

일본의 콘크리트용 혼화제 개발의 변천과 규격·규준현황

(제1보, 혼화제 개발의 변천과정을 중심으로)

金 武 漢

〈忠南大學校 建築工學科 教授·工博〉

阿部道彦

〈日本 建設省 建築研究所 第2研究部 無機材料研究室 室長·工博〉

金 圭 庸

〈忠南大學校 産業技術研究所〉

〈現, 日本 建設省 建築研究所 第2研究部 無機材料研究室 研究員·工博〉

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. 서론 | 6.1 검토체제 |
| 2. 혼화제에 의한 콘크리트의 성능개선 | 6.2 EN규격과의 다른점과 대응방안 |
| 3. 화학혼화제의 개발과 변천 | 7. 현행규정에 대한 지적사항 |
| 4. 혼화제의 시험과 규격에 관한 기본사항 | 7.1 재료·배합상의 문제 |
| 5. 규격제정의 경위 | 7.2 콘크리트의 성능개선에 대한 감수효과
의 정량적 평가에 대해서 |
| 5.1 AE제·감수제·AE감수제 | 7.3 품질보중에 대해서 |
| 5.2 고성능감수제 | 8. 결론 |
| 6. EN규격과의 관계 | |

1. 서론

콘크리트는 경제적으로 안정된 성질을 가지고 있는 포틀랜드시멘트, 골재, 물을 기본재료로 구성되어 있으며, 여기에 혼화재료를 사용하여 그의 성능을 향상시키거나 새로운 기능

을 부여하게 된다. 혼화재료 중에서 비교적 사용량이 적고, 조(배)합에서 고려할 필요가 없는 것을 혼화제(混和劑)라고 부르고 있다. 여기에서 화학혼화제는 AE제, 감수제, AE감수제 및 고성능AE감수제가 있으며, 그의 계면활성작용에 의해 콘크리트의 제 성질을 개선

하기 위하여 사용되어지는 혼화재료로 정의되어 있다. 최근의 콘크리트 사용현황에 비추어 볼 때 화학혼화제를 사용하지 않는 콘크리트는 거의 없다고 해도 과언이 아니며, 콘크리트용 혼화제의 품질과 성능에 대한 관심의 고조는 세계적으로 매우 중요한 경향이라고 할 수 있다.

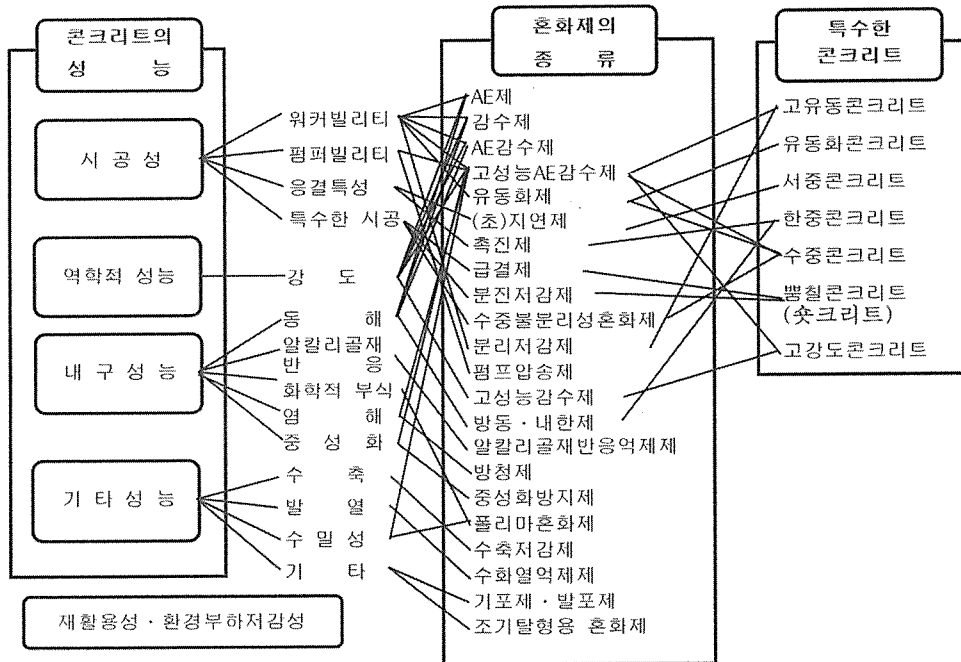
또한, 최근의 건설구조물이 대형화 및 고기능화 됨에 따라 콘크리트 구조물에 대한 특수한 시공법 개발이 필요로 되면서 콘크리트에 다양한 성능을 요구하게 되었다. 그러나 이러한 요구성능을 포틀랜드시멘트에 의해서 만으로는 만족할 수 없으며, 특수한 기능을 부여하기 위하여 각종 화학혼화제의 사용이 불가피하게 되었다. 이를 위하여 최근 혼화제의 개발이 다양하게 이루어지고 있고, 그의 제품별 종류도 무수히 많아 이에 대한 품질규격 및 기준의 확립이 시급히 요구되고 있으며, 전 세계적으로 그의 중요성이 대두되어 혼화제의 성능

규격 및 기준의 국제화가 추진되고 있는 상황에 이르렀다.

다시 말하면, 혼화제에 대한 성능을 무조건 신뢰하여 무분별하게 사용되는 것은 피해야 하며 적절한 사용방법과 이에 대한 합리적인 콘크리트 조(배)합에 의해 콘크리트의 성능을 확인하여 검증하는 일반화된 평가시스템의 구축이 시급히 요구되게 된 것이다.

향후 콘크리트의 품질을 개선하여 고성능·고품질의 레미콘이 건설현장에서 본격적으로 적용되어야 할 시점에 이르러 혼화제에 대한 품질 및 성능규정이 미비한 국내의 실정에 비추어 볼 때 선진 제 외국에서의 혼화제 개발 현황 및 품질규격·기준에 대한 고찰이 필요한 시점이라고 판단된다.

본 고에서는 콘크리트용 혼화제의 분야에서 우위성을 과시하고 있는 일본을 중심으로 콘크리트용 혼화제의 전반적인 변천과정과 그에 의한 콘크리트의 개선사항을 개략적으로 설명



(그림 1) 혼화제의 종류에 따른 콘크리트의 성능과 특수콘크리트

하고, AE제의 규격 제정으로부터 고성능AE 감수제의 JIS 규격제정에 이르기까지의 경위를 기술하며, JIS이외의 고성능AE감수제의 규격과 혼화제의 국제규격화를 위한 대비책을 기존의 문헌^{1),2)}, 등을 참고하여 기술한 것이다.

2. 혼화제에 의한 콘크리트의 성능 개선

(그림 1)은 혼화제의 종류에 따른 콘크리트의 성능과 특수콘크리트와의 관계를 나타낸 것이다. 콘크리트의 워커빌리티(施工軟度)와 펌퍼빌리티 등의 개선을 목적으로 이용된 것으로는 AE제, 감수제, AE감수제, 고성능AE 감수제와 유동화제가 있고, AE제, AE감수제와 고성능AE감수제는 내동해성을 확보하기 위하여도 이용된다. AE제로서는 안정된 미세한 독립기포를 콘크리트에 도입하여 공기연행성이 우수한 수지산염계(樹脂酸鹽系)와 비이온계의 계면활성제가 사용된다. 감수제와 AE 감수제로서는 시멘트입자 표면에 흡착하여 고분자의 입체장해효과와 정전기적 반발력에 의해 시멘트입자를 분산시키는 리그닌설폰산염과 그의 유도체, 옥시카르본산염, 폴리올유도체 등이 이용되고 있다.

또한 이보다 분산능이 우수한 나프탈렌설폰산염포름알데히드축합물(나프탈렌계)과 멜라민수지설폰산염(멜라민계)이 유동화제와 고성능감수제에 이용되고 있다. 또한 시멘트입자에 흡착되어 주로 그의 입체장해효과(立體障害效果)에 의해 시멘트를 분산시키는 폴리카르본산염계로 불리우는 빗살 형태의 고분자가 고성능AE감수제에 이용되고 있다.

