

재료품질관리

1. 서론



김 외 곤*

콘크리트에서 요구되는 가장 기본적인 성능은 강도, 시공성 및 내구성을 들 수 있다. 최근 관심이 집중되고 있는 고성능 콘크리트는 이러한 기본 성능을 크게 개선시킨 것으로써 고강도, 고유동 및 고내구성이 요구되는 콘크리트를 말한다.

따라서 다음과 같이 언급하는 콘크리트의 내구성 확보는 일반적인 콘크리트의 내구성 확보에서부터 콘크리트의 고내구성화를 위한 재료의 품질관리를 모두 포함하는 것이다.

콘크리트는 앞서 언급한 것처럼 내구성이 뛰어난 재료이지만 균열이나 철근노출, 철근부식, 알칼리 골재반응과 같은 문제가 제기되어 내구성이 낮은 재료인 것으로 인식되기도 한다. 이러한 인식은 다음과 같은 몇 가지 이유가 있다.

① 고도 경제성장으로 인해서 공사량이 증대하였으며, 특히 건축분야에서 시공속도를 높이기 위해 단위수량이 많은 콘크리트를 사용하였다.

② 구조물 단면이 작아져 피복 두께가 얇은 부분이 증가하였다.

③ 모래의 부족으로 염분이 충분히 제거되지 않은 바다 모래가 사용되었다.

일본의 경우 1985년부터 『콘크리트의 내구성 향상 기술 개발』을 실시하여 철근 콘크리트조 구조물의 내구성 확보를 위한 제반 대책을 마련하였으며, 일본 건축학회에서도 JASS 5에서 콘크리트 구조물의 내구성 향상을 위하여 『고내구성 콘크리트』에 대한 규정을 별도로 마련하여 콘크리트의 내구성 향상에 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 국내의 경우 콘크리트의 내구성 확보에 대해서 특별한 시방기준이 없으며, 또한 자체적인 시험 결과

가 미비하여 외국 시방서의 내용에 의존하는 경우가 많으며, 이러한 규정도 잘 지켜지고 있지 않는 것이 현실이다. 또한, 사용 재료의 관리 및 시공 측면에서도 내구성을 저하시키는 여러 가지 요인들을 포함하고 있어 콘크리트 구조물의 내구성에 대한 신뢰가 전체적으로 상당히 저하되어 있는 것이 현재의 실정이다.

2. 재료의 품질관리 개요

콘크리트 구조물의 내구성 확보를 위해서는 설계단계부터 유지관리에 이르기까지 전체 공정에 대한 세부적인 사항을 배려할 필요가 있다. 그러나 그 중에서도 가장 기본이 되는 것은 사용 재료의 선정 및 품질관리를 얼마나 철저하게 수행하는가에 달려 있다. 즉, 내구성이 우수한 콘크리트를 얻기 위해서는 재료의 선정에서부터 세심한 주의를 기울여야 한다.

콘크리트에 사용할 재료를 선정할 때에는 다음과 같은 사항에 주의하여야 한다.

1) 시멘트는 용도 및 환경 조건에 맞는 것을 사용하여야 한다. 특히, 보통 포틀랜드시멘트 이외의 시멘트를 사용할 때는 그 시멘트의 특징을 잘 파악하여 콘크리트의 요구품질에 적합한 것을 사용해야 한다.

2) 골재는 양질의 것을 사용하며, 특히, 염분, 불순물 등에 유의하고, 알칼리골재 반응성의 우려가 있는 것은 사용하지 않는다.

3) 회수된 물을 재 사용할 경우에는 슬러지 농도의 관리를 엄격히 해야 한다.

4) 양질의 화학혼화제나 유동화제를 사용한다.

5) AE제를 사용하여 동결융해 저항성을 높인다.

6) 혼화재료는 콘크리트에 미치는 영향을 충분히 검토한 후 사용한다.

내구성이 우수한 콘크리트의 제조 또는 고내구성 콘크리트를 제조하기 위해서는 앞서 언급한 것처럼 사용 재료의 선정 및 품질관리가 무엇보다도 중요하다. 물론 콘크리트의 내구성 확보가 사용 재료의 선정 및 품질관리만으로 얻어지는 것은 아니지만 콘크리트의 내구성 확보에 가장 기본이 되는 재료의 선정에서부터 세심한

* 김외곤 삼성건설 건축사업본부장
정을규 삼성건설 상무
이승훈 삼성건설 재료시험실 선임

주의를 기울일 필요가 있다.

