

콘크리트 혼합타설시 품질확보 방안

Quality Control Method for the Concrete from Multiple Suppliers

김 경 훈¹

이 상 학^{2*}

Kim, Kyung-Hoon¹

Lee, Sang-Hak^{2*}

Daewoo E&C., Jongno-Gu, Seoul, 03182, Korea ¹

Department of Architectural Engineering, Kunsan National University, Gunsan, Jeonbuk, 54150, Korea ²

Abstract

Concrete mix design controls the various concrete properties such as workability and strength. Fresh concrete requires workability and the hardened concrete requires compressive strength. If using the concrete from different supplier concurrently, the concrete placed can show different properties unlike originally designed. However most of construction sites place the concrete from several companies. One of the predictable problems is whether the ultimate performance of concrete achieves the originally designed performance after placing the concrete from several companies. Therefore this research aims to keep the concrete quality in the above cases. This research has been done through literature review, questionnaire and the verification at the sample construction site. A literature review describes the general characteristics and quality control of concrete and a questionnaire describes the awareness and implementation of Korean Construction Specification(KCS). The production capacity and the delivery capacity of concrete suppliers is smaller than the daily quantity required on the sample site, therefore the placing of the concrete with different mixing ratio is inevitable and it can not keep the KCS. As a conclusion, this research proposed 5 alternatives and one of them has been adopted, i.e. to unify the concrete mix design of multiple concrete suppliers.

Keywords : different mixing design, different admixtures, lack of concrete supply, concrete quality

1. 서 론

1.1 연구의 목적

중소도시에 위치한 레미콘 회사의 규모는 영세하며, 동시에 레미콘운송 총연합회에서 실시중인 8·5제¹⁾로 인하여 건설현장에서 필요로 하는 콘크리트 1일 타설 계획량의 공급이 불가능한 실정이다. 따라서 각 건설현장은 콘크리트의 원활한 공급을 위하여 여러 회사로부터 콘크리트를 공급받아 한 구간에 동시 타설하고 있다. 따라서 배합비가 서로 다른 콘크리트가 혼합 되었을 경우에 당초에 계획되었던 개

별 콘크리트의 성능 확보에 대한 문제점을 내포하고 있다. 특히, 각각의 레미콘 제조회사가 사용하는 화학 혼화제 간의 예상하지 못한 화학반응에 따라 품질의 저하와, 배합비가 다른 콘크리트 간의 품질 편차로 전체 구조체의 균질한 품질 확보가 불확실해지며, 또한 레미콘에 하자가 발생하였을 경우, 품질에 대한 책임이 불분명해질 문제점을 내포하고 있다 [1]는 점과 콘크리트 품질 불량시 보수할 수 있는 방법이 없다는 점이다.

따라서 본 연구에서는 배합비가 다른 콘크리트를 동시에 타설할 경우에 품질을 유지할 수 있는 방법을 찾고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 국가건설기준 표준시방서에서 원칙적으로 2개 이상의 레미콘 공장 제품의 동시 타설을 금지하고 있으나

1) 레미콘 차주 및 운전자의 근무시간을 오전8시부터 오후 5시까지로 하는 제도

Received : February 3, 2018

Revision received : February 22, 2018

Accepted : April 9, 2018

* Corresponding author : Lee, Sang-Hak

[Tel: 82-63-469-4789, E-mail: SHL@kunsan.ac.kr]

©2018 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

현실적으로 준수되지 않고 있으며 이에 대한 해결방안을 제시함을 연구범위로 한다.

본 연구는 콘크리트 혼합타설에 관한 선행연구를 통한 콘크리트 품질관리의 이론적 고찰과, 설문조사를 통한 레미콘 회사의 생산능력 및 운반능력을 확인하고 레미콘 품질관리자의 혼합타설에 대한 품질의식을 조사하였다. 아울러 사례 현장을 선정하여 국가건설기준 표준시방서의 혼합타설 제한 규정을 준수할 수 있는 구체화 방안을 도출하였으며, 사례 현장에서 도출된 방안 중에 실현가능한 방안을 적요함으로써 불가피하게 혼합타설을 하더라도 타설된 레미콘의 품질이 동일하도록 검증하였다.

