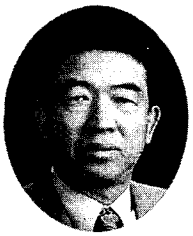
특집

‖최신 유동화 콘크리트‖

최신 유동화 콘크리트의 개요 및 전망

- Outline and View of the Recent Flowing Concrete -



한천구*

1. 유동화 콘크리트의 개요

1.1 정의 및 개념

유동화 콘크리트란 믹서로 일단 비빔을 완료한 콘크리트(비교적 된비빔 콘크리트로서 베이스 콘크리트(base concrete)라 한다)에 유동화제를 첨가한 다음 이것을 적당한 교반 장치(대부분 레미콘용 운반차(에지테이터 트럭)가 이용된다)로 혼합하여 유동성을 증대시킨 콘크리트를 말한다.

이와 같은 유동화 콘크리트에 대한 명칭으로서는 종전에 유동 콘크리트, 고유동 콘크리트, 플로우드 콘크리트 등의 여러 명칭으로 통용되어졌으나 일본에서는 1986년부터 유동화 콘크리트로 통일되었고, 영국에서는 flowing concrete 혹은 superplasticized concrete로 불리어 왔으나 유동화 콘크리트는 후자의 용어에 어감이 가깝다. 우리나라의 경우는 1982년 이후 충남대 김무한 교수를 중심으로 많은 연구가 진행되어 왔는데, 건축 분야에서는 1994년 8월 건축공사 표준시방서에 정식으로 유동화 콘크리트가 규정되었고, 토목 분야에서는 1991년 토목학회에서 유동화 콘크리트 시공지침(안)·동해설을 발간하였으며, 1996년 및 1999년 개정된 콘크리트 표준시방서에서도 유동화 콘크리트를 규정하게 되었다.

유동화 콘크리트에 있어서는 무엇보다 혼화제의 역할이 중요한데, 특히 유동화제란 유동화 콘크리트에 이용되는 화학혼화제로서, 즉 고성능 감수제를 기본으로 하고 후첨가에 편리하도록 성분 조정 등이 가미되어져 있는 것을 말한다. 참고적으로 유동화 콘크리트와 관련하여 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(1) 베이스 콘크리트(base concrete) : 유동화 콘크리트를 제조하기 위하여 비벼놓은 유동화 전의 콘크리트

(2) 유동화 : 미리 비빈 콘크리트에 유동화제를 첨가하고 이것을 교반해서 유동성을 증가시키는 것

(3) 유동화제 : 미리 비빈 콘크리트에 첨가하여 이것을 교반함으로써, 그의 유동성을 증가시키는 것을 주목적으로 하는 혼화제

(4) 유동화 콘크리트 : 미리 비빈 콘크리트에 유동화제를 첨가하여, 이것을 교반해서 그의 유동성을 증가시킨 콘크리트

(5) 슬럼프 증가량 : 베이스 콘크리트의 슬럼프와 유동화 콘크리트의 슬럼프의 차, 즉 유동화 직전과 직후의 슬럼프 차(cm)

(6) 유동화제의 첨가량 : 소정의 슬럼프 증가량을 얻기 위해 베이스 콘크리트에 첨가하는 유동화제량으로, 시멘트에 대한 중량비(%) 또는 콘크리트 1 m^3당의 양을 중량(kg) 또는 용적(ℓ)으로 표시한 것

1.2 유동화 콘크리트의 배경

일반적으로 건축 구조물은 부재 단면의 크기가 작고 또한 철근

* 정회원, 청주대 건축공학부 교수

이 조밀하게 배근되어 있으므로, 밀실한 콘크리트의 시공이 난해한 경우가 많다. 따라서 일본에서는 종래부터 단위수량이 많은 상태에서 슬럼프 18 ~ 21 cm 정도의 묽은비빔 콘크리트가 주류를 이루었으며, 우리나라의 기술 발전 경향도 이와 동일하다고 할 수 있다. 이와 같이 단위수량이 많은 묽은비빔 콘크리트는 콘크리트의 품질상 여러 가지 좋지 않은 측면을 갖고 있는 것이 사실이지만, 단면이 작고, 배근이 복잡하게 되어 있는 부위에 콘크리트를 채우기 위해서는 어쩔 수 없는 상황으로 받아들여 왔다. 그러나 콘크리트의 높은 유동성과 낮은 단위수량은 서로 상반되는 개념이므로, 배합 설계시에 이러한 두 가지 요구 성질에 대해 균형을 취하도록 하는 것이 주요한 목표 중의 하나로 되어 왔다.