3. 사용 재료의 품질관리

3.1 시멘트

(1) 시멘트의 품질규정

국내에서 사용되고 있는 시멘트의 거의 대부분은 1종 보통 포틀랜드시멘트이며, 경우에 따라서는 1종 보통 포틀랜드시멘트 이외의 시멘트가 사용되기도 하지만 그 양은 매우 적은 것으로 알려져 있다. 표 1은 국내의 연

도별 시멘트 제품별 생산실적으로서 특수 시멘트(2종, 3종, 5종, 초조강 시멘트 등)의 사용량이 점차 증가 추세

표 1. 연도별 시멘트 제품별 생산실적 (단위 : 천톤)

연도 \ 제품	1993	1994	1995	1996	1997
1종시멘트 생산	46,703	51,399	54,843	56,957	59,426
특수시멘트 생산	191	236	287	303	370
계	49,894	51,635	55,130	57,260	59,796

표 2. 포틀랜드시멘트의 품질규격 (KS L 5201)

[물리적 성능]

종 류		항 목				
		1종	2종	3종	4종	5종
분말도	비표면적(Blaine) cm ² /g	2800이상	2800이상	3300이상	2800이상	2800이상
안정도	오토클레이브 팽창도 %	0.8이하	0.8이하	0.8이하	0.8이하	0.8이하
응결시간	길모어 시험	60이상 10이하	60이상 10이하	60이상 10이하	60이상 10이하	60이상 10이하
	비이커 시험	45이상 375이하	45이상 375이하	45이상 375이하	45이상 375이하	45이상 375이하
수화열 cal/g	7일	-	70이하	-	60이하	-
	28일	-	80이하	-	70이하	-
압축강도 kgf/cm ²	1일	-	-	130이상	-	-
	3일	130이상	110이상	250이상	-	90이상
	7일	200이상	180이상	280이상	75이상	160이상
	28일	290이상	285이상	310이상	180이상	210이상

[화학적 성분]

	1종	2종	3종	4종	5종
실리카(SiO ₂) %		20.0이상			
산화알루미늄(Al ₂ O ₃) %		6.0이하			
산화제이철(Fe ₂ O ₃) %		6.0이하		6.5이하	
산화마그네슘(MgO) %	5.0이하	5.0이하	5.0이하	5.0이하	5.0이하
삼산화황(SO ₃) %					
C ₃ A 8% 이하일 때 %	3.0이하	3.0이하	3.5이하	2.3이하	2.3이하
C ₃ A 8% 초과일 때 %	3.5이하		4.5이하		
강열감량 %	3.0이하	3.0이하	3.0이하	2.5이하	3.0이하
C ₃ S %				35이하	
C ₂ S %				40이상	
C ₃ A %		8이하	15이하	7이하	5이하
C ₂ S+C ₃ A %		58이하			
C ₄ AF+2(C ₃ A), 혹은 (C ₄ AG+C ₂ F) 고용체 %					25이하

에 있으나, 1종 시멘트의 사용량에 비해서는 1%에도 미치지 못하고 있다.

시멘트는 구조물의 용도에 맞게 선정되어야 하며, 사전에 그 특성을 정확하게 파악한 후 콘크리트 구조물에 적용하여야 한다. 이것은 경제적인 측면에서의 비용 절감뿐만 아니라 콘크리트의 장기적인 내구성 측면에서도 매우중요하다.

매스콘크리트 구조물에서는 저발열시멘트 또는 수화열 저감 및 내구성 확보를 목적으로 고로슬래그 미분말 또는 플라이애쉬 등을 혼합한 혼합시멘트가 많이 사용되고 있다.

일본의 경우 고로시멘트 또는 플라이애쉬 시멘트에서 B종이나 C종을 사용하는 경우가 많이 있으나, 국내의 경우에는 아직까지 이러한 시멘트가 사용되는 경우는 흔하지 않으며 고로슬래그 미분말 이나 플라이애쉬를 시멘트 대신에 치환하여 사용하는 경우는 점점 증가하는 경향을 보이고 있다. 단, 플라이애쉬를 사용하는 경우에는 공기량 확보에 특별히 주의할 기울여야 한다. 또한, 반응성 골재가 사용될 우려가 있는 경우에는 저알칼리형 포틀랜드 시멘트를 사용하기도 한다.

