

인조석 품질 개선과 안전을 위한 제조 공정 조정 (D업체의 생산 현장을 중심으로)

박주식*
김길동**
강경식***

1. 서 론

건축물의 인조석 외장재를 생산하고 업체의 품질분석을 하기 위한 연구과제이다. 인조석은 자연석과 동일한 구성성분으로 거의 완벽한 자연석 그대로의 자연스러운 질감과 아름다움이 함께 하며 다양한 종류의 패턴과 세련된 색상 그리고 품위 있는 질감으로 최상급 건축 마감재로 선택되어지고 있다.

하지만, 고유기술 및 관리기술의 미흡으로 제작과정 자체가 원시적이며, 제품의 신뢰성 자체를 객관적으로 보증 받을 수 있는 기준이 마련되어 있지 않다.

그리고 본사에서 생산하고 있는 외장재용 인조석은 KS규격도 전혀 이루어져 있지 않을 뿐만 아니라, 자체 시험 자료가 전혀 이루어져 있지 않는 관계로 새로운 로트를 장착했을 때 골재, 안료 및 혼화재 간의 배합비를 어떻게 구성하여야 할 것인가를 순수 기술자의 know-how에만 의존해야 하는 실정이다.

2. 본 론

(1) 혼화재료의 정의

혼화재료(混和材料, admixture)란 모르타르나 콘크리트를 제조할 때 혼합하여 소요의 성질을 부여하거나 또는 개선, 향상시키기 위하여 사용되는 재료이다.

일반적으로 혼화재료는 시멘트, 혼합수, 골재 이외의 재료로서 모르타르나 콘크리트 믹싱시 필요에 따라 한 성분으로 사용된다.

혼화재료는 물리, 화학 및 물리화학적 작용에 의해 굳지 않은 콘크리트 또는 경화한 콘크리트의 성능을 개선시키거나 경제성 및 에너지 절약 등의 목적으로 사용된다. 또한 혼화재료의 종류에 따라서는 콘크리트에 새로운 특성을 부여하기 위해서 사용된다.

혼화재료는 여러 종류가 시판되고 있으나 사용목적이 각각 다르며, 사용방법과 효과

* 명지대학교 산업공학과 박사과정

** 충청대학 품질관리과 부교수

*** 명지대학교 산업공학과

본 연구는 1999년 충청지방중기청 산학연 콘서시업 연구과제임.

도 다르기 때문에 사용목적을 달성하기 위해서는 현장에 적합한 것을 선정하는 것이 필요하다.

혼화재료의 정의는 국가에 따라 또는 학회 및 협회에 따라 다소 차이가 있다. 우리나라에서는 혼화재료를 사용량에 따라 혼화제(混和劑)와 혼화재(混和材)로 분류하며 AE제, 감수제, 지연제, 촉진제 등과 같이 시멘트 중량에 대하여 1% 전후 첨가하는 것을 혼화제, 고로슬래그 미분말, 플라이애쉬 등과 같이 시멘트 중량에 대하여 5% 이상 첨가하는 것을 혼화재라 정의한다.

혼화재료에 대해 우리나라, 미국콘크리트학회(ACI) 및 RILEM의 정의를 비교하였다. ACI에서는 광물질혼화재(mineral admixture)와 화학혼화제(chemical admixture)로 구분하고 있으나, RILEM에서는 혼합량이 결합재(시멘트 등)의 5% 이하인 것으로 혼화재료(admixture)의 범위를 정하고 플라이애쉬, 슬래그, 포졸란 및 실리카흄 등은 이 범위에 포함시키지 않고 있다.