2. 기존 문헌의 고찰

2.1 콘크리트 품질관리 일반[2,3]

콘크리트는 시멘트, 물, 잔골재, 굵은골재 및 혼화재료를 혼합하여 만들어진 혼합물 및 그 경화체를 말하며, 시멘트 페이스트에 의하여 모래와 자갈 등의 골재를 접착되거나 결합되어 건축물의 구조체에서 압축력을 부담하는 주요한 재료이다. 콘크리트는 시간의 경과에 따라 성상이 변화되며, 크게 굳지 않은 콘크리트와 굳은 콘크리트로 대별되며 그에 따라 요구되는 성능도 다르다. 굳지 않은 콘크리트는 타설시 용이해야하고, 굳은 콘크리트는 소정의 압축강도가 발현되어야 한다. 이러한 과정에 따라 콘크리트 원재료 및 재료관리상의 품질, 콘크리트 생산관리상의 품질, 운반상의 품질, 시공중의 품질 및 시공후 양생품질이 모두 잘 되어야 콘크리트 소정의 품질을 확보할 수 있다.

이론적으로는 콘크리트 강도에 가장 크게 영향을 미치는 것은 물시멘트비이며[4] 이러한 제반 과정을 고려하여 레미콘 공장을 선정하여야 한다.

2.2 레미콘 공장선정[5]

건설현장의 경우, 양질의 콘크리트를 얻기 위해서는 사전에 현장 주변의 레미콘 공장에 대해 충분히 조사하여야 하며, 설계·시공상의 요구조건에 적합한 콘크리트를 공급받을 수 있는 곳을 선정하여야 한다. 이때, 특히 중요한 것은 구입자가 요구하는 품질의 콘크리트를 안정적으로 제조하여 필요한 시기에 공급되어야 한다는 점에서 레미콘 공장 선정이 매우 중요하다. 건축공사 표준시방서와 콘크리트 표준시방서에 규정된 내용은 다음과 같다.

2.2.1 레미콘 공장 선정에 대한 규정

Table 1. Korean construction specification
KCS 14 20 10 : 2017 [6]

1.7 Selection of Ready Mixed Concrete Plant
(1) It is necessary to select or install factories that meet the purpose of use after examining the materials used, equipment and quality control status according to KS F 4009.
(2) When selecting a factory, consideration should be given to transportation time to the site, discharge time, manufacturing capacity of concrete, number of transportation vehicles, manufacturing facilities of the factory, and quality control status.
(3) Concrete from several factories placed in a single structure or the same zone may make unclear who causes the defect in the future, so ready mixed concrete of one factory should be used. If two or more factories are inevitably selected, the responsible engineer should confirm that the same quality is ensured by the quality control plan.

2.2.2 선정되는 레미콘 공장의 수

국가건설기준 표준시방서는 단일 구조물, 동일 공구에 타설하는 콘크리트는 가능한 1개 공장의 레디믹스트 콘크리트를 사용하여야 하며, 부득이 2개 이상의 공장을 선정하는 경우 동일한 성능이 확보되도록 책임기술자가 확인하도록 규정하고 있다. 그러나 충분한 물량공급을 위하여 타설 구간당 3~5개사 정도의 레미콘 공장을 선정하여 혼합타설하고 있는 실정이다.

2.2.3 레미콘 공장과 현장 간의 거리

KS 규정은 믹서트럭을 사용할 경우 콘크리트 혼합 시작후 1.5시간 이내에 타설하도록 규정하고 있으며 레미콘 공장으로부터 현장까지의 거리가 가까울수록 초기 양생이 시작 전에 타설이 가능하므로 품질확보에 유리하다.

2.3 현장의 특성과 콘크리트 품질확보

한국콘크리트학회는 레미콘의 품질확보 방안으로 골재의 품질관리개선, 지역별 표준배합설계안의 도입, 레미콘의 조기 품질판정 방법의 제도화와 함께 콘크리트기사 자격제도의 필요성을 주장하였다[7].

또한 콘크리트의 압축강도는 28일 강도를 기준으로 하기 때문에 강도시험에서 불합격이 확인되었을 경우 이미 다른 후속작업이 진척된 상태이므로 발주자나 시공자는 공기 및 비용적 측면에서 재시공이 불가능한 상황이 된다. 따라서 형식적인 비파괴검사를 통하여 부분적인 보수·보강을 통해 재시공을 회피하고 있는 실정이다. 이에 따라 레미콘 제품을

타설하는 장소에서 즉시 그 품질을 판정할 수 있도록 레미콘의 조기품질 판정기법을 활성화하기 위하여 국가건설기준 표준시방서에 조기판정 방법에 대한 기준을 규정하여 후속 작업이 진척되기 전에 강도시험 결과를 확인할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 특히 혼합 타설된 콘크리트의 압축강도가 개별 콘크리트의 압축강도와 동일한지에 대한 조기 판정이 필요하다.