한편, 1960년대 후반 이후부터의 콘크리트 시공은 펌프 공법을 주로 사용하게 되었는데, 이 경우는 시멘트량을 많게 하고 잔골재율을 크게 하여 콘크리트의 펌핑성을 높이도록 배합하게 되면서 필연적으로 단위수량이 증가되었으며, 또한 동시에 골재의 품질이 악화되면서 콘크리트의 품질 저하가 매우 심각하게 되었다. 이에 따라 콘크리트의 품질을 확보하기 위하여 된비빔 콘크리트의 필요성이 크게 인식되었지만, 그 반면에 시공성을 저해하는 것에 대한 강한 저항감도 발생되었다. 이러한 상황에서 콘크리트용 혼화제로서 종래의 감수제에 비하여 다량 사용이 가능하면서도 한층 높은 감수 효과를 갖도록 할 수 있는 유동화제가 독일과 일본을 비롯한 세계 각국에서 개발되기 시작하였으며, 1970년대부터는 본격적인 실용화 단계로 접어들기에 이르렀다.

시멘트의 분산 작용을 부여하는 혼화제를 사용함으로써, 소정의 반죽질기, 적당한 유동성을 갖는 콘크리트를 작은 단위수량으로 만드는 방법이 종래부터도 행하여져 왔으며, 이 경우 콘크리트의 반죽질기를 일정하게 유지하면서 단위수량을 얼마만큼 감소시킬 수 있는가 하는 것이 혼화제 품질 평가의 척도였다. 이것을 역으로 말하면 단위수량을 일정하게 하고 얼마만큼 콘크리트의 반죽질기를 증가시킬 수 있는가 로도 말할 수 있다. 즉, 이와 같은 생각은 종래의 감수제에 대해서도 적용할 수 있지만 그것이 실용적으로 사용되지 못했던 것은 종래의 감수제가 일반적으로 응결 지연성이나 다소의 공기 연행성을 갖기 때문에 그 사용량에 한도가 있으므로, 여기서 논하고자 하는 유동화 콘크리트와 같은 사용 방법은 검토되지 못하였다.

그러므로 1970년대 이후 새롭게 개발된 고분산 작용을 갖는 고성능 감수제는 다량 사용해도 응결 지연 작용이나 경화 불량 작용이 적고, 더구나 종래의 감수제에 의해 단위수량을 일정량 감소시킨 콘크리트에도 사용할 수 있으며, 또한 단위수량이 더욱 작은 된비빔 콘크리트를 부어넣기가 가능한 정도의 작업성을 가질 수 있도록 유동화시키는 것이 가능하게 되었으므로, 이러한 점들이 유동화 콘크리트를 도입하게 된 배경이다.

우리나라에서는 1980년대에 들어서 유동화 콘크리트에 대한 연구가 시작되고, 각 혼화제 생산업체에서 외국의 제품을 수입하거나 자체에서 제조하여 국내 건설 시장에 공급하기 시작하였으나, 본격적으로 건설 공사에 유동화 콘크리트가 적용된 것은 1980년대 후반기부터라고 보여진다. 이러한 현상은 국내 건설 공사에 콘크리트 펌프 공법이 적용되고, 더욱더 시공이 용이한 것을 추구하면서부터 크게 활성화되기에 이르렀다.

이와 같이 유동화 콘크리트는 시공성 향상을 위해 채택되는 경우 이외에도 고강도 콘크리트 및 고품질 콘크리트의 제조 등에도 이용되고 있다. 예를 들어 보통의 공법으로도 시공이 가능한 교대, 교각, 옹벽, 정수설비, 물탱크, 터널의 라이닝, 포장 슬래브 등의 토목 공사에도 적용함으로써, 시공성이 대폭 개선될 뿐만 아니라, 종래의 공법으로는 곤란했던 콘크리트 펌프의 채택도 가능해져 그 유용성이 대단히 넓어졌다.

