

고유동 콘크리트의 개발 및 활용

Development and Utilization of High Fluidity Concrete

최 연 왕* 정 재 권**
Choi, Yun Wang Jeong, Jae Gwon

ABSTRACT

Concrete structure is recognized as the universal structuring material for its outstanding formability, economic efficiency, and strength development. However, as the ageing of field workers and the deficiency of skilled workers due to evasions from 3D business have recently become the major issues of the industry in Korea and as the materials are becoming more diversified and complicated for today's concrete structures are becoming higher, larger, and specialized, the need for practicality of construction work based on new technology and new method has greatly increased. Therefore, the overall condition of today's construction business requires researches and developments on the high fluidity concrete for higher construction efficiency and quality improvements. With this reason, this study investigated study development tendency and development situation of the high fluidity concrete, arranged experiment performance, and domestic or international specification used in performance valuation of the high fluidity concrete.

요 약

콘크리트 구조물은 성형성 및 경제성이 뛰어나며 우수한 강도발현으로 인해 보편적인 구조재료로 인정받고 있다. 그러나, 최근 3D 기피현상으로 인하여 건설 작업자의 고령화 및 숙련공 부족현상이 국내건설 산업의 중요문제로 부각되고 있으며, 또한 콘크리트 구조물이 점차 고층화, 대형화 및 특수화 됨에 따라 부재의 형상이 다양하고 복잡해지고 있어 신기술·신공법에 의한 건설공사의 합리화가 요구되고 있다. 이러한 건설환경의 전반적인 여건에 따라 높은 시공의 효율성 및 품질 향상을 위한 고유동 콘크리트에 대한 연구 및 개발이 필요한 시점이다.

따라서 본 연구에서는 고유동 콘크리트의 연구개발 동향 및 개발 현황에 대하여 조사하였으며, 고유동 콘크리트의 성능평가에 사용되는 실험방법 및 국내·외 성능기준에 대하여 정리하였다.

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 세명대학교 토목공학과 박사과정

1. 서론

최근 토목 시공기술의 발전과 더불어 콘크리트 구조물이 고층화, 대형화 및 특수화됨에 따라 부재의 형상이 다양하고 복잡해지고 있다. 하지만 국내에서는 3D 현상으로 인해 건설 인력확보가 어렵고 건설 현장 작업자의 고령화와 숙련공 부족현상이 뚜렷히 나타나고 있는 실정이다.

이러한 콘크리트의 문제점을 보완하기 위하여 최근 구조물의 기능을 향상시킨 고유동 콘크리트(High fluidity Concrete)의 선행된 연구와 함께 구조물 시공이 가능하게 되었다. 고유동 콘크리트는 굳지않은 콘크리트의 유동성 및 점성을 개선시켜 무진동·무다짐이 가능하여 연속타설, 거푸집 진동의 최소화 및 균질한 콘크리트의 강도로 인해 공기단축 및 시공단가를 최소화 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 고유동 콘크리트의 연구개발 동향 및 개발 현황에 대하여 조사하였으며, 고유동 콘크리트의 성능평가에 사용되는 실험방법 및 국내·외 성능규준에 대하여 정리하였다.

2. 개발 및 활용

2.1 국·내외 연구동향

국내 고유동 콘크리트에 대한 연구는 1993년 10월 한국콘크리트 학회의 고성능 콘크리트와 관련된 국제 워크샵을 시작으로 1990년대 초반 재료 및 기초물성에 대한 연구를 중심으로 활발한 연구가 이루어 졌다. 이후 국토해양부 국책과제를 통하여 1990년대 후반 고유동 콘크리트에 대한 연구로 “배합 기술에 대한 프로그램과 품질관리 기준” 및 “충진강관기등을 대상으로 한 초유동성 콘크리트 연구”가 진행되었으며, 최근 한국건설기술연구원에서는 다성분계 분체 및 혼화제를 통하여 초고강도(200MPa) 고유동 콘크리트에 대한 연구범위까지 진행되고 있다. 특히 2005년부터 5년간 대우연구기술원과 국내 연구기관들과 연계하여 “고성능·다기능 콘크리트” 사업단을 통한 건설기술연구개발사업(CTRM)을 수행하고 있으며, 사업단 내에서 고유동 콘크리트의 단계별 추진전략(기반기술구축-실용화기술확보-통합시스템 구축)을 수립하여 고유동 콘크리트의 실용화를 위한 연구가 현재 진행되고 있다.