	콘크리트 표준시방서	건축공사 표준시방서	ACI	RILEM
혼화 재료	시멘트, 물, 골재 이외의 재료로서 혼합할 때 필요에 따라 콘크리트의 한 성분으로 더 넣는 재료	시멘트, 물, 골재 이외의 재료로서 비필 때 필요에 따라 모르타르 또는 콘크리트의 성분으로 부가 혼합하는 재료	물, 골재, 수경성 시멘트와 섬유보강재료 이외의 재료로서,	콘크리트, 모르타르 또는 시멘트용의 혼화재료는 분체 또는 액체상의 무기물(광물을 포함)또는 유기물로
혼화제	혼화재료 중 사용량이 비교적 많아서 그 자체의 부피가 콘크리트의 배합계산에 관계되는 것	비교적 다량으로 사용하는 플라이애쉬 등의 혼화재료	콘크리트, 모르타르의 한 성분으로 사용되며 비비기 직전 또는 비비는 사이에 가해지는 재료	서, 일반적으로 시멘트 또는 결합성 재료에 대해 최고 5%이내의 중량으로 배합물에 가해지는 것을 말함(플라이애쉬, 포졸란, 실리카흄 등은 포함하지 않는다)
혼화재	혼화재료 중 사용량이 비교적 적어서 그 자체의 부피가 콘크리트의 배합계산에서 무시되는 것	약품적으로 소량 사용하는 AE제 등의 혼화재료		

2. 혼화재료의 분류

혼화재료의 분류방법은 사용재료의 종류에 의한 것과 목적 또는 효과에 의한 것으로 대별할 수 있는데 후자의 방법이 많이 사용된다.

건설교통부가 제정한 콘크리트 표준시방서에서는 혼화재료를 혼화재와 혼화제로 나누어 용도별로 다음과 같이 분류하고 있다.

1) 혼화재

- ① 포졸란 작용이 있는 것- 플라이 애쉬, 규조토, 화산회, 규산 백토
- ② 주로 잠재수성이 있는 것- 고로슬래그 미분말
- ③ 경화과정에서 팽창을 일으키는 것- 팽창재
- ④ 오토클레브 양생에 의하여 고강도를 나타내는 것- 규산질 미분말
- ⑤ 착색시키는 것- 착색재
- ⑥ 기타- 고강도용 혼화재, 폴리머, 증량재(增量材) 등

2) 혼화제

- ① 워커빌리티와 내동해성을 개선시키는 것- AE제, AE감수제
- ② 워커빌리티를 향상시켜 소요의 단위수량이나 단위시멘트량을 감소시키는 것- 감수제, AE감수제
- ③ 배합이나 경화후의 품질이 변하지 않도록 하고 유동성을 대폭으로 개선시키는 것- 유동화제
- ④ 큰 감수효과로 강도를 크게 높이는 것- 고성능 감수제
- ⑤ 응결, 경화시간을 조절하는 것- 촉진제, 지연제, 급결제, 초지연제
- ⑥ 방수효과를 나타내는 것- 방수제
- ⑦ 기포의 작용에 의해 충전성을 개선하거나 증량을 조절하는 것- 기포제, 발포제
- ⑧ 염화물에 의한 철근의 부식을 억제시키는 것- 방청제
- ⑨ 유동성을 개선하고 적당한 팽창성을 주어 충전성과 강도를 개선하는 것- 프리팩트콘크리트용 혼화재, 고강도 프리팩트 콘크리트용 혼화재, 공극충전 모르타르 혼화제
- ⑩ 소요의 단위수량을 현저히 감소시켜 내동해성을 개선시키는 것- 고성능 AE감수제
- ⑪ 점성을 증대시켜 수중에서의 재료분리를 억제시키는 것- 수중불분리성 혼화제
- ⑫ 응집작용에 의해 재료분리를 억제하는 것- 수중콘크리트용 혼화제, 펌프압송조제(壓送助劑)
- ⑬ 기타- 보수제(保水劑), 방동제(防凍劑), 건조수축 저감제, 수화열 억제제, 분진방지제(粉塵防止劑) 등

(2) 연구방법 및 기대효과

1. 본 품질검사장비는 외장재용 인조석의 가공을 표준화시켜줄 수 있는 다양한 자료들을 공급할 수 있다.
2. 인조석 제작을 KS화 할 수 있는 토대를 마련할 수 있을 뿐만 아니라, 외국 바이어들에게 제품의 신뢰성을 보장할 수 있는 근거 자료의 수집에 활용할 수 있다.
3. 제품의 제작과정 및 작업방법을 표준화하므로써 다양한 수요자의 요구에 탄력적으로

로 대응할 수 있다.

