투입 및 그외의 조작에 따른 오차가 있으며 일반적으로 레미콘공장에서는 재료투입과 조작에 따른 오차가 많이 발생한다.

계량에 따른 오차 발생을 줄이기 위해 계량장치는 정기적으로 검사하여 소정의 계량오차 안에 들도록 항상 조정하고 계량기의 0점 설정점은 매일 확인하여야 하며, 임의의 배합을 연속해서 10배치하는 동하중시험은 월 1회 이상 실시한다.

5. 3 혼합(비빔)

(1) 믹서

콘크리트재료를 혼합하는 방법에는 손비빔과

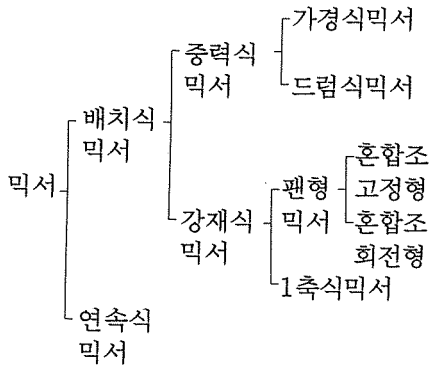


그림 5. 1 콘크리트 믹서의 종류

기계혼합방법이 있는데 주로 믹서에 의한 기계 혼합방법을 사용하므로 필요한 믹서의 성능과 재료의 투입순서 및 비빔시간을 적정하게 선정하여 사용하여야 한다.

믹서의 종류로는 그림 5. 1과 같이 분류된다.

믹서는 주로 가경식 또는 강제식배치믹서의 사용을 원칙으로 한다.

서로 혼합한 콘크리트가 균등하게 혼합되었는지 여부를 판단하기 위해서 믹서내의 소정용량을 일정시간 반죽하여 KS F 2455 [믹서로 비빈 콘크리트중의 모르타와 굵은 골재량의 변화율 시험방법]에 의해 시험한 값이 아래의 값 이하로 되면 균등히 혼합된 것으로 한다.

— 콘크리트 중의 모르타 단위용적증량의 차이 : 0.8%

— 콘크리트 중의 단위굵은골재량의 차이 : 5%

(2) 비빔

연속식재료를 믹서내에 투입하는 순서는 미리 정해야 하며 일반적으로 재료의 전부를 동시에 투입하는 것을 원칙으로 하고 있다.

비빔시간은 KS F 2455에 따라 시험하여 정하는 것이 원칙이나 시험을 실시하지 않은 경우 믹서안에 재료를 투입한 후 가경식믹서를 사용하는 경우 90초 이상, 강제식믹서를 사용

하는 경우 60초 이상 비비는 것을 표준으로 하나 정해진 시간의 3배 이상이 되어서는 안 된다. 이것은 장시간 비빔에 의해, 골재의 파쇄나 재료분리 또는 공기량의 감소에 의한 워커빌리티의 저하가 발생되기 때문이다.

5. 4 운반

(1) 운반방법

레디믹스트 콘크리트의 운반에 있어서 운반 시간에 따른 슬럼프 및 공기량의 감소 등이 적게 일어나게 하기 위해서 콘크리트의 공급, 압송 및 타설을 연속해서 원활히 실시 되도록 운반계획을 세우는 것이 중요하다.

이를 위해서는 다음 사항에 따라 면밀한 계획과 배려를 요구한다.

① 배차계획에 있어서 출하개시·종료시간 및 출하속도의 시간계획을 밝혀야 한다.

② 펌프의 고장 및 생각지않은 사건에 따라 타설계획을 변경할 수 없기 때문에 레디믹스트 콘크리트 공장 및 관계자와 즉시 연락이 이루어지도록 연락망을 확립해둔다.

③ 경량콘크리트는 운반중에 과도한 진동을 받지않도록 소정시간내에 안전하게 운반할 수 있는 경로를 미리 선정한다.