또한 유동화 콘크리트는 베이스 콘크리트를 종래의 공법에서 적용되어 왔던 콘크리트보다 더욱 된반죽 콘크리트로 제조해도 동일한 유동성 확보가 가능하여, 단위수량이나 단위시멘트량을 줄일 수 있으므로 최근 문제가 되고 있는 토목 구조물의 온도 균열 방지에도 효과가 크다.

그러나 유동화 콘크리트는 유동화제에 의하여 강제로 유동성을 증대시킨 콘크리트라고 말할 수 있으므로 워커빌리티는 보통 콘크리트의 경우와 상당히 다르다. 따라서, 유동화 콘크리트의 사용 목적이나 효용의 한계를 충분히 검토하고, 적절한 시공을 실시하면 여러 가지 효용과 이점을 얻을 수 있지만 안이한 생각으로 유동화 콘크리트를 적용하는 경우에는 소기의 목적을 달성할 수 없을 뿐 아니라 구조체의 내력(耐力) 및 내구성까지도 해치는 결과를 가져올 수 있으므로 주의하여 사용해야 한다.

1.3 유동화 콘크리트의 사용 목적

유동화 콘크리트를 사용하고자 할 경우에는 구조물의 설계 조건 및 시공 조건 등을 고려하여 그 사용 목적을 명확히 할 필요가 있는데, 유동화 콘크리트의 사용 목적으로는 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

〔1〕 시방서에서 규정하고 있는 단위수량의 최소치를 만족하지 않을 경우의 단위수량 저감

1994년 개정한 건축공사 표준시방서의 제5장 철근 콘크리트 공사(이하 KASS-5라 칭함)에서 슬럼프의 최대치는 보통 콘크리트의 경우 18 cm 이하(유동화 콘크리트의 경우는 21 cm 이하 ; 단 1999년 개정본은 18 cm 이하)로 규정됨과 동시에 단위수량의 최대치 규정이 추가되었다. 즉, 내구성 확보를 위한 규정으로 185 kg/m^3 이하가 정해져 있다. 또한 고내구성 콘크리트에는 슬럼프의 최대치가 12 cm 이하(유동화 콘크리트의 경우 18 cm 이하), 단위수량의 최대치는 175 kg/m^3 이하로 규정되어 있다.

그러나, 부순 모래, 부순 돌 등은 입형이 불량하고 미립분이

다량 함유되며, 또한 입도 분포가 불량한 것 등 지역에 따른 열악한 골재 사정 등에 의하여 일반적인 방법으로 시공이 용이한 슬럼프의 범위로는 상기의 단위수량 규정을 만족하는 배합 설계가 곤란한 경우가 있다. 이 경우 요구하는 수준만큼 단위수량을 줄여서 레미콘을 활용하는 효율적인 방법으로 유동화 콘크리트가 채택될 수 있다. 단, 한국콘크리트학회에서 정한 콘크리트 표준시방서에는 일반 콘크리트나 특수 콘크리트의 경우 단위수량의 최대치에 대한 규정은 정하고 있지 않으나, 유동화 콘크리트를 이용할 경우 단위수량 저감에 따라 내구성적으로 얻어지는 효과는 매우 크다.

〔2〕 서중 콘크리트 등에서 슬럼프 저하가 현저한 경우 워커빌리티의 개선

서중 콘크리트 등의 경우, 운반이나 부어넣기 과정에서 슬럼프 저하가 현저한 경우에 일반적인 시공 방법으로는 양호한 콘크리트의 품질을 확보하기가 곤란하다. 이와 같은 경우에는 공사 현장에서 유동화하는 유동화 콘크리트를 이용하는 방법에 의하여 단위수량의 증대를 초래하지 않고도 워커빌리티를 개선할 수 있다.

〔3〕 고강도 콘크리트, 고내구성 콘크리트 등의 워커빌리티 개선 및 단위시멘트량 저감

KASS-5에서 슬럼프의 최대치를 고강도 콘크리트는 15 cm 이하, 고내구성 콘크리트는 12 cm 이하로 규정하고 있다. 그러나 부재의 단면치수, 배근량에 따라서 이와 같은 슬럼프 최대치로는 밀실한 부어넣기 및 다짐이 곤란한 경우가 많다. 이와 같은 경우에는 유동화 콘크리트에 의하여 베이스 콘크리트의 슬럼프가 상기의 값 이하라면 18 cm까지 유동성을 크게 할 수 있으므로 유동화 콘크리트를 이용함으로써 워커빌리티를 개선할 수 있다.