4. 앞으로 있을 국내 제작용체와의 경쟁에서 보다 나은 품질의 제품을 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 유사시 국내 제작용체에 기술을 제공하여 외국업체와도 경쟁할 수 있는 토대를 마련할 수 있다.

5. 또한 모든 시험 자료들을 이용하여 품질관리 프로그램화함으로써 작업표준화 및 제품의 신뢰성을 향상시키고 신제품 개발시 유용하게 활용할 수 있다.

(3) 연도별 연구개발사업 내용

일반적으로 제조업체에서 활용하고 있는 각종 시험검사 장비들은 시험검사 방법에 따라 인장, 압축, 굴곡 등의 시험들이 대체적으로 동일하게 행해지고 있으나, KS규격, 시험규격, 시료에 따라 이러한 시험장비들은 제어방법, 제어회로, 컴퓨터 운영 소프트웨어 등과 같은 특수한 사항을 고려하여 시험장비들의 일부 혹은 전체를 수정 및 재설계가 이루어져야 한다.

시험장비 제작용체를 조사한 결과 이러한 검사장비 특성상 대량생산을 할 수 없고, 주문자 요구 생산방식으로 이루어져 있고, 장시간의 납기일정과 제작비용이 많이 소요되는 현황이다. 또한 KS규격이 없어 제작상의 어려움이 있다.

따라서 이러한 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서는 먼저 제품의 신뢰성을 확보할 수 있는 인조석 전용의 품질검사 장비를 개발하는 것이 시급하며, 이러한 품질검사 장비는 제작과정을 표준화하고, 제품을 규격화하는데 활용할 수 있다.

이에 본 연구과제인 시험기기의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1) 외장재의 특성과 내장재(경량기포 콘크리트)의 특성을 고려하여 인조석 전용의 분석 검사장비를 설계·제작하고, 원료 배합 자료 및 각종 시험자료(인장, 흡착력, 색상, 강도 등)를 추출하여 DB로 구축하므로서 품질개선을 위한 품질관리 소프트웨어를 개발하고자 한다.

2) 일반적으로 외장재는 암석이나 콘크리트의 강도 특성상 계측장비의 고신뢰성과 고속도를 요구하며, 생산현장에서 motor, heater 등의 높은 전압을 사용하기 때문에, 현장에 인입된 전압의 암페어(전류)가 떨어지게 되어 검사장비의 측정자료가 오동작을 일으키게 되기도 한다.

따라서 본 시험검사장비에 surge, sparke safe 장비설계도 함께 연구하여 이러한 문제점을 해결하고자 한다.

3) 시료의 압축, 굴곡강도를 정확히 파악하기 위한 외장재 jig설계, KS규격 및 관련 기준 자료들이 없으므로 예상치 못한 시료의 결과를 예방하기 위하여 이를 감지할 수 있는 software와 interface를 설계하여 구축하고자 한다.

인조석 제품의 신뢰성을 확보할 수 있는 인조석 전용의 품질검사 장비를 개발하여 제작과정 및 원료배합 비율의 표준화를 이루는 것이 시급하다.

(4) 추진 전략 및 방법

- 문헌조사 및 관련기관 파악

- 유사제품의 제작과정 및 제품 특성 파악
- 현 작업과정 및 다양한 원료배합 비율을 통한 최적 원료배합비율 산정
- 검사 및 관리용 프로그램 개발
- 검사장비 조립

3. 결론

(1) 중간결과

본 연구에서 개발하고자하는 대상인 인조석은 국내에 아직 KS 규격이라든가 제조공정, 작업공정 등의 생산에 필요한 표준시방이나 제품에 관련한 품질정보가 없으며, 지금까지 미국 등지의 기술자료를 그대로 사용하여 응용하는 입장이다. 그나마 이러한 자료는 기술이 오래되거나 틀린 정보가 대부분이다.