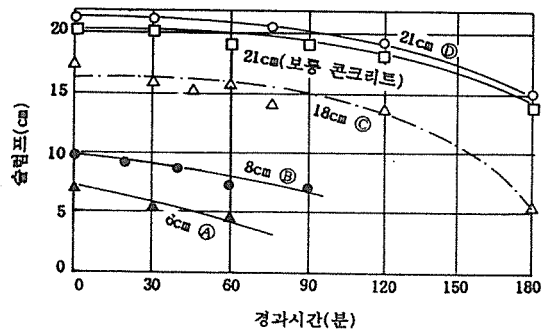


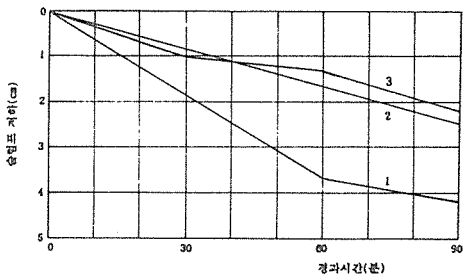
그림 5. 2 경량콘크리트 운반시간과 슬럼프 변화

(2) 운반시간과 그 영향

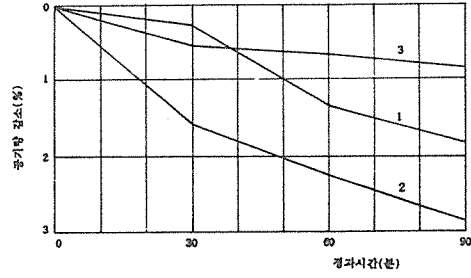
그림 5. 3은 슬럼프 6, 8, 18, 21cm의 경량

콘크리트의 운반시간과 슬럼프의 저하에 의해 운반시간과 슬럼프, 공기량, 콘크리트의 단위용적중량의 변화를 측정한 예이다. 여기에 의하면 운반시간 30분에 0.8~1.8cm의 슬럼프저하, 0.2~1.6%의 공기량저하, 역으로 단위용적중량은 14~24kg/cm³으로 증가된다. 이 때문에 현장배합, 레디믹스트콘크리트공장, 운반차중 결정, 운반경로나 운반시간에 따른 배합을 수정할 필요가 있다.

① 슬럼프 저하



② 공기량 감소



③ 굳지않은콘크리트의 단위용적중량

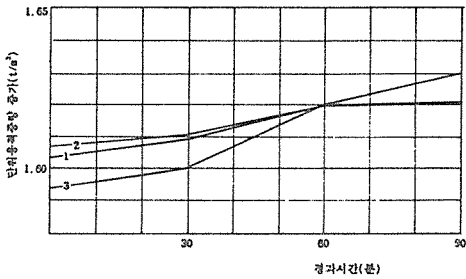


그림 5. 3 각종 경량콘크리트의 운반시간과 콘시스턴시의 변화

5. 5 펌프시공

경량골재는 골재내부에 다량의 공극을 가지고 있어 펌프 압송중에 콘크리트의 유효수의 가압에 따라 경량골재 중으로 흡수된다. 그 결과 콘크리트의 콘시스턴시가 저하되어 배관의 막힘이 발생하게 된다.

경량콘크리트의 펌프압송을 용이하게 하기 위하여는 골재의 사용시 흡수율을 가능한 한 낮게함과 동시에 압송시의 관내 저항압을 될 수 있는 한 적게하는 것이 필요하다.

콘크리트의 유동성을 양호하게 하려면 관내 저항을 적게하는 것이 가능하며 현재 이 목적에 부합되도록 가장 경제적으로 고려한 방법은 유동화제의 첨가에 의한 유동화콘크리트의 사용이다. 또한 관내압을 낮게하기 위한 방안으로는 사용하는 배관의 구경을 크게하고 단위시간당의 압송량을 적게하는 것이다.

(1) 배관계획

수송관은 치수 125A이상의 것을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 특히 배관시작부분의 고압부 수송관에는 두께 4~4.5mm이상의 고압용관(가스관)을 사용하는 것이 양호하다. 또한 수송관의 만곡관(벤트관)은 반경 1m이상의 것을 사용하고 구부림 각도는 90° 이상 되게 한다. 수송관의 두께가 1/2이하, 또는 중량이 60%이하로 마모된 것은 사용하지 않는다.

