한국콘크리트학회학술발표논문집
제 1 권 1 호 1989 년 11 월 11 일

국내 레미콘업계의 유동화, 고강도 콘크리트 개발에 관한 설문조사보고

A Report on the Development of Flowing and High-Strength Concrete by Ready Mixed Concrete Companies in Korea

김 진 근 * 정 재 동 ** o 박 연 동 ***
Kim, Jin Keun Chung, Jae Dong Park, Yon Dong

ABSTRACT

The purpose of this report is to investigate and analyze development and achievement of flowing and high-strength concrete by ready mixed concrete companies in Korea. For this purpose, the investigation was divided into three parts, i.e., superplasticizers, flowing concrete, high-strength concrete. And, they were asked to quality control manager in ready mixed concrete companies. Many researches have been carried out. And, flowing concrete is applied to field in a few case. In order to improve practical applicability of high-strength concrete and make concrete strength higher, to begin with, profound research for concrete ingredients will be needed along with presentation of methods for obtaining workability and quality assurance.

1. 서론

1.1 조사배경

강도(strength)와 작업성(workability)은 콘크리트의 품질을 나타내는 가장 대표적인 성질로서 콘크리트가 건설재료로 사용된 이래 건설분야에서는 이 성질들을 개선하기 위해 끊임없이 노력해 왔다. 여기에 사회가 다양화, 세분화되어 감에 따른 특수, 대형구조물의 출현으로 인해 작업성 혹은 강도를 극대화시킨 콘크리트에 대한 요구가 점증되어 개선의 필요성은 더욱 증가하게 되었다.

이러한 필요성에 따라 개발된 것이 유동화, 고강도 콘크리트이며, 선진국에서는 이미 연구개발단계를 넘어 실용화단계에 이르렀다. 예를 들면, 서독에서는 1970년대 말 이미 유동화 콘크리트의 사용비율이 전체 콘크리트 사용량의 약 50%를 점유하였고, 미국의 시카고 지역에서는 많은 고층건물들이 고강도 콘크리트를 사용하여 건설되었다.

국내에서도 1980년대에 들어와 이에 대하여 많은 관심을 가지고 연구를 수행하고 있으나 아직은 기초적인 단계에 머물러 있고, 시공실적 역시 미미한 실정이다. 그러므로 국내에서도 이에 대한 좀 더 구체적이고 포괄적인 연구가 수행되어야 하겠으며 나아가서는 표준제조방법, 시공지침안, 설계규준 등이 마련되어야 하겠다.

현재 건설용 콘크리트는 대부분 레디믹스트 콘크리트(이하, 레미콘으로 약칭함)를 사용하고 있고 유동화, 고강도 콘크리트 역시 레미콘으로 생산되어야 하므로 전국의 레미콘공장을 대상으로 하여 설문조사를 실시하였다.

1.2 조사목적 및 조사방법

본 설문조사의 목적은 건설공사에 사용되는 콘크리트의 공급원인 레미콘공장을 대상으로 하여 유동화, 고강도 콘크리트에 대한 관심도, 개발 및 사용정도 등 기초적인 사항의 조사, 분석에 있다. 이를 위하여 설문내용을 유동화, 고강도 콘크리트 제조에 필수적인 혼화제인 고성능감수제(superplasticizer), 유동화 콘크리트, 고강도 콘크리트로 대별하였으며, 주제별 설문내용은 다음과 같다.

고성능감수제는 사용목적, 유동화 성능, 문제점, 국산 고성능감수제 등에 관하여 질문하였고, 유동화 콘크리트는 관심도, 작업성, 강도, 혼화제 사용, 시공실적 등에 관하여 질문하였으며, 고강도 콘크리트는 관심도, 실용화 전망, 고성능감수제 사용, 사용재료(시멘트, 잔골재, 굵은골재, 혼합재료), 문제점, 현장실험 등에 관하여 질문하였다.

설문지는 한국레미콘공업협회 소속의 129개 레미콘 공장에 배포하였으며, 주로 품질관리 담당자를 대상으로 하여 우편으로 발송하였다.