외장재인 인조석은 제조공정 중에 여러 가지 건설재료들(ALC, 시멘트, 물, 석분, 모래, 경화제)이 각각의 배합비로 배합이 이루어지고 있으며, 제품 특성상 염화칼슘이 포함되어 있다.

현재 귀사에서 생산하고 있는 제품의 생산공정은 당일 배합하여 목형틀에 배합물을 담아 양생실에서 15 - 24시간 정도, 그리고 50℃ 정도의 열에서 양생을 실시하며, 다음 날 양생이 끝난 후 곧바로 탈형과 함께 포장작업에 들어간다.

이 때 탈형을 쉽게 하기 위하여 본 제품 생산과정에 염화칼슘을 넣는데, 이러한 작업은 탈형 시에 많은 균열(crack)과 파괴가 발생하며 불량률도 초래하게 된다.

그리고 제품 생산에 투입되는 염화칼슘 성질은 초기강도를 높이거나, 시간이 경과하면서 백화현상이나 강도를 떨어트리는 성질을 갖게 되는데 이러한 문제점을 해결할 수 있는 대체 재료라든가, 혹은 최적 원료배합 비율을 통하여 제품의 특성을 나타낼 수 있는 연구가 이루어져야 하겠다.

다음은 지금까지 연구한 주요내용 및 진행방법을 나타낸 것이다.

- <표 1>과 같이 배합계획표에 의한 시료를 큐브 몰드에 양생하여 1일 강도를 하여 강도분석을 실시하였다.

- 본 배합표는 염화칼슘을 중심으로 분석하는 것으로 구성하였다.

- 시료번호의 code 체계

○—○—○에서

첫 번째는 W/C비가 40%일 때는 A, 45%일 때는 B, 50%일 때는 C로 구분한다.

두 번째는 흑시멘트와 백시멘트의 비율이다. 시멘트를 360Kg은 a, 330Kg은 b로 구분한다.

※ 혼화제, 염화칼슘, 골재, 등의 비율이 바뀌게 된다

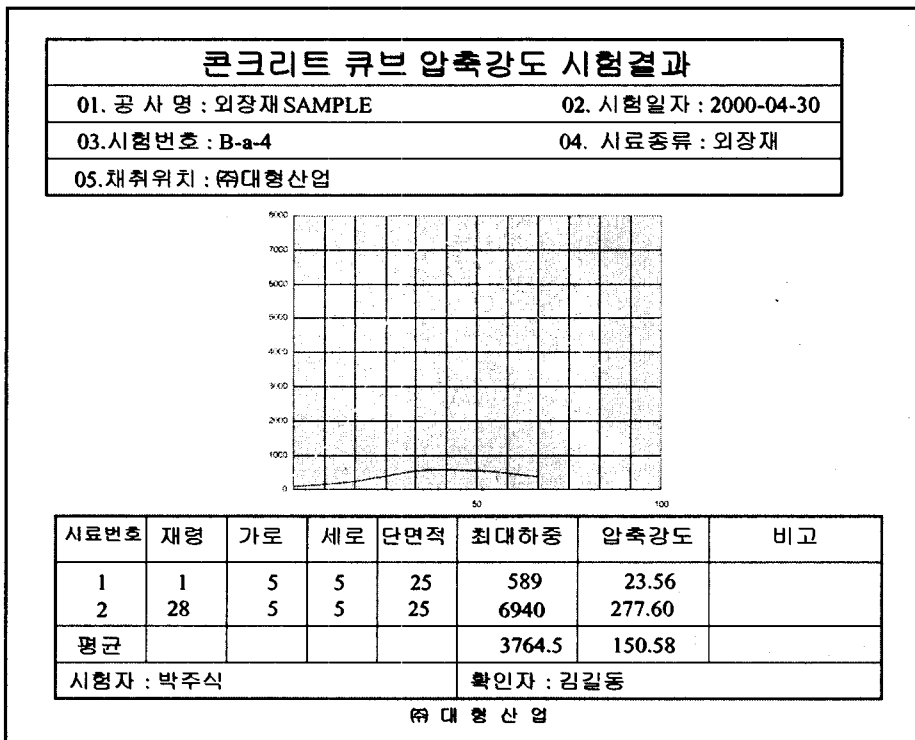
세 번째는 혼화제와 염화칼슘의 유무이다.

code	염화칼슘	경화제
1	○	○
2	×	○
3	○	×
4	×	×

※ 이러한 전과정을 컴퓨터 프로그램화 하였으며, 인조석 생산원료의 배합 및 분석용으로 활용할 수 있도록 하였다.

