

일본의 콘크리트용 혼화제 개발의 변천과 규격·규준현황

(제2보, 일본의 콘크리트용 혼화제 규격·규준과 EN규격과의 관계를 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 감수 효과의
정량적 평가에 대해서 |
| 5.1 AE제·감수제·AE감수제 | 7.3 품질보증에 대해서 |
| 5.2 고성능감수제 | 8. 결론 |
| 6. EN규격과의 관계 | |

6. EN규격과의 관계

6.1 검토체제

여기까지 일본 건설재료의 품질규격과 시험 방법은 그 재료가 국제상품이 되도록 하기 위하여 제 외국의 품질규격과 시험방법을 참고 해가면서 일본의 기술체제와 가장 합리적으로

(표 9) 혼화제에 관한 EN 규격

<p>EN 934 모르타르, 콘크리트 및 그라우트용 혼화제</p> <p>제1부 : 정의와 일반적 사용법</p> <p>제2부 : 콘크리트용 혼화제-정의와 요건 감수, 유동화제 고성능 감수, 고유동화제 보수제(증점제) AE제 급결제 경화 촉진제 응결 지연제 방수제 다기능 혼화제</p> <p>제3부 : 조적조 · 모르타르용 혼화제-정의와 요건 모르타르용 AE감수제 모르타르용 지연제</p> <p>제4부 : PS그라우트용 혼화제-정의와 요건</p> <p>제5부 : 뿔질콘크리트용 혼화제-정의와 요건</p> <p>제6부 : 시료채취, 품질관리, 적합성의 평가와 레벨붙이기</p>	<p>EN 480 콘크리트, 모르타르 및 그라우트용 혼화제-시험방법</p> <p>제1부 : 시험용의 표준콘크리트와 표준모르타르</p> <p>제2부 : 응결시간의 측정</p> <p>제4부 : 불리딩의 측정</p> <p>제5부 : 모관흡수의 측정</p> <p>제6부 : 적외선 분석</p> <p>제8부 : 건식재료 함유량의 측정</p> <p>제10부 : 수용성 염화물의 측정</p> <p>제11부 : 공기 특성의 측정</p> <p>제12부 : 알칼리 성분의 측정</p> <p>제13부 : 시험용의 표준 조적조 · 모르타르</p>
--	---

(콘크리트용 화학혼화제협회 자료인용)

일체화되도록 결정해 왔다.

한편, 최근에는 세계무역 비관세장벽으로 인해 국가규격과 단체규격에 대응하는 ISO규격이 있는 경우 그것을 준수하는 것을 의무화하도록 하는 것이 세계적인 경향이다. 혼화제에 대한 ISO규격이 아직 제정되어 있지는 않지만, 구미표준화위원회(CEN)에서는 혼화제의 구미규격(EN)이 준비중에 있어 CEN과 ISO의 규격작성작업의 중복을 피하고 작업의 효율화를 도모하기 위해서 양자의 관계를 맺고 있는 협정체제에 의해 EN규격이 ISO규격으로 채용될 가능성은 매우 높다. 일본은 CEN에 대하여 의견을 기술할 입장을 취하고 있지는 않지만, ISO/TC71의 분과위원회(SC1)에 99년 5월의 회의주제로서 혼화제의 시험방법과 분류에 대한 의견을 제시하였으며 현재 EN규격에 대해서 미리 정보를 얻어 대응을 고려하고 있다.

JCI에서는 ISO/TC71에 대응하는 일본 내

위원회에 2개의 실행그룹(WG1, WG2)이 설치되어 있고, 혼화제는 WG1에서 맡아서 하고 있지만 그 활동의 지원을 위해 일본건축학회 재료시공위원회 RC공사운영위원회에서도 ISO/TC71대응 특별실행그룹이 설치되어 그 하부조직으로 혼화제 Sub WG이 활동을 개시하였다. 현재, [표 9]에 나타난 바와 같이 혼화제의 품질을 정한 prEN과 시험방법으로 정한 EN 480에 대해서 주로 콘크리트용 혼화제에 관한 부분이 검토되고 있다.

