

## 고강도화를 위한 고성능AE감수제의 개발

### Development of a Superplasticizer for High Strength Concrete



정 연 식\*

#### 1. 서 론

최근 콘크리트기술과 설계법의 진보에 의해 콘크리트구조물은 대형화, 고강도화되고 있다. 한편 콘크리트의 고강도화, 고내구성화, 고유동화를 위해 무기물계등의 분체재료가 주목을 받고 있다. 이것들의 이용을 가능하게 한 것이 고성능AE감수제이다.

고성능AE감수제는 높은 감수성과 적절한 AE성, 슬럼프유지성을 갖는 혼화제로 일반강도 콘크리트에서 고강도 콘크리트까지 폭 넓은 적용분야를 갖고 있다.

현재, 시판 고강도용 혼화제의 용도는 ① 주로 프리캐스트제품에 사용되고 있는 것과 ② 토목, 건축공사에서 사용되고 있는 것으로 크게 분류할 수 있다. 고성능감수제는 높은 감수성이 나타나지만 경시에 따른 슬럼프저하가 커서 Mixing한 후 단시간내에 타설할 수 있는 경우에만 그 사용이 한정되어 있다.

한편, 고성능AE감수제는 높은 감수성과 장시간에 걸쳐 슬럼프를 유지하고 또한 적절한 공기 연행성을 갖고 있기 때문에 현장 시공에 적합하다.

본문은 현장 타설 고강도콘크리트용 혼화제로 사용되고 있는 고성능AE감수제의 주요성분의 종류, 추정화학 구조식, 작용기부 및 고강도콘크리트에의 적용에 관해 언급한 것이다.

#### 2. 콘크리트 고강도화 수단

콘크리트의 강도는 ① 시멘트 페이스트강도, ② 골재의 강도, ③ 골재와 페이스트의 계면 부착강도의 조합에 좌우되는 것이 일반적으로 알려져 있고 고강도화를 위해 이것들을 개선할 필요가 있다.

콘크리트의 강도가 높을수록 골재 강도의 영향 정도가 크게 되고<sup>(1,2)</sup> 또한 그 표면 상태는 페이스트와의 부착강도에도 영향을 미친다<sup>(3,4)</sup>. 그렇기 때문에 고강도 콘크리트를 제조할 때는 골재의 선정이 중요한 과제로 된다.

과거 압축 강도 이론으로서는 「불시멘트비설」과 「시멘트공극비설」이 제창되고 있지만 기본적으로는 porosity이론에 기본을 두고 있고 시멘트

\* 경기화학(주) 연구개발센터 시멘트·콘크리트연구소

본 소고는 「Cement·Concrete(No.548)」 1992년 8월호 저널에 Kazumi Kodama, et al.이 발표한 'Development of a Superplasticizer for High Strength Concrete' 기사를 번역한 것입니다.



크리트를 얻기 위해서는 물시멘트비를 저감시킴과 동시에 보다 적은 단위 수량으로 소요의 작업성을 확보하는 것이 필요하고 고성능AE감수제와 같은 높은 감수 성능을 갖는 혼화제의 사용이 필수 불가결하다.

### 3. 시판 고성능AE감수제의 화학 구조

현재 일본에서 이용되고 있는 고강도 콘크리트용 고성능AE감수제는 혼화제 입체에서 상당수 시판되고 있지만 주성분별로 다음과 같이 4가지로 분류할 수 있다.

- ① 나프탈렌계
- ② 폴리카르본산계
- ③ 멜라민계
- ④ 아미노술폰산계

이것들은 감수성 성분을 주체로한 분류이고 고성능AE감수제에 부여되고 있는 슬립프 유지기능에 의해 다음과 같이 3종류로 크게 분류할 수 있다.

- ① 2성분계[분산성(감수성) 성분+분산유지성분]
- ② 2성분계[분산유지성을 함유한 분산성(감수성) 성분+분산유지성분]
- ③ 1성분계[분산유지성을 함유한 분산성(감수성) 성분]

그림3에 분산 성분과 분산 유지 성분을 함유한 분산성 성분의 추정 화학 구조를 나타냈다. 또한 이것들의 주요 분산성(감수성)성분의 구조를 상징적으로 표시한 것이고 동일 성분계에 속하는 것이라도 동일 성분을 포함한다고는 말할 수 없다.