2.4 콘크리트 혼합타설시 성능평가

Kim et al.[8]은 콘크리트의 혼합타설에 따른 콘크리트의 물성 및 강도를 평가하는 연구에서 시험에 적용한 콘크리트의 규격은 25-27-150이며, 콘크리트의 혼합타설에 따른 성능평가를 위해 동일한 혼화제에 3 개사 시멘트로 제조된 콘크리트와 동일한 시멘트에 3 종류의 혼화제로 제조된 콘크리트를 각각 혼합하여, 물성 확인 및 압축 강도를 시험한 결과, 상이한 혼화제를 사용한 콘크리트는 이상응결에 의한 슬럼프 저하현상이 발생하였으나, 공기량은 변화가 크지 않음을 확인하였다. 또한 블리딩의 경우 다소 감소하나 전반적으로 그 영향은 미미함을 확인하였다. 콘크리트의 응결성상을 보면 상이한 혼화제를 사용한 레미콘의 혼합사용은 응결이 지연되는 것을 확인하였으며, 초기강도 발현은 지연되었으나 설계기준강도의 발현에는 문제가 없음을 확인하였다.

또한 Ko[1]는 고성능 감수제인 유기산계, 나프탈렌계, 리그닌계의 혼화제 종류 및 첨가량의 변화를 주어 제조된 콘크리트를 재 혼합 타설 시에 혼합된 혼화제 종류 및 첨가량에 따라 응결시간 전반적으로 지연되고 낮은 강도 발현됨을 확인하였다. 또한 건조수축 변형이 큰 경향을 보였으며, SEM 사진 분석결과 미수화에 의한 미세공극이 발생함을 확인하였다. 따라서 혼합타설이 필요한 경우, 사전 검토를 통해 동일한 품질을 확보할 수 있는 방안을 강구하는 것이 필요함을 주장하였다.

3. 중소도시 레미콘 회사의 실태조사

3.1 설문조사 대상 및 분석방법

본 설문은 2017년 7월에 실시되었으며, 전국 25개 도시에 소재한 레미콘 회사에 근무하는 품질관리자를 대상으로 레미콘 회사의 현황 및 품질관리의 실태를 조사하였다. 중소 도시에 위치한 레미콘 회사의 수와 각 레미콘 회사가 보유한

믹서트럭의 대수, 생산능력을 조사하여 1일 공급 가능물량을 파악하고, 건축공사 표준시방서와 콘크리트 표준시방서의 혼합타설 제한에 대한 규정의 이해도와 콘크리트 품질관리 개선방안에 대한 의견을 조사하였다.

설문지는 150개의 레미콘 회사에서 173부가 수집되었다. 1개 회사에서 2명이상 응답한 경우에는 1명의 응답만을 활용하였으며 응답자 소속회사의 소재지는 30만명~50만명 규모의 도시에 소재한 회사가 23개사, 50만명 이상의 도시에 소재한 회사가 79개사, 그리고 30만명 미만의 도시에 소재한 회사가 48개사였다. 자료 분석에는 SPSS프로그램을 사용하였다.

3.2 설문내용의 구성

설문내용은 3개의 분야로 구분하였으며, 1) 중소도시에 위치한 각 레미콘회사의 현황에 관한 설문 7문항, 2) 건설현장에서 콘크리트 혼합타설 현황에 관한 설문 5문항, 3) 국가건설기준 KCS 14 20 10 : 2017의 “1.7 레디믹스트 콘크리트 공장의 선정”에서 혼합타설의 제한에 대한 내용과 혼합타설시 책임기술자가 확인하여야 할 구체적 내용에 관하여 5문항으로 구성하였다.

3.3 설문조사 결과분석

Kim et al.[10]은 인구 규모가 30만명~50만명의 중소도시가 재정자립도가 비교적 높은 것으로 조사하였으므로, 본 연구에서도 인구 30만명 미만인 도시와 50만명 미만인 도시²⁾로 비교 검토하였으며, 각 레미콘 공장이 보유한 믹서트럭의 보유 대수가 20대 이상인 레미콘 공장의 수는 인구가 50만명 이상의 도시는 76개사인 96.2%, 50만명 미만의 도시는 39 개사로 54.9%, 30 만명 미만의 도시는 20개사인 41.7%로서 소도시의 레미콘 공장이 영세한 규모임을 확인하였다.

레미콘 공장의 품질관리 직원의 보유현황을 보면 설문자 전체를 기준으로 5명 이상 보유한 공장의 비율이 46.7%(150명중 70명), 50만명 미만의 도시는 29.6%(71명중 21명), 30만명 미만의 도시는 22.9%(48명중 11명)로서 품질관리 측면에서도 그만큼 열악함을 알 수 있다. 그러나 품질관리자의 경력 면에서는 유의미한 차이는 없었으나 품

2) “50만명 미만의 도시”는 “30만명 미만의 도시”의 수치를 포함하며, 2개의 대상 수치를 비교하여 도시가 작아질수록 레미콘 공장의 현황(생산능력, 트럭대수, 직원수)의 변화 트렌드를 보고자 함.