6.2 EN규격과의 다른점과 대응방안

6.2.1 종류

구미규격안(prEN934)은 기본적으로 단일기능의 혼화제를 규정하고 있기 때문에 JIS A 6204와는 다소 다른점이 있다. 즉, 전자에서는 혼화제의 종류에 AE감수제와 고성능AE감수제가 규정되어 있지 않으나, 반대로 JIS에

[표 10] 일반요구성능(pr EN 934-2 : 1996)

항 목	시 험 방 법	요 구 성 능
균일성	겉보기(육안관찰)	혼화제가 사용되는 동안 균일성을 유지할 것 제조자에 따라 분리 한계를 넘어서는 않된다
색	겉보기(육안관찰)	제조자는 동일한 형상으로 균일한 것을 공급
유효성분	EN 480-6	적외선은 기준시료의 대응적 흡수와 동일하게 특수한 피크(Peak)를 갖는 것
비중	ISO 758	$D = 0.03$ if $D > 1.10$ $D = 0.02$ if $D \geq 1.10$ 제조자의 공표치 1.10을 초과한 경우는 이 값에 ± 0.03 1.10이하의 경우는 이 값에 ± 0.02
고형분함량	EN 480-8 ¹⁾	$0.95T \leq X < 1.05T$ ($T \geq 20\%$) $0.95T \leq X < 1.10T$ ($T < 20\%$) 단 X : 제조자의 공표치 T : 시험치
pH 값	ISO 4316	제조자의 공표치가 =1 또는, 제조자에 따라 공표되어진 범위에 있는 것
최대권장량의 응결효과	EN 480-2에 사용하고 있는 최대권장량, 단, EN 480-1에 규정된 4종류의 시멘트를 사용한 것	보고결과에 따라
총염소량 ²⁾	ISO 1158	제조자의 공표치를 넘지 않는 것. 또는 0.10질량% 보다 작고 제조자의 주장에 합치하는 것
수용성염화물량 (Cl ⁻)	EN 480-10	제조자의 공표치를 넘지 않는 것. 또는 0.10질량% 보다 작고 제조자의 주장에 합치하는 것
알카리량 (Na ₂ O환산)	pr EN 480-12	제조자가 공표한 값보다 크지 않는 것
부식성	^{3), 4)}	콘크리트에 매립되어진 철근에 부식촉진성이 나타나면 않된다.

- 1) 제조자는 EN 480-8의 시험방법이 적절하지 않으면 그에 상응하는 시험방법으로 대처하여야 한다.
- 2) 총염화물량과 염화물량에 큰 차이가 없으면 염화물량만으로 해도 좋고, 그 후의 시험에서 혼화제는 염화물량만의 시험으로 인정한다.
- 3) 시험에 의하면 CEN시멘트는 C.A량을 5%질량이하가 되도록 한다.
- 4) CEN의 표준시험방법은 아직 유효하지 않다.
※ 콘크리트용 화학혼화제 협회 자료

규정되어 있지 않은 종류의 혼화제 품질이 prEN 934에는 어느 정도 규정되어 있다는 것이다. 또한 ASTM C 260과 ASTM C 434에 있어서도 AE감수제와 고성능AE감수제가 규정되어 있지 않아 국제적으로 보면, 일본의 규격이 다소 다르게 보여질 수도 있다. 그러나 prEN 934-2에는 다기능 혼화제가 정의되어 있어 이 중에 위치할 수 있는 가능성에 대해서도 검토해 볼 필요가 있다.