2. 조사결과

129개 레미콘공장중 47개 공장으로부터 답안이 회수되어 36.4%의 회수율을 보였다.

2.1 고성능감수제

2.1.1 사용목적

전체응답자중 43%가 고성능감수제의 사용경험이 없다고 응답하거나 무응답하여 레미콘업계에서는 아직도 고성능감수제가 비교적 새로운 혼화제로 인식되고 있음을 알 수 있었다. 그림 1.은 고성능감수제 사용의 주목적을 나타내고 있는데, 63%가 고강도화, 31%가 작업성 개선, 6%가 시멘트량의 절약 등 경제적인 이유라고 응답하여 고성능감수제는 콘크리트 강도개선의 목적으로 가장 많이 쓰이고 있음을 알 수 있었다.

2.1.2 유동화 성능

일반적으로 시중에 판매되고 있는 고성능감수제는 견본이나 사용설명서에 비해 효과가 떨어져 제품품질의 심한 변동과 함께 대표적인 문제점으로 지적되고 있는데, 그림 2.에 나타난 바와 같이 사용설명서에 비해 평균 80% 정도 밖에 효과를 발휘하지 못하는 것으로 나타났다.

* 정회원 한국과학기술원 토목공학과 조교수
** 정회원 동양시멘트 기술연구소 연구실장
***준회원 한국과학기술원 토목공학과 박사과정

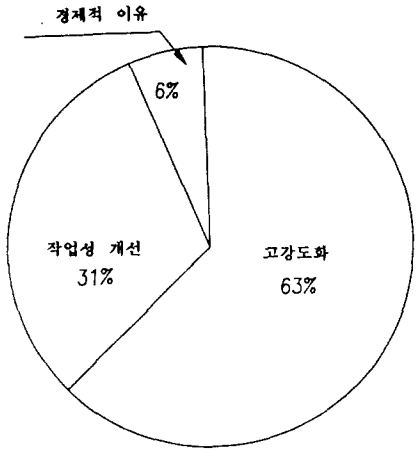

그림 1. 고성능감수제 사용의 주목적

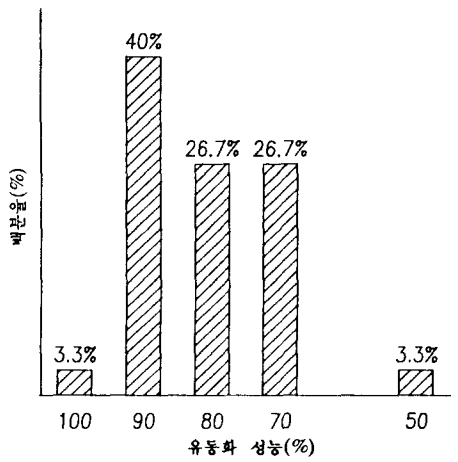

그림 2. 고성능감수제 사용설명서 대비 유동화 성능

2.1.3 문제점

고성능감수제는 일반 감수제에 비해 효과가 매우 우수하면서도 실제로 많이 사용되지 못하고 있는데, 그 이유를 질문한 결과 그림 3.과 같은 회답을 얻었다. 또한 고성능감수제의 사용을 꺼려본 경험이 있다면, 그 주된 이유로는 고성능감수제에 대한 사전지식 부족(25%), 효과에 대한 신뢰성 부족(16%), 필요성을 느끼지 못함(15%) 등의 이유도 있었으나 고단가(22%), 제품품질의 심한 변동(22%) 등 제품자체의 문제도 큰 비중을 차지하고 있었다.

2.1.4 국산 고성능감수제

주로 사용된 고성능감수제의 생산국은 일본, 한국, 미국, 기타 국가의 순이었으며 국산품은 회답공장의 약 37% 정도가 사용한 것으로 나타났다. 국산품의 품질은 외제에 비해 우수 14%, 유사 72%, 불량 14%로 집계되어 효과면에서는 양호한 것으로 나타났으나, 제품품질의 심한 변동(국산 고성능감수제의 문제점 지적중 76% 차지)이 큰 문제점으로 드러났다.