콘크리트용 응결특성을 변화시키는 것으로서 촉진제와 지연제가 있다. 촉진제로는 염화물로서 오래전부터 이용되었고, 그 중 염화칼슘의 촉진작용이 가장 우수하나 강재 부식 등의 문제 때문에 아초산염이 일반적으로 이용

되고 있다. 또한 촉진제로서 유기물의 트리에타놀아민과 포름산칼슘 등도 이용되고 있는 경우도 있다.

난용성화합물을 생성하는 무기물과 시멘트 입자표면에 잔용성피막과 흡착막을 형성하는 각종 유기산과 당류가 시멘트의 수화를 지연시키는 작용이 있는 것으로 알려지고 있어, 일반적으로는 (초)지연제로서 옥시카르본산염 등이 이용되고 있다. 또한 감수제와 AE감수제의 지연형, 촉진형으로 이용되는 경우가 많다.

응결특성은 NATM(New Austrian Tunneling Method)시공과 같은 뿔콘크리트(쑤크리트) 등의 특수한 시공에 있어서 매우 중요하게 고려되어야 할 특성으로 여기에서 일반적으로 이용되는 것이 급결제이다. 초기에는 알루미늄산염, 탄산염 등의 무기염을 주성분으로 하는 것이 이용되어 왔지만, 최근은 비정질칼슘알루미네이트를 주성분으로 하는 것이 실용화되어 고강도뿔콘크리트 등에 사용되고 있으며 새로운 제품도 검토되고 있다. 급결제는 그의 사용량 등을 고려하여 볼 때 혼화제로서 보다는 혼화재로 분류하는 것이 좋으며, 이 급결제의 첨가에 의해 시멘트수화가 촉진되는 것은 오히려 비정질칼슘알루미네이트자체의 수화에 의한 칼슘알루미네이트계 수화물이 다량으로 생성되기 때문으로 생각된다.

각종 셀룰로스계, 아크릴계 등의 수용성 고분자가 분진저감제, 수중불분리제, 펌프압송제로서 이용되어지고 있으며, 소요의 목적에 맞도록 분자량 등을 조절하여 이용되어지는 것도 있다. 결국 용액의 점성 향상과 시멘트입자간의 가교효과(架橋效果)등에 의해 콘크리트에 점성이 부여된다.

방동·내한제로서는 동결온도를 낮게 하는 것과 시멘트수화를 촉진하는 아초산염 및 글리콜류가 사용되거나 멜라민수지염계 등의 감수성분이 조합되어 이용되고 있다.

방청제로서는 아초이온과 제1철이온이 반응하여 철의 표면에 부동태막이 재형성되도록 하는 아초산염이 일반적으로 이용되어진다. 또한 구미에서는 용설제(融雪劑) 등이 외부로부터의 침투되는 비산염화물이온에 대하여 방청제가 이용되고 있으나 일본에서는 해사를 사용하게 됨으로서 콘크리트에 내재되어있는 염화물이온에 대하여 주로 이용되어져 왔다.

알칼리골재반응의 방지제로서는 그의 작용기구는 아직 명확하지는 않으나 리튬염이 이용되고 있으며, 중성화방지제로서는 이산화탄소와 염화물이온의 반응에 의한 새로운 화합물로서 고정화가 가능한 알루미늄알루미늄도체 등이 이용되어지고 있다.

폴리머혼화제로서는 스티렌프타지엔계(SBR)공중합체, 아크릴계와 에칠렌초산비닐(ELA)공중합체 등의 에멀션, 에칠렌초산비닐-VeoVa의 공중합체 등의 재부화형(再乳化形)분말수지(Powered emulsion)가 이용되고 있다. 피막형성과 입자충전효과에 의해 접착성, 휨강도 또는 균열저항성의 향상과 물질투과의 억제효과 등이 있다.

알콜알킬렌옥시드, 프로필렌옥시드와 에칠렌옥시드 공중합체 등은 경화제 중의 액상의 표면장력을 저하시키거나 모세관장력을 저하시켜 건조에 의한 콘크리트의 수축을 감소시킨다. 또한 표면장력을 저하시켜도 공기연행성이 있으면 악영향이 있기 때문에 소포작용도 병행하여 가지고 있어야할 필요가 있다. 최근 고성능AE감수제에 이러한 기능을 조합한 것도 검토되고 있다.

수화열억제제로서는 글루코스계의 폴리머와 하이드록실카르보산에스테르 등이 알려져 있다. 온도에 의한 용해도의 변화와 가수분해 등에 의해 시멘트표면에 서서히 유기물이 흡착되어진다.

기포제는 기포를 다량으로 연행하고 기포안

정성이 우수한 단백질계가 이용되고 있으며, 발포제로서는 금속알루미늄이 이용되며 알칼리환경하에서의 반응에 의해 수소가스가 발생된다.

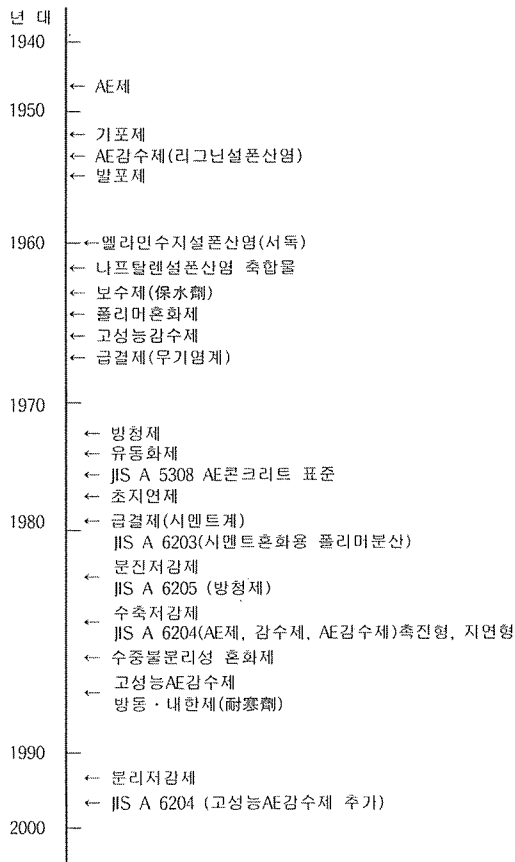
경화콘크리트에의 독립기포의 도입과 콘크리트표면의 개량 등을 목적으로 하는 경우와 콘크리트제품을 제조하는 경우에 즉각탈형혼화제가 이용되고 있으며 여기에서는 공기연행성을 가지는 특수한 계면활성제가 이용되고 있다.

또한 재활용·환경부하저감성 등과 연관된 혼화제도 이와 같은 관점으로부터 정리되고 분류되어 있지는 않지만 향후 고려되지 않으면 안될 것으로 사료된다. 예를 들어 레미콘공장에 되돌아가는 콘크리트에 초지연제를 첨가하여 슬러지수와 회수수에 되돌려 재이용하는 시스템 등도 제안되어지고 있다. 또한 혼화제 자체에 대하여도 이러한 관점으로 검토가 요망된다.

3. 화학혼화제의 개발과 변천

[그림 2]는 화학혼화제로서 전술한 각종 혼화제를 일본에서 이용되고 있는 이용의 변천현황을 일람표로 작성한 것이다.^{3),4)} 1948년에 AE제가 미국으로부터 도입되어 댐콘크리트 공사를 중심으로 사용이 시작되었고, 1950년 경에는 리그닌설폰산염을 주성분으로 하는(AE)감수제가 도입되었다. 그 후 이러한 혼화제의 이용은 확대되어 1982년에 JIS A 6204에 AE제, 감수제(표준형, 촉진형, 지연형), AE감수제(표준형, 촉진형, 지연형)의 7종류가 규격화되었다.

한편 리그닌설폰산염보다 지연작용이 적기 때문에 첨가량을 증대하여 사용할 수 있으며, 보다 분산능력이 우수한 멜라민수지설폰산염이 1960년에 서독에서 개발되어, 1970년대에



(그림 2) 일본의 혼화제 개발과 변천

유동화콘크리트에 사용되었다. 또한 거의 같은 시기에 중합분산제로 사용되었던 나프탈렌설펜산염포름알데히드축합물의 중합도를 높게하여 우수한 성능을 가지는 시멘트계 분산제가 일본에서 개발되었다. 당초 그의 감수성을 활용하여 고강도콘크리트에 이용되었지만 일본에서는 1975년경부터 유동화제로서 이용되기 시작하였다. 또한 1980년 중반부터 고성능AE감수제의 개발이 시작되어 여러 종류의 고분자가 분산제로서 이용되어 1995년에는 JIS A 6204에 고성능AE감수제가 새롭게 추가되었다.