또한 고강도 콘크리트에서는 물시멘트비가 낮고 단위시멘트량이 과다한 결과로 되어, 수화열에 의한 온도 균열의 발생이나 구조체 콘크리트의 강도 발현 저하 등의 피해가 발생할 수 있는데, 이와 같은 경우에도 유동화 콘크리트를 활용하게 되면 워커빌리티와 내구성을 확보하면서 단위시멘트량을 줄이는 것이 가능하다.

〔4〕 매스 콘크리트의 수화열에 의한 온도 상승 억제를 위한 단위시멘트량의 저감

KASS-5에는 수화열의 저감을 위하여 매스 콘크리트의 슬럼프를 15 cm 이하로 규정하고 있으나 유동화 콘크리트를 활용하여 베이스 콘크리트의 슬럼프를 아주 작게 하는 것에 의하여 단위시멘트량을 저감함으로써 수화열의 발생량을 낮게 억제할 수 있다.

또한 매스 콘크리트를 적용해야만 하는 부재에도 부재 단면 크기와 배근 밀도로부터 슬럼프 15 cm로 부어넣기 및 다짐이 곤란한 경우에는 유동화 콘크리트를 활용하는 것으로부터 단위시멘트량의 증대없이 워커빌리티를 개선할 수 있다.

〔5〕 높은 장소의 압송이나 경량 콘크리트의 경우 펌프 압송성을 개선

콘크리트를 펌프로 압송하는 경우, 일반적으로 슬럼프치가 작을수록 압력 손실이 커서 압송이 곤란하게 되는데, 내구성 확보를 위하여 단위수량을 작은 값으로 억제한 상태에서 슬럼프만을 크게 향상시킬 수 있는 유동화 콘크리트는 높은 장소의 압송이나 경량 콘크리트의 압송성 개선에도 큰 효과를 거둘 수 있다.

〔6〕 기타 전반적인 콘크리트의 품질 향상

결국 유동화 콘크리트를 사용할 경우 이상과 같은 효과와 사용목적 중에서 어떠한 점에 주안점을 두고 사용할 것인가를 명확히 하고, 각각에 따라 배합이나 시공방법 등을 정할 필요가 있다. 즉, 이렇게 되었을 경우 유동화 콘크리트는 단위수량 감소, 경제성 확보, 시공의 용이 및 품질향상 등의 1차적으로 얻어지는 효과 이외에도 다음과 같은 효과를 거둘 수 있다.

(1) 콘크리트의 품질 개선
① 건조 수축의 감소
② 블리딩의 감소
③ 수밀성·기밀성(氣密性)의 개선
④ 수화 발열량의 감소
⑤ 내구성의 향상

(2) 콘크리트의 시공성 개선
① 부어넣을 때 시공 능률의 향상
② 공기의 단축
③ 초기 강도의 증대
④ 바닥 마무리시의 마무리 시간 단축

2. 유동화 콘크리트의 전망

2.1 현행 시방서 규정의 성실한 준수

미래의 유동화 콘크리트에 대한 전망을 논하기 앞서 우선 "1.3 유동화 콘크리트의 사용 목적"에서 언급한 내용을 활용 및 준수하기 위해서라면 현재 우리나라 건설 공사에서 이용되는 콘크리트 양의 많은 부분을 유동화 공법으로 시공하여야 함을 지적하고 싶다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

〔1〕 고내구성 콘크리트에의 응용

우리나라 시방서의 경우, 본래 토목인 경우는 내구성을 중요시하였기 때문에 논외로 할지라도 건축의 경우는 강도를 중요시하는 개념에서부터 내구성을 중요시하는 개념으로 변화하였다.

〈표 1〉의 내용과 같이 1978년도 개정 시방서의 경우에는 보통과 고급을 규정하면서, 고급인 경우는 다음과 같은 건축물을 적용하는 대상으로 하였다.

