

증점체계 고유동 콘크리트의 품질성능에 관하여

권 영 호

〈동양대학교 건축공학과 교수, 공박, 시공/품질시험 기술사〉

이 현 호

〈동양대학교 건축공학과 교수, 공박〉

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. 머리말 | 4.2 내동해성 |
| 2. 사용재료의 품질특성 | 4.3 건조수축 |
| 2.1 증점제의 특성 | 4.4 투수성 |
| 2.2 고성능 AE감수제의 특성 | 4.5 중성화 |
| 2.3 증점제와 고성능 AE감수제의 적합성 | 4.6 차염성 |
| 3. 증점체계 고유동 콘크리트의 배합특성 | 5. 증점체계 고유동 콘크리트의 유의사항 |
| 3.1 시공사례의 분석 | 5.1 콘크리트 제조시의 유의사항 |
| 3.2 증점체계 고유동 콘크리트의 표준배합 | 5.2 콘크리트 운반시의 유의사항 |
| 3.3 증점체계 고유동 콘크리트의 온도민감성 | 5.3 거푸집 설계시의 유의사항 |
| 4. 증점체계 고유동 콘크리트의 역학적 특성 | 5.4 콘크리트 타설시의 유의사항 |
| 4.1 강도특성 | 6. 맺음말 및 향후과제 |

1. 머리말

국내에서 고유동 콘크리트의 현장 실용화를 위하여 개발된 콘크리트는 플라이애쉬를 시멘트의 중량비 30%정도 치환하여 점성을 부여한 분체계 고유동 콘크리트가 대부분이며, 이러한 연구성과를 현장에 적용한 사례도 많다.^{1),2)}

그러나, 분체계 고유동 콘크리트는 재료분

리 저항성(粘性)을 부여하기 위하여 시멘트 외에 혼화재를 많이 사용하기 때문에, 결합재량의 증대에 따른 수화열 및 수축의 증대, 비경제적인 강도발현(높은 압축강도) 등과 같은 문제점을 내포하고 있다. 또한, 분체계 고유동 콘크리트는 사용재료 및 배합조건이 한정되어 있기 때문에 골재의 표면수율 변동에 따라 자기충진성에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 분체의 사용에 따른 재료의 승인 및 확인이 필요한 경

우도 많다. 이러한 문제점을 해결하고 일반강도 범위에 적용하기 위한 방안으로 재료분리 저감제를 사용하는 증점제계 고유동 콘크리트가 개발되었다.

증점제계 고유동 콘크리트는 분체계 고유동 콘크리트의 단점을 개선하고 압축강도의 범위를 보다 범용화시켜 일반강도에 적용하고자 개발되었지만, 증점제의 가격이 매우 높기 때문에 경제적인 문제점을 해결하는 방안이 필요하다. 본 고에서는 증점제를 사용한 고유동 콘크리트의 일반적인 특성을 정리하고, 향후 활용방안을 제시하고자 한다.

2. 사용재료의 품질특성

2.1 증점제의 특성

증점제계 고유동 콘크리트에 사용되는 시멘

트 및 잔골재·굵은골재의 재료특성은 분체계 고유동 콘크리트에 준하여 사용할 수 있기 때문에, 본 절에서는 증점제와 고성능 감수제에 대한 적합성 및 품질특성에 대하여 정리하고자 한다. 현재, 고유동 콘크리트에 사용되는 증점제의 특성, 종류 및 작용효과는 [표 1]에 정리한 바와 같다.

일반적으로 고유동 콘크리트에 사용되고 있는 증점제는 크게 셀룰로오스계 수용성 고분자, 아크릴계 수용성 고분자, 바이오 폴리머, 글리코르계 수용성 고분자 및 무기증점제 등으로 분류되고 있으며, 바이오 폴리머는 주성분에 따라 3종류(다당류 폴리머, 수용성 폴리 싸카라이드, 미생물 균체)로 분류할 수 있다.