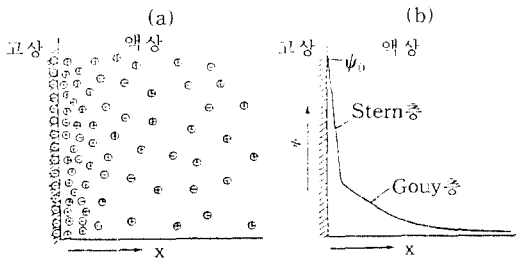


그림 4 고-액계면의 전기2중층<sup>(6)</sup>

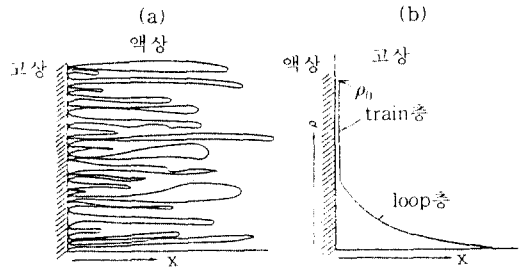


그림 5 고-액계면에서의 고분자 흡착층<sup>(6)</sup>

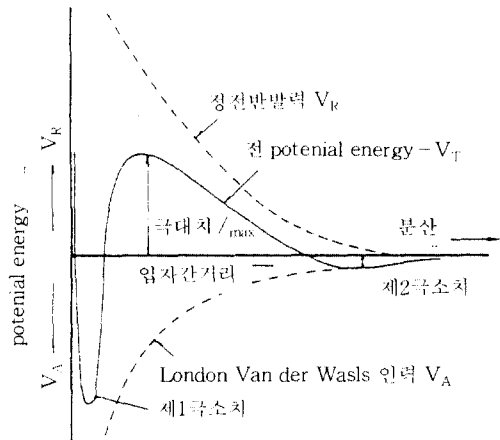


그림 6 DLVO이론에 의한 potential energy곡선<sup>(7)</sup>

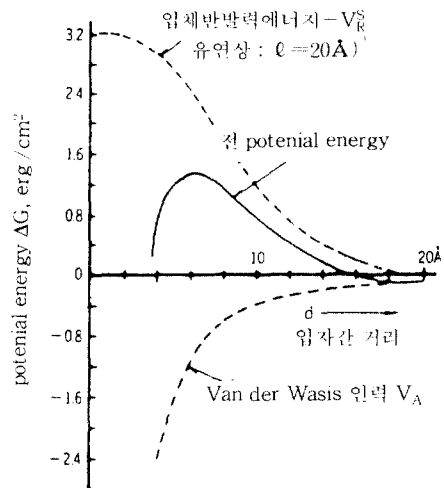


그림 7 입체적효과이론에 의한 potential energy곡선

## 4. 고성능AE감수제의 작용기구

### 4.1 분산 기구

고강도 콘크리트를 제조하기 위해서 낮은 물시멘트비에서 결합재 입자(시멘트, slag, silica fume 등)의 분산성을 높일 필요가 있다.

분산계를 생성하는 방법에는 2가지 방법이 있고 큰 응집체를 기계적 없이 물리화학적으로 미세화하는 [분산법]과 분자와 이온등을 집합시켜 비립자화하는 [응집법]이 있다<sup>(6)</sup>. 따라서 감수제에 의한 결합재 입자 분산계의 생성법은 전자에 속하는 것이 된다.

결합재 입자의 분산계를 안정화시키기 위해서는 계면 전기적으로 그림4<sup>(6)</sup>에 표시되어 있는 것과 같이 결합재 입자 표면 근방에 형성된 전기 2중층에 의한 Zeta전위를 크게하고 그림6<sup>(7)</sup>에 표시된 정전기적 반발력을 높이는 것이 필요하다. 또한 입체효과적으로는 그림5<sup>(6)</sup>에 표시된 것과 같이 결합재 입자 표면에 흡착한 분산성 고분자가 train층과는 반대측의 액층을 향해 3차원적인 퍼짐을 갖고 있는 것으로 그림7<sup>(7)</sup>과 같이 입체적 반발력을 갖고 있는 것이다.

나프탈렌계와 멜라민계등의 감수제 작용기구는 그림 4와 그림 6을 이용해서 DLVO이론에 의해 종래부터 충분히 설명되어져 있기 때문에<sup>(9)</sup> 여기서 생략한다.