표 1. KASS-5의 내구성 변천

년 도	내 용
1966	건축공사 표준시방서 제정
1978	제1차 개정 시방서 (1) 콘크리트의 품질을 고급과 보통으로 분리 - 내구성 고려 (2) 고강도 콘크리트 도입
1986	제2차 개정 시방서 상동
1994	제3차 개정 시방서 (1) 고급과 보통을 통합 (2) 고내구성 콘크리트 도입
1999	제4차 개정 시방서 - 현재 사용 상동

① 화재시에 피난·긴급·통신방화·치안·부흥 거점으로 되는 건축물
② 백화점, 복합 용도를 가지는 고층 빌딩 등 사람이 많이 모이는 대규모 건축물
③ 원자로, 위험물 저장 시설 등 건축물
④ 기념성적인 의미에서 고내구성이 요구되는 건축물

물론 이 경우는 콘크리트의 품질 및 배합 규정, 재료 규정, 시공 규정을 엄하게 정하고 있었다. 그 이후 1994년과 1999년 개정 시방서에는 고급과 보통을 없애고, 고내구성 콘크리트로 변경하여 규정하게 되었다. 고내구성 콘크리트인 경우 적용 대상은 전의 고급 규정과 동일하고, 또한 재료 규정, 시공 규정을 일부 수정하고 있지만 콘크리트 품질 및 배합 규정은 다음과 같이 규정하는 것으로 요약된다.

① 슬럼프 : 12 cm 이하(보통 18 cm 이하),
유동화 콘크리트 18 cm 이하
② 물시멘트비 : 60 % 이하(보통 65 %)
③ 단위수량 : 175kg/m^3 이하(보통 185 kg/m^3)
④ 단위시멘트량 : 290 kg/m^3 이상(보통 270 kg/m^3 이상)
⑤ 콘크리트에 함유된 염화물량 : 0.20 kg/m^3 이하
(보통 0.30 kg/m^3 이하)
⑥ 굳지 않은 콘크리트 온도 : 3 ℃ 이상 30 ℃ 이하
(보통 규정 없음)

따라서 현행 건축공사 표준시방서에서 백화점, 복합 용도를 가지는 고층 빌딩 등 사람이 많이 모이는 대규모 건축물이나 기타 중요한 대상 건물의 경우 단위수량 175 kg/m^3, 슬럼프 12 cm인 조건으로 과연 시공이 가능할 것인가? 그러면 단위수량 175 kg/m^3로 슬럼프 18 cm가 가능한 방법은 무엇일까? 이것에 대한 해답은 곧 유동화 콘크리트인 것이다.

〔2〕 고강도 콘크리트에의 응용

〈표 1〉에서와 같이 KASS-5에서는 1978년 개정 시방서부터 고강도 콘크리트를 규정하고 있다. 고강도 콘크리트에 대한 구분으로 1978년도에는 설계기준강도 270 ~ 360 kgf/cm^2 (경량 240 ~ 300 kgf/cm^2)으로 정하였으나, 1994년에는 300 kgf/cm^2(경량 270 kgf/cm^2) 이상으로 정하고 있고, 1999년부터 400 kgf/cm^2(경량 270 kgf/cm^2) 이상으로 정하고 있다. 이 경우 또한 품질 규정이 보통 콘크리트보다 엄하게 규정되어 있는데, 대표적으로 슬럼프인 경우 15 cm 이하(유동화 콘크리트로 할 경우에는 18 cm 이하)로 규정되어 있다.

고강도 콘크리트를 시공해 본 경험이 있는 사람은 누구나 알 수 있는 일이지만 고강도 콘크리트는 일반 콘크리트와 동일 슬럼프일지라도 워커빌리티가 훨씬 나쁨을 알 수 있다. 따라서 설계기준강도 400 kgf/cm^2 이상의 고강도 콘크리트를 슬럼프 15 cm 이하로 과연 시공이 가능할까? 이 경우 또한 슬럼프 18 cm까지만이라도 올려서 시공할 수 있는 방법이 있다면 좋을 수 있는데, 이 또한 유동화 콘크리트인 것이다(1994년 시방서에는 21 cm까지 허용하였음 ; 필자의 생각으로는 현행 시방서를 21 cm로 개정해야 한다고 사료됨).