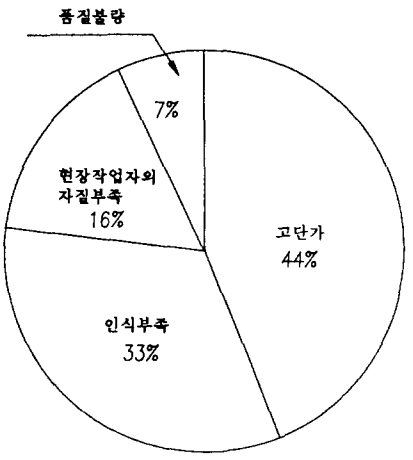

그림 3. 고성능 감수제가 많이 사용되지 못하는 이유

2.1.5 기타

대부분이 액체상태의 고성능감수제를 사용하며, Mighty 150, DAREX Super-20, Rheobuild 716 등이 비교적 우수한 고성능감수제로 나타났다.

2.2 유동화 콘크리트

2.2.1 관심도

레미콘공장의 절반 가량(51%)이 유동화 콘크리트에 관한 연구를 수행해 본 경험이 있으며, 연구성과는 비교적 만족스런 것으로(만족 29%, 양호 63%, 불량 8%) 나타났다. 또한 체계화 및 사용 필요성에 대하여 질문한 결과 반드시 필요 및 필요가 전체 회답의 67%를 차지하고 나머지도 어느 정도 필요하다고 응답하고 있어 품질관리담당자는 이에 대한 필요성을 강하게 인식하고 있었다. 그러나 레미콘업계에서 유동화, 고강도 콘크리트의 생산에 가장 큰 장애가 되는 점은 소비자 또는 기술자가 사용에 대한 필요성을 느끼지 못함(44%), 기술자의 인식 부족(21%), 현장 작업자의 자질 부족(19%), 학계 및 산업계의 연구 부족(12%), 혼화제의 품질 불량(2%), 고단가(2%)의 순으로 나타나 몇몇 판계자를 제외한 대부분의 기술자나 소비자들은 유동화, 고강도 콘크리트에 대한 필요성을 제대로 인식하지 못하고 있음이 드러났다.

2.2.2 작업성

실제로 현장타설을 수행했을 때 유동화 콘크리트의 작업성, 골재분리에 대한 저항정도, 펌프작업성(pumpability)에 대한 질문을 하였는데, 그림 4.는 그 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 대부분 동일 슬럼프의 보통 콘크리트보다 우수하다고 대답하여 유동화 콘크리트의 우수한 작업성을 현장에서도 입증해 주었다.

2.2.3 강도

일반적으로 유동화 콘크리트의 강도는 동일 배합비의 보통 콘크리트와 거의 유사하다고 알려져 있다. 각 레미콘 공장의 품질관리 담당자들은 유동화 콘크

리트가 보통 콘크리트 보다 약간 높다는 의견을 보였으며, 그 결과는 "20~30kg/cm^2 정도 높다"가 50%, "10kg/cm^2 정도 높다"가 18%, "거의 유사"가 25%, "10kg/cm^2 정도 낮다"가 7%로 집계되었다.