이러한 증점제는 종류에 따라 각각 표준침가량 및 특성, 작용효과 등이 다르다. 예를 들면, 셀룰로오스계 수용성 고분자, 아크릴계 수용성 고분자 및 글리코르계 수용성 고분자는 소

[표 1] 고유동 콘크리트용 증점제의 종류, 특성 및 작용효과

| 종류 | 주성분 | 점도 | 외관 | 표준량(kg/m ³) | 특성·작용효과 |
|---------------|---------------|-----------------------------|-----|-------------------------|--|
| 셀룰로오스계 수용성고분자 | 셀룰로스 에테르 | 2%수용액 10,000cP | 백색 | 0.2~0.6 (증점제계) | · 재료분리 저항성 · 소성유동, 윤택성 · 저계면 활성 |
| 아크릴계 수용성고분자 | 폴리아크릴 아미드 | - | 회백색 | 3.0~6.0 | · 항복값, 소성점도 大 · 재료분리 저항성 |
| 바이오 폴리머 | 다당류 폴리머 β-1,3 | 젤강도 500g/cm ² 이상 | 백색 | 0.5~1.5 | · 불용성, 팽윤성 · Ca가교 겔 형성 · 재료분리 저항성 |
| | 수용성 폴리 싸카라이드 | 1%수용액 300cP | 차갈색 | 0.2~0.6 | · 항복값, 소성점도 大 · 재료분리 저항성 · 온도의존성 小 |
| | 미생물 균체 | - | 갈색 | 0.5~1.0 | · 불용성, 팽윤성 · Ca이온 팽윤겔 형성 |
| 글리코르계 수용성고분자 | 특수 수용성 고분자 | 20%수용액 300cP | 황갈색 | 20정도 | · 재료분리 저항성 · 분산성 |
| 무기증점제 (팽창제) | 흡수폴리머 무기분체 | - | 백색 | 22정도 | · 재료분리 저항성 · 팽윤성 |

[표 2] 증점제계 고유동 콘크리트의 배합사례 () : 평균값

| 종류 | 주성분 | 첨가량 (kg/m ³) | 분체량 (kg/m ³) | 단위수량 (kg/m ³) | W/B (%) | 고성능 AE감수제 |
|------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------|-----------|
| 셀룰로오스계 수용성고분자 | 셀룰로스 | 0.01~0.6 | 300~500 | 165~190 | 33~60 | · 폴리카르본산 |
| | 에테르 | (0.35) | (350) | (180) | (51.0) | · 멜라민설펜산 |
| 아크릴계 수용성고분자 | 폴리아크릴 | 3.0~6.0 | 350~520 | 175~185 | 34~53 | · 나프탈렌설펜산 |
| | 아미드 | (5.0) | (420) | (180) | (42.9) | · 폴리카르본산 |
| 바이오 폴리머 | 다당류 폴리머 | 0.5~1.5 | 500~560 | 160~180 | 30~36 | · 나프탈렌설펜산 |
| | β -1,3 | (1.0) | (500) | (165) | (33.0) | · 폴리카르본산 |
| | 수용성폴리 싸카라이드 | 0.2~0.6 | 500~580 | 160~180 | 30~36 | · 나프탈렌설펜산 |
| | | (0.35) | (530) | (175) | (33.0) | · 폴리카르본산 |
| | 미생물 菌體 | 0.5~1.0 | 400~500 | 160~175 | 30~45 | · 폴리카르본산 |
| | | (0.7) | (500) | (165) | (33.0) | · 아미노설펜산 |
| 글리코르계 수용성고분자 | 특수수용성 고분자 | 20정도 | 350~500 | 165~180 | 34~49 | · 폴리카르본산 |
| | | (20) | (400) | (170) | (42.5) | · 멜라민설펜산 |
| 무기증점제 (팽창제) | 흡수폴리머 | 22정도 | 500정도 | 175~185 | 35~40 | · 나프탈렌설펜산 |
| | 무기분체 | (22) | (500) | (180) | (36.0) | · 폴리카르본산 |

위 증점제계 고유동 콘크리트 및 병용계 고유동 콘크리트에 사용되며, 바이오 폴리머 및 무기증점제는 병용계 고유동 콘크리트에 사용된다.

또한, 바이오 폴리머 중에서 다당류 폴리머 및 미생물 균체, 무기증점제는 용해되어 팽윤되는 특성이 있으며, 이 외에도 減水作用과 增粘作用을 갖는 혼화제도 개발되고 있다.