유동화제는 슬럼프 유지성능이 충분하지 않기 때문에 현장에서 추가하는 방법이 주로 채

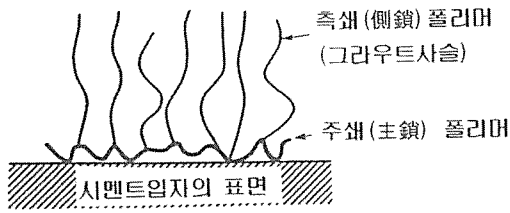
용되었으나, 그 후 고성능AE감수제가 개발되어 레디믹스트콘크리트공장에서 사용이 가능하게 되었으며, 향후 다음과 같은 항목에 착안하여 고성능AE감수제의 연구개발이 진행되고 있다.

① 유동성 또는 감수성의 향상

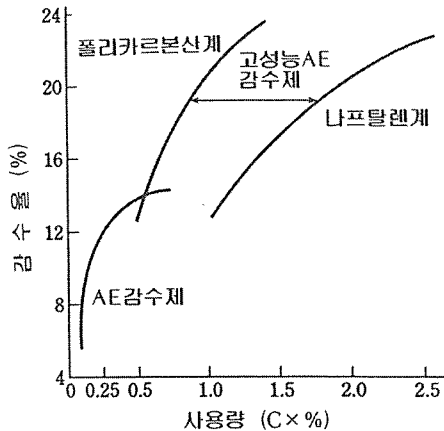
② 첨가량을 증가하여도 시멘트수화반응에 영향이 적을 것

③ 슬럼프 유지성능의 향상

이 후 혼화제의 주성분이 리그닌설펜산염으로부터 나프탈렌계와 멜라민수지설펜산염계로 되어 가면서 감수성은 향상되었지만 슬럼프유지성능이 충분하지 않기 때문에 옥시카르본산염을 사용한 지연제 등의 병용이 검토되었다. 또한 리그닌설펜산염중 저분자량부분의 주체를 당류와 고분자량부분을 제외여과법(일반적인 여과방법에서는 콜로이드입자는 통과돼 버려 분리되지 않지만, 제외여과막(除外濾過膜)에 의해 콜로이드입자를 분리할 수 있다)등으로 분리하여 그의 고분자량부분인 리그닌설펜산염도 병용되었다. 이것은 지연작용이 기존의 리그닌설펜산염보다 작아 첨가량을 증가시켜 감수성을 향상시킬 수 있어 나프탈렌계보다 슬럼프 유지성능이 우수하다고 할 수 있다. 또한 관능기가 설펜산기에서는 없고 카르본산기에 있는 폴리카르본산염(최근의 폴리카르본산염으로 총칭되고 있는 것과는 다름, 그래프트사슬(Graft chain)이 포함되지 않음)은 설펜산염계와 비교하여 슬럼프로스가 작게 되도록 이용되고 있으며, 슬럼프 유지성능을 향상시키기 위하여 시멘트 중에서 서서히 용해되는 성능을 발휘하는 서방형고분자등도 이용되었다. 즉, [그림 3]과 같이 최근에는 감수성과 슬럼프유지성능을 가지는 폴리카르본산염계으로 총칭되는 폴리에틸렌옥시드(PEO)를 그래프트사슬로 하는 빗형(櫛形)의 고분자가 많이 이용되고 있다.



(그림 3) 그래프트공중합체의 빗형흡착모델



(그림 4) AE감수제 및 고성능AE감수제의 감수율

[그림 4]와 같이 이러한 폴리카르본산설폰 산염계는 종래의 나프탈렌계 고성능AE감수제보다 적은 첨가율로 우수한 감수성을 보이고 있으며, 폴리카르본산염으로 총칭되고 있지만 그의 형태는 여러 종류로 이용되고 있다. 동일한 폴리카르본산염계라도 다양한 분자구조가 있고, 작용기구도 다르기 때문에 안정적인 사용방법과 품질관리 기법의 확립을 위하여는 총괄적인 정리가 필요하다.

현재 콘크리트의 고성능화, 다양화 등의 요구성능을 만족시키기 위하여 많은 혼화제가 이용되고 있으며, 고성능AE감수제의 개발도 고유동콘크리트 등의 개발과 연관되어 새로운 시대에 접어들면서 폴리카르본산염계의 빗형(櫛形)고분자를 이용하여 차세대의 고성능 AE감수제로서 그의 작용기구에 대한 검토와 아울러 고성능의 새로운 고성능AE감수제가

개발되고 있는 등 활발한 연구개발이 이루어지고 있다.

또한 폴리카르본산염계로 총칭되고 있는 고성능AE감수제는 우수한 성능을 가지는 반면 시멘트의 초기수화를 변화시켜 무기염의 작용에 의한 영향을 받기 쉽기 때문에 시멘트와의 상성(相性) 또는 적합성(適合性) 등의 문제점도 지적되고 있다.

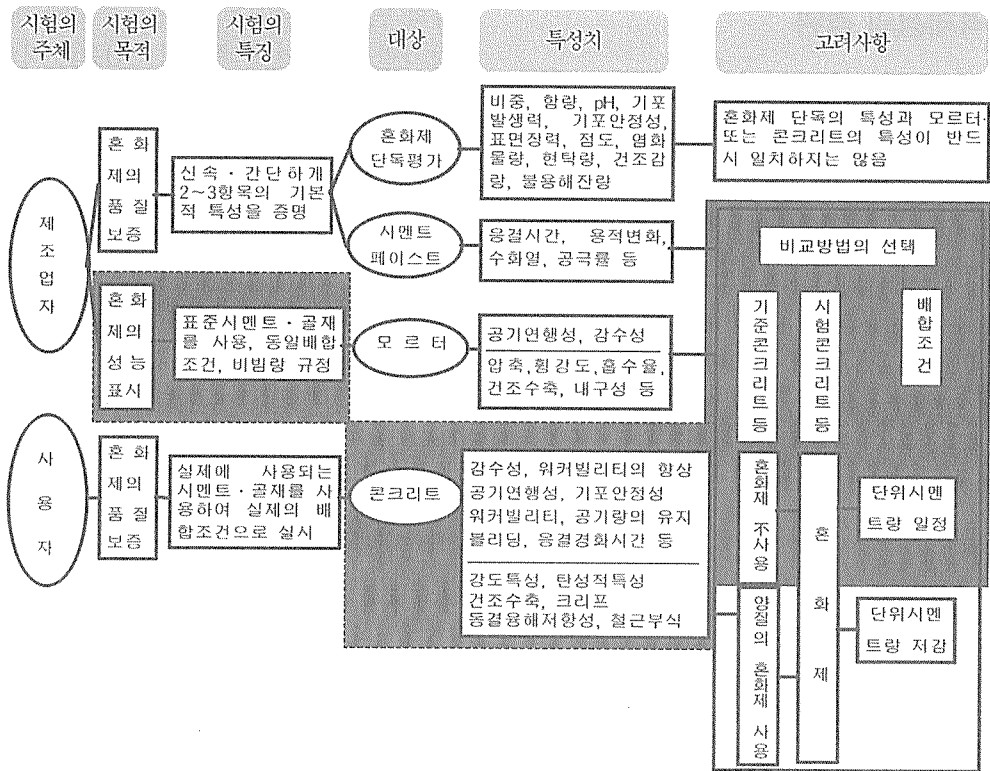
특히 고유동콘크리트와 같이 요구성능수준이 높은 경우 유동성의 관리가 용이하도록 안정되게 사용할 수 있는 분산제의 개발과 시멘트, 혼화제 성능의 관리가 매우 중요하다고 할 수 있다.