6.2.2 규정내용

prEN 934-2의 혼화제 품질규정은 혼화제의 공통품질평가 항목과 그 균일성을 규정한 일반적 요구사항[표 10]과 각 혼화제의 종류별 요구사항을 규정한 부가적 요구사항으로 구성되어 있어 일본재료학회의 안(1967년)과 유사하게 구성되어 있다. 부가적 요구의 부분에 대하여는 JIS의 혼화제 품질규정을 나타낸 [표 11]과 같고, 전술한 JIS의 규정내용과 비

(표 11) 혼화제의 부가 요구 성능(prEN 934-2:1996에서 발취)

항 목		AE 제	감 수 제	고성능감수제	유 동 화 제	
배	기준 콘크리트	EN 480-1mix. III	EN 480-1mix. I	EN 480-1mix. I	EN 480-1mix. IV	
	단위시멘트량 (kg/m ³)	350±5	350±5	350±5	350±5	
	SLUMP (cm)	5±1	7±1	7±1	3±1	
	FLOW (cm)	35±1	40±2	40±2	35±2	
합	시험 콘크리트		동일시공연도	동일시공연도	동일시공연도	
		공기량(%)	+2.5이상 또는 4~6	+2이상	+2이상	+2이상
성	시공연도의 증가(cm)	SLUMP	-	-	12이하	
		FLOW	-	-	16이상	
	첨가 30분 후의 시공연도의 변화		-	-	-	기준의 초기와 동일
	감 수 율(%)		-	5이상	12이상	-
능	압축강도비 (%)	재령 1일	-	-	140이상	-
		재령 7일	-	110이상	-	-
		재령 28일	75이상	110이상	115이상	90이상
	기포간격계수 (mm)		0.200이하	-	-	-

위의 표는 원규격의 표-5, 표-2, 표-3.1 및 표-3.2를 JIS A 6204와 비교하여 이해를 용이하게 하기 위하여 JIS A 6204에 대응하는 종류가 없는 혼화제는 생략하였으며, 용어, 표시방법, 단위 등에 대하여는 일부 변경하여 하나의 표로 정리한 것이다.

교하여 보면 매우 간략하게 되어 있다. AE제를 예로 들면, 소정의 공기량이 연행된 상태에서 그 공기포가 소정의 미세함을 지니고 있을 것과 공기의 연행에 따른 비정상적 강도저하가 생기지 않을 것 등 2가지 조건을 만족하면 합격이고, 동결융해저항성은 동결융해시험에 의해서가 아니라 기포간격계수로 규정하고 있다. 이것은 혼화제에 요구되는 첫 번째 요구성능에 대한 최저의 범위내에서 규정하고 있다고 볼 수 있다. 기포간격계수의 규정은 캐나다의 규정 CSA A 266.1 - 1973dp에 동결융해 시험을 행하지 않는 경우에 규정되어 있다. 규정치는 0.008inch (0.203mm)로 되어 있어 prEN 934-2와 동일하다. 또한 이러한 캐나다 규격은 1978년에 개정되었고 현재는 폐지되어 ASTM C 260으로 대체되어 있다.

6.2.3 시험방법

혼화제의 품질평가 시험에 이용되는 페이스트, 모르타, 콘크리트의 구성재료에 문제가 되는 것은 골재의 입도와 시멘트의 품질에 있다. 현재 ISO의 골재의 체가름시험(ISO 6274)에는 체에 대하여 3가지의 시리즈로 규정되어 있고, 그 중 한가지(0.075, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16, 31.5mm)가 이 시험방법에서 채용되어 지고 있다. ISO에는 3가지 시리즈의 체로 인정되어 있지만 재료의 품질시험에서 1가지의 체에 한정되어 진다면, 실질적으로 다른 2가지의 시리즈의 체는 기능이 소멸되어 없어질 우려가 있다. 골재의 입도는 [그림 7]에 나타낸바와 같이 잔·굵은골재를 혼합한 상태에서 규정되어 있고, 구미에서는 이러한 입도를 가지는 골재가 시험용 골재로서 판매되고 있다. 기준 콘크리트와 시험콘크리트에서 잔골재율을 변화시키는 것은 고려되지 않는다.