[표 2]는 증점제계 고유동 콘크리트의 배합 사례를 정리한 것으로 사용된 증점제의 종류별 표준첨가량, 분체량, 단위수량, 물/분체비의 범위 및 고성능 AE감수제의 종류를 나타낸 것이다.

배합사례에서 사용된 증점제의 종류는 셀룰로오스계와 아크릴계 2종류이나, 셀룰로오스계가 약 90%로 압도적이다. 또한, 증점제의 사용량은 셀룰로오스계가 0.4~0.6kg/m³의 범위이며, 아크릴계는 3.2~6.0kg/m³로 셀룰로오스계에 비해 사용량이 비교적 많다.

2.2 고성능 AE감수제의 특성

고성능 AE감수제는 분체계와 동일하지만, 증점제와의 적합성을 고려하여 나프탈렌계 및 폴리-카르본산염계가 많이 사용되고 있다. 또한, 사용량은 증점제계 고유동 콘크리트의 경우 7.5~10kg/m³범위에서 시공된 사례가 많았는데, 이러한 관점에서 볼 때 5~15kg/m³의 범위가 標準使用量으로 사료된다.

한편, 병용계 고유동 콘크리트의 경우에도 5.0~15kg/m³의 범위에서 시공된 사례가 많았지만, 10kg/m³이상을 사용한 사례는 증점제계 고유동 콘크리트에 비해 많았다.

또한, 분체계 고유동 콘크리트의 경우에는 10~12.5kg/m³의 범위에서 시공된 사례가 많지만, 7.5kg/m³미만을 사용한 사례도 비교적 많은 것이 증점제계 및 병용계 고유동 콘크리트와 다른 점이다.

2.3 증점제와 고성능 AE감수제의 적합성

증점제와 고성능 AE감수제를 함께 사용하는 증점제계 고유동 콘크리트에서는 증점제와 고성능 AE감수제의 適合性を 먼저 고려해야 한다. 즉, 적합성이 맞지 않으면 슬럼프 플로우의 손실이 증대될 뿐만 아니라 응집현상이 발생하기 때문에 고유동 콘크리트의 유동성이 저하된다.³⁾

일반적으로 적합성은 증점제의 구조 및 분자량, 증점제와 고성능 AE감수제의 사용비율에 따라 다르다. 특히, 증점제의 분자량이 클수록 적합성의 관계는 명확히 나타난다. 이러한 적합성은 고성능 AE감수제의 화학구조에도 밀접한 관계가 있다. 예를 들면, 적합성이 좋지 않는 셀룰로오스계 수용성 고분자와 나프탈렌-설폰산염을 함께 사용하면 나프탈렌-설폰산 나트륨이 나프탈렌-설폰산 칼슘으로 변화되기 때문에 적합성이 현저히 나빠진다.⁴⁾

아크릴계 증점제와 폴리-카르본산계 고성능 AE감수제를 함께 사용한 고유동 콘크리트에서 아크릴계 증점제의 사용량이 표준첨가량보다 적을 경우에는 응집현상이 발생하는 경향이 있기 때문에, 사전에 시험배합으로 확인해야 한다.

따라서, 증점제계 고유동 콘크리트는 증점제와 혼화제의 적합성을 고려하여 증점제의 특성 및 작용효과를 함께 검토하여 배합을 선정하는 것이 매우 중요하다.

3. 증점제계 고유동 콘크리트의 배합 특성

지금까지 조사된 고유동 콘크리트의 시공 사례는 모두 76건으로, 이 중에서 분체계 고유동 콘크리트가 33건으로 가장 많고 다음으로 병용계 고유동 콘크리트가 28건, 증점제계 고유

동 콘크리트가 15건, 기타 2건으로 나타났다. 여기서, 조사된 증점제계 고유동 콘크리트의 배합특성을 정리하면 다음과 같다.