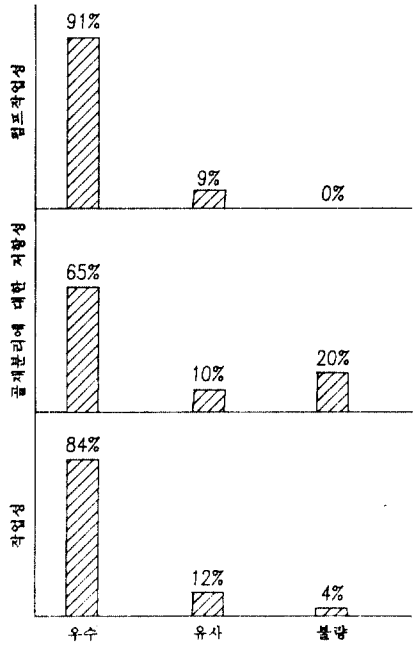

그림 4. 유동화 콘크리트와 묽은비빔 콘크리트의 작업성 비교

2.2.4 혼화재 사용

유동화 콘크리트 제조시 고성능감수제의 첨가방법에 관하여 질문한 결과, 급격한 슬럼프 감소현상을 어느 정도 보완해 줄 수 있는 가장 일반적인 방법인 비빔후와 타설직전의 2회로 나누어 첨가하는 방법을 가장 많이 쓰고 있었으며(50%), 그 다음은 비빔중 첨가(33%), 타설직전 첨가(8%), 비빔후 즉시 첨가(5%), 비빔후 일정 시간 경과후 첨가(4%)의 순이었다. 그리고 18개 레미콘공장(총 응답공장의 38%)에서 유동화 콘크리트의 타설중 슬럼프 회복을 위한 고성능감수제 재첨가 방법을 사용해 보았으며, 8개 레미콘공장(총 응답공장의 17%)에서 공기량 확보를 위해 AE제 계통의 혼화재를 사용하였다.

2.2.5 시공실적

22개 레미콘공장(총 응답공장의 47%)이 유동화 콘크리트 시공의 경험을 가지고 있었으며 교량, 일부 건축구조물, 슬래브, PC빔, 도로포장 등의 공사에 유동화 콘크리트가 사용되었다. 유동화 콘크리트가 사용된 교량으로는 청담제2교(1985~1986, 시공자:라이프주택), 올림픽대교, 팔당대교, 수석교 등이 있으며, 건축공사로는 미8군 Mainpost Club 신축공사(고성능감수제로 Rheobuild 716 사용), 국립현대미술관(과천) 중앙홀 벽면공사 등이 있다. 이들 공사에 대한 사용성과는 대부분 만족스럽다고 대답하여, 일부분이지만 유동화 콘크리트가 성공적으로 사용되고 있음을 보여주었다.

2.2.6 기타

유동화 콘크리트 작업시 슬럼프값이 베이스 슬럼프값으로 돌아오는데 걸리는 시간은 대부분 30~40분 정도라고 대답하였으며, 2개 공장에서는 유동화 콘크리트의 슬럼프 감소율을 줄이기 위한 개발된 방법이 있다고 대답하였다.

2.3 고강도 콘크리트

2.3.1 관심도

레미콘공장의 62% 정도가 고강도 콘크리트에 대한 연구를 수행해 본 경험이 있으며, 연구성과는 비교적 만족스러운 것으로(만족 40%, 양호 44%, 불량 16%) 나타났다. 또한 고강도 콘크리트 연구개발(산학협동연구 등)의 필요성에 대하여 질문한 결과, 반드시 필요 54%, 필요 44%, 경우에 따라서 필요 2%, 불필요 0%로 고강도 콘크리트의 개발 및 실용화에 대한 강한 필요성을 느끼고 있었다. 이는 고강도 콘크리트가 현재 콘크리트 분야에서 가장 각광받고 있는 신소재이며, 국내에서도 사용필요성이 증가하고 있을뿐만아니라 다른 신소재들에 비하여 가장 현실성있고 광범위하게 사용될 수 있는 재료이기 때문일 것이다.

2.3.2 실용화 전망

국내에서 실용화 될 수 있는 고강도 콘크리트의 강도는 대부분 400~500kg/cm^2 수준으로 전망하고 있었다(400kg/cm^2 46%, 500kg/cm^2 49%, 600kg/cm^2 4%). 그러나 현재 국내에서 콘크리트용으로 사용되고 있는 시멘트는 고강도 콘크리트용으로 사용되기에는 부적합한 점이 있고, 사용골재 역시 고강도 콘크리트에 최적인 것을 사용하지 않고 있기 때문에 이를 개량함으로서 100kg/cm^2 정도 강도향상이 기대된다. 품질관리 담당자들의 고강도 콘크리트(28일 설계압축강도 420kg/cm^2 이상) 실용화에 대한 전망은 대부분 2년~5년 이내에 그 실현이 가능하다고 응답하고 있다(현생산 6%, 2년 이내 48%, 5년 이내 43%, 10년 이내 2%).