질관리자의 수가 적은 회사의 경우에 도제방식에 의한 자체 교육이 부실할 것으로 추정된다.

콘크리트의 품질과 관련하여 혼합타설에 대한 의견으로는 혼합타설이 품질관리에 영향을 주지 않는다는 비율이 61.3%(150명중 92명), 혼합 타설이 품질에 영향을 주는 것으로 인식한 38.7%(58명)의 응답자 중에서도 혼합타설을 한 경우가 84.5%(49명)나 되어 혼합 타설과 콘크리트 품질의 관계에 대한 인식도 부족 및 혼합 타설이 불가피한 실정임을 알 수 있었다.

또한, 혼합타설이 품질에 영향을 미친다고 인지하면서도 펌프카 1대에 혼합하여 타설한 경우도 응답자 48명중 22명(45.8%)에 달하였으며, 혼합타설이 필요한 경우 콘크리트 타설 전에 사전협의의 여부에 대한 응답자 49명중 24.5%(12명)가 사전협의를 하지 않는다고 응답함으로써 국가건설기준 표준시방서의 규정을 준수하지 않고 있었다.

혼합타설 전에 품질관리를 위한 특별한 조치여부에 대한 응답자 48명중 조치하였다는 응답이 60.4%(29명)이었으며, 특별조치사항으로는 각사의 콘크리트의 혼화제의 차이, 슬럼프 값의 차이, 타설시 구분관리 등 혼합타설로 인한 품질저하를 방지하기 위한 조치와는 무관한 사항이었다.

혼합타설을 실시하는 이유로는 ① 8.5제 준수로 인한 시간제약으로 계획 타설량을 충족하기 위하여, ② 레미콘 회사의 생산능력 부족, ③ 레미콘 회사에서 보유한 믹서트럭의 부족, ④ 지역사회 민원예방차원, ⑤ 현장 여건상 끊어 치기를 할 수 없어서, ⑥ 클레임 발생시 원인규명이 어려움(레미콘 회사에서 선호), ⑦ 한 업체의 독점계약으로 인한 피해 방지(공장파업, 배치플랜트 고장 등)에 있는 것으로 파악되었다.

국가건설기준 표준시방서의 혼합타설 제한 규정을 모르고 있다는 응답자가 전체 응답자 150명중 35명으로 23.3%를 차지하였으며 중요하지 않다고 답변한 응답자가 73명으로 50%를 차지하고 있다. 즉, 혼합 타설로 인한 콘크리트 성능저하에 대한 인식이 부족하므로 혼합타설로 인한 콘크리트 품질저하의 위험성이 큼을 확인하였다.

설문조사의 결과를 요약하면 도시의 규모가 작을수록 1) 레미콘 공장의 규모가 작아지며, 2) 한 공장의 1일 공급량이 적어지므로 품질관리자의 수도 적어지며, 품질관리자에 대한 회사 자체교육도 부실하게 된다.

시방서에 규정된 혼합타설시 책임기술자의 확인시 단지 레미콘 회사별 배합차이만을 확인함으로써 혼합 후의 콘크리트

리트 품질저하에 대한 방지조치와는 무관한 사항들이었음을 확인하였다.

Table 2. Concrete quality control

Question	No. of total reply	No. of yes(%)	No. of No(%)
Concurrent placement vs quality	150	58(38.7)	92(61.3)
Performed concurrent placement	58	49(84.5)	9(15.5)
Used same hopper	48	22(48.2)	26(54.2)
Pre-discussion	49	37(76.5)	12(24.5)
Aware of specification	150	115(76.7)	35(23.3)
Rationality of specification	145	72(49.7)	73(50.3)

4. 사례 현장의 콘크리트 타설계획 검토

설문조사 결과인 혼합타설의 불가피성을 확인하기 위하여 군산지역의 “C”프로젝트의 콘크리트타설 계획을 검토하였다. “C”프로젝트는 지하2층, 지상29층, 11개동 총1400세대의 아파트건설공사로서 콘크리트 총 타설 계획량이 125,000m³ 이다. 전체 공기를 고려하여 지하층을 21개 구역으로 구분하여 공사를 추진할 때에 구역별 콘크리트 1일 타설 계획량이 최소 391m³, 최대 2,140m³, 평균 1,500m³이며, 지상층은 콘크리트 1일 타설 계획량이 최소 260m³, 최대 365m³이다.

군산지역의 레미콘 회사의 현황은 Table 3와 같다.