표 2는 국내에서 사용되고 있는 포틀랜드시멘트의 물리적 성능 및 화학적 성능을 나타낸 것이며, 표 3 및 표 4는 고로슬래그 시멘트 및 플라이애쉬 시멘트의 품질규

격을 나타낸 것이다.

(2) 시멘트의 검사 및 보관

레미콘(Ready Mixed Concrete)공장은 시멘트가 반입될 때, 품질차이를 방지하기 위해 품종별로 반입 장치의 작동기를 만들어 납품전표의 상표를 확인해서 그 품종의 키를 운전사에게 전달하는 방법, 반입된 시멘트의 품종 전환의 조작을 사무소에서 가능하도록 하는 방법 등 반입오류가 발생하지 않도록 해야 한다.

레미콘 공장은 시멘트가 반입될 때, 시멘트 회사가 발행하는 시험 성적서를 사내 규격치와 비교해서 확인한다.

시험성적서의 예를 표 5에 나타내었다. 또한, 반입시의 시멘트의 신선도를 확인한다. 신선도는 하역시의 이물질 제거용 철망으로 풍화되어 덩어리진 성분의 유무를 조사하고, 손으로 만져서 온도가 높은지를 확인한다.

육안에 의해서 덩어리진 성분은 확인되지 않지만, 온도가 낮거나 하는 등의 의심이 생기는 경우에는 신속하게 공장에서 공인시험기관에 시험을 의뢰하거나 시멘트의 물리시험을 시행하여 확인한다. 또한, 대표적인 배합의 콘크리트에 대해서 급속 경화 시험방법에 의해 강도 확인을 실시하고, 단위 시멘트량의 할증 또는 사용의 가부를 판단한다.

포틀랜드시멘트의 반입은 다음과 같이 규정하고 있다.

표 3. 고로슬래그 시멘트의 품질규격 (KS L 5210-86)

항 목		특급	1급
화학성분	무수황산(SO ₃) %	3.0 이하	4.5이하
	강열감량 %	3.0 이하	3.0 이하
	황분(S) %	2.0 이하	-
분 말 도	비표면적(Blaine) cm ² /g	각각	2600이상
		평균	2800이상
안 정 도	오토클레이브 팽창도 또는 수축도 %	0.20이하	0.20이하
응결시간 ¹⁾	길모어 시험	초결 분	60이상
		종결 시간	10이하
	비이커 시험	총결 분	45이상 7이하
수 화 열 cal/g	7일	70이하	70이하
	28일	80이하	80이하
압축강도 kgf/cm ²	3일	130이상	100이상
	7일	200이상	160이상
	28일	250이상	250이상
모르터의 공기 함유량(%)		12 이하	-

주(1): 응결시간 시험방법은 수요자의 요구에 따라 길모어 시험과 비이커 시험 중 택일하여 실시한다.

표 4. 플라이애쉬 시멘트의 품질규격 (KS L 5211)

항 목		종 류		
		A종	B종	C종
비표면적 (cm ² /g)		2500이상	2500이상	2500이상
응결 (길모어 시험)	초결 min	60이상	60이상	60이상
	종결 h	10이하	10이하	10이하
안정도 %		±0.5이하	±0.5이하	±0.5이하
압축강도 N/mm ² (kg/cm ³)	3일	7.85(80)이상	6.86(70)이상	5.88(60)이상
	7일	13.73(140)이상	11.77(120)이상	9.81(100)이상
	28일	23.54(240)이상	21.57(220)이상	19.61(200)이상
화학적분	산화마그네슘 %	5.0이하	5.0이하	5.0이하
	삼산화황 %	3.0이하	3.0이하	3.0이하
	강열감량 %	3.0이하	-	-
플라이애쉬 함량(무게%)		5초과 10이하	10초과 20이하	20초과 30이하