〔3〕 기타 콘크리트에의 응용

최근의 레미콘 제조는 재료 품질의 악화(특히 잔굵은 골재의 경우)와 요구 수준의 향상으로 단위수량이 증가하지 않으면 안된다. 즉, 일반적으로 슬럼프 15 cm 이상인 경우, 단위수량 185 kg/m^3 이하로는 제조가 곤란한 상황이다. 이것을 해결하기 위한 것이 유동화 콘크리트 공법이고, 또한 서중 콘크리트의 유동성 저하 문제 및 유동성을 향상시킨 시공, 고층화·대규모화 등에 따른 매스 콘크리트의 수화열 문제 등 모든 문제의 해결책은 역시 유동화 방법이어야만 가능할 수 있다.

그러므로 유동화 콘크리트의 전망을 논하기 전에 현행 시방서 규정을 준수하는 차원에서라도 유동화 콘크리트의 많은 도입은 필수 불가결하다.

2.2 콘크리트 유동성 변화에 대한 대응

온고지신(溫故知新)이란 말이 있다. 즉 과거를 돌아봄으로써 새로운 것을 알 수 있다는 의미로서, 장래를 전망할 때에는 그 대상의 역사를 돌이켜 보는 것으로 유익한 힌트를 얻는 경우가 적지 않다. 그러면 콘크리트의 유동성에 대해 어떻게 대응해야할

지 과거의 역사를 통하여 몇 가지로 전망을 서술하여 본다.

〔1〕 시대적 흐름으로의 대응

우리나라에 시멘트가 최초로 도입된 것은 아마도 1910년경 한일합방 이후 일본에서부터 도입된 것으로 추측된다(우리나라 최초의 시멘트 공장은 1919년 일본 小野田(오노다)시멘트에 의하여 건설된 평양동부의 승호리공장임). 당시 시멘트는 현재의 것과 비교하여 훨씬 저강도이었고 또한, 가격은 고가였는데, 철근 콘크리트라는 구조 형식도 충분히 완성되지 않았으므로 교각 등 큰 덩어리 구조체에 콘크리트를 된비빔으로 혼합하여 달고 등으로 잘 두드리어 시공하는(따라서 타설의 打가 두드린다는 용어가 나타남) 형태이었다. 그 이후 시멘트는 가격이 저렴해지고 강도도 향상되고, 철근 콘크리트 개념이 완성되면서 묽은비빔의 형태를 띠게 되었다. 그렇더라도 대략 토목 구조물의 경우는 철근 콘크리트의 경우 일반적인 단면에서 슬럼프 5 ~ 12 cm(단면이 큰 경우는 3 ~ 10 cm)가 유지되어 비교적 그런대로 품질 관리를 하여 왔다.

표 2. KASS-5의 유동성 변천

<table>
<tr><th>년 도</th><th>내 용</th></tr>
<tr><td>1966</td><td>건축공사 표준시방서 제정
장 소 | 슬럼프: 진동다지기 일 때 / 진동다지기가 아닐 때
기초, 바닥판 보, 기둥, 벽 | 5~10 / 10~15 | 15~19 / 19~22</td></tr>
<tr><td>1978</td><td>제1차 개정 시방서
(1) 고급일 경우 : 18 cm 이하
(2) 보통일 경우 : 21 cm 이하</td></tr>
<tr><td>1986</td><td>제2차 개정 시방서
상동</td></tr>
<tr><td>1994</td><td>제3차 개정 시방서
(1) 고급과 보통을 통합하고 유동화 공법 도입
구분 | 보통 | 유동화
보통·경량 콘크리트 | 18 cm 이하 | 21 cm 이하
고내구성 콘크리트 | 12 cm 이하 | 18 cm 이하
고강도 콘크리트 | 15 cm 이하 | 21 cm 이하</td></tr>
<tr><td>1999</td><td>제4차 개정 시방서 - 현재 사용
(1) 상기 규정에서 유동화 콘크리트의 경우 21 cm를 18 cm로 하향함.
(2) 고유동 콘크리트, 특수 수중 콘크리트 등 특수한 목적 → 슬럼프 18 cm 이상도 허용</td></tr>
</table>

그러나 건축 구조물인 경우 시방서 상에는 〈표 2〉와 같이 점점 작은 슬럼프로 규정은 변해 왔을 지라도 실무에서는 슬럼프 8 ~ 12 cm에 가수하여 시공하던 것이 KS F 4009에 펌프 압송의 경우 슬럼프 15 cm 이상을 규정한 이후 슬럼프 15 혹은 18 cm의 묽은비빔으로 설계되고, 시공되는 양상이었다. 또한 1993년 최초로 학계에 고유동 콘크리트가 소개된 이래 시공의 성력화, 3D 기피 현상 등으로 어느 정도 전파되는 듯하다가 IMF 지원 체제 하에서 건설 경기가 근본적으로 위축되고 침체기로 접어들면서 경제성이 중요시되어 거의 활용되고 있지 않는 실정이다.