4. 혼화제의 시험과 규격에 관한 기본 사항

[그림 5]는 기존문헌⁵⁾등을 기초하여 콘크리트용 혼화제의 시험의 주제, 시험의 목적, 시험의 특징, 대상, 특성치 및 고려사항의 관계를 표시한 것이다. 콘크리트의 기타 구성재료의 경우에 대한 시험방법과 규격의 작성 등도 같은 형태의 평가과정으로 볼 수 있다.

화학혼화제로서의 약품단독시험은 제조업체가 혼화제 제조시 공정관리용으로서 실시하고, 콘크리트의 시험은 혼화제 제조회사가 약품의 성능을 표시하기 위해서 정기적으로 공적시험기관에 의뢰하여 실시함에 있어 품질보증을 위해 정확하게 실시하도록 한다. 그림 중에 파선으로 표시한 부분은 현행의 콘크리트용 혼화제의 JIS 규격 등 각종 규격에 있어서 중요한 부분을 나타낸 것이며, 혼화제의 종류와 규격·규준에 따라 시험의 특징, 특성치, 고려사항 등에 대하여 다소의 상대적인 차이가 있을 수 있다.

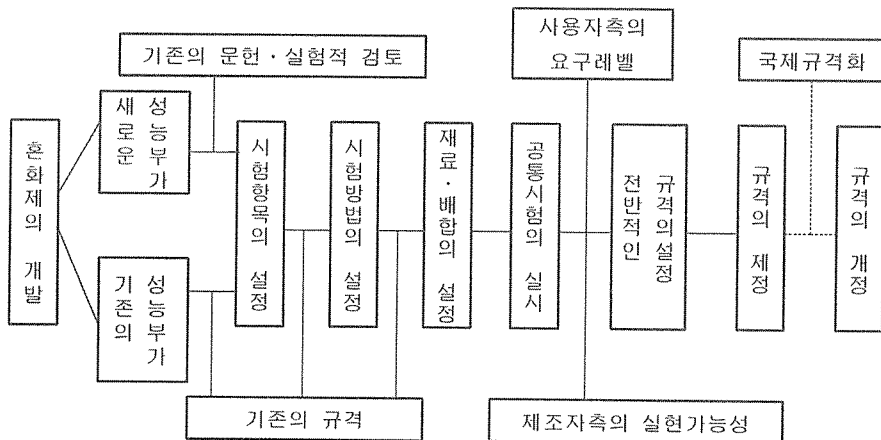
[그림 6]은 규격작성의 일반적인 흐름을 나타낸 것으로 새로운 성능의 혼화제가 품질 및



(그림 5) 콘크리트용 혼화제의 성능평가를 위한 시험개요

성능을 제대로 유지하고 있는지를 시험하기 위한 평가과정으로 설정되어 있다. 규격치의 설정은 사용자측의 약품에 대한 요구성능의 적정성과 제조자측에 의한 그 실현가능성을

고려하여 행한다. 또한 그림의 우측에 표시된 국제규격화는 혼화제의 품질규정이 ISO규격화로 제정됨에 따라 발생하는 현안 문제의 준비사항을 나타낸 것이다.



(그림 6) 새로운 혼화제의 개발에 따른 성능규격 작성의 흐름

5. 규격제정의 경위

5.1 AE제 · 감수제 · AE감수제

5.1.1 토목학회의 AE규격안

[표 1]은 ACI 212위원회에 의한 혼화제의

분류의 변화를 나타낸 것으로⁶⁾ 혼화제 개발의 초창기인 1944년에 촉진제, AE제, 지연제, 감수제 등이 주요한 콘크리트용 혼화제로서 등장되었다. AE제에 대해서는 1949년에 ASTM C 233에 그 시험방법의 잠정안이 작성되었고, 다음 년도에는 ASTM C 260에 그

(표 1) ACI 212 위원회에 따른 혼화재료(혼화제)의 분류

1944년	1954년	1963년	1971년	1981년	1991년
2. AE 제	3. AE 제	4. AE 제	1. AE 제	2. AE 제	1. AE제
8. 워커빌리티제 (공기연행제)	9. 워커빌리티제 (공기연행제)				2. 촉진제
1. 촉진제	1. 촉진제	1. 촉진제	2. 촉진제	1. 촉진제	3. 감수제, 응결조 절제(고성능감수 제포함)
8. 워커빌리티제 (감수제)	9. 워커빌리티제 (감수제)	2. 감수제, 응결 조절제	3. 감수제, 응결 조절제	3. 감수제, 응결 조절제 (고성능감수제 를 포함)	4. 유동화제
6. 지연제	2. 지연제				
		5. 소포제			
8. 워커빌리티제 (광물질미분말)	9. 워커빌리티제 (광물질미분말)	8. 광물질미분말 혼화제	4. 광물질미분말 혼화제	4. 광물질미분말 혼화제	
3. 발포제	4 발포제	6. 발포제	5. 발포제	5. 발포제	5. 발포제
	10. 그라우트용 혼화재료	3. 그라우트용 혼화재료	6. 그라우트용 혼화제	6. 그라우트용 혼화제	6. 그라우트용 혼화제
		7. 팽창제	7. 팽창제	7. 팽창제	7. 팽창제
		10. 접착용혼화제 (폴리머시멘트)	8. 접착용혼화제	8. 접착용혼화제	8. 접착용혼화제
					9. 펌프압송제
		15. 착색제	9. 착색제	9. 펌프압송제	10. 착색제
		14. 응집제	10. 응집제	10. 착색제	11. 응집제
7. 방수제	8. 방습, 방수제	13. 고평이방지제 살 균·살충혼화제	11. 고평이방지제 살 균·살충혼화제	11. 응집제	12. 고평이방지제 살 균·살충혼화제
	7. 알카리골재 반응방지제	9. 방습, 방수감수제	12. 방습제	12. 고평이방지제 살 균·살충혼화제	13. 방습제
		11. 알카리골재 반응방지제	13. 방수제	13. 방습제	14. 방수제
		12. 방청제	14. 알카리골재 반 응방지제	14. 방수제	15. 알카리골재 반응방지제
4. 시멘트질재료	5. 시멘트질재료		15. 방청제	15. 알카리골재 반응방지제	16. 방청제
5. 포졸란	6. 포졸란			16. 방청제	
9. 기타 혼화재료	11. 기타 혼화제				

주) 문헌4)의 표4에 1971년의 (Guide for use of Admixtures in Concrete, ACI Journal, pp.646~676, 1971.9). 1991년 (ACI 212. 3 R-91 Chemical Admixtures for Concrete, ACI MANUAL OF CONCRETE PRACTICE, Part 1, pp.1~31, 1991)을 추가한 것이다.
또한 혼화제의 변천상황을 알기 쉽게 하기 위하여 혼화제의 순서를 1991년에 맞춘 것이다.

[표 2] 토목학회 AE제 규격안 (1956)

항 목		규 정	시 험 방 법	
배 합	AE제 사용하지 않음	조골재 최대치수(mm)	25	—
	콘크리트로 이용 콘크리트에 공통	슬럼프(cm)	약 6.5	JIS A 1101-1950
		단위시멘트량(kg/m ³)	300	—
	AE제를 이용한 콘크리트	공기량(%)	약 4.5	JIS A 1117-1952 또는 JIS A 1118-1952
품 질	블리딩률의 비(%)		65 이하	JIS A 1123-1957
	압축강도비(%)	재령에 관계없음	85 이상	JIS A 1108-1950
	휨강도비 (%)	재령에 관계없음	85 이상	JIS A 1106-1950 재령 3일, 7일, 28일, 6개월, 1년
	부착강도비 (%)	재령 28일	85 이상	
	건조수축률 차(%)	건조기간 28일	0.01미만	JIS A 1124-1957 또는 JIS A 1125-1957
		건조기간 6개월	0.01미만	
건조기간 1년		0.01미만		
상대 내구성 계수(%)		80 이상	우수한 품질의 AE제를 사용했던 콘크리트와 비교	

주) JIS A 1117(아직 굳지 않은 콘크리트의 공기량 측정을 압력에 의한 시험방법(압력방법)은 엔젤형 에어메타를 사용한 물주입방
으로 5555년에 폐지되었다.