표 5. 시멘트 시험성적서 예

A 사 시멘트 제품 성적표

작성일자: 2001 년 월 일
출하일자: 2001 년 월 일

항 목		단 위	KS 규격	시험결과	
물 리 성 능	분말도	비표면적	cm ² /g	2800이상	3190
	안정도(오토클레이브팽창)		%	0.8이하	0.05
	응결시간 (길모어)	초결	분	60이상	239
		종결	시간	10이하	5:35
	압축강도	3일 강도	kg/cm ²	130이상	211
		7일 강도	kg/cm ²	200이상	312
		28일 강도	kg/cm ²	290이상	422
비 중		-	-	3.14	
화 학 성 분	강열감량(Ig-Los)		%	3.0이하	0.63
	산화마그네슘(MgO)		%	5.0이하	2.23
	무수황산 (SO ₃)	C ₃ A < 8% 일때	%	3.5이하	-
		C ₃ A > 8% 일때	%	3.5이하	1.80

- 시멘트 회사의 시험성적서 또는 외부시험기관의 시험성적서에 의해 1회/월 이상의 품질 및 그 편차를 확인하여야 한다.
- 생산자가 발행하는 시험성적서에 의해 품질을 확인하는 경우, 압축강도에 있어서는 특히 1회/6개월 이상 및 생산자가 변경될 때마다 자체공장에서의 시험 또는 외부시험기관의 시험성적서에 의해 품질을 확인해야 한다.
- 단, 동일 생산자의 동일 출하장소로부터 공급받고 있는 복수의 레미콘 공장 사이에는 대표적인 시료에 대해 공동 확인시험을 실시하여도 좋다.
- 서로 다른 생산자의 시멘트를 저장하는 경우는, 시멘트 저장설비를 비워두는 등 시멘트의 혼합이 생기지 않도록 처리한다.

3.2 골재

(1) 골재의 품질규정

골재는 콘크리트의 약 70%를 차지하는 재료이므로 골재의 선정은 콘크리트의 품질에 매우 큰 영향을 미치게 된다. KS에서 규정하고 있는 골재의 물리적 성질 규정은 표 6과 같으며, 표 7은 골재의 유해물 함유량의 허용값을 나타낸 것이다. 이 중에서 비중 및 흡수율에 대해서는 특기시방에 의해 비중 2.5이하, 흡수율 3% 이상의 것도 사용할 수 있게 되어 있지만, 강도나 내구성 확보 측면에서는 비중이 크고 흡수율이 작은 것을 선정하는 편이 좋다.

표 6. 골재의 물리적 성질 (KS F 2526)

구 분	규 정 값	
	굵은골재	잔골재
비 중	2.50이상	2.50이상
흡수율(%)	3.0이하	3.0이하
안정성(%)	12이하	10이하
마모율(%)	40이하	-

표 8은 잔골재 및 굵은 골재의 입도 표준을 나타낸 것이다. 최근에는 골재 자원이 많이 부족하여 다른 종류의 골재를 혼합하여 사용하는 경우도 많이 있으며, 이 경우 입도와 염분에 대해서는 혼합한 후의 품질이 규정에 맞으면 되고, 그 외의 품질에 대해서는 혼합전의 골재 각각의 규정에 적합해야 한다.

탄성계수가 낮은 골재를 사용할 경우에는 건조수축이 커지는 것이 지적되고 있지만, 현재 직접 골재의 탄성계수를 측정하는 방법이 없으므로 콘크리트로서 정탄성계수를 측정하고 그것이 작은 경우에는 건조 수축이 커

표 7. 골재의 유해물 함유량의 허용값 (KS F 2526)

구 분	전체 시료에 대한 최대 무게 백분율 %	
	굵은골재	잔 골재
점토덩어리 ⁽²⁾ %	0.25	1.0
연한 석편 ⁽²⁾ %	5.0	-
0.08mm 체 통과량 %		
콘크리트 표면이 마모를 받는 경우	1.0	3.0
그 밖의 부분	1.0	5.0
석탄 및 갈탄		
콘크리트 표면이 중요한 부분	0.5	0.5
그밖의 부분	1.0	1.0
염화물(NaCl 환산량) ⁽³⁾	-	0.04

주(2) 점토덩어리와 연한 석편의 합이 5%를 넘으면 안 된다.