(2) 압송계획

① 수평환산거리

현장에 있어서 배관은 시공조건이나 지형에 따라 배관의 형태가 달라지고 이에 따른 토출압력도 달라지므로 수평관을 제외한 수직관, 연결관, 만곡관, 휘기쉬운 고무호스에 대해서는 표 5. 1의 값을 기준으로 수평환산거리를 계산하고 그 값들과 수평관의 길이를 합하여 수평환산거리를 산출한다.

콘크리트펌프의 기종을 선정하는 경우 최대

표 5. 1 인공경량골재콘크리트 수평환산거리

항 목	단 위	공칭치수mm(inch)	인공경량골재콘크리트 수평환산거리(m)
상 향 수 직 관	1m당	100A(4B)	—
		125A(5B)	3
		150A(6B)	3
연 결 관	1개당	175A→150A	4
		150A→125A	8
		125A→100A	16
만 곡 관	1개당	반경0.5m (90°) 반경1.0m	6
휘기쉬운 고무호스		5~8m 1개당	20

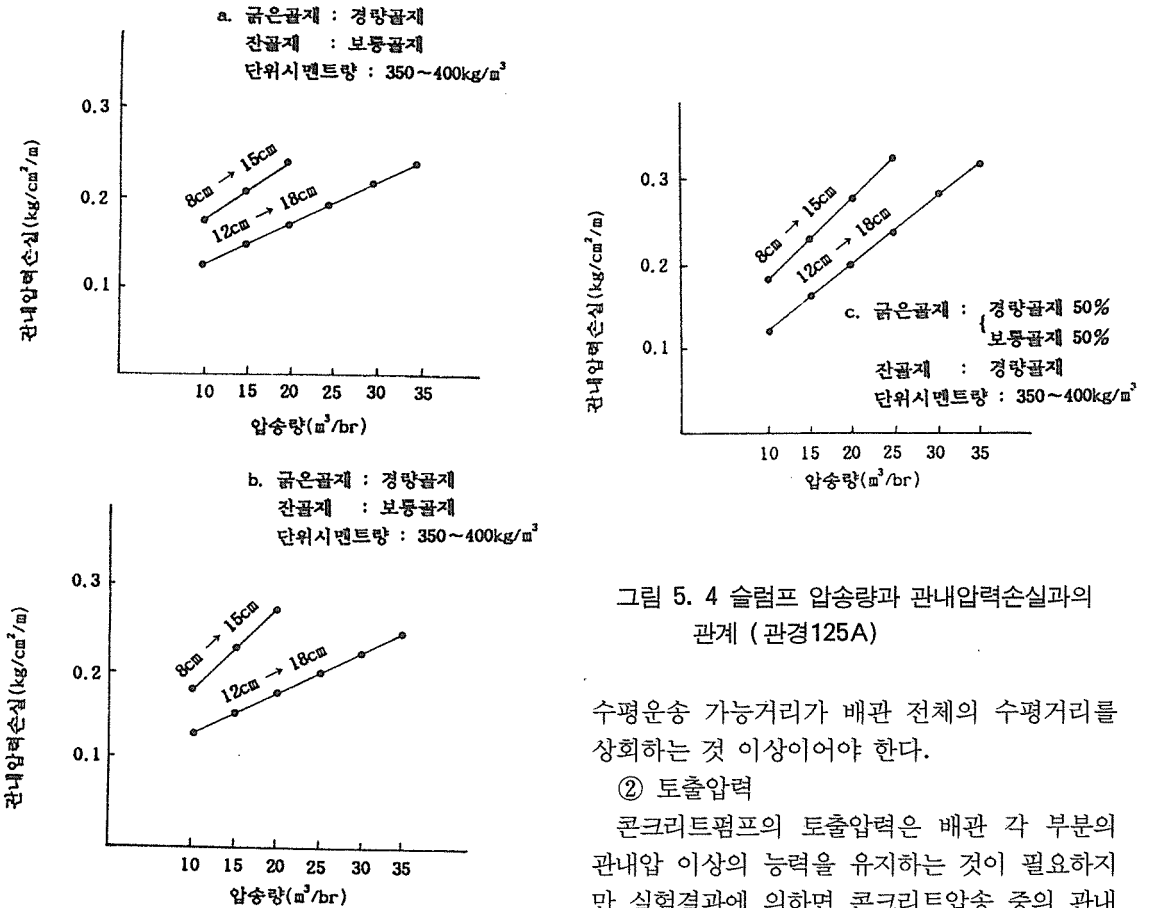


그림 5. 4 슬럼프 압송량과 관내압력손실과의 관계 (관경125A)

수평운송 가능거리가 배관 전체의 수평거리를 상회하는 것 이상이어야 한다.