JIS A 1124(모르타 및 콘크리트의 길이변화 시험방법(다이얼게이지 방법)과 JIS A 1125(同題 (콘프레소메타 방법)은 1975년
에 폐지되었고, JIS A 1129에 통합 되었다.

사양의 잠정안이 작성되었다. 후자는 전자의 부록에 나타난 「콘크리트에 대한 AE제의 입수지침」을 별도로 작성한 것이다.

일본에서는 이를 참고로 하여, AE제의 품질을 파악하기 위한 공동시험이 1950년대에 시멘트협회의 전신인 일본시멘트기술협회에 의해 실시되었고, 모르타와 콘크리트에 의한 AE제의 시험방법이 기술협회안으로 제안되었으며⁷⁾, 1956년에는 토목학회의 AE제 규격안이 제정되었다. 이것은 일본 최초의 혼화제 규격으로서 매우 중요한 의미를 가지며, [표 2]에 이러한 규격을 정리하여 나타내었다. 적용범위에서 「AE제는 혼화재료의 일종으로서 미소한 독립된 공기포를 콘크리트 중에 분포시키기 위해서 사용되는 재료를 말한다.」라고 정의되고 있으나, 목적에 관한 설명은 없다. 품질평가에 관한 항목으로는 블리딩, 압축강도, 휨강도, 부착강도, 건조수축 및 동결융해저항성의 6개 항목에 대하여 설정되어 있고, 이 최초의 5개 항목은 AE제를 이용하지 않은 콘크리트와의 비교·평가사항이지만, 동결융해저항성은 「우수

한 품질의 다른 AE제를 이용한 콘크리트」와 비교에 의해 평가가 행하여진다. 한편, 시험방법으로서 부착강도 및 동결융해저항성에 대해서는 구체적인 규정이 정해져 있지는 않았다. 배합의 요인 및 수준은 조골재의 최대치수 25mm, 슬럼프 6.5cm, 단위시멘트량 300 kg/m³이며, AE제를 이용한 콘크리트의 공기량은 약 4.5%으로 하고 있다. 또한 시험재령으로 압축강도 및 휨강도에 대해서는 비교하는 구체적인 재령의 지정은 없지만, 휨강도시험의 재령은 3일, 7일, 28일, 6개월 및 1년이고, 건조수축도 건조기간 28일, 6개월 및 1년이다.

5.1.2 학·협회 등에 의한 각종 규격·규준

1962년에 ASTM C 494에 콘크리트용 화학혼화제의 규격이 제정되어 일본에서는 이것을 참고로하여 각종 학·협회 등에 의해 혼화제의 규격이 차례로 제정되어, 토목학회의 AE제 규격안은 그 후 1966년에 다소 개정되었다.

토목학회의 감수제 규격내용에서 그의 명칭

으로는 감수제로 되어 있지만, 시험은 공기량 4.0~4.5%로 하고 있다는 점에서 실질적으로는 AE감수제라고 할 수 있다. 일본재료학회의 기준(안)은 토목·건축·시멘트·혼화제 관계자가 합동으로 작성한 것으로⁷⁾, ASTM, 미국도로국, 미국개발국, 독일지침, 대규모 담회의(안)⁸⁾이 참조되었다. [표 3]에 나타낸 바와 같이 약품의 품질균일성을 조사하기 위해서 약품단독시험도 제정하고 있다는 점이 일본의 기타 기준과는 다른 점이다. 또한, 일본화학혼화제로서 그의 종류는 ASTM에 다소 유사한 형태로 되어 있는데 즉, II형 감수제 A 급은 감수율이 10%이상이므로 현행 ASTM C 494 타입 F(고성능감수제)에 상당한다고 말할 수 있다. 이러한 기준(안)을 기초로 하여 일본콘크리트회의에서도 규격화가 검토되었다.⁹⁾ 일본주택공단의 기준¹⁰⁾은 혼화제의 종류로서 AE감수제를 명확하게 구별해 놓았다는 점에서 실용적으로 분류되어 있다. 일본건축학회의 기준¹¹⁾은 이러한 3개의 기준을 통합한

형태이고, 혼화제의 종류에 관해서는 1981년에 제정된 JIS A 6204와 동일하다. 그러나 [표 4]에 나타낸 바와 같이 ASTM C 494 타입 B(지연제)와 타입 C(경화촉진제)에 상당하는 것(이러한 것은 후술하는 prEN 934-2에도 규정되어 있음)은 일본에서는 모든 규격·기준에 채용되어 있다.

여기에서 일본건축학회의 기준에 문제점으로 고려할 수 있는 것은 표준형, 지연형 및 촉진형의 구별이 있는 감수제 및 AE감수제에는 응결시간이, AE제 및 AE감수제에는 동결융해저항성이 각각 가장 중요한 평가항목으로 되어 있음에도 불구하고, 일본에는 규격화된 시험방법이 없어 단지 참고시험항목으로만 되어 있다고 할 수 있다. 실제로 전자의 경우 ASTM C 403, 후자에 대해서는 ASTM C 290에 따른 시험으로 행하여졌다. 동결융해저항성에 대해서는 토목학회AE제규격(안) 이외는 시험콘크리트의 상대동탄성계수의 저하로 평가되고 있다.

[표 3] 혼화제의 물리·화학적 시험 (일본재료학회 1967)

측정항목	시 료				시험 온도 (°C)	시 험 방 법	오차율의 범위
	AE제		감수제				
	액체	분말	액체	분말			
1. 비중	제품상태 그대로	×	제품상태 그대로	×	20±3	JIS Z 8804 액체비중측정방법 3.부표(浮漂)에 따른 비중측정방법	±1%
2. 함량	×	제품상태 그대로	×	제품상태 그대로		시료액 3g, 항온건조기에서 105~110°C로 일정한 양이 될 때까지	±10%
3. pH	5% 수용액		5% 수용액		20±3	JIS Z 8802 pH측정방법 7.유리전극에 따른 pH 측정방법	±0.5%
4. 기포력	10% 수용액		×	×	20±3	JIS K 3362 합성세제시험방법 3.1.5 기포력시험방법, 1분후의 포고	±10%
5. 현탁량	×	×	검토중			검토중	±10%
6. 비표면 장력	1% 수용액		10% 수용액		20±3	JIS K 3362 합성세제시험방법 3.13 비표면 장력시험방법	±5%

[비고] X : 시험을 행하지 않음.

품질변동의 범위는 제품의 측정값에 대한 백분율로 표시하였다. 단, pH는 측정값으로 표시하였다.

[필자주] 시험방법의 내용에 대하여는 ISO로 통합화등에 의해 당시에는 다른점이 있다.

[표 4] 각종 규격·규준을 대상으로 한 혼화제의 종류

ASTM		토목학회	일본재료학회 화학혼화제	일본주택공단 혼화제	일본건축학회 표면활성제	JIS A 6204	pr EN 934-2
C 260-50 AE 제		AE 제	I형 AE제	I형(AE제)	AE 제	AE 제	AE 제
C494 -62	TYPE A(감수제)		II형 감수제B급	II형(감수제)	감수제표준형	감수제표준형	감수제
	TYPE B(지연제)						지연형
	TYPE C(경화촉진제)						경화촉진제
	TYPE D(감수지연제)		III형 감수지연제		감수제지연형	감수제지연형	
	TYPE E(감수경화촉진제)		IV형 감수촉진제		감수제촉진형	감수제촉진형	
		감수제 (AE감수제)		III형(AE감수제) III-1 표준형 III-2 지연형 III-3 조강형	AE제감수제 표준형 지연형 촉진형	AE제감수제 표준형 지연형 촉진형	
C494 -80	TYPE F(고성능감수제)		II형 감수제A급				고성능감수제
	TYPE G(고성능감수지연제)						
C1017 -85	TYPE1(유동화제 표준형)	유동화제 표준형			유동화제 표준형		유동화제
	TYPE2(유동화제 지연형)	유동화제 지연제			유동화제 지연형		
		고성능AE감수제 표준형 지연형			고성능AE감수제 표준형 지연형	고성능AE감수제 표준형 지연형	