주(3) 무근 콘크리트에 사용할 경우에는 적용 안 된다

질 수가 있다고 보고 하나의 판단 자료로 사용하면 된다. 고내구성 콘크리트나 고강도 콘크리트에 대해서는 높은 품질의 골재가 요구되고 있다. 동결융해 작용을 받는 콘크리트는 흡수율이 작은 골재를 사용할 필요가 있기 때문에 잔골재는 3% 이하, 굵은 골재는 2% 이하로 규정하고 있다. 알칼리 골재 반응에 대해서는 화학법이나 모르타 바(mortar bar)법에 의해 해가 없다고 판정된 골재를 선정하는 것이 바람직하다.

(2) 골재의 선정, 검사 및 보관

1) 골재의 선정

골재의 검사항목은 여러 가지 방법이 있으며, 검사결과를 확인하기 까지는 많은 시간을 필요로 하는 시험항목도 있으므로, 사용하는 골재가 너무 많아도 관리가 복잡하게 된다. 따라서 되도록 적은 품종과 상표로 조달할 수 있도록 골재를 선정하는 것이 바람직하다. 골재의 선정에 있어서는 시험보고서나 시험결과에 의해 확인만 하는 것이 아니라, 골재의 생산 현장을 직접 방문 조사하여 결정하는 것이 가장 중요하다.

또한, 골재 단가는 눈으로 확인되는 단가가 아니라, 동일 슬럼프, 동일강도를 가진 콘크리트의 배합을 비교하여 원재료의 총 비용을 비교하여 선택하여야 한다. 단, 최근에는 골재 사정이 좋지 않아서 지역에 따라서는 양질의 골재만을 선택할 수 없는 경우도 발생하고 있으므로, 골재의 품질이 규격치에 약간 미달하는 경우에도

표 8. 잔 골재 및 굵은 골재의 입도 표준 (KS F 2526)

골재 번호	체의 호칭 치수(mm)	체를 통과하는 무게 백분율(%)												
		100	95	75	65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
1	90~40	100	90~100		25~60		0~15		0~5					
2	65~40			100	90~100	35~70	0~15		0~5					
3	50~25				100	90~100	35~75	0~15		0~5				
357	50~5				100	95~100		35~70		10~30		0~5		
4	40~20					100	90~100	20~55	0~15		0~5			
467	40~5					100	95~100		35~70		10~30	0~5		
57	25~5						100	95~100		20~60		0~10	0~5	
67	20~5							100	90~100		20~55	0~10	0~5	
7	13~5								100	90~100	40~70	0~15	0~5	
8	10~2.5									100	85~100	10~30	0~10	0~5

체의 호칭 치수(mm)	체를 통과하는 중량 백분율 (%)
10	100
5	95 ~ 100
2.5	80 ~ 100
1.2	50 ~ 85
0.6	25 ~ 60
0.3	10 ~ 30
0.15	2 ~ 10

배합설계에 따라 내구성이 있는 콘크리트의 생산이 가능하도록 하여, 성능 규정의 입장으로부터, 시공주의 이해와 승인을 득하고, 제한된 자원을 사용할 수 있는 연구가 확인되어야 한다.

2) 골재의 검사

골재 반입시 검수담당자가 납입전표의 상표와 골재를 육안으로 비교하여, 골재의 수량을 매트릭스케일이나 트릭스케일로 계량하고, 하역장소를 지시한다. 정량의 수입된 수량은 계량치로부터 표면수율(인공골재는 함수율)분을 감한 것으로 한다. 골재납품회사와의 계약에서 결정한 표면수율을 기준으로 반입수량을 확정한다.

콘크리트의 내구성을 향상시키기 위하여 콘크리트의 단위수량에 대한 규정을 두고 있으며, 콘크리트 표준시방서에서는 내구성 콘크리트를 배합하기 위해서는 물시멘트비(W/C)에 대해서도 상한값을 규정하고 있다.

레미콘 업계에서도 이런 방향에 따라 레미콘 제조에 있어서 단위수량 관리를 철저히 하고 있지만, 골재품질

의 저하에 의한 배합설계에 따른 단위수량의 증가 경향, 골재의 표면수율이나 그 변동폭이 큰 이유로 레미콘 제조에 있어서 단위수량의 관리를 곤란하게 하는 원인이 되고 있다. 따라서 전국의 레미콘 공장에서는 골재 생산업계와 연계하여 골재의 표면수율이 일정수준 이하로 관리될 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다.

3) 골재의 보관

골재는 종류에 따라 구분된 골재 저장설비(Silo)에 다른 품종의 골재가 혼합되지 않도록 하고, 또한 이물질이 섞이지 않도록 관리하여 저장한다.