EN 480-1에는 골재는 31.5mm의 체를 전

부 통과한 것으로 하고, JIS A 6204에는 굵은 골재는 26.5mm를 전부 통과한 것으로 되어 있다. 시멘트는 CEM I (포틀랜드시멘트)의 등급 42.5에 재령 2일 강도가 10N/mm²이상, 재령 28일 강도가 42.5 N/mm²이상, 62.5N/mm²이하로 되어 있어, 강도발현성 등을 포함하여 일본 시멘트의 품질과 다소 차이가 있으며, 이에 대한 검토가 실시될 필요가 있다.

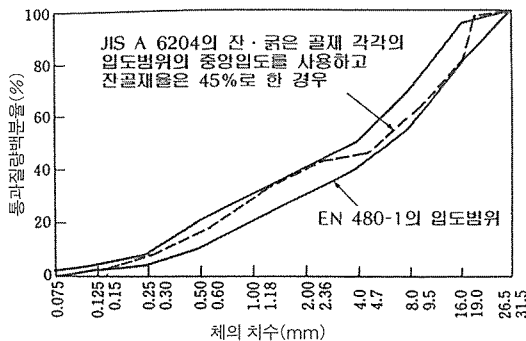
7. 현행규격에 관한 지적사항

7.1 재료 · 배합상의 문제

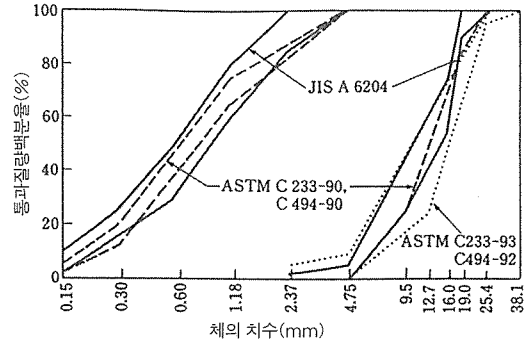
7.1.1 시멘트와의 상성(相性) 및 적합성(適合性)

일반적으로 혼화제는 시멘트와의 상성(相性)이 있다라고 말하여지고 있고, 이렇기 때문에 ASTM C 260과 ASTM C 494에는 시멘트는 3종류 등량혼합에 시험을 행하는 것으로 되어 있고, JIS A 6204도 그것에 준하고 있다. 시멘트의 종류가 AE제량과 블리딩에 미치는 영향을 보고하고 있다.¹⁾

일본 건설성 건축연구소에서 실시된 해외산 시멘트를 이용한 최근의 실험²⁾에 의하면 시판되고 있는 AE감수제를 사용한 경우 감수효과에는 시멘트의 종류에 의한 차이는 그다지 크



(그림 7) JIS와 EN의 골재입도 비교



(그림 8) JIS와 ASTM의 골재입도 비교

게 나타나지는 않았지만, 고성능AE감수제를 사용한 경우에는 감수효과가 매우 큰 차이를 보였다. 따라서 고성능AE감수제를 이용한 경우에는 실제의 공사에 사용하는 시멘트에 대한 시험비범을 행하여 콘크리트의 소요성능이 확보되는지를 확인할 필요가 있다. 또한, 혼화제에 안정적으로 적용될 수 있는 시멘트의 품질에 대해서 시멘트의 조성 · 화학성분과의 관계에 대하여 상성현상과 적합성에 관한 정보가 체계화되는 것이 중요하다.

7.1.2 골재입도의 타당성

ASTM 에는 굵은골재의 입도는 이미 하나의 표준입도분포곡선으로 규정하고 있고, JIS 도 그에 준하여 보통의 입도범위보다 좁게 규정하고 있다. 단, 체의 호칭치수를 횡축에 대한 수치로 표시한 [그림 8]에 나타난 바와 같이 JIS에 규정되어 있는 입도규정은 체의 호칭치수 16mm통과율이 적어 부자연스럽고, 이 때문에 혼화제의 시험을 행할 경우 준비단계에서는 체의 호칭치수 16mm에서 19mm의 부순자갈을 확보하기 위하여 16mm이하의 부순자갈이 막대한 량의 폐기골재로 되어 버린다. 혼화제의 성능을 상대적으로 비교하는 경우에는 이러한 규정이 큰 의미가 없다는