Table 3. Status of remicon companies in gunsan

Company	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
Distance (km)	9	10	12	12	12	12	12	12	12	16	17
Delivery time (min)	25	25	30	30	30	30	30	30	30	35	35
Production (1000m ³ /day)	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
mixer truck (no)	10	11	9	11	8	12	10	9	10	11	13
admixture used	D co.	B co.	A co.	C co.	D co.	D co.	D co.	A co.	D co.	C co.	A co.

Table 3에 조사된 레미콘 회사의 생산능력과 운반능력을 고려한 1일 공급가능량은 Table 4와 같다.

Table 4. Suppliable quantity / day • company (m³)

Placing zone	1 cycle time	Working hr/d	No. of cycle	No. of trucks	Q'ty supply
Basement	1hr 30min	9hr	6 times	10	360m³
Ground & above	1hr 20min	5hr	4 times	10	240m³

지하층 평균타설 계획량 1500m³이나 한 회사로부터의 1일 공급 가능량이 360m³에 불과하며, 지상층 평균타설 계획량 330m³이나 한 회사로부터 1일 공급 가능량이 240m³에 불과하여 여러 레미콘 회사로부터 콘크리트가 공급되어야만 공기를 준수할 수 있음을 확인하였다. 따라서 동일 공구에 여러 레미콘회사의 제품이 혼합타설을 제한하고 있는 국가 건설기준 표준시방서에 따라 책임기술자가 확인을 하여야 하나 어떤 상황에 대하여 확인을 하여야 하는 지에 대한 규정이 없다.

5. 사례 현장의 콘크리트 품질확보 방안

사례 현장에서 필요로 하는 1일 계획물량을 차질없이 공급받기 위해서는 1안) 1개의 레미콘 회사가 생산량과 믹서트럭을 증가시켜 충분한 공급량을 확보하는 방안, 2안) 지역의 레미콘 회사의 통폐합을 통한 규모 확대, 3안) 2개 이상의 레미콘 회사를 선정하여 펌프카를 각각 분리하여 타설하되 접촉면에 대해서 이상반응여부의 추적검사를 통해 품질확인을 하는 방안, 4안) 다수의 레미콘사의 배합비를 통일하여 동일한 성능 확보하는 방안, 5안) 다수의 레미콘 회사에서 사용하는 화학 혼화제 간의 상응성 테스트를 실시한 후 검증된 혼화제를 혼합 타설 하는 등의 방법을 검토하였다.

사례 현장에서 검토한 결과 1안), 2안)과 5안)은 비현실적이었고, 3안)은 공기준수에 문제가 있었다. 따라서 4안)을 적용하여 실행함으로써 혼합 타설로 인한 품질저하 위험을 배제하였다.

5.1 표준배합설계 추진방법

첫째, 군산지역의 각 레미콘사의 규격별 배합표를 받아 검토한 결과 시멘트 배합에서 보통포틀랜드 시멘트를 주원료로 하고, 고로슬래그 미분말을 혼합하는 배합과 고로슬래그 시멘트를 주원료로 하는 배합에서 명확하게 차이가 있음을 확인하였다. 따라서 기존 배합표를 최대한 반영하여 보통

포틀랜드 시멘트를 주원료로 하는 “포틀랜드” 그룹과 고로슬래그 시멘트를 주원료로 하는 “슬래그” 그룹으로 명명하여 2개 그룹으로 나누어 “ㄷ”프로젝트에 대표규격인 24MPa를 중심으로 표준배합을 검토하였다.

둘째, 11개 레미콘 회사 모두를 대상으로 표준배합시험을 진행하는 것의 번거로움을 피하기 위하여 2개의 그룹에서 각각 1개의 회사를 지정하여 표준배합을 진행하였다.

셋째, 11개사 품질관리자들과 표준배합설계를 위한 사전 회의를 통하여 ① 원재료 배합 통일, ② 시멘트 배합관리, ③ 동일성분 혼화제 사용, ④ 단위수량(水量)은 170kg이하로, 매스콘크리트 또는 기초콘크리트의 단위수량은 160kg 이하로 제한하였으며, 이것을 기준으로 하여 각 레미콘 회사는 ① 시멘트 배합조정, ② 슬럼프 값 유지를 위한 단위수량 조정, ③ 공기량 조정을 제안하여 표준배합을 결정하고 시험에 적용하였다.

넷째, 이렇게 결정된 내용에 근거하여 2개 그룹의 대표회사에서 실내배합표를 작성하고 배합을 실시하여 굳지않은 콘크리트 시험과 압축강도를 측정하였으며, 그 결과는 Table 5, Table 6과 같다.