그러나 대부분의 레미콘공장에서는 골재 저장설비(Silo)가 갖추어져 있지 않으며, 골재 보관시설 만이 마련되어 있다.

골재 저장설비는 콘크리트의 1일 최대출하량에 해당하는 양 이상을 저장하는 것이 좋으며, 표면수의 관리 측면에서도 세갈재 만으로도 1일 단위로 구분하여 2일 분의 저장설비를 가지고, 매일 교체하여 상호 사용하는

것이 바람직하다.

도심지에 있는 레미콘 공장에서는 부지확보 관계로 인해 여분의 저장설비를 확보하는 것이 곤란한 경우가 많이 있다. 세굴재의 표면수율은 4%이하로 관리하면 변동이 생기지 않는 것을 확인할 수 있으며, 골재업자의 저장소에서 8% 이하로 관리한 골재를 레미콘공장에 반입하는 방식이 요구된다.

표 9. 상수도 이외 물의 배합수로서의 품질규격

항 목	품 질
현탁물질의 양	2g / 1m ³ m ³ 이하
용해성 연결잔유물의 양	1g / 1m ³ 이하
염화물 이온(Cl ⁻)의 양	200ppm 이하
시멘트 응결시간의 차	시결은 30분 이내, 종결은 60분 이내
모르타르 압축강도의 비	재령 7일 및 28에서 90% 이상

3.3 배합수

레미콘의 배합수에 사용되어지는 물은 관련 규정에 맞는 것을 사용하여야 하며, 상수도물, 상수도 이외의 물 및 회수수로 구분하고 있다.

상수도물은 특별한 시험을 행하지 않고도 사용할 수 있지만, 상수도 이외의 물은 관련 규정에 정해진 시험방법에 따라 시험을 행한 후에 사용하여야 한다. 상수도

표 10. 회수수의 배합수로의 품질 규격

항 목	품 질
염화물 이온(Cl ⁻)의 양	200ppm 이하
시멘트 응결시간의 차	시결은 30분 이내, 종결은 60분 이내
모르타르 압축강도의 비	재령 7일 및 28에서 90% 이상

이외의 물이란 하천수, 담수호 물, 우물, 지하수 등으로 나뉘지고, 특히 상수도로서의 처리가 되지 않은 물 및 공업용수를 말한다.

표 9는 상수도 이외 물의 배합수로서의 품질규격을 나타낸 것이다.

회수수란 레미콘 공장에서 세척에 의해 발생하는 물과 운반차, 플랜트, 믹서, 펌프 등에 부착된 콘크리트 및 회수 콘크리트가 세척되어 배수되는 물로부터 세굴재 및 조골재를 분리 처리하고 난 후 만들 수 있는 슬러지수 및 그의 상등수를 말한다. 이러한 물들은 규정된 시험방법에 의해 시험을 행하고, 표 10에 나타낸 기준에 적합한 지를 확인한다면 배합수로서 사용하는 것이 가능하다.

3.4 혼화제

혼화제의 발달에 따라 콘크리트의 배합설계에 있어서 혼화제의 사용은 필수적이며, 특히 내구성 콘크리트의

표 11. 화학 혼화제의 품질 규격 (KSF 2560)

항 목	AE 제	감 수 제			AE 감 수 제			고성능 AE 감수제		
		표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	
감수율 %	6이상	4이상	4이상	4이상	10이상	10이상	8이상	18이상	18이상	
블리딩량비 %	75이하	100이하	100이하	100이하	70이하	70이하	70이하	60이하	70이하	
응결시간의 차min	초 결	-60~+60	-60~+90	-60~+210	+30이하	-60~+90	-60~+210	+30이하	30~+120	+90~+240
	종 결	-60~+60	-60~+90	+210이하	0이하	-60~+90	+210이하	0이하	-30~+210	+240이하
압축강도 비 %	재령 3일	95이상	115이상	105이상	125이상	115이상	105이상	125이상	135이상	135이상
	재령 7일	95이상	110이상	110이상	115이상	110이상	110이상	115이상	125이상	125이상
	재령 28일	90이상	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상	115이상	115이상
길이변화비 %	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	120이하	110이하	110이하	
동결융해에 대한 저항성(상대 동탄성계수 %)	80이상	-	-	-	80이상	80이상	80이상	80이상	80이상	
경시 변화량	슬럼프 cm	-	-	-	-	-	-	6.0이하	6.0이하	
	공기량 %	-	-	-	-	-	-	±1.5 이내	±1.5 이내	

배합설계에 있어서 고성능 AE감수제의 감수 성능은 매우 효과적이다.