3.1 시공사례의 분석

(1) 설계기준강도

현장에 시공된 증점제계 고유동 콘크리트의 설계기준강도는 200~250kg/cm² 미만이 80% 정도로 가장 많았으며, 대부분 시멘트 사용량이 적기 때문에 증점제를 사용하여 재료분리 저항성을 부여한 것으로 나타났다. 반면에 병용계 및 분체계 고유동 콘크리트의 설계기준강도는 200~250kg/cm² 범위가 60% 정도로 가장 많았지만, 400kg/cm² 이상의 고강도 범위도 약 25%를 차지하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 슬럼프 플로우

고유동 콘크리트로 시공된 사례에서 슬럼프 플로우의 기준은 증점제계 고유동 콘크리트의 경우 60~65cm가 70%, 55cm정도가 20%로 대략 60~65cm를 목표로 정한 배합조건이 가장 많았다. 병용계 고유동 콘크리트의 경우 65cm정도로 배합한 사례가 80%로 가장 많았고, 60cm도 약 20%를 차지하였다. 한편, 분체계 고유동 콘크리트는 60~65cm범위가 3/4를 차지하지만, 평균값은 65cm정도로 40%를 차지하였다.

(3) 물/결합재비

증점제계 고유동 콘크리트의 물/결합재비는 40~65%정도의 광범위한 것이 특징이며, 특히 45~55%범위가 50%를 차지하였다. 그러나, 병용계 및 분체계 고유동 콘크리트의 물/결합재비는 30~35%범위가 약 70% 이상을 차지하고 있기 때문에 대부분 물/결합재비가 낮다.

(4) 단위수량

증점제계 고유동 콘크리트의 단위수량은 170~180kg/m³정도가 대부분이며, 평균 170kg/m³이상으로 시공된 배합설계가 많았으며, 병용계와 분체계 고유동 콘크리트는 170~180kg/m³을 중심으로 대략 180kg/m³이하의 배합설계가 많았다. 전체적으로 增粘劑系 > 併用系 > 粉体系 高流動 콘크리트의 순으로 단위수량이 감소하는 경향을 보였지만, 증점제계 고유동 콘크리트는 바닷모래를 사용한 사례가 대부분이라는 점을 고려해야 한다.

(5) 단위결합재량

증점제계 고유동 콘크리트의 단위결합재량은 350~400kg/m³의 범위가 40%로 가장 많았는데, 대략 300~450kg/m³정도가 표준으로 사료된다. 병용계 고유동 콘크리트는 500~550kg/m³의 범위가 70%로 매우 높은 범위를 차지하였으며, 분체계 고유동 콘크리트의 경우에도 500~550kg/m³의 배합사례가 50%정도로 많았다. 따라서, 병용계 및 분체계 고유동 콘크리트의 경우에는 단위결합재량이 450~550kg/m³정도를 표준으로 정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

(6) 단위굵은골재의 용적

굵은골재의 실적율을 60%로 가정할 때, 증점제계 고유동 콘크리트는 대략 단위굵은골재의 용적비(GV)가 50%이상인 배합사례가 많았으며, 52~55%인 범위가 전체의 50%를 차지하였다. 병용계 고유동 콘크리트는 52~55%의 범위가 40%로 가장 많았지만, 45~57%정도로 비교적 폭넓은 범위에서 배합되었다. 또한, 분체계 고유동 콘크리트는 50~52%의 범위가 40%를 차지하였으며, 50~55%범위인 배합사례는 약 70%를 차지

하였다.

3.2 증점제계 고유동 콘크리트의 표준배합

지금까지 시공된 증점제계 고유동 콘크리트의 일반적인 표준배합은 [표 3]에 나타난 범위에 있다.

[표 3] 증점제계 고유동 콘크리트의 표준배합

| 항목 | 단위 | 결합재용적 | 물/결합재 | 단위굵은골 | 슬럼프 | 공기량 |
|-----|----------------------|---------------------|-------|---------|---------|-----|
| | (kg/m ³) | (l/m ³) | 비 (%) | 재용적 (%) | 플로우(cm) | (%) |
| 표준량 | 170~190 | 110이상 | 40~55 | 50~55 | 55~70cm | 5~6 |

증점제계 고유동 콘크리트에서는 잔골재의 종류 및 품질에 따라 단위수량이 증가되는 경우도 있기 때문에 기본적으로 단위수량은 적은 것이 바람직하지만, 고성능 AE감수제를 사용하는 조건에서 잔골재의 품질변동을 고려하여 단위수량을 설정해야 한다.