일본의 경우 1986년 동경대학 Okamura교수에 의하여 최초로 고유동 콘크리트가 제창되었으며 이후 콘크리트 제조사를 중심으로 대형블럭, 암거, 옹벽 및 건설부재의 콘크리트제품화가 이루어졌고 현재 고유동 콘크리트의 문제점으로 제시되고 있는 콘크리트 표면의 기포발생에 관한 연구가 주로 이루어지고 있는 실정이다. 북미에서는 미국의 경우 1990년대 중반 미국 Northwestern 대학 및 North Carolina 주립대학은 콘크리트용 재료 및 역학·내구적성에 대한 연구가 진행 되었으며, 캐나다의 경우 Aictin 교수를 중심으로 구성된 연구팀이 고유동 콘크리트의 시공성, 내구성 및 재료선정기준에 관한 연구를 수행 및 현장적용화 시키고 있는 실정이다.

2.2. 기술 개발

2.2.1 유동 성능 평가

고유동 콘크리트 타설시 요구되는 워커빌리티(Workability)를 측정하기 위하여 일본 토목학회는 “고유동 콘크리트의 자기충진성 평가 기준”에 관한 성능평가를 위하여 Slump flow, Slump flow 500mm 도달시간, V-funnel 유하시간 및 U-box 충전시험에 대한 실험을 실시하였으며, 동경대학의

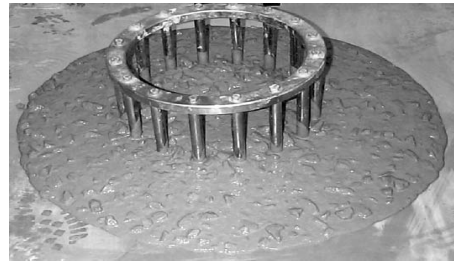
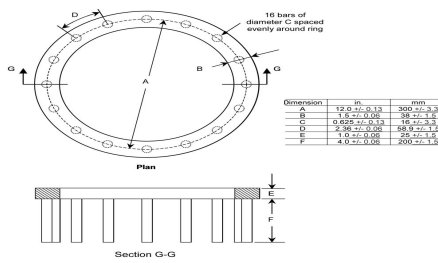


그림 1 J-ring 설계도면 및 실험사진

표 1 J-ring 통과성능에 대한 평가 규정

Difference Between Slump Flow and J-Ring Flow	Blocking Assessment
0 to 1 in, [0 to 25 mm]	No visible blocking
>1 to 2 in, [>25 to 50mm]	Minimal to noticeable blocking
>2 in, [>50mm]	Noticeable to extreme blocking

Okamura교수는 고유동 콘크리트의 충전성을 평가하기 위하여 과밀 배근된 L-flow를 개발하였다. 미국의 경우 ASTM C 1621(Standard Test Method for Passing Ability of Self-Consolidating Concrete by J-Ring, 2007)을 통하여 J-ring의 성능평가 방법 중 간극 통과성을 소개하였으며 ACI Committee 237(Self-Consolidating Concrete) 보고서에 따르면 유동성능 평가방법중 하나로 J-ring에 대한 소개와 함께 실험결과에 대한 콘크리트의 성능을 규정하였다. J-ring의 경우 기존의 콘크리트 유동성 측정 장비보다 제작이 용이하며 현장에서 쉽게 실험을 실시할 수 있기 때문에 향후 국내 건설현장에서 널리 사용하게 될 것으로 판단된다. 그림 1은 J-ring 설계도면 및 실험사진이며 표 1은 고유동 콘크리트의 J-ring 통과성능에 대한 평가 규정이다. 국내의 경우 대우기술연구원에서는 Slump flow 500mm 도달시간 측정시 실험자간에 발생하는 개인 오차를 줄이기 위하여 자동 측정장비 및 측정방법에 관한 장비를 제작하였으며 관련 특허를 등록하게 되었다. 자동 측정 장비는 디지털 카메라 촬영 통하여 실험을 실시하는 컴퓨터 장치를 이용하기 때문에 수작업으로 발생하는 오차를 줄일 수 있으며 향후 관련업체에 보급되어 고유동 콘크리트의 실험을 보다 정밀화할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2.2 성능 규준화