그런데 건축의 흐름 중에도 르네상스가 있다. 건설업의 침체기를 벗어나 콘크리트의 경우도 르네상스를 맞는다면 유동성은 어떻게 될 것인가? 시공성이 좋은 것은 고유동성이고, 내구성적으로는 단위수량이 적어야 하겠고, 물론 경제성도 고려한다면 이를 만족하는 것은 유동화 콘크리트가 아닐까 싶다. 물론 몇 년 및 몇 십 년 후에는 고유동 콘크리트로 갈 수밖에 없는 것에는 의심할 여지가 없을 것 같지만, 〈그림 1〉과 같이 일본의 경우는 1997년도 전후를 피크로 고유동 콘크리트 수요가 오히려 줄고 있는 것을 보면 아리송한 생각도 든다. 그렇다면 유동화 공법으로 고유동 콘크리트를 제조하면 가능해지지 않을까? 가능성은 충분한 것으로 검토되고 있다.

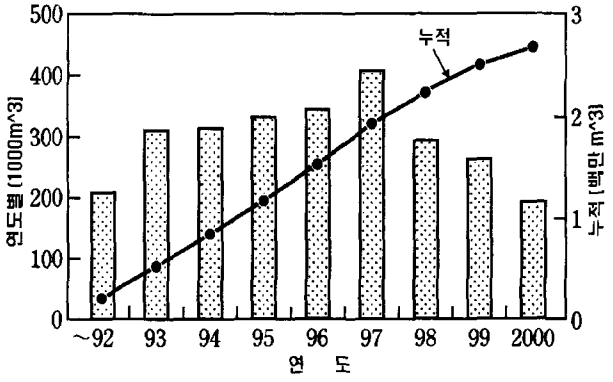


그림 1. 일본의 고유동 콘크리트

〔2〕 우리나라 실정에 적합

이십여 년 전에 유신이란 말과 함께 한국적 민주주의라는 말을 기억한다.

물론 정치가가 아닌 필자가 그것이 잘 되었다 못되었다 비판할 처지는 못되지만 용어상만으로는 재미있고 호감이 가는 말이다. 그렇다면 이런 개념과 유사한 의미로서 한국적 콘크리트는 존재할 수는 없을 것인가? 한국적 콘크리트의 반죽질기? 그렇다면 아마도 레미콘에 물을 질퍽하게 타서 콘크리트 치던 시절의 슬럼프 값으로 생각된다. 그렇다면 슬럼프 18 cm는 넘을 것이고, 슬럼프 플로우 50 cm보다는 작은 준고유동 혹은 중유동 콘크리트 범위가 아닐까 싶다(장화를 신고 쉽게 밀어 넣고 가볍게 바이브레이터로 다질 정도).

필자는 한국적 콘크리트의 개념을 이런 범위로 보고 싶은데 이는 본 특집의 마지막에 제시하는 "분리저감형 유동화제에 의한 준고유동 콘크리트의 개발"과 맥을 같이하고 싶다.

2.3 복합 기능의 도입

역사적으로 건축 재료의 발전 단계는 최초 천연 재료를 그대로 이용하는 단계에서 물리적 가공 단계를 거쳐 화학적 변화까지 일으켜 제조하는 인공 재료 단계로 발전하였고, 또한 재료의 조직도 단일 조직에서 복합 조직으로 고도의 요구 성능을 다양하게 만족하는 단계에까지 발전해 왔다.

혼화제의 경우도 1930년대 AE제와 감수제의 개발 이후 AE 감수제가 쓰였으며 1960년대 이후 독일 및 일본에서 유동화제와 고성능 감수제가 개발된 이후 최근에는 고성능 AE 감수제로까지 발전해 왔다. 물론 미래의 콘크리트는 혼화제의 예술이라고 할만큼 혼화제의 역할이 중요하게 될 것이다.