2.3.3 사용재료

고강도 콘크리트 제조시 주로 사용된 시멘트는 1종 69%, 3종 28%, 2종 3% 순이었으며, 여러 종류를 사용하여 실험하였을 때 가장 우수한 시멘트는 3종 47%, 1종 35%, 2종 12%, 기타 6% 순이었다.

고강도 콘크리트에 가장 적합한 시멘트는 시멘트의 품질에 따라서 차이는 있겠으나, 일반적으로 1종 시멘트로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 3종 시멘트가 가장 우수한 시멘트로 지목된 것은 고강도 콘크리트의 강도발현에 있어 국산 1종 포틀랜드 시멘트의 문제점을 단적으로 나타내주는 것으로 고강도 콘크리트의 실용화 및 강도발현의 한계를 높이기 위해서 고강도 콘크리트에 적합한 시멘트 개발이 반드시 이루어져야 하겠다.

고강도 콘크리트 배합시 사용한 잔골재의 조립율(F.M.)은 대부분 2.8~3.0으로 적합한 잔골재를 사용하였으나, 가장 적합한 잔골재의 조립율은 2.8 정도로 지적하여(2.8 80%, 3.0 20%) 일반적으로 알려진 3.0보다 약간 낮았다.

사용한 굵은골재의 최대크기는 20mm 이상 83%, 19mm 17%로 고강도 콘크리트 배합에 적합한 10~15mm 보다 훨씬 큰 골재를 사용하여 강도발현의 효율성에 문제점을 나타내고 있는데, 그 이유는 구입의 어려움 및 고단가 등으로 추측된다. 고강도 콘크리트

배합시 사용한 쇄석의 모암종류는 화강암이 57%로 가장 많았고 그다음은 혼합골재 30%, 현무암 7%, 기타 4%의 순이었다. 고강도 발현에 유리하다고 생각되는 골재종류는 14개 공장에서 쇄석, 11개 공장에서 강자갈, 1개 공장에서 강자갈과 강자갈을 분쇄한 혼합석이라고 응답하였다.

2.3.4 고성능감수제 사용

고강도 콘크리트 제조시 고성능감수제의 첨가방법에 관하여 질문한 결과, 비빔후와 타설직전의 2회로 나누어 첨가하는 방법을 가장 많이 쓰고 있었으며(48%), 그 다음은 비빔중 첨가(32%), 타설직전 첨가(12%), 비빔후 즉시 첨가(4%), 비빔후 일정 시간 경과후 첨가(4%)의 순이었다. 사용된 고성능감수제의 종류는 다양하였고, 제일 많이 사용된 고성능감수제는 Mighty 150이며, 6개 공장에서 사용되었다.

2.3.5 문제점

그림 5.는 고강도 콘크리트 제조시 가장 큰 문제점을 표시한 것인데, 균일한 품질확보가 강도나 작업성의 확보보다 더 어려운 문제점으로 나타났다.

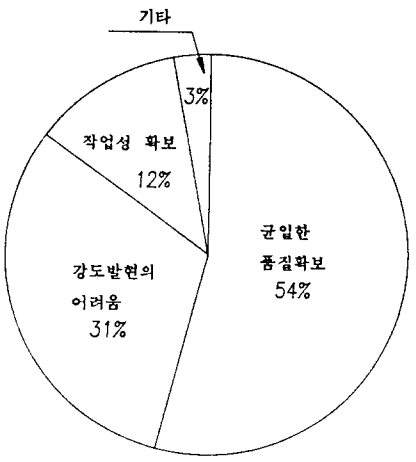

그림 5. 고강도 콘크리트 제조시의 가장 큰 문제점

2.3.6 현장실험

21개 레미콘 공장이 현장실험을 수행해 본 경험이 있으며, 그림 6.에 나타난 바와 같이 현장실험의 압축강도가 실험실실험 압축강도의 약 90% 정도 발현되었다. 그리고, 같은 배합비의 현장실험과 실험실실험의 슬럼프값은 거의 동일한 것으로 조사되었다.