고유동 콘크리트에 대하여 일본의 경우 2001년 일본토목학회에서 구조물 부재의 철근 최소 순간격 정도에 따라 3수준의 등급으로 분류하여 분체계, 중점계 및 병용계 고유동 콘크리트에 대하여 각각의 요구성능을 제시하였으며, 미국의 경우 2007년 4월 ACI Committee 237에서 고유동 콘크리트에 대한 성능과 함께 배합설계에 대한 규정을 제시하였다. 표 2는 고유동 콘크리트의 배합시 요구되는 재료의 사용량에 대한 범위를 제시한 표이다. 하지만 국내에서는 2003년 이전까지 고유동 콘크리트에 관한 명확한 규정이 제시되지 못하였지만 KS F 2594(굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로 시험방법, 2004)에 관한 개정으로 Slump flow의 측정 방법에 대하여 소개되었다. 또한 KS F 4009(레디믹스 콘크리트, 2006)에서는 고강도 콘크리트의 중 Slump flow에 대하여 Slump flow 500~600mm의 유동성을 가진 고유동 콘크리트 항목을 추가 분류하였다. 한국콘크리트학회에서는 2008년에 시방서개정 분과위원회를 통하여 기존의 유동화 콘크리트 항목에 소요의 콘크리트 품질특성(Slump flow 600mm이상)을 만족하는 “고유동 콘크리트”를 추가할 예정이다.

표 2 고유동 콘크리트 배합시 재료 사용량의 범위 (ACI 237R-07)

Absolute volume of coarse aggregate	28 to 32% (>1/2 in. [12mm] nominal maximum size)
Paste fraction (calculated on volume)	34~40% (total mixture volume)
Mortar fraction (calculated on volume)	68~72% (total mixture volume)
Typical w/cm	0.32 to 0.45
Typical cement (powder content)	650~800 lb/yd ³ (386 to 475 kg/m ³) (lower with a VMA)

2.2.3 적용 현황

콘크리트의 유동성능을 향상시킨 고유동 콘크리트는 최근 국내의 초고층 주상복합건축물 및 LNG 현장 등에서 많은 적용사례를 찾아볼 수 있다. 건축구조물의 경우 도곡동 타워펠리스, 부산 해운대 지구의 초고층 건물 및 160층 규모로 건설중인 두바이 타워 등의 초고층 건물에 주로 적용되고 있는 실정이며, 토목 구조물의 경우 주로 LNG 현장에 적용되다가 최근에 교량의 교각과 같은 수직부재 및 터널 라이닝콘크리트와 같은 원형부재에 고유동 콘크리트가 적용된 사례가 보고되고 있다. 그림 2는 지하철 공사 구간(인천 공항철도)의 터널라이닝에 타설된 고유동 콘크리트의 사진이다.



그림 2 고유동 콘크리트 타설
(인천공항 철도 라이닝 콘크리트)

3. 맺음말

국내 콘크리트 산업은 사회기반시설의 확충과 함께 기술적인 콘크리트의 품질향상을 지속적으로 요구받고 있는 실정이다. 고유동 콘크리트의 경우 많은 연구 및 부분적인 현장적용이 성공적으로 이루어졌지만, 현재까지 국내 기준이 체계적으로 정립되지 못하여 국외규정을 적용하고 있는 실정이다. 따라서 국내 고유동 콘크리트에 대한 연구결과 및 현장 적용결과를 분석 고찰하여 새로운 성능평가 방법 및 기준을 정립하여 새로운 연구개발 방향을 제시하는 것이 가장 시급하다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. 최연왕, 최육, 김병권, 하상우, 정재권 “병용계 보통강도 초유동 자기충전콘크리트의 유변학적 특성,” 한국콘크리트학회 가을학술발표회 제19권 2호, 2007, pp 717~720
2. 김성운 외 3인, “고성능·다기능 콘크리트 개발 및 활용기술,” 한국콘크리트학회 학회지, Vol 20, No 1, 2008, pp.22~26.
3. ACI Committee 237 (2007), “Self-Consolidating Concrete,” ACI.