주) 이증선은 1980년대까지의 일본상황임. 1982년에 JIS A 6204제정에 의해 4가지의 규격규준은 총합됨

[표 5] JIS A 6204 (1982)의 규정

항 목	AE제	감 수 제			AE 감수제			
		표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형	
감수율 %	6이상	4이상	4이상	4이상	10이상	10이상	8이상	
블리딩(BLEEDING)량%	75이하	100이하	100이하	100이하	70이하	70이하	70이하	
응결시간차 (분)	초 결	-60~+60	-60~+90	-60~+210	+30이하	-60~+90	-60~+210	+30이하
	중 결	-60~+60	-60~+90	-60~+90	0이하	-60~+90	+210이하	0이하
압축 강도비 %	재령 3일	95이상	115이상	105이상	125이상	115이상	105이상	125이상
	재령 7일	95이상	110이상	110이상	115이상	110이상	110이상	115이상
	재령 28일	90이상	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상
길이변화비%	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	
동결융해저항성 (상대동탄성계수%)	80이상	-	-	-	80이상	80이상	80이상	

5.1.3 콘크리트용 화학혼화제협회의 설립 과 JIS A 6204의 제정¹²⁾

상기한 4개의 규격·규준이 각각 존재하고

있는 것은 혼화제를 사용하는 측면에서도 제조하는 측면에서도 불편한 점이 많았으며, 1978년의 JIS A 5308의 개정에서 레디믹스 트 콘크리트의 표준품은 AE제와 AE감수제를

(표 6) ASTM의 콘크리트용 화학혼화제의 규정

항 목		C260-1995	C 494-1992						
		AE 제	TYPE A 감수제	TYPE B 촉진제	TYPE C 지연제	TYPE D 감수제 지연형	TYPE E 감수제 촉진형	TYPE F 고성능 감수형	TYPE G 고성능감수제 지연형
단위수량비(%)			95이하	-	-	95이하	95이하	88이하	88이하
블리딩율증대량 (%)		2이하	-	-	-	-	-	-	-
응 결	초 결(h)	-1:15~+1:15	-1:00~+3:00	-1:00~+3:00	-1:00~-3:30	-1:00~+3:00	-1:00~-3:00	-1:00~+1:30	-1:00~+3:00
	중 결(h)	-1:15~+1:15	-1:15~+1:30	+3:30이내	-1:00이내	+3:30이내	-1:00이내	-1:00~+1:30	+3:30이내
압축 강도비	재령 1일	-	-	-	-	-	-	140이상	125이상
	재령 3일	90이상	110이상	90이상	125이상	110이상	100이상	125 "	125 "
	재령 7일	90 "	110 "	90 "	100 "	110 "	100 "	115 "	115 "
	재령 28일	90 "	110 "	90 "	100 "	110 "	100 "	110 "	110 "
	재령 6개월	90 "	110 "	90 "	90 "	100 "	100 "	-	-
	재령 1년	90 "	110 "	90 "	90 "	100 "	100 "	-	-
휨강도비 (%)	재령 3일	90 이상	100 이상	90이상	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상
	재령 7일	90 "	100 "	90 "	100 "	100 "	100 "	100 "	100 "
	재령 28일	90 "	100 "	90 "	90 "	100 "	100 "	100 "	100 "
길이변화	비(%)	120 이하	135 이하	135 이하	135이하	135이하	135이하	135이하	135이하
	증대량	0.006 이하	0.010 이하	0.010 이하	0.010이하	0.010이하	0.010이하	0.010이하	0.010이하
상대내구성지수 (%)		80 이상	80 이상	80 이상	80이상	80이상	80이상	80이상	80이상

주) 이 표는 문헌 (12)의 표4에 ASTM C 260 등을 추가한 것이다.
 길이변화비는 기준콘크리트의 길이변화율이 0.03%이상의 경우에, 또는 최대량은 그것이 0.03%미만의 경우에 적용한다.
 상대내구성지수는 ASTM C 494에서 콘크리트에 이용하는 경우에 적용한다.

이용한 AE콘크리트라고 하는 것도 추가되어 JIS화가 강력히 요망되어졌다. 이것을 기점으로 1965년에 설립된 임의단체 「혼화제회」는 발전적으로 해체되었고, 1978년 「콘크리트용 화학혼화제 협회」가 설립되어 JIS작성작업이 개시되었다. 1978년에는 JIS 원안작성위원회가 설치되었고, 같은 해에 각 혼화제 회사에서 일제히 시험이 실시되었으며, 1980년에는 통산성공업기술원의 정식 요청에 의해 협회에 JIS 원안작성이 위임되어, 11사 57종류에 대한 시험이 일제히 실시되었다. 이러한 시험결과, 해외의 혼화제규격(ASTM, CSN, BS, NF, DIN)을 참고하여, 1981년에 JIS A 6204가 제정되었다. 일본건축학회의 표준과

비교하여 시험항목에서는 휨강도가 제거되었고, 또한 참고시험항목이 된 응결시간과 동결융해시험방법에 대해서는 각각 ASTM C 403-68(관입저항에 의한 콘크리트의 응결시간시험방법), ASTM C 666-76(A법:수중에 있어서 급속동결융해에 대한 콘크리트공시체의 저항성 시험방법)에 거의 표준화된 시험방법이 부록형태로 규정되었다. 후자에 대해서는 동결융해시험방법의 JIS 원안작성을 위한 조사연구의 성과가 취해졌다.¹³⁾ [표 5]에 JIS A 6204-1981의 규정을 나타내었고, [표 6]에 ASTM C 260-1995와 C 494-1992를 나타내었다.¹⁴⁾

5.2 고성능감수제

5.2.1 유동화제의 규격의 제정

보통의 AE제와 감수제 다음으로 출현한 것이 고성능감수제로 1960년대에 일본과 서독에서 각각 독자적으로 개발되었다. 그 목적은 단위수량을 대폭적으로 감소하거나 단위수량을 변화시키지 않고 콘시멘스를 현저히 개

선하는데 있으며, 후자의 목적에 사용되는 경우에는 유동화제라고 불리워진다. 1978년에는 서독의 DIN 1045에 유동화 콘크리트의 규정이 추가되었다.¹⁵⁾

일본건축학회 재료시공위원회 제1분과회는 1972년에 유동화콘크리트 연구소위원회를 설치하고, 1979년에 소책자로서「유동화콘크리트의 기술의 현황」을 발간하였다. 그 후 품질

(표 7) 콘크리트용 유동화제의 품질 기준·규격

항 목		토목학회·일본건축학회		ASTM C 1017-85		
		표 준 형	지 연 형	표 준 형	지 연 형	
유동화제의 형						
시험조건	단위시멘트량(kg/m ³)	300±5 320±5(쇄석)		335±3		
	SLUMP (cm)	기본콘크리트	8±1	8.9±1.2		
		유동화콘크리트	18±1	21.6±2.5		
	공기량 (%)			None AE	AE 콘크리트	
					동결융해	워커빌리티
		기본콘크리트	4.5±0.5	3.0이하	5.0-7.0	3.5-7.0
		유동화콘크리트	4.5±0.5	3.0이하	5.0-7.0	3.5-7.0
		양자의 차이	-	0.5이하		
블리딩량의 차(cm ³ /cm ²)		0.1이하	0.2이하	-		
응결시간차(min)	시 발	-30~+90	-60~+210	-60~+90	-60~+210	
	중 결	-30~+90	+210이하	-60~+90	210이하	
SLUMP증대량(cm)		-	-	8.9이상	8.9이상	
15분 경과후 SLUMP 저하량(cm)		4.0이하	4.0이하	-		
15분 경과후 공기량 저하량(%)		1.0이하	1.0이하	-		
압축강도비(%)	재령 3일	90이상	90이상	90이상	90이상	
	재령 7일	90이상	90이상	90이상	90이상	
	재령 28일	90이상	90이상	90이상	90이상	
	재령 6개월	-	-	90이상	90이상	
	재령 1년	-	-	90이상	90이상	
휨강도비(%)	재령 3일	-	-	90이상	90이상	
	재령 7일	-	-	90이상	90이상	
	재령 28일	-	-	90이상	90이상	
길이변화	비(%)	120이하	120이하	135이하	135이하	
	증대량	-	-	0.010이하	0.010이하	
동결융해저항성(상대동탄성계수비%)		90이상	90이상	80이상	80이상	

규준을 작성키 위하여 위원회에서 검토중인 안을 기초하여 시판되는 유동화제 표준형 4종류, 지연형 3종류의 품질시험을 1981년도에 건설성 건축연구소에서 실시하고, 세부의 약간의 수정을 행하여 JASS 5T-402(콘크리트용 유동화제 품질 기준)을 작성하였다.¹⁶⁾

토목학회 콘크리트위원회는 1981년에 14개사에서 유동화콘크리트 연구소위원회를 설치하여, 6개사 10종류의 유동화제를 대상으로 건설성 토목연구소에서 공통시험을 행하여, 베이스콘크리트와 유동화된 콘크리트의 제 성상을 비교, 평가하였다. 이러한 시험결과에 기초하여 토목학회규준 콘크리트용 유동화제 품질규준(안)이 작성되었다.¹⁷⁾

이 때의 양 학회의 규준은 공통으로 작성되었고, 1983년에는 양 학회에서 각각 「유동화콘크리트시공지침」이 간행되었다.