Table 5. Test results for fresh concrete by test mix (mm,%)

Concrete mix	Portland group				Slag group			
	Newly mixed		30 min later		Newly mixed		30 min later	
	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent
25-24-150	200	4.7	170	4.3	190	5.9	185	4.8
25-24-120	190	4.9	170	4.6	195	4.6	190	4.2

Table 6. Test results for compressive strength of concrete by test mix (MPa)

Concrete mix	Portland group			Slag group		
	2 day	7 day	28 d	3 day	7 day	28 d
25-24-150	8.2	19.8	32.4	16.9	23.7	34.6
25-24-120	5.7	18.7	37.6	12.3	25.6	40.0

굳지않은 콘크리트의 슬럼프와 공기량을 비빔 직후와 30분 경과 후에 실시한 시험 결과를 나타낸 것이며, 포틀랜드

그룹의 경우 30분 경과 후에 소정의 유동성 범위를 만족하였으나, 슬래그 그룹의 경우 비빔 직후 및 30분 경과후의 슬럼프값이 다소 높게 측정되었다. 이는 결합재로서 고로슬래그 미분말이 프리믹스된 고로슬래그 시멘트와 고성능감수제의 분산 및 유지 성능에 기인한 것으로 추정되며, 고성능감수제 사용량을 다소 낮출 필요가 있을 것으로 판단하였다.

각 배합별 재령에 따른 압축강도 측정결과는 Table 7과 같이 나타났으며, 포틀랜드 그룹의 경우 3일 재령 측정일이 휴무일과 겹쳐 재령 2일 강도를 측정하였다. 또한, 재령 7일에 설계기준강도의 80% 이상을 확보하였고, 재령 28일 130% 이상을 발현하는 것으로 나타났으며, 슬래그 그룹의 경우 재령 7일에 설계기준강도의 100% 내외를 발현하였고, 재령 28일에 140% 이상을 보였다.

실내 배합시험의 경우 실제 콘크리트를 생산하는 배척플랜트의 계량오차, 비빔효율, 원재료 함수상태 변동 등의 변수가 배제된 환경이기 때문에 설계기준강도 보다 다소 높은 압축강도를 발현하게 된다.

다섯째, 현장에서 주로 사용할 콘크리트 규격인 25-24-150과 25-24-120에 대하여 현장의 오차를 고려한 배척플랜트 생산시험을 진행하였으며 그 결과는 Table 7, Table 8과 같다.

Table 7. Test results for fresh concrete by batcher plant (mm,%)

Concrete mix	Portland group				Slag group			
	Newly mixed		30 min later		Newly mixed		30 min later	
	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent	Slu-mp	Air cont-ent
25-24-150	175	6.4	153	4.9	175	6.4	160	5.1
25-24-120	150	6.3	140	4.8	150	5.8	135	5.1

Table 8. Test results for compressive strength of concrete by batcher plant (MPa)

Concrete mix	Portland group			Slag group		
	2 day	7 day	28 d	3 day	7 day	28 d
25-24-150	8.7	19.8	31.1	9.0	20.7	31.8
25-24-120	5.9	20.3	33.7	10.6	21.9	36.5

Table 9. Concrete mix design for batcher plant

Group	Concrete mix	Unit weight(kg/m³)								
		Water	OPC	SLC	FA	GGBS	WS	CS	GR	SP
Portland group	25									
	-24	165	248	-	33	50	602	260	935	2.48
	-150									
Slag group	25									
	-24	160	163	-	33	131	605	262	941	2.45
	-120									

OPC:Ordinary portland cement, SLC:Slag cement type2, FA:Fly ash type2, GGBS:Slag powder type 3, WS:Washed sand, CS:Crushed sand, GR:Gravel, SP: Superplasticizer
 W/B(%):50.0 when slump 150, 49.0 when slump 120.
 S/A(%):48.0 in portland group, 48.5 when slump 150, 47.5 when slump 120 in slag group

실내배합을 기준으로 하여 배척플랜트 생산용 배합비를 조정한 결과 굳지 않은 콘크리트에 요구되는 성능인 슬럼프 값과 공기량이 기준을 충족하였으며, 압축강도 테스트 결과도 28일 강도 기준으로 충족함을 확인하였다. 배척플랜트 배합용 배합표는 Table 9와 같다.

5.2 표준배합설계 추진시 유의사항

각 레미콘 회사별로 원재료 납품처를 단골로 거래하고 있으며 그에 따라 원재료 금액을 후불로 하는 경우도 있다. 따라서 배합비를 통일하여 레미콘을 생산할 경우에 기존의 납품처와의 관계가 단절될 수 있으므로 이에 대한 고려를 하여야 한다.