(표 12) 콘크리트용 화학혼화제 규격의 변천경위

년도	일	본	기타 해외
1940			ASTM C 175-42T ACI 212-1944
45			
48	AE제 도입	참고	ASTM C 175-48T ASTM C 185-49T ASTM C 233-49 ASTM C 260-50
1950	감수제 도입		
54			
56	토목학회 RC시방서 「AE제규격안」	일본시멘트기술협회안 I 일본시멘트기술협회안 II 일본시멘트기술협회안 III 일본시멘트기술협회안 IV	
1960			ASTM C 290-61T ASTM C 494-62 ACI 212-1963
66	토목학회규준 「AE제규격(안)」 「감수제규격(안)」		
67	일본재료학회 「구조용콘크리트에 사용되는 화학혼화제규격(안)」		
67	일본주택공단 「콘크리트에 사용되는 혼화제의 성능판정규정」		RILEM-1967
1970	[콘크리트誌 3월호]	총합	ACI 212-1971
75	일본건축학회 「콘크리트용 표면활성제의 품질규준」		
78	[콘크리트공학 3월호]		DIN 1045-1978
1980	[콘크리트공학 7월호]		ASTM C 494-80 ACI 212-1981
82	JIS A 6204 「콘크리트용 화학혼화제」	[시멘트 · 콘크리트 9월호]	
83	일본건축학회 「콘크리트용 유동화제 품질규준」	공통	
83	토목학회 「콘크리트용 유동화제 품질규준」		
87	JIS A 6204 개정 (염화물이온량, 전알칼리량)		ASTM C 1017-85 RKLEM 84-1987
88	[콘크리트공학 3월호]		
1990	주택 · 도시정비공단 「고강도콘크리트용 고성능AE감수제의 성능판정기준」		ACI 212-1991 RILEM 84-1992
	일본건축학회 JASS 5T-403 「고성능AE감수제품질기준」	공통	
93	토목학회규준 「콘크리트용 고성능AE감수제품질규격」		
	New RC 「고강도콘크리트용 고성능AE감수제의 품질규준(안)」		
95	JIS A 6204 개정 (고성능AE감수제)		
		성능규정 국제화	EN 934-2 EN 480
99	플라이애시용 AE제 (콘크리트공학 6월호)		

판단에서 New RC의 혼화제의 공통시험에는 JIS A 6204에서 규정된 입도와 JIS A 5005에 규정된 부순자갈 2005의 입도로 실험을 행하였다. ASTM에서도 혼화제의 시험에 이용하는 굵은골재의 입도규정은 1992~1993년에 굵은골재의 보통입도인 ASTM C 33의 No.57의 입도로 개정되었다.

7.1.3 슬럼프의 통일화

입도의 조건에서의 시험결과로서 다른 조건에서의 시험결과가 어느 정도추측이 가능한 경우에는 시험조건을 가능한 적게 하는 것이 바람직하다. 현행 규정에 동결융해시험 이외에 대해서는 토목·건축 각각의 대표적 슬럼프 8cm와 18cm의 양방의 콘크리트에 대해서 시험을 실시하고 있지만, 그 필요성에 대해서도 지금까지 축적된 데이터에 기초하여 재검토가 필요하다.

7.1.4 압축강도비 규정의 합리화

현재의 콘크리트용 화학혼화제의 규격에는 기준콘크리트와 시험콘크리트의 단위시멘트량을 동일하게 하고 있기 때문에 공기량 및 물시멘트비가 다른 조건으로 되어져 규정치인 압축강도비의 값에 대한 의미가 점점 모호해지고 있다. 西林은 시멘트를 감량한 경우에 대한 영향에 대해서 실험적으로 검토하였고³⁾, 上村은 혼화제를 사용한 콘크리트 조합의 타당성도 포함하여 이러한 문제에 대해서 상세하게 검토하고 있지만⁷⁾, 다양한 혼화제의 품질 및 성능에 대한 단위시멘트량을 일정하게 하는 조건으로의 비교방법은 재검토되어야 한다고 사료된다.