ASTM C 494에서 타입F(고성능감수제)와 타입G(고성능감수제지연형)가 도입된 것은 1980년이고, 유동화제의 규격은 1985년에 ASTM C 1017로 제정되어, 타입 1(유동화제 표준형)과 타입 2(유동화제지연형)가 규정되었다. 이것을 [표 7]에 토목학회·일본건축학회와 ASTM의 유동화제의 품질규준·규격으로 비교하여 나타내었다. 전자에서는 슬럼프 및 공기량의 경시저하량을 정치 15분 후의 값으로 규정되어 있다. 한편, ASTM에는 슬럼프의 증대량과 응결시간이 규정되어 있지만 슬럼프의 경시저하에 관한 규정은 없다.¹³⁾

5.2.2 고강도용 감수제

토목학회콘크리트 표준시방서(1986년판)의 해설에서는 고강도용감수제에 대하여 기술되어 있는데, 그의 주성분은 유동화제와 거의 동일하게 표준형과 지연형이 있으며 이것을 이용하여 감수작용과 저공기연해성에 의해 $800\sim 1000\text{kgf/cm}^2(80\sim 100\text{N/mm}^2)$ 정도

의 고강도를 얻을 수 있지만, 슬럼프로스가 큰 경우, AE제를 겸용하여 사용하지 않는 경우, 내동해성이 열악한 경우 혼화제의 사용에 대해서는 「고강도콘크리트 설계시공지침(안)」이 있기는 하지만, 고강도용감수제의 품질규준이 정하여져 있지 않아 ASTM C 494에서의 타입F(표준형)와 타입G(지연형)로서 품질규준을 정하여 소개하고 있다.

5.2.3 고성능AE감수제

전술한 바와 같이 고성능감수제는 슬럼프로스가 큰 것이 지적되었으나, 그 후 슬럼프로스를 적게한 혼화제로서 고성능AE감수제가 개발되었으며¹⁸⁾, 고성능AE감수제를 사용한 고강도콘크리트의 개발과 보통 강도 콘크리트의 품질개선이 이루어졌으며, 더욱이 고유동콘크리트의 개발이 추진되고 있다. 또한 고성능AE감수제에 대한 각각의 규정은 [표 8]에 나타내었으며 각 협회의 규정은 다음과 같다.

5.2.3.1 주택·도시정비공단의 규준

주택·도시정비공단은 설계기준강도 27N/mm^2 이상의 고강도콘크리트에 이용하는 고성능AE감수제의 품질기준 및 사용규준의 작성을 1987년에 (사)건축연구진흥협회에 위탁하여 동협회내에 설치된 연구위원회에서 검토가 행하여졌고, 건설성 건축연구소에서 공동시험이 행하여졌다. 처음에는 일정한 물시멘트비(W/C=40%)에 의한 비교시험과 일정 단위시멘트량($C=400\text{kg/m}^3, 425\text{kg/m}^3$)에 의한 비교시험이 행하여져 일정 물시멘트비에 의한 비교방법을 채용하는 것도 검토되었지만, JIS A 6204의 연장선상에서 파악될 수 있도록 하기 위하여 단위시멘트량을 일정하게 한 조건에서의 비교방법을 채용하여 그 값을 당시 초고층 RC조 건축물에 이용된 단위시멘트량의 상한치로서 제한하였다. 즉,

(표 8) 고성능AE감수제 각각의 규격

항 목		주택·도시 정비공단 고강도콘크리트용	「NewRC」 고강도 콘크리트용	시안-1990 고성능AE감수제		JIS A6204-1995 고성능 AE 감수제		
적용된 콘크리트의 설계 기준강도(N/mm ²)		27이상	36초과 60이하	-		-		
배 합	기 준 콘 크 리 트	혼화제	AE제	AE 감수제		없음		
		단위시멘트량(kg/m ³)	450±5	-		300	320	
		W/C비(%)	-	30		-	-	
		단위수량(kg/m ³)	-	205±10		-	-	
		SLUMP(cm)	18±1	6±2		8±1	18±1	
	공기량(%)	4±0.5	3.5±1.0		2.0이하			
	시 험 콘 크 리 트	단위시멘트량(kg/m ³)	450±5	-		300	320	
		W/C비(%)	-	30		-	-	
		단위수량(kg/m ³)	-	165		-	-	
		SLUMP(cm)	18±1	23±2 (65이하)		8±1	18±1	
공기량(%)		4±0.5	3.5±1.0		+2.5~+3.5			
				표준형	지연형	표준형	지연형	
성 능	감수율(%)		(15)		16이상	16이상	18이상	18이상
	블리딩량의 비(%)		70이하	-	60이하	60이하	60이하	70이하
	응결시간차 (분)	시발	0~+180	5:00~12:00	-60~+90	-60~+210	-30~+120	+90~+240
		종결	-30~+150	15:00이내	-60~+90	+210이하	-30~+120	+240이하
	압축강도비 (%)	재령 3일	140이상	100이상	130이상	120이상	135이상	135이상
		재령 7일	130이상	100이상	125이상	120이상	125이상	125이상
		재령 28일	120이상	100이상	115이상	115이상	115이상	115이하
	길이변화비(%)		110이하	110이하	110이하	110이하	110이하	110이하
	동결응해저항성 (상대동탄성계수%)		80이상	85이상	80이상	80이상	80이상	80이상
	60분후의 변화량	SLUMP(cm)	5.0이하	5.0이하	4.0이하	4.0이하	6.0이하	6.0이하
공기량(%)		±1.5이내	±1.5이내	1.0이하	1.0이하	±1.5이내	±1.5이내	
염화물이온(CI)량(kg/m ³)		0.02이하	0.02이하			Ⅰ종, Ⅱ종, Ⅲ종		
전알칼리양(kg/m ³)		0.20이하	-			0.30이하		

JASS 5-1986 고강도콘크리트의 단위시멘트량 상한치인 450kg/m³로 하였다.

또한, 기준콘크리트는 슬럼프 18±1cm, 공기량 4±0.5%의 AE콘크리트로 하고, 시험콘크리트는 기준콘크리트에서 단위수량을 15%

감수한 것으로 하였다. 슬럼프의 경시저하량과 공기량의 경시변화량에 있어서는 비빔직후의 시험결과와 가경식믹서를 회전시킨 상태에서 60분후의 경시변화를 조사한 점이 유동화제의 시험방법과 다른 점이다.

5.2.3.2 New RC의 품질기준^{21),22),23),24)}

건설성의 총합기술개발 프로젝트「철근콘크리트조건축물의 초경량·초고충화 기술의 개발」(1988~1992)의 일환으로서 고강도콘크리트용 고성능AE감수제의 품질기준·사용기준의 작성을 위하여 콘크리트용 화학혼화제 협회와의 공동연구로서 공동시험이 건설성 건축연구소에서 1989년에 설계기준강도 60N/mm²급, 80N/mm²급 및 100N/mm²급을 대상으로 행하여졌다. 작성된 기준은 설계기준강도 36N/mm²에서 60N/mm²이하의 고강도콘크리트를 적용범위로 하고, 조합조건으로서 기준콘크리트와 시험콘크리트의 물시멘트비를 동일(W/C=30%)하게 하는 경우, 기준콘크리트를 단위수량 205±10kg/m³에 슬럼프 6±2cm의 AE감수제를 사용한 콘크리트로 하고, 시험콘크리트를 단위수량 165kg/m³, 슬럼프 23±2cm로 하였으며, 품질평가항목은 응결시간을 절대치로 규정한 점이 특징이다.