② 토출압력

콘크리트펌프의 토출압력은 배관 각 부분의 관내압 이상의 능력을 유지하는 것이 필요하지만 실험결과에 의하면 콘크리트압송 중의 관내압력은 콘크리트의 강도, 단위수량, 단위시멘트량이 다르므로 각각 다른 관내압력을 나타낸다.

* 베이스 슬럼프 8cm 및 12cm를 각각 유동화제를 첨가하여 15cm 및 18cm로 한 것을 나타내었다.

그림 5. 4는 일본의 토목학회, 국철 및 인공경량골재협회에 의해서 행해진 압송시험에 의하여 측정된 수평관 1m당의 압송손실을 나타낸다.

콘크리트펌프의 배관전체에 걸리는 압송부하(Pmax)의 산정은 다음식에 의하여 구한다.

$$P_{max} = (\text{수평관 1m당 압력손실}) \times (\text{수평환산거리})$$

수평관 1m당의 압력손실은 그림 5. 4에 따라 각 골재의 조합과 슬럼프에 따라 구한다. 그러나 고강도 경량콘크리트의 경우에는 단위시멘트량이 많게 되고 점성이 다르기 때문에 약간의 안전을 생각할 필요가 있다.

(3) 기중선정

콘크리트의 펌프차는 소요의 토출량 및 토출압력을 구비한 기종을 선정해야 한다.

소요의 토출량은 배관거리, 콘크리트의 슬럼프, 콘크리트의 압축강도 등으로 부터 시공현장의 1일 타설량을 고려하여 결정하되 관내의 토출압력은 콘크리트의 배합조건이나 환경조건에 좌우되기 때문에 계산된 압송부하(Pmax)의 1.25배 정도의 안전을 생각해서 기종을 선정하는 것이 좋다. 또한 긴급시에 대처하여 이론토출압력의 40kg/cm²이상의 기종을 선정함이 좋다.

5. 6 타설 및 다지기

(1) 타설준비

콘크리트는 재료의 계량과 혼합이 잘되었다 하더라도 타설방법이 적절하지 않으면 좋은 구조물을 완성시킬 수 없으므로 사전에 충분히 검토된 계획에 따라 타설작업을 실시하여야 한다. 타설계획을 세울때에는 구조물의 종류, 콘크리트의 워커빌리티, 타설순서, 타설속도, 운반설비의 능력, 타설전 콘크리트의 품질검사방법, 기상조건 등을 충분히 고려하여 계획을 세

우고 그에 따라 타설방법, 기계배치, 작업인원 등을 결정해야 한다.

타설계획을 세우는 것과 동시에 타설 전 다음 사항에 대한 준비가 필요하다.

① 거푸집, 철근, 매설물 검사를 실시하고 이것이 도면과 일치하고 정확히 설치되어있는가를 확인한다.

② 운반설비나 타설설비의 작동여부를 확인한 후 내부에 오래된 모르타나 콘크리트가 부착되어 있는 경우는 이를 제거하고 건조된 면은 콘크리트가 부착되어 운반이 곤란한 경우가 발생할 수 있으므로 이를 적당히 적셔두는 것이 필요하다.

③ 설치된 거푸집 내부의 청소상태를 확인하여 타설시 콘크리트에 이물질이 섞이지 않도록 한다.

④ 배수구간이나 기타 작업에 주의를 요하는 구간들은 작업원에게 충분히 주지시켜 주도록 한다.

(2) 타설작업

콘크리트타설은 연속적으로 실시하여 중단되지 않는 것을 원칙으로 하며 타설작업시 주의 사항은 다음과 같다.

① 타설작업 중 철근의 배치나 거푸집을 흐트러지지 않도록 충분히 주의한다. 흐트러졌을 경우는 즉시 대응할 수 있도록 철근공 및 거푸집공을 배치해 두는 것이 필요하다.