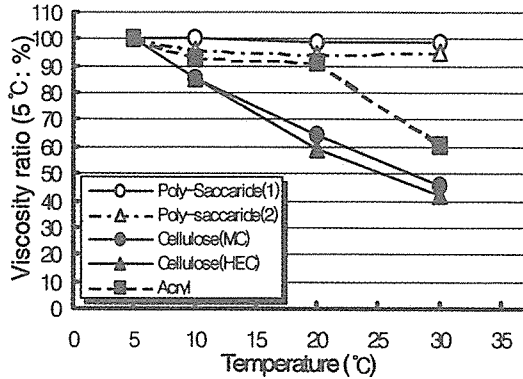
또한, 증점제계 고유동 콘크리트는 증점제를 사용하여 콘크리트의 점도를 확보하지만, 굵은골재량이 증가하면 간극통과성 등이 저하되기 때문에 단위결합재 용적에 대한 표준량(110 l/m³이상)을 제시한 것이다.

3.3 증점제계 고유동 콘크리트의 온도민감성

온도변화에 따른 증점제계 고유동 콘크리트의 특성을 검토한 연구는 많지 않지만, 지금까지의 연구결과로 볼 때 증점제는 온도의존성이 매우 높은 것으로 나타났다. 특히, 셀룰로오스계 및 아크릴계 증점제를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트는 콘크리트의 온도가 높아질수록 점성이 감소하는 경향을 보인다.

[그림 1]은 알칼리 용액을 용매로 하여 셀룰로오스계, 아크릴계 및 수용성 폴리-싸카라이드계 증점제에 대한 온도변화와 점도의 관계를

고찰한 것이다.⁵⁾



[그림 1] 증점제의 종류에 따른 온도변화와 점도의 관계

실험결과, 수용성 폴리-싸카라이드계 증점제는 온도변화에 따른 용액의 점도변화가 거의 없지만, 셀룰로스계 및 아크릴계 증점제의 경우에는 온도상승에 따라 점도가 감소하는 경향을 나타내었으며 온도의 敏感度는 셀룰로스계 증점제가 아크릴계보다 큰 것으로 나타났다.

또한, 고유동 콘크리트에서 셀룰로스계 증점제의 증점효과와 온도의 관계를 연구한 결과에 따르면, 온도가 높을수록, 증점제의 사용량이 적을수록 최종 슬럼프 플로우는 증대하는 반면에 콘크리트의 점도를 나타내는 플로우 50cm 도달시간은 감소하는 것으로 나타났다.⁶⁾

따라서, 온도가 높을 경우에는 증점제량을 증가시킬 필요가 있지만, 유동성 측면에서 사용하는 고성능 AE감수제는 온도에 따라 시멘트 입자의 分散效果가 다르기 때문에 온도변화와 증점제의 사용량을 명확히 해야 한다.⁷⁾

4. 증점제계 고유동 콘크리트의 역학적 특성

4.1 강도특성

(1) 압축강도

보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트의 압축강도는 일반 콘크리트와 마찬가지로 시멘트/물비와 선형관계를 나타내었기 때문에, 동일한 방법으로 배합강도를 설계할 수 있을 것으로 사료된다.

또한, 증점제의 사용량이 단위수량의 0.15~0.4%일 때는 증점제 사용량에 따른 강도변화는 나타나지 않았다. 따라서, 셀룰로스계 증점제의 경우, 일반적인 사용량의 범위에서 증점제를 사용하면 압축강도에 미치는 영향은 거의 없다.

(2) 탄성계수

증점제계 고유동 콘크리트의 탄성계수는 물/시멘트비가 동일한 일반 콘크리트에 비해 약간 감소하는 경향이 있다. 이는 일반 콘크리트에 비해 콘크리트 용적에 차지하는 페이스트의 비율이 높기 때문에, 콘크리트의 단위용적 중량이 감소하며 이에 따라 탄성계수도 감소하는 것으로 사료된다.