최근 새로운 분산 성분으로서 폴리카르본산과 아미노슬폰산을 주성분으로 한 고성능AE감수제가 시판되고 있지만 이것들의 감수 기구는 DLVO이론만으로는 설명할 수 없다는 것이 명백히 확인되었다. 그림8은 Kodama가 행한 실험 결과이고 각종 감수성 성분의 사용량과 Zeta전위의 관계를 표시한 것이다. 나프탈렌계와 멜라민계에서는 높은 Zeta전위를 가지고 있고 고분산성 즉 고감수성을 나타낸다. 이에 반해 폴리카르본산계의 Zeta전위의 최대치는 나프탈렌계의 약50%정도 이고 Zeta전위만으로는 폴리카르본산계를 포함하는 고감수성을 설명할 수 없다.

그림9<sup>(10)</sup>에 고-액계면에 있어서 고분자의 여러 형태의 흡착상태를 표시했다. 이와 같이 결합재

입자에 대한 흡착 형태는 고분자의 종류와 구조에의 차이 때문에 감수 성능과 슬럼프 유지 성능에 큰 영향을 미친다고 생각된다.

나프탈렌계와 멜라민계는 강직한 봉상 분자 구조를 갖고 있는 것으로 추정되고 그림9(f)의 흡착 형태를 가지는 것으로 생각된다. 한편 폴리카르본산계는 그 구조에서 그림9(h)의 빗살형의 흡착 형태를, 아미노슬폰산계는 그림9(a) 혹은 (g)의 형태를 취하는 것으로 추정한다.

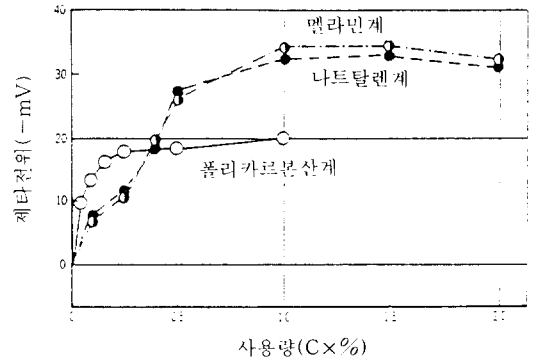
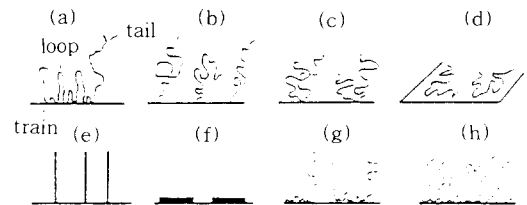


그림 8 고성능감수제의 사용량과 제타전위와의 관계



- (a) 호모폴리머(loop tail train모델)
- (b) 말단흡착(tail)
- (c) 일점흡착(2개의 tail)
- (d) 평상흡착
- (e) 강직상의 수직흡착
- (f) 강직상의 가로흡착
- (g) 좌 : AB형 우 : ABA형 블록공중합체의 loop tail train흡착
- (h) 그래프트공중합체의 치아형흡착

그림 9 흡착고분자사상의 여러 형태

이와 같은 고분자는 결합재 입자 표면에 그림5(a)와 같은 흡착층을 형성하고 그림5(b)에 표시한 segment 밀도 분포곡선을 나타낸다고 알려져 있다. 그림5(b)에서 train층에서 loop층의 경계면

에서 큰 밀도 변화가 있고 이것은 그림4에 표시한 전기 2중층의 구조와 유사하다는 것을 알 수 있다. 따라서 전기 2중층에 의한 정전기적 반발력과 고분자 흡착층의 상호 작용에 기본을 둔 입체적 반발력과는 현상적으로는 유사한 성질이 있다는 것을 알 수 있다.

입체적 반발력은 흡착 고분자의 구조와 흡착 형태 혹은 흡착층의 두께등에 의한 entropy 효과로서 산출되는 값이고 이 입체반발력에 의해 분산계의 안정성이 확보된다.

그림7에 입체 반발력이 생길 때 입자간의 potential energy 곡선을 model로서 표시 했지만 입체 반발력( $V_R$ )과 Van der Waals인력( $V_A$ )의 총화(전potential energy :  $V_T$ )가 움직이는 힘이고 총화가 +이면 분산 상태로 -이면 응집 상태가 되는 것을 나타낸다. 따라서 결과적으로는 DLVO 이론과 유사한 성질이 있다는 것을 알 수 있다. 또한 Fischer와 Ottewill은 침투압 효과 이론으로서 이론을 제안하고 있다(6,11,12).

단 이것은 전기 2중층과 고분자의 흡착이 별도로 존재할 때의 설명이고 폴리카르본산과 같은 양음이 동시에 존재한다고 생각되어지는 경우에는 보다 복잡한 성질을 표시하는 것으로 추정된다.