AE제는 콘크리트 속에 미세한 공기를 연행하여 불배어링 효과로 콘크리트의 워커빌리티를 개선함과 동시에 동결융해에 대한 저항성을 높인다.

감수제는 시멘트 입자의 분산성을 높임으로써 단위수량의 저감과 시공연도(Workability)를 개선하고, 콘크리트의 내구성을 증진시킨다.

AE제는 물 시멘트비가 높은 영역에서, 감수제는 물시멘트비가 낮은 영역에서 더욱 큰 효과를 발휘한다.

그러나 감수제가 단독으로 사용되는 예는 적으며, 통상 공기도 연행하는 AE감수제로서 사용된다. 최근들어 레미콘에서는 대부분 AE감수제를 사용한다.

AE감수제는 응결시간에 따라 지연형, 표준형, 촉진형의 3종류로 구분되며, 시중 콘크리트와 같이 수화반응을 지연하고자 하는 경우에는 지연형이 사용되며, 반대로 한중 콘크리트와 같이 강도 발현이 더딘 경우에는 촉진형을 사용하면 된다.

단위 수량이나 단위 시멘트량을 낮게 억제하고자 하는 경우나 현장에서 슬럼프 저하가 현저하게 커졌을 경우에는 유동화제를 사용한다.

유동화제는 미리 비빈 콘크리트에 나중에 첨가하는 것이 일반적이는데 최근에는 배합할 때 사용하는 높은 감수력과 장시간의 슬럼프 유지 성능을 가진 고성능 AE감수제가 많이 사용되고 있다.

고성능 AE감수제는 고강도 콘크리트, 고내구성 콘크리트와 같이 불결합재비가 상대적으로 낮거나 단위 수량이 현저히 낮은 콘크리트를 제조하고자 할 때 많이 사용된다.

이러한 고성능 AE감수제의 사용은 워커빌리티의 개선, 단위수량의 감소로 인한 강도의 개선, 내동해성의 향상 및 수밀성의 개선 등 많은 이익을 얻을 수 있으나, AE제를 포함하고 있기 때문에 강도의 저하 등을 유발시킬 수가 있어서 사용 전에 충분한 시험을 통하여 사용량에 대한 검토가 반드시 이루어져야 한다.

이러한 혼화제의 품질에 대해서는 정기적인 검사를 통하여 제품의 변화 및 변질 등 콘크리트의 품질에 악영향을 끼치지 않도록 하여야 하며, 납품사에 대한 샘플의 시험은 매 일성 횡수를 정하여 정기적인 시험을 수행하고 시험결과를 상시 비치하여 요구가 있을 경우에는 즉시 일관할 수 있도록 해야 한다. 상시 시험의 내용은 비중, PH, 고형분 및 점성 등이 있다. 표 11은 콘크리트용 화학 혼화제의 품질 규격을 나타낸 것이다.

3.5 혼화제

(1) 플라이애쉬

콘크리트 배합시에 시멘트의 일부를 플라이애쉬로 치환하여 사용하면 수축이 적어지고 수밀성이나 화학적 침식에 대한 내구성을 개선시킨다. 또한, 장기재령에서의 강도개선 효과와 내부 수화온도의 상승을 억제하여 높은 수화열에 의한 초기의 온도 균열을 억제시킬 수 있으며, 시공연도의 개선으로 인한 시공성의 향상을 가져오기도 한다.

그러나, 국내에서 생산되는 플라이애쉬는 그 품질이 균일하지 않고 강연감량이 커서 플라이애쉬의 장점을 살리지 못하고 오히려 역효과를 가져오는 경우도 가끔 발생하므로 사용 전에 반드시 불성 시험을 통하여 그 품질을 확인하고, 실내시험을 통하여 그 사용량을 결정하여야 한다.

플라이애쉬의 품질은 미분탄의 품질, 보일러의 연소방법 및 포집방법 등에 따라서 크게 달라지므로 KS L 5405에 적합하여야 하며 특히, 강연감량에 주의를 기울여야 한다.