실험값을 ACI-363R-84에 제안한 탄성계수 산정식과 비교할 때, 고강도 범위에서는 매우 일치하는 것으로 나타났기 때문에, 고유동 콘크리트의 경우에도 기존의 압축강도와 탄성계수의 관계식을 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

4.2 내동해성

증점제계 고유동 콘크리트의 내동해성은 일반 콘크리트와 마찬가지로 연행된 공기량의 영향을 많이 받는다. 특히, 사용되는 결합재, 증점제, 고성능 AE감수제의 종류에 따라 공기량이 다르기 때문에, 배합시의 공기량으로

고유동 콘크리트의 내동해성을 판단하는 것은 어렵지만, 공기량이 5%이상이면 동결융해 촉진시험의 300사이클에서 상대동탄성 계수가 60%이상인 것으로 나타났다.

한편, 경화 콘크리트의 기포특성과 내동해성을 검토한 결과, 셀룰로오스계 증점제를 사용한 고유동 콘크리트는 공기량이 4.5%이상이면 상대동탄성 계수가 60%이상으로 내동해성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서, 경화과정에서 공기량이 약간 감소되는 것을 고려하여 증점제계 고유동 콘크리트의 경우에는 배합시에 공기량을 일반 콘크리트보다 약 1%정도 높게 설정하여 내동해성을 확보하는 방안이 필요하다.

셀룰로오스계 증점제를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트에서 기포간극계수가 $220\mu\text{m}$ 이하인 경우에는 300사이클 후의 상대동탄성 계수가 60% 이상을 얻을 수 있다. 그러나, 물/결합재비가 낮은 배합조건 및 결합재의 종류에 따라 기포간극 계수가 $300\mu\text{m}$ 정도에서도 상대동탄성 계수가 60% 이상인 경우도 있다. 또한, 증점제의 사용량이 증가하면 내동해성은 약간 저하되는 경향이 있지만, 300사이클에서 상대동탄성 계수가 60% 이상이기 때문에 내동해성을 확보할 수 있다.

4.3 건조수축

증점제계 고유동 콘크리트의 건조수축은 일반 콘크리트와 같거나 약간 증가하는 경향이 있다. 그러나, 셀룰로오스계 증점제를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트는 무첨가 콘크리트와 거의 동일한 길이변화율을 나타내었기 때문에, 증점제의 사용이 콘크리트의 건조수축에 미치는 영향은 없는 것으로 사료된다.

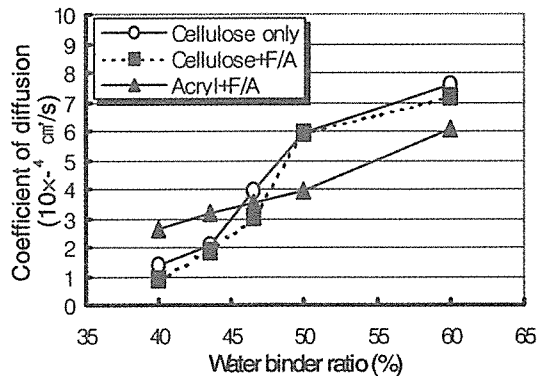
일부 연구에서 증점제를 사용한 콘크리트의 길이변화율이 증가한다는 것도 있지만, 차이

는 1×10^{-4} 이하로 매우 작은 것으로 나타났다.

4.4 투수성

셀룰로오스계 증점제를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트는 물/시멘트비가 동일한 일반 콘크리트에 비해 투수성이 같거나 작아지는 경향이 있으며, 증점제의 사용량이 증가함에 따라 투수계수가 작아지는 것으로 나타났다.

[그림 2]는 물/결합재비에 따른 확산계수를 나타낸 것이다.



(그림 2) 물/결합재비에 따른 고유동 콘크리트의 확산계수

즉, 고유동 콘크리트의 투수성(확산계수)은 일반 콘크리트와 마찬가지로 물/결합재비가 낮을수록 감소하는 경향이 있는데, 이는 물/결합재비의 감소로 콘크리트의 내부조직이 치밀하게 되어 전체 세공량이 작아지기 때문으로 사료된다.

4.5 중성화

증점제계 고유동 콘크리트의 중성화에 대한 영향은 셀룰로오스계 및 아크릴계 증점제를 사용한 경우에 거의 없는 것으로 나타났다. 그러

나, 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 사용한 병용계 고유동 콘크리트의 중성화 속도는 증대되는 경향이 있으며, 3성분계 시멘트의 경우에는 매우 증대된다.