#### 4.2 분산 유지 기구

전항에 설명한 것과 같이 나프탈렌계, 멜라민계, 폴리카르본산계등의 고분자는 여러 가지 형태를 취하면서 결합재 입자에 흡착해 있지만 결합재는 당연한 것이지만 불활성이 아니고 경시에 따른 수화반응이 진행되는 대단히 활성 한 머릿자이다. 따라서 이것들의 표면에 흡착한 고분자는 수화물에 둘러 쌓여지기도 하고 전기적으로 중화되기 때문에 그림6과 그림7에 표시한 정전기적 반발력과 입체적 반발력은 점점 저하에서 평형이 파괴되고 드디어는 Van der Waals인력이 작용해서 응집이 시작된다. 이것이 「slump loss」라고 불리어 지는 것이다. 그림10에 시멘트 페이스트의 혼합후 경시 시간과 Zeta 전위와의 관계를, 그림11에 콘크리트 시험에 있어서 슬럼프의 경시 변화를 표시했다.

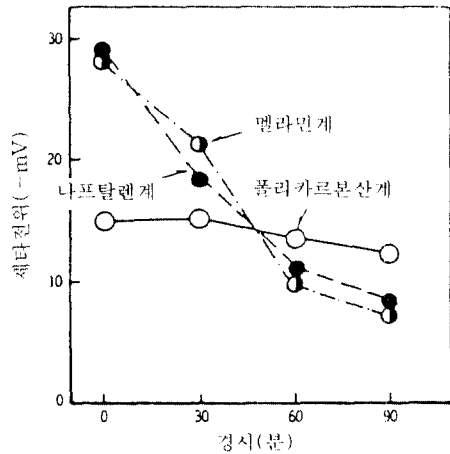


그림 10 각종 고성능감수제를 사용한 시멘트 페이스트의 경시와 제타전위와의 관계

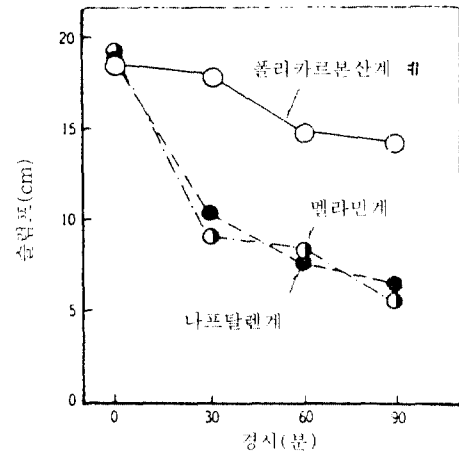
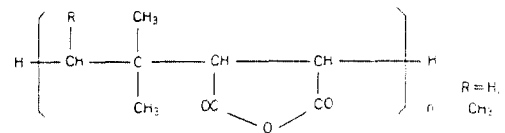


그림 11 각종 고성능감수제사용시의 경시와 슬럼프와의 관계

반응성 고분자(서방제)