② 층고가 높아 콘크리트를 연속하여 타설하는 경우 타설속도를 너무 빨리하면 거푸집에 큰 압력을 미치게 되거나 블리딩에 의한 상부콘크리트의 품질저하, 수평철근의 부착강도 저하 등의 우려가 있다.

타설속도는 단면치수나 콘크리트의 배합 등에 의해 다르지만 일반적으로 30분에 대해 1~1.5m이하로 한다.

③ 2층 이상으로 나누어 타설하는 경우 하부의 블리딩수를 제거한 후 상부콘크리트를 치고 하부콘크리트가 굳기 시작한 경우에 그대로 상부의 콘크리트를 타설하면 콜드조인트가 될

표 5. 2 진동시간의 표준치

진 동 기				슬럼프 (cm)	삼입간격 (cm)	진동시간 (sec)
분 류	봉지름(mm)	진동수(rpm)	진축(mm)			
소 형	27	8,000	0.8	12	40	1015
				15		812
중 형	45	12,000	1.2	12	40	812
				15		510
대 형	60	12,000	1.5	12	40	812
				15		510

우려가 있으므로 주의를 요한다.

④ 보, 기둥, 슬래브의 접합부에서 철근이 한 곳에 집중되는 곳에는 콘크리트를 타설하기 어려우므로 보의 밑면을 따라 기둥쪽으로 타설하여야 하며 모서리 기둥의 구석진 부분은 다짐용 나무망치 등을 이용하여 가볍게 두드리면서 타설하여야 한다.

⑤ 벽은 타설면이 수평으로 타설되도록 플렉시블 호스(Flexible hose)나 플렉시블 파이프 슈트(Flexible pipe chute)를 보한스팬내에서 일정하게 이동하면서 여러번 타설한다.

⑥ 보는 한스팬마다 가능하면 보의 전 높이가 한번에 타설되도록 하여야 하며, 층이 큰 보 또는 높은 피라페트 등에서는 거푸집의 횡좌굴이나 배부름이 생기지 않도록 주의하면서 타설하여야 한다.

⑦ 슬래브 콘크리트를 타설할 경우에는 블리딩에 의한 물이나 침하균열이 발생하기 쉽기 때문에 주의하여야 하며, 특히 경량콘크리트의 경우에는 타설 후 2~4시간이 경과된 뒤에 탬핑(Tamping)을 하게 되며, 이로 인하여 침하균열이 발생하기 쉬우므로 주의하여야 한다.

⑧ 경사면에 콘크리트를 타설하는 경우 낮은 쪽에서 타설하는 것을 원칙으로 한다.

⑨ 콘크리트 타설 중에도 레미콘배차와 운반시간을 조사하며 필요에 따라서 레미콘공장

에 연락을 취하여 배차간격을 조정한다.

(3) 다지기

경량콘크리트는 보통콘크리트에 비하여 골재의 비중이 작아 쉽게 골재가 분리되어 떠오르는 경향이 있으므로 진동다짐에는 소형진동기로 오랜시간 진동을 가하는 것보다 다짐효과가 큰 대형진동기로 비교적 단시간에 진동간격을 작게 빈틈없이 다지는 것이 좋다. 그러나 경량콘크리트의 진동에 의한 다짐효과는 보통콘크리트에 비하여 불량하므로 너무 단시간 다짐하면 다짐부족이 되어 양질의 콘크리트를 타설할 수 없기 때문에 사용하는 진동기의 능력, 콘크리트의 슬럼프 등을 고려하여 진동시간이나 진동간격을 조정할 필요가 있다.

진동시간의 표준치를 표 5. 2에 나타냈다.

(4) 표면마무리

콘크리트의 표면은 타설 후 적당한 시기에 최종 고르기를 할 필요가 있다. 경량콘크리트는 표면에 경량골재가 떠오르기 쉬우므로 떠오른 골재가 발생하였을 경우 이를 콘크리트안에 밀어 넣어 주어야 하며 특히 된비빔 콘크리트의 경우는 이른 시기에 실시하는 것이 좋다.

묵은 비빔 콘크리트는 잔골재가 떠오를 기미

가 있는 경우 시기를 보아 금망제의 다짐기로 표면을 다짐하면 모르타가 뜨기 때문에 좋은 마감으로 된다. 그러나 이러한 경우에도 재진동을 필요로 한다.