그렇다면 미래의 건설에 유동화 콘크리트가 많이 활용된다고 가정하면 어떤 형태로 발전할 것인가? 물론 현 단계에서라면 여러 종류를 복합하는 것을 생각해볼 수 있다. 유동화제를 기본으로 하여 응결 시간과 관련하여 촉진 및 지연과 초지연을 고려할 수 있다. 응결 시간을 자유롭게 컨트롤하게 되면 매우 편리한 일이 된다. 즉, 매스 콘크리트의 수화열도 쉽게 콘트롤될 수 있고, 거대 구조물의 조인트를 해결할 수 있으며, 어느 곳이든 레미콘을 이용할 수 있는 것도 가능하다. 또한 유동화제에 수축을 컨트롤한다든지, 점성 조절, 동결 온도의 조절, 수중 불분리성의 부여, 기타 많은 특수 기능 및 신기능을 부여하는 것도 가능할 수 있을 것이다.

3. 결 언

"최신 유동화 콘크리트", 과연 이런 용어가 가능할 수 있으며 한국콘크리트학회의 특집 주제로 가능할 수 있을까? 1970년대에 이미 알려진 낙후된 유동화 공법을 소개하여 부끄러운 내용은 아닐까? 매우 고민스럽고 가슴 조이는 바 없지 않았다. 그러나 이제 원고를 종합하고, 유동화 콘크리트의 전망에까지 집필을 마치고 나니 본 주제로 특집을 정하게 됨에 뿌듯한 보람을 느낀다.

1980년대 충남대 김무한 교수님의 훌륭하신 연구로 유동화 콘크리트에 근간을 이루었고, 그 이후 많은 연구자들에 의해 실용화의 단계를 거쳐 최근에는 유동화 공법으로 준고유동 및 고유동 콘크리트도 가능케 하는 것까지 발전시켰고, 미래에는 여기에 더욱 복합된 성능까지도 부여하고 효율화시킴으로써 실로 차후 세대는 최신 유동화 콘크리트 공법으로 한국적 콘크리트 건설 문화를 꽃피울 시대가 도래하지 않을까 하는 욕심까지 기대해 본다.

참고문헌

1. 대한건축학회, 「건축공사표준시방서」, 1966, 1978, 1986, 1994, 1999.
2. 대한토목학회, 「콘크리트표준시방서」, 1978, 1988.
3. 한국콘크리트학회, 「콘크리트표준시방서」, 1999.
4. 金武漢, 韓千求, "콘크리트의 流動性 增加를 위한 混和劑의 特性", 제9회 레미콘기술세미나, 레미콘협회, 1995.
5. 大韓土木學會, 「流動化 콘크리트 施工指針(案) 同解說」, 1991.
6. 宋河永, 金武漢, "流動化 콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 미치는 高性能 減水劑의 添加時期 및 方法에 관한 基礎的 硏究", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, Vol.2, No.2, 1990.
7. 吳璇敎, "分離低減型 流動化劑의 開發 및 實用化에 관한 硏究", 청주대학교 대학원 박사학위 논문, 2000. 8.
8. 남궁기, 윤길봉, 전충근, 손성운, 김성수, 한천구, "고유동 콘크리트용 분리저감형 유동화제의 개발에 관한 기초적 연구", 대한건축학회 학술발표논문집, 2000. 10, pp.423~426.
9. 윤길봉, 전충근, 손성운, 김성수, 한천구, "분리저감형 유동화제를 이용하는 고유동 콘크리트의 특성에 미치는 플라이애쉬의 영향", 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 2000. 11, pp.661~664.
10. 日本建築學會, 「コンクリートの調合設計指針・同解說」, 1994.
11. 日本建築學會, 「流動化コンクリート施工指針案·同解說」, 1983.
12. 日本建築學會, 「高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解說」, 1997.
13. 日本コンクリート工學協會, 「コンクリート工學」, 2001. 1.
14. M. Dainmon, D. M. Roy, "Rheological properties of cement mixes(II)", Cement and Concrete Research, Vol.9, No.1, 1979.
15. Y. Otsubo, S. Migai, K. Umeya, "Time-dependent flow of cement pastes", Cement and Concrete Research, Vol.10, No.5, 1980.
16. K. Asaga and D. M. Roy, "Rheological properties of cement mixes(IV)", Cement and Concrete Research, Vol.10, No.2, 1980.