7.2 콘크리트의 성능개선에 대한 감수효과의 정량적 평가에 대해서

혼화제의 중요한 효과중 한가지인 감수효과

는 콘크리트중의 자유수를 감수시키기 때문에 콘크리트의 품질의 향상에 기여하고 있다고 여겨진다. 그런데 건조수축에 대해서는 플레인콘크리트에 비교하여 어느 정도의 개선효과는 있지만, 감수율과 강도증가율에 의한 10%의 개선이라고 말할 수 없다는 것이 지적되고 있다.⁴⁾ 또한 콘크리트에 요구되는 각각의 성능항목을 보면 성능평가 시험방법이 확립되어 있지 않기 때문에 감수에 의한 성능개선효과의 정량적인 평가가 곤란하다. 따라서 적절한 감수율을 설정하기 위해서 각각의 성능평가 시험방법 및 총합적인 성능평가방법을 확립하기 위한 검토가 요망된다.

7.3 품질보증에 대해서

JIS A 6204-1995의 해설에는 「화학혼화제의 제조업자는 품질성능을 객관적으로 평가하기 위하여 신뢰 가능한 콘크리트관계의 시험연구기관에 있어서 5년에 1회 정도의 분할하여 이러한 규격에서 정한 모든 품질항목에 관한 시험을 실시하는 것이 바람직하다.」라고 되어 있다. 그러나 혼화제의 시험은 소요비용이 매우 고가이므로 제조업자에게는 큰 부담이 될 수 있기 때문에 규격에 대한 적합성의 증명방법에 대해서는 이후 심도있는 검토가 요구되고 있다.

8. 결 론

[표 12]는 지금까지 기술한 일본 및 제 외국의 관련규격의 경위를 각종 문헌^{5), 6)}, 등을 기초로 정리하여 나타낸 것이다. 1960년대 이후 일본은 콘크리트용 혼화제의 기술에 관하여 세계의 최선단에 이르고 있다고 해도 과언은 아니며, 그에 따른 혼화제의 규격·기준의 작성이라는 큰 성과를 도출하게 될 수 있게 된 것

이다.

이후 건설시장에 대한 국제 정세가 변화되어 오는 가운데 콘크리트용 혼화제 규격의 국제화라는 당면과제에 있어 세계 각국의 혼화제 사용실태에 관한 정보의 계통적 축적과 보고 및 다양화된 콘크리트의 요구성능에 대응하도록 새로운 신기능의 혼화제 개발 및 규격·규준의 작성과 품질보증의 합리화가 한층 고려되어져야 할 필요성이 있다.

이와 같이 해외의 건설시장에서 건설재료의 성능규정에 대한 중요성이 크게 부각되는 가운데 한국의 건설재료가 국제적인 상품으로서의 면모를 갖추기 위해서는 혼화제 등을 비롯한 건설재료의 품질성능과 시험방법 및 평가시스템이 보다 체계적이고 합리적으로 확립될 필요성이 시급히 요구되고 있다.

참고문헌

- 1) 岩谷一孝：混和材料の分類及び規格，コンクリート工學，Vol.16, No.3, pp.7~13, 1978. 3
- 2) 李成馥·阿部道彦：海外産セメントを用いた高強度コンクリートに関する實驗，セメント技術大會論文集，1999. 5
- 3) 西林新藏：減水劑を用いたコンクリートの諸性質に関する研究，材料，Vol.18, No.188, pp.78~85, 1969. 5
- 4) 友澤史記：減水劑·AE減水劑，コンクリート工學，Vol.16, No.3, pp.20~27, 1978. 3
- 5) (株)コンクリート工學協會：コンクリート用混和劑をめぐる最近の動向，1982. 2
- 6) 戸田和敏：混和劑の種類·性質の變遷と將來展望，コンクリート工學，Vol.37, No.1, pp.57~60, 1999. 1