재진동은 철근 아래면의 동결수의 배제에도 필요한 것이다.

또한 투입 높이는 사전에 거푸집에 최후목지붕을 설치하여 두고 레빌의 과부족 때문에 콘크리트의 타설, 제거, 운반 등은 콘크리트의 마감정도나 품질에 악영향을 미치기 때문에 피하지 않으면 안된다. 하절기에 콘크리트를 타설할 경우는 의외로 초기에 표면이 건조하여 표면마감이 곤란하게 되어 헤어크랙의 원인이 되기 때문에 빨리 마감을 하여 종료된 곳은 시트 등으로 씌워 직사광선이나 바람의 영향을 피할 필요가 있다. 또한 한냉한 시기나 수밀성이 있는 거푸집 등의 사용에 냉동수를 끌어들이는 경우는 스폰지 등으로 빨아들여 마감을 하여 결코 콘크리트 표면에 흠을 파내서는 안된다. 표면마감은 우선 거친마감을 행한 후 나무훅손 등으로 마감함이 좋다.

5. 7 양생

타설된 경량콘크리트는 소정의 강도를 확보, 균열피해를 방지하기 위해 필요한 양생을 하는 것이 필요하므로 다음 사항에 주의를 요한다.

- ① 콘크리트가 직접 일광이나 바람에 의하지 않도록 할 것
- ② 소정의 기간동안 습윤상태를 유지할 것
- ③ 양생기간동안의 콘크리트에 유해한 응력이나 변형이 가해지지 않도록 할 것

타설된 콘크리트는 그 성능을 충분히 발휘하기 위하여 충분한 양생을 해야 하며 그를 위해서는 최저 5일간은 습윤상태로 할 필요가 있다. 특히 서중콘크리트는 표면의 수분이 결핍되어 헤어크랙이 발생한다. 이러한 경우 물을 뿌림은 하루 2회 이상, 5일간 이상으로 할 필요가 있고 특히 기온상승이나 바람이 강한 날은 수시로 물을 뿌려 시트양생과 병합하여 하

는 것이 필요하다.

결 론

경량골재콘크리트는 주로 높은 압축강도를 지니며 자체 단위용적중량을 작게한 고강도 경량골재콘크리트의 개발을 위한 연구들이 진행되어져 왔으며, 이미 미국, 일본을 비롯한 선진국에서는 경량골재콘크리트의 경량화와 고강도화에 대한 연구와 응용이 활발히 진행되어 해양구조물 및 지상구조물 등의 활용 가능성이 입증되어 많은 분야에의 적용이 기대되고 있다.

이러한 추세에 따라 최근 국내에서는 산업폐기물의 효율적인 활용방안으로서 플라이에쉬를 이용한 경량잔골재가 개발되어 경량단열 모르타에 대한 기초실험이 수행되었고, 점토 및 발포폴리스티렌비드를 이용한 중공경량골재가 개발되어 이를 이용한 경량골재콘크리트에 대한 성능시험과 활용을 위한 다각적이고 깊이 있는 연구가 수행되는 등 새로운 형태로의 경량골재 개발이 이루어 지고 있다.

경량골재의 비중과 흡수율은 콘크리트의 밀도증가와 열절연값은 물론 내구성을 떨어뜨리는 원인이 되므로 경량골재의 흡수율 저하를 위한 특별한 제조과정이나 피복에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료되며, 흡수율이 낮은 경량골재로 제조된 경량골재콘크리트는 경량화와 동해에 대한 저항성, 시공연도의 개선과 강도증진 등의 유리한 효과를 얻을 수 있으므로 비강도가 크고 흡수율이 낮은 새로운 경량골재를 사용한 경량골재콘크리트의 개발 및 활용이 기대되어진다.

따라서 경량골재콘크리트가 활용되어지면, 자중의 감소에 따른 구조부재 단면의 축소가 가능하여 지고, 단열, 방음 등의 효과가 더불어 건축구조물 전체의 효용성이 증대되며, 고층구조물의 구조, 프리스트레스트 콘크리트 및 프리캐스트 제품에 이르기까지 광범위하게 사용되어 질 것으로 믿어진다.