(2) 향후계획

- 강도측정용 분석장비와 프로그램간의 interface를 fix화한다.
- 28일 강도로 양성하여 보다 실질적인 시험자료를 마련한다.
- 1일, 28일 강도 자료를 확보하여, 생산, 공정상에 배합되는 염화칼슘, 경화제 및 기타 필요한 재료의 최적배합비를 구하여 외장제의 강도를 높이고, 비중은 작게 하는 연구분석을 계속 진행 하므로써 제품의 품질을 향상시킨다.
- 강도기의 정밀도, 신뢰도를 유지하기 위해 자가진단 및 자체 calibration 기능도 보완한다.
- 각 배합비의 강도를 만족하기 위해 하중감지 장치(LOAD CELL)를 다중으로 보완한다.
- 작업의 표준화 및 최적원료 배합 비율을 결정한다.
- 골재 함수율의 비율에 따른 보관환경을 연구한다.



<그림 1> 외장제 강도 시험결과성적서

<표 1> 배합계획표

시료번호	W/C	골재(Kg)			시멘트(Kg)		물(Kg)	경화제(Kg)	
		모래	석분	ALC	백색	흑색		염화칼슘	경화제
A-a-1	40%	250	50	450	260	100	145	2.8	2.8
A-a-2									2.8
A-a-3								2.8	
A-a-4									
A-b-1					245	85	132	2.6	2.6
A-b-2									2.6
A-b-3								2.6	
A-b-4									
B-a-1	45%	250	50	450	260	100	162	2.8	2.8
B-a-2									2.8
B-a-3								2.8	
B-a-4									
B-b-1					245	85	149	2.6	2.6
B-b-2									2.6
B-b-3								2.6	
B-b-4									
C-a-1	50%	250	50	450	260	100	180	2.8	2.8
C-a-2									2.8
C-a-3								2.8	
C-a-4									
C-b-1					245	85	165	2.6	2.6
C-b-2									2.6
C-b-3								2.6	
C-b-4									

참 고 문 헌

1. 전영일, 폐자원 석고의 건축재료로서의 타당성 연구, 서울대학교 석사학위논문, 1981
2. 오상근 · 조인성, 수중불분리제와 방수제, 한국콘크리트학회지, 제8권, 제2호, 1996. 4
3. 대한토목학회, 콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안), 1995. 10
4. 김기형, 고강도콘크리트의 유동성 손실 최소화와 강도향상을 위한 연구, 공학박사 학위논문, 한양대학교 대학원, 1993. 12.
5. KS F 2560, 콘크리트용 화학 혼화제, 1984
6. ASTM C 494, Standard specification for chemical admixtures for concrete, 1980
7. 권영호 외 3인, 고강도 콘크리트용 혼화제의 품질성능에 관한 연구, 한국콘크리트 학회논문집, Vol.5, No.1, 1993, pp.165-173
8. 문한영, 건설재료학, 동명사, 1992
9. 한국사전연구소, 재료공학 핸드북, 1994
10. 崔相紘, 포틀랜드 시멘트의 수화, 시멘트 127집, 1992.6
11. P.K.Meta, P.J.M.Monterio, CONCRETE structure, properties, and materials (2nd Ed), PRENTICE HALL, 1993
12. E.M.Gartner, H.Uchikawa, Cement Technology, The American Ceramic Society, 1993
13. Saul, A.G., Principles Underlying the Steam Curing of Concrete at Atmospheric Pressure Magazine of Concrete Research, Vol.2, No. 6, 1951. pp.127-140.