5.2.3.3 JIS A 6204의 규격

일본건축학회에 1990년도에 「고감수성 혼화제를 이용한 콘크리트에 관한 연구소위원회」가 설치되어 저품질골재를 사용하고 있는 지역에 있어서 단위수량의 규정치를 준수하고 내구성 향상을 목적으로 설계기준강도 36N/mm²(경량콘크리트는 27N/mm²)이하의 콘크리트를 대상으로 고성능AE감수제에 관한 각종 검토가 행해졌고, 품질기준을 정하기 위해서 10종류의 혼화제에 대하여 공동시험이 실시되었다.

한편, JIS A 5308의 개정작업을 위하여 설치된 유동화콘크리트 분과회에서는 전국 프레쉬콘크리트공업조합연합회에서 소속을 이전한 가칭 고유동콘크리트 분과회가 고성능AE감수제를 이용한 콘크리트의 성능에 대하여

실험적으로 검토를 행하였다. 혼화제 제조회사 10개사는 표준형 11종류, 지연형 4종류에 대해서 각각의 시험소에서 플레인콘크리트에 대한 감수율 18%와 20%의 경우에 대해서 시험을 행하고, 10종류에 대해서 동일 시험소에서 공동시험을 실시하였다. 후자는 감수율 18%로 하고, 호칭강도 240kgf/cm²(24 N/mm²)중에는 감수제의 유무에 관계없이 물시멘트비를 일정(55%)하게 하여 비교, 평가를 행하였다. 토목학회 콘크리트위원회는 콘크리트용 화학혼화제 협회의 위탁을 받아 1984년 12월에 설치된 고성능콘크리트 연구소위원회의 유동콘크리트분과회를 중심으로 상기의 결과를 근거하여 고성능AE감수제의 품질규격에 대해서 검토를 실시하였다.

양 학회에는 유동화제의 경우와 동일한 형태로 고성능AE감수제의 품질을 공통화하여 그것을 이용한 콘크리트의 지침을 작성하였다.(1992. 6, 1993. 7) 품질규격은 JIS A 6204와 동일 형태로 슬럼프 8cm와 18cm의 각각에 대하여 기준콘크리트와 시험 콘크리트를 비교하여 판정하는 것으로 하고, 슬럼프 및 공기량의 경시변화량이 새로운 품질항목으로서 추가되어 있다.

그러나 동결융해저항성과 슬럼프 및 공기량의 경시변화량의 규정은 슬럼프 18cm의 시험 콘크리트에만 적용하고 있다. 또한 [표 8]에 표시한 시안의 응결시간은 JIS A 6204의 AE감수제의 경우와 동일하지만, 고성능AE감수제는 그 사용량이 비교적 많은 경우 보통의 AE감수제를 사용한 경우보다 응결시간이 약간 길게 되는 경향을 고려하여 AE감수제의 규격치보다 30분 길게 규정하였다.

이와 같이 양 학회의 고성능AE감수제에 관한 동향을 근거로 하여 콘크리트용 화학혼화제 협회는 공업기술원에서 JIS A 6204의 개정 원안작성의 의뢰를 받아, 1993년 9월에 위원

회를 발족하여 1995년 3월에 양 학회의 품질 기준, 품질규격으로서 고성능AE감수제의 규격이 제정되었다.

[표 8]에 고성능AE감수제의 각종 규정을 비교하여 나타내었다.

[다음호에 계속]

참고문헌

1. 阿部道彦 : 콘크리트용 혼화제에 관한 규격·규준, 콘크리트공학, Vol.37, No.6, 1999.6, pp.67~78.
2. 坂井悦郎 外 : 콘크리트용 혼화제의 변遷, 콘크리트공학, Vol.37, No.6, 1999.6.
3. 콘크리트 혼화제의 개발 기술, 시·엠·씨, 1998
4. 笠井芳夫 ほか : 콘크리트의 개질 재료의展開, 시멘트·콘크리트, pp.130~165, 1988
5. 日本材料學會 : 콘크리트용 화학 혼화제, pp. 157~161, 朝倉書店, 1972
6. 長瀧重義 : 혼화제의 변遷と展望, 콘크리트의 공학, Vol.26, No.3, pp.6~12, 1988.3
7. 日本セメント技術協會 : AE제鑑別試驗, AE委員會報告, G-2~G-5, 1954.5~1957.5
8. 日本材料學會 콘크리트 혼화제 연구위원회 : 콘크리트용 혼화제의 분류および規準について, 材料, Vol. 16, No.167, pp.5~12, 1967.8
9. 上村克郎 : 減水劑, 콘크리트·ジャーナル, Vol.8, No.3, pp.17~23, 1970.3
10. 日本住宅公團 : 工事共通仕様書, 1975
11. 日本建築學會 : 콘크리트용 표면 활성제 사용指針案·同解説, 1978.2
12. 콘크리트용 화학 혼화제協會 : 혼화제協會 20年の歴史, 20年の歩み, pp.29~48, 1988.4
13. 洪悦郎 : 콘크리트의凍結融解試驗方法(案), 콘크리트공학, Vol.23, No.3, pp.29~32, 1985.3
14. 嵩英雄 : 海外における高性能減水劑の使用現況, 콘크리트공학, Vol.18, No.17, pp.68~74, 1980.7
15. 嵩英雄 : 流動化 콘크리트의開發および實用化에 관한研究, 學位論文, p.41, 1995.3
16. 日本建築學會 : 콘크리트용流動化劑의品質試驗, 流動化 콘크리트 施工指針案·同解説, pp.131~139, 1983.1
17. 山本泰彦·小林茂敏 : 콘크리트용流動化劑의品質에 관한試驗, 土木學會 콘크리트·라이프라이브 第51號, 流動化 콘크리트 施工指針(案), pp.57~65, 1983.10
18. 土木學會 콘크리트 標準示方書 施工編, pp.33, 1986.10.
19. 臟生明·田中秀輝·飯塚正則 : 反應性高分子による 콘크리트의 슬럼프 컨트롤, 시멘트 기술年報 39, pp.81~84, 1985.12.
20. 友澤史記 外 : 高强度 콘크리트용 고성능減水劑의品質基準および使用規準作成에 관한研究(その1~4), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.657~660, 1988.10および pp.177~180, 1989.10
21. 棚野博之 外 : 高强度 콘크리트용 고성능減水劑의開發에 관한研究(その1~3), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.21~26, 1990.10
22. 兒玉和己 外 : 高强度 콘크리트용 고성능減水劑의品質基準および使用規準作成에 관한研究(Ⅱ)(その1~3), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.749~754, 1991.9
23. 兒玉和己 外 : 高强度 콘크리트용 고성능減水劑의品質基準および使用規準作成에 관한研究(Ⅲ)(その1~3), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.571~576, 1992.8
24. 兒玉和己 外 : 高强度 콘크리트용 고성능減水劑의品質基準および使用規準作成에 관한

- る研究(Ⅳ)(その1~4), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.717~724, 1993. 9
25. 日本建築學會: 高性能AE減水劑コンクリートの調合・製造および施工指針(案)・同解説, pp.86~93, 1992. 6
26. 清水昭之 外: 高性能AE減水劑の使用規準作成に關する研究(その1~3), 日本建築學會大會學術講演梗概集, pp.977~982, 1991. 9
27. 長瀧重義: 高性能AE減水劑の現狀と課題, コンクリート工學, Vol.28, No.6, pp.5~15, 1990. 6
28. 土木學會: 高性能AE減水劑の現狀と課題, コンクリート工學, vol.28 No.6, pp.5~15, 1990.6
29. JIS A 6204-1995 コンクリート用化學混和劑解説, pp.19~21, 1995. 3
30. 阿部道彦: ISO/TC71におけるコンクリート關聯規格の動向, AIJ&JCIジョイントセミナー, 性能規定化と材料性能評價の國際動向, pp.7~22, 1999. 2