이는 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬의 사용으로 시멘트의 클링커량이 감소될 뿐만 아니라 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬가 콘크리트에 존재하는 수산화칼슘과 반응하여 알칼리도가 낮아지기 때문으로 사료된다.

4.6 차염성

증점제계 고유동 콘크리트의 염분침투 깊이는 일반 콘크리트와 마찬가지로 물/결합재비가 낮을수록 감소하는 경향이 있는데, 이는 물/시멘트비가 낮을수록 콘크리트의 내부조직이 치밀해 지기 때문이다.

물/결합재비가 동일한 일반 콘크리트와 비교할 때, 셀룰로오스계 증점제를 사용한 증점제계 고유동 콘크리트의 염분침투성은 유사한 것으로 나타났으나, 아크릴계 증점제를 사용한 경우에는 일반 콘크리트의 70% 정도인 것으로 나타났다.

5. 증점제계 고유동 콘크리트의 유의사항

5.1 콘크리트 제조시의 유의사항

증점제계 고유동 콘크리트를 현장에서 제조할 때, 증점제의 종류에 관계없이 0.2~20kg/m³ 정도의 소량이 사용되지만, 대부분의 플랜트에는 소량을 저장·계량·투입하는 설비가 없기 때문에 작업자가 믹서로 직접 투입하게 된다.

따라서, 소량으로 투입된 증점제가 飛散되어 투입구 주변에 부착되거나 믹서의 공기배

출구로 빠져나가지 않도록 유의해야 한다.

이를 방지하기 위하여 잔골재를 계량한 후에 잔골재에 혼입하여 투입하는 방법과 콘크리트를 생산한 후에 트럭 에지테이터에 증점제와 고성능 AE감수제를 투입하는 방법이 이용되고 있으며, 최근에는 고성능 AE감수제와 증점제를 액상형으로 제조하는 방안도 시도되고 있다.

또한, 증점제계 고유동 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 점성이 높기 때문에 믹서의 부하가 증가한다. 따라서, 믹서는 강제식 2축믹서(Twin shaft)를 사용하는 것이 바람직하며, 1회 배합량은 믹서용량의 70~80%로 하고 배치당 배합시간도 일반 콘크리트보다 2~3배 정도 증가시킬 필요가 있다.

5.2 콘크리트 운반시의 유의사항

최근에 시판되고 있는 고성능 AE감수제는 대부분 슬럼프 플로우의 유지작용이 매우 우수하기 때문에, 경시변화에 따른 슬럼프 플로우의 손실이 적다. 따라서, 요구성능을 고려하여 실제 시공에서는 운반시간 및 유동에 따른 경시변화를 60~90분 범위에서 선정하는 것이 바람직하다.

또한, 증점제계 고유동 콘크리트의 펌프압송에 따른 압력손실은 슬럼프 12cm인 일반 콘크리트에 비해 2~3배 높은 경향이 있으며, 토출량이 높을 경우에는 압력손실이 증가한다. 펌프압송후의 슬럼프 플로우는 압송전보다 작아지는 경향이 있지만, 고성능 AE감수제의 유지작용이 큰 경우에는 거의 변화가 없었다.

5.3 거푸집 설계시의 유의사항

응결시간이 다른 고유동 콘크리트의 배합 A(초결 7시간, 중결 12시간) 및 배합B(초결

15시간, 종결 20시간)에 대한 거푸집 축압의 경시변화를 측정 한 실험결과에 따르면, 거푸집 축압이 최대로 되는 시간은 배합A의 경우 약 2시간 후, 배합B의 경우 약 6시간 후로 나타났다. 최대이후는 경시변화에 따라 감소하였으나, 감소하는 시간은 배합에 따라 다르게 나타났다.

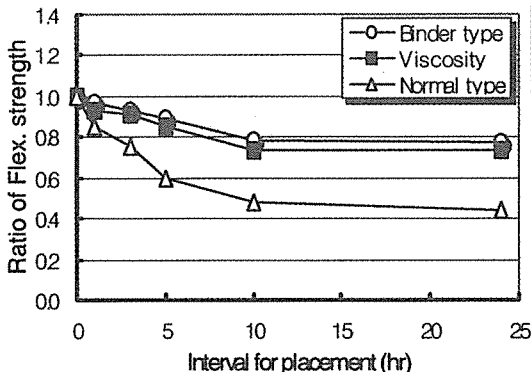
따라서, 고유동 콘크리트에서 거푸집 설계시의 유의사항은 다음과 같다.