또한 사례현장의 경우에는 지하층과 지상층의 콘크리트 전체 물량이 약 125,000 m³로서 다량이므로 균산시에 소재하는 레미콘 회사들이 물량을 수주하기 위하여 적극 협조하였다. 현장의 규모가 적어서 납품 예상물량이 적을 경우에 레미콘 회사들이 적극 협조할 수 있는 방안을 고려하여야 한다.

6. 결 론

국가건설기준 표준시방서는 동일 타설 공구나 동일부재에 2개 이상의 공장의 레디믹스트콘크리트가 타설되지 않도록

해야 하며 부득이한 경우에는 책임기술자가 확인을 하도록 규정하고 있다.

본 연구에서는 건설현장에서 콘크리트 타설시 레미콘 회사의 공급능력과 1일 타설 계획량을 비교하여 1개 레미콘 회사에서 공급되는 물량이 현장의 1일 타설 계획량을 충분히 공급할 수 있는지를 설문조사와 사례현장 콘크리트 타설 계획을 분석하여 검토하였다. 그 결과 다수의 레미콘 회사에서 생산된 콘크리트를 혼합타설하는 것이 불가피함을 확인하였다.

그러나 책임기술자가 혼합타설시 확인할 사항이 불분명하며, 현실적으로 레미콘 회사별 배합설계의 차이만을 확인하고 관행적으로 혼합타설이 실시되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 다음과 같이 국가건설기준 표준시방서를 개정할 것을 제안하고, 아울러 사례현장에 레미콘을 공급하고자 하는 각 레미콘 회사의 배합표를 비교·분석하여 경제적이며 실질적으로 콘크리트 배합설계를 통일하여 생산함으로써 혼합타설로 인한 콘크리트 품질저하를 방지하였다.

6.1 국가건설기준 표준시방서의 개정방안

국가건설기준 KCS 14 20 10 : 2017의 “1.7 레디믹스트 콘크리트 공장의 선정”에서 부득이 2개 이상의 공장에서 생산된 콘크리트를 혼합타설할 경우에 책임기술자의 확인을 규정하고 있으나, 실무적으로 책임기술자-현장 현장의 건설사업관리단장-는 대안을 제시하지 못하고 있는 실정이다. 그에 대한 구체적 방안을 아래와 같이 추가할 것을 제안한다.

『현장이 개설되고 콘크리트 공사에 착수할 시점까지는 일정기간이 소요되므로 그 기간동안 사전에 책임기술자, 건설회사, 레미콘 회사의 품질관리자는 혼합타설에 대비하여 아래 사항을 협의, 검토하여 실질적 방안을 실시하도록 한다.

- 1) 현장이나 인근에 위치한 다른 현장에서 펌프카 2대 이상을 사용하여 혼합타설한 경우 접촉면에 대해서 이상 반응여부를 추적검사를 통해 확인한다.
- 2) 다수의 레미콘사의 배합비 통일을 추진하여 동일한 성능을 확보한다.
- 3) 혼화제 협회에서 주관하여 다수의 화학 혼화제 간의 상용성 테스트를 실시한 후 검증된 혼화제를 사용한 콘크리트만 혼합 타설한다.』

6.2 사례현장의 콘크리트 혼합타설 검증결과

사례현장에서는 11개 레미콘 회사의 배합설계를 분석하여 경제적이며 실현가능한 표준배합을 자율적으로 선택·적용하여 생산할 수 있도록 2개 그룹으로 구분하여 표준배합설계를 하였으며, 포틀랜드 그룹의 경우 무기질 혼화재로 고로슬래그 미분말을 사용 하였고, 슬래그 그룹은 고로슬래그 미분말을 보통포틀랜드시멘트와 일정비율 프리믹스한 고로슬래그 시멘트를 사용하였다. 또한, 사용 혼화제인 고성능감수제는 폴리카르본산계열로 동일함으로써 혼합타설을 하더라도 화학적 이상반응이 발생되지 않도록 하였다. 그 결과 1일 타설 계획량을 용이하게 확보할 수 있었으며 콘크리트 품질확보를 할 수 있었다.

7. 향후 연구과제

본 연구에서는 혼합타설시 콘크리트의 품질확보 방안으로 5가지를 제시하였으며 4안)에 대하여 사례현장에 적용을 통하여 검증하였다.

검증되지 않은 1안)과 2안)은 건설현장 주관으로 실현 불가능한 방안으로 배제하였고 3안)은 혼합타설시 레미콘 회사에서 상이한 콘크리트의 접촉면에 대한 추적조사를 통한 데이터의 축적이 필요하며, 5안)은 다양한 혼화제 상호간의 상용성 테스트를 통한 이상반응 여부를 확인하여 혼용 가능한 혼화제를 종류별로 목록화하는 작업에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 그 밖에 콘크리트 품질의 조기판정 방법에 대한 기준을 정하여 후속작업이 진척되기 전에 콘크리트 강도시험 결과를 확인함으로써 품질기준 미달시 재시공을 할 수 있도록 하는 방안도 연구되어야 할 것이다.