활성연속폴리머

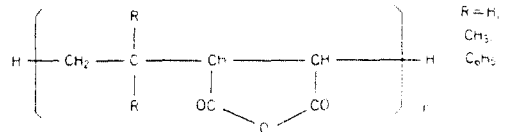


그림 12 반응성 고분자와 활성 연속폴리머의 추정 화학식

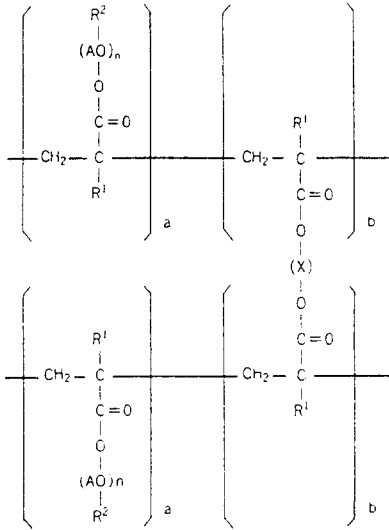


그림 13 가교폴리마의 화학구조식

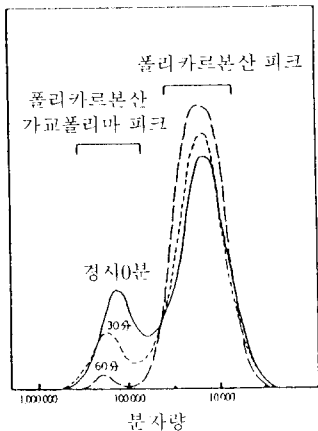


그림 14 pH 12.5수용액에서 폴리카르본산 가교폴리마의 분자량 분포의 경시변화

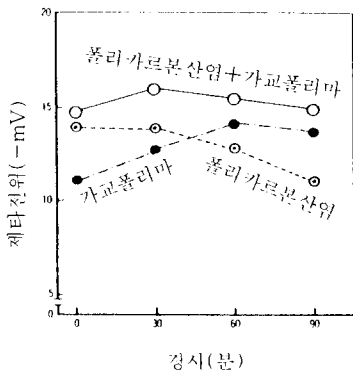


그림 15 가교폴리마가 제타전위에 미치는 효과

폴리카르본산계에서는 흡착층이 함몰하고 세그먼트밀도가 일정치 이하가 될때까지는 반발력이 유지 되기 때문에 전기 2중층에 의한 분산성을 나타내는 나프탈렌술폰산계와 멜라민술폰산계 감수제와는 틀리고 장시간 슬럼프가 유지된다. 이와 같이 일성분 정도로도 슬럼프 유지성을 갖는 것도 있지만 몇개인가의 분산성 성분계에는 서방제, 반응성 고분자, 활성 연속 폴리머 혹은 가교 폴리머 등을 배합해서 슬럼프 유지성을 확보하고 있다. 그림12에 서방제와 활성 연속 폴리머의 추정 화학구조식을, 그림13에 가교 폴리머의 구조식을 표시했다.

서방제와 활성 연속 폴리머의 작용기구에 대해서는 이미 몇개의 연구보고<sup>(13,14)</sup>가 있기 때문에 생략하고 여기에서는 그림13에 표시한 가교 폴리머의 슬럼프 유지 기구의 개략을 설명 한다.

여기에서 취급되는 가교 폴리머는 알칼리에 의한 에스테르 결합의 가수 분해 반응성을 이용한 폴리 카르본산 가교체이다. 이 가교 폴리머는 그림14의 실선에 표시한 것과 같은 분자량 분포를 갖는 고분자 화합물이고 용액의 pH가 12~13이 되면 그림14에 표시한 것과 같이 경시에 따른 가교 부분이 서서히 절단되고 결합재 입자에 대해서 분산성을 갖는 폴리 카르본산이 방출된다<sup>(15)</sup>.

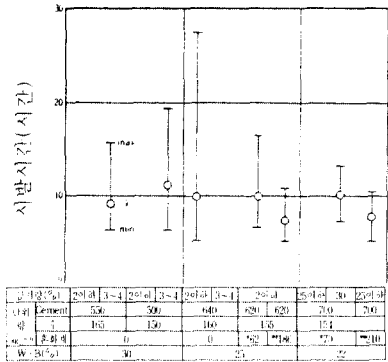
그림15에 폴리 카르본산염을 단독 사용한 경우와 가교 폴리머를 병용한 경우의 제타 전위의 경시 변화를 표시했다. 폴리카르본산 단독계에서는 수화 반응의 진행과 함께 제타 전위가 감소하지만 가교 폴리머의 병용계에서는 시멘트 수화 반응 진행과 함께 분산성 성분이 서서히 방출되고 제타 전위의 감소가 억제되고 있는 것을 알 수 있다.

또한 가교 폴리머의 알칼리 가수 분해 생성물도 폴리 카르본산계 분산제와 같은 구조를 갖고 전기 2중층에 의한 정전기적 반발력과 동시에 입체적 반발력도 가지고 있기 때문에 슬럼프 유지 효과는 보다 우수하다.

## 5. 고강도 콘크리트에의 적용

현재 작용기구가 틀린 10종류의 고성능AE감수제가 '고강도 콘크리트용'으로서 시판되고 있다.

이것들 10종류의 고성능 AE감수제에 대해 일본 건설성 총 프로젝트 'New RC'의 연구 일환으로서 건설성 건축 연구소와 콘크리트용 화학 혼화제 협회가 공동 연구로서 실시한 실험결과<sup>(16~18)</sup>을 요약해서 표1 및 그림16~21에 표시했다. 실험은 매년 1사 1명칭으로 하고 전체 9~10명칭의 혼화제에 대해 동일 배합으로 성능을 검토하고 매년 적은 쪽으로 물시멘트비를 변화시켰다. 대부분의 메이커는 보다 고강도화 되고 혼화제의 종류가 변화할 때마다 그것에 적합한 혼화제 명칭을 바꾸었다. 혼화제 성분구성의 상세한 것은 각사의 노우하우에 속하는 문제는 아니다.