- (1) 타설 초기에는 콘크리트를 液壓으로 간주할 것
- (2) 응결이 지연될 경우에는 충격이 거푸집으로 전달된다는 것
- (3) 거푸집에 손상이 생길 경우 손상부위 상부의 콘크리트가 유출된다는 것

따라서, 안전성을 고려하여 액압으로 거푸집을 설계해야 한다.

5.4 콘크리트 타설시의 유의사항

고유동 콘크리트를 타설할 때, 자유낙하 높이가 높을 경우에는 공기가 갇힌 상태로 충전되기 때문에 콘크리트 내부에 기포가 형성될 수 있다. 또한, 유동거리가 길거나 장애물이 많은 경우에는 굽은골재의 분리가 발생할 수도 있다.



(그림 3) 이어치기 시간과 휨강도비 (수평이음)

[그림 3]은 증점제계 및 분체계 고유동 콘크리트와 일반 콘크리트의 수평이음부의 이어치기 시간과 휨강도비의 관계를 나타낸 것이다.

실험결과, 증점제계 및 분체계 고유동 콘크리트는 비슷한 휨강도비를 나타내었으며, 일반 콘크리트에 비해 높은 값을 보였다. 이는 블리딩이 매우 적기 때문에, 블리딩에 따른 콘크리트 표면의 취약부가 없으며, 응결시간도 지연되어 재진동 시간을 확보할 수 있기 때문이다.

6. 맺음말 및 향후과제

지금까지 정리한 바와 같이 증점제계 고유동 콘크리트의 경우, 증점제의 사용량이 경화 콘크리트의 품질에 미치는 영향은 적기 때문에, 일반 콘크리트와 같은 정도의 품질을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 증점제계 고유동 콘크리트의 배합특성에 따라 콘크리트 용적에서 모르타르의 용적 또는 페이스트 용적이 차지하는 비율을 높이는 것이 바람직한 것으로 평가되며, 일반 콘크리트에 비해 블리딩량이 매우 적은 이점도 있지만, 내동해성의 확보를 위하여 공기량을 약간 크게 설정할 필요가 있다.

고유동 콘크리트를 사용하면 구조물의 고품질화, 시공의 인력절감을 확보할 수 있지만, 혼화재료의 설비, 대상구조물의 형상·크기·배근 등의 품질을 확보하기 위해서는 선정된 콘크리트의 성능, 재료분리의 검사, 적절한 타설 방법 등과 같은 기초적인 과제를 해결하고, 새로운 시공시스템을 속히 구축해야 할 것이다.

참고문헌

- 1) 朴七林, 權寧鎬, 李相洙, 元澈., "Top Down 工法에 超流動 콘크리트의 現場適用", 대한건

- 축학회 논문집, 제13권10호, 1997.10, pp.355~362
- 2) 권녕鎬, 全成根, 金武漢., "LNG Tank용 超流動 콘크리트의 要求性能", 한국콘크리트학회 봄 학술발표 논문집 제11권1호, 1999.5, pp.463~467
 - 3) 河井徹ほか., "流動化劑と増粘劑のコンパティビリティに関する研究", 日本コンクリート工學年次論文報告集, Vol.12, No.1, pp.37~42, 1990.
 - 4) 泉達男ほか., "増粘劑の吸着特性がモルタル物性に及ぼす影響", 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.63~68, 1995.
 - 5) 坂田昇ほか., "増粘劑ウエランガムがフレッシュコンクリートの自己充填性に及ぼす影響", 土木學會 論文集, No.538, Vol.31, pp.57~68, 1996.5
 - 6) 山川勉ほか., "セルロース系分離低減劑タイプ高流動コンクリートの練上り溫度並びに養生溫度の影響", 第2回超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集, JCI, pp.39~44, 1994.5
 - 7) 권녕鎬, 金武漢, 全成根., "사용재료의 품질변동이 高流動 콘크리트의 특성에 미치는 영향", 한국콘크리트학회 논문집 제12권2호, 2000.4 pp.99~107