본 연구에서 제시한 대안의 경우에도 화학반응이 우려되는 혼화제 제조사의 통일을 기하였으나 그 밖의 골재 공급원, 시멘트 공급원에 대한 것은 검증이 되지 않았으므로 그에 대한 것도 통일시키는 방법이 연구되어야 할 것이다.

요 약

콘크리트의 특징은 그 품질을 확보함에 있어서 시멘트, 모래, 자갈, 물, 혼화재로 등 구성재료 개개의 품질 및 그 배합비 그리고 생산관리 및 시공관리, 양생 등에 의해 영향을 받는다는 점이다. 콘크리트 배합설계에 따라 시공연도와

강도가 변화하게 된다. 대부분의 건설현장은 동일구간에 여러 레미콘 회사의 제품을 동시에 타설하는 것이 일반적이거나 표준시방서에는 혼합타설을 원칙적으로 금지하고 있으며 필요시 책임기술자의 확인을 받도록 규정되어 있다.

이 연구는 불가피한 혼합타설시 콘크리트 품질확보를 하기 위한 방안을 제시하고자 하였으며, 연구방법은 문헌검토, 설문조사를 통하여 혼합타설의 문제점을 파악하고 불가피함을 확인하였으며, 사례현장의 콘크리트 타설계획과 군산지역의 레미콘 회사의 현황을 통하여 혼합타설의 문제점을 파악하고 불가피함을 확인하였다.

혼합타설을 하지 않는 방법으로 5가지 안을 제시하여 그 중에서 지역별 표준배합설계를 작성하여 동일한 배합비로 11개 레미콘 회사로 하여금 생산하도록 하여 혼합타설의 위험성을 배제하였으며 그 과정의 문제점을 제시하였다.

향후 연구과제로는 본 연구를 통하여 검증되지 않은 방안인 레미콘 회사의 규모확장 및 통폐합, 혼합타설된 콘크리트의 품질 추적조사, 혼화제의 상용성테스트 그리고 콘크리트 강도의 조기판정기법의 개발 및 골재등의 재료 통일방안등을 연구하여 혼합타설시 피해를 최소화할 수있도록 해야 할 것이다.

키워드 : 혼합타설, 혼화제, 혼화재료, 배합설계, 콘크리트 품질

References

1. Ko JK, An analysis of the characteristics of the manufactured concrete when cast mixed with admixtures according to its compound, [master's thesis], [Chungju (Korea)]: Chungju National University; 2010. 72 p.
2. Korea Concrete Institute, Choisin Concrete Gonghag [Latest concrete engineering], 3rd ed, Seoul (Korea): Kimoondang; 2001. Chapter 1, Concrete Jeong-ui & Baldalsa [Defition and history of concrete]; p. 23-5.
3. Park YS, Concrete material & examination, 1st ed, Seoul (Korea): Goomibook; 2004. Chapter 2, Concrete Jaelyo [Concrete material]; p. 15-68.
4. Jo JH, Jo MS, Architecture materials, 1st ed, Seoul (Korea): Kimoondang; 2015. Chapter 7, Concrete; p. 168.
5. Han CG, Remicon pumjil gwanli(II) [Remicon Quality Control (II)], 1st ed, Seoul (Korea): Kimoondang, 2008. Chapter II, Botong Concrete [General concrete]; p. 80-4.
6. Korean Construction Specification 2017 [Internet]. Goyangsi (Gyeonggi-do): Korea Construction Standards Center. Available from: <http://www.kcsc.re.kr/>.
7. Korea Concrete Institute, Plant Equipments of Ready-Mixed Concrete and Quality of Concrete, 1st ed, Seoul (Korea): Kimoondang; 2004. Chapter 6, Plans to Improve the Quality of Ready-mixed Concrete; p. 101-15.
8. Kim RH, Bang JS, Kim YR, Song YC, Lee TG, Choi SW, Performance evaluation according to mixing of concrete, Proceeding of Korea Concrete Institute; 2017 May 10-12; Jeju, Korea, Seoul (Korea): Korea Concrete Institute; 2017. p. 469-70.
9. Kim KH, Quality assurance method for placing concrete with different mixing design ratios [master's thesis], [Gunsan (Korea)]: Kunsan National University; 2018. 87 p.
10. Kim BS, Yeo HG, A study on functional features in types of the cities in korea, The Geographical Journal of Korea, 2010 Dec 31;44(4):537-52.