[혼화제의 \*는 실리카흄, \*\*는 그래프를 표시함, 그림 17, 그림 18도 같음]

그림 16 고강도콘크리트의 압축강도별 응결시간(시발) (16, 17, 18)

표 1 고강도 콘크리트 시험결과와 일람표<sup>(16, 17, 18)</sup>

W/B(%)		30				25				22			
시리즈		I		II		I		II		I		II	
단위량 (kg/cm <sup>3</sup> )	결합수	C:550		C:500		C:640		C+SF: 620	C+Sg: 620	C+SF:700		C+Sg: 700	
	물	165		150		160		155		154		210	
혼화제		0		0		0		62	166	70		210	
목표슬럼프		18~23cm				21~26cm				25cm(슬럼프프로:50~60)			
목표강기량		2%이하	3~4%	2%이하	3~4%	2%이하	3~4%	2%이하		2.5%이하	3.0%	2.5%이하	
사용량(B×%)		1.81	1.79	2.31	2.31	3.06	3.17	2.32	1.67	2.59	2.68	1.97	
슬럼프(cm)		21.0	20.8	20.4	19.7	24.2	24.0	24.6	24.9	24.6	25.5	27.1	
슬럼프프로(cm)		34.1	33.0	33.3	33.1	48.6	48.4	52.6	53.6	50.6	54.3	62.4	
슬럼프프로속도 (cm/s)		0.35	0.40	0.18	0.24	0.25	0.24	0.43	0.36	0.37	0.30	0.29	
공기량(%)		2.0	3.5	2.4	3.6	1.8	3.5	1.4	1.4	1.5	3.1	1.4	
단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> )		2421	2385	2425	2391	2455	2416	2448	2452	2437	2381	2449	
콘크리트온도(°C)		22.8	22.1	22.0	22.3	23.7	23.7	21.2	22.6	22.1	21.6	23.6	
응결시간(시발) 시-분		9-17		11-03		9-56		9-50		7-18		10-17 7-50	
슬럼프경사변화 (90분까지)		-5.8		-5.6		-4.1		-0.1		-1.3		-2.7	
압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	1일	242	238	220	202	287	276	344	240	396	418	333	
	3일	583	539	563	532	614	585	678	564	768	726	818	
	7일	733	683	758	722	808	744	847	805	833	879	1031	
	28일	910	863	900	844	963	926	1175	1130	1206	1121	1310	
	91일	1031	841	1082	1007	1121	1030	1268	1201	1388	1317	1310	
정탄성계수28일 (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )		3.87	3.78	4.16	4.04	4.01	3.94	4.24	4.27	4.17	4.05	4.04	
긴조수축 6개월 (×10 <sup>-4</sup> )		-	8.38	-	8.56	6.94	-	5.88	5.79	8.38	6.22	5.32	
내구성합격수 */시험수		5/9	9/9	4/9	9/9	8/10	10/10	2/10	10/10	8/9	9/9	4/4	
기포간격계수(μm)		581	234	634	266	717	295	808	855	802	274	850	

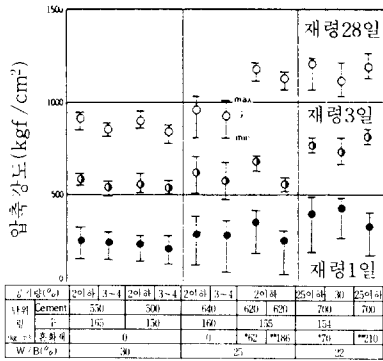


그림 17 고강도 콘크리트의 압축강도 (16, 17, 18)

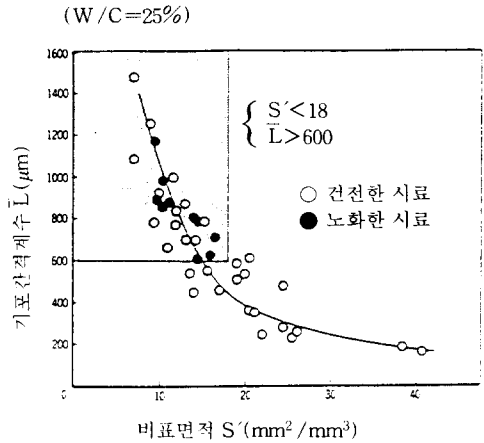