표 12. 플라이 애쉬의 품질(KS L 5405)

항	분	규정치
화 학 성 분	이산화규소 %	45이상
	습분 %	1이하
	강연감량 %	5이하
물 리 적 성 질	비중	1.95이상
	분말도 비표면적 (브레인방법)cm ² /g	2400이상
	단위수량비 %	102이하
	압축강도비 %	28일 60이상

(2) 슬래그 미분말

용광로(고로) 방식의 세련작업에는 선철과 동시에 주로 알루미늄규산염으로 구성되는 슬래그가 생성된다. 이 용융상태의 슬래그를 물이나 공기등으로 냉각하여 입상화한 것을 고로슬래그라고 부르며, 냉각처리 방법에 따라 제품의 결정상태 및 품질이 달라지고 크게 서냉슬래그, 급냉슬래그 등으로 구분된다. 슬래그는 알칼리 환경 하에서 경화되는 성질(잠재수경성)을 가지고 있으며, 고로시멘트의 원료 또는 콘크리트용 혼화제로서 많이 사용된다. 표 13은 각종 슬래그의 용도를 나타낸 것이다.

고로슬래그는 플라이애쉬에 비해서 제품의 성질이 균일하고, 콘크리트의 수화열에 의한 온도상승, 해수에 대한 저항성 및 장기강도 등이 크게 개선되는 장점을 가지고 있다.

1980년대까지만 하더라도 고로슬래그는 산업폐기물에 지나지 않았으며, 콘크리트 구조물에 대한 실적은 미비하고, 연구 성과도 찾아보기 힘들었지만, 최근 들어서는 콘크리트의 내구성 확보에 많은 장점을 가지고 있는 것으로 생각되어 슬래그 시멘트 또는 슬래그 미분말의 형태로 그 사용량이 증가 추세에 있다.

표 13. 각종 슬래그의 용도

종 류	용 도
서냉슬래그 (피상슬래그)	도로용(표층, 노반, 충전), 콘크리트용 골재, 항만재료, 지반개량재, 시멘트, 클링커원료, 규산석회 비료 등
급냉슬래그 (수쇄슬래그, 입상화슬래그)	고로시멘트, 시멘트 클링커 원료, 콘크리트 혼합재, 경량기포 콘크리트원료, 지반개량재, 세골재, 노반안정처리제, 규산석회 비료, 항만재료 등
반급냉슬래그 (팽창슬래그)	경량콘크리트용 골재, 경량매립재, 기타 보온재

표 14. 고로 슬래그 미분말의 품질 (KS F 2563)

종 류	품 질	고로 슬래그	고로 슬래그	고로 슬래그
		미분말 1종	미분말 1종	미분말 1종
비 중		2.80 이상	2.80이상	2.80이상
비표면적(cm ² /g)		3000~5000	5000~7000	7000~10000
활성도 지수 (%)	재령 7일	55이상	75이상	95이상
	재령 28일	75이상	95이상	105이상
	재령 91일	95이상	105이상	105이상
프로값 비 (%)		95이상	95이상	90이상
산화마그네슘(MgO) (%)		10.0이하	10.0이하	10.0이하
삼산화황(SO ₃)(%)		4.0이하	4.0이하	4.0이하
강열감량(%)		3.0이하	3.0이하	3.0이하
염화물 이온(%)		0.02이하	0.02이하	0.02이하

4. 결 론

지금까지 재료의 품질관리 측면에서 콘크리트의 내구성 확보를 위해 반드시 검토되어야 할 사항에 대해서 기술하였다.

사용재료의 선정 및 품질관리는 시멘트, 골재, 배합수, 혼화재료 및 혼화제 등에 대한 관련 규격의 제시, 재료의 선정에 필요한 주의사항, 그리고 관리 방법에 대해서 기술하였다.

콘크리트의 제조에 사용되는 모든 재료에 대한 사전 검토 및 품질 관리는 콘크리트 구조물의 내구성 확보를 위해서 반드시 선행되어야 하는 절차로써 이러한 절차와 규정이 지켜질 경우 콘크리트 구조물의 내구성능은 더욱 더 증대될 것이며, 그에 따른 구조물의 수명 또한 길어질 것이 분명하다.