2.3.7 기타

한 공장에서 경량 고강도 콘크리트를 제조해 본 경험이 있다고 하였고, 3곳에서 고강도 콘크리트의 급격한 슬럼프 감소현상을 줄이기 위한 개발된 방법이 있다고 대답하였다. 그리고 2개 공장에서 플라이애쉬 같은 혼합재료를 사용하여 고강도 콘크리트를 제조한 경험이 있다고 대답하였다.

8개 공장에서는 비빔을 보통 콘크리트와 다르게 하였는데, 그 이유로는 베이스 콘크리트의 낮은 슬럼프, 믹서의 성능, 혼화재 첨가시점의 차이 등을 들었으며, 다르게 한 부분으로는 비빔시간을 증가시키고 믹서를 천천히 회전시킴, 되비빔 실시, 원재료 투입순서 변경 등이었다.

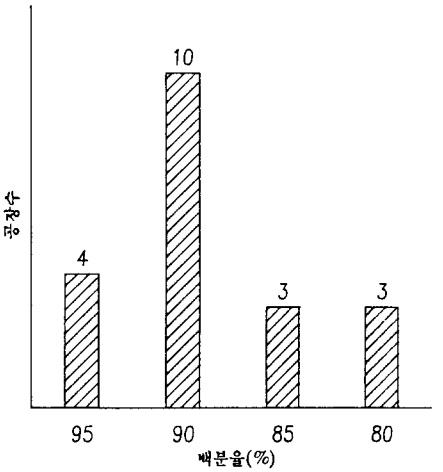

그림 6. (현장실험 압축강도)/(실험실실험 압축강도)

3. 결론

본 조사의 결과, 레미콘 업계에서도 유동화, 고강도 콘크리트에 상당한 관심을 가지고 있고, 그들 나름대로 연구를 수행하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 그 연구에는 어떤 한계성이 엿보였으며, 이를 극복하기 위해서는 산학협동연구 등의 유기적인 연구활동과 충분한 정보교환이 이루어져야 하겠다.

고성능감수제가 많이 사용되지 못하고 있는 이유중 가장 큰 것은 고단가로 나타났는데, 품질이 좋은 콘크리트의 생산으로 충분히 상쇄시킬 수 있는 요인으로 본다. 고성능감수제는 일본제품을 가장 많이 사용하는 것으로 드러났으며, 국산 고성능감수제의 유동화 효과는 외제에 비하여 별로 손색이 없으나 품질의 심한 변동이 큰 문제점으로 나타났다.

레미콘업계에서 유동화 및 고강도 콘크리트를 생산하는데 가장 큰 장애가 되는 점은 소비자 및 기술자의 인식 및 관심부족으로 나타났으며, 이는 학계에서 꾸준히 홍보하여 개선시켜야 할 것으로 사료된다. 일부 교량 및 건축구조물이 유동화 콘크리트를 사용하여 시공되었는데, 만족스런 시공실적을 보여 본격적인 유동화 콘크리트의 사용에 밝은 전망을 나타내 주었다.

고강도 콘크리트의 실용화 및 더 높은 강도수준의 고강도 콘크리트를 생산하기 위해서는 최우선적으로 고강도 콘크리트 생산에 적합한 재료개발 및 그에 대한 심도있는 연구가 반드시 수행되어야 하겠으며, 이와 더불어 작업성확보 및 품질확보에 대한 방안이 제시되어야 하겠다.

4. 감사의 글

본 조사는 과기처 특정과제 "유동화, 고강도 및 섬유 콘크리트의 개발과 역학적 특성에 관한 연구"의 일부로 수행된 것이며, 후원해주신 한국레미콘공업협회 및 한국콘크리트학회와 설문조사에 성심성의껏 응해주신 각 레미콘공장 품질관리담당자들께 진심으로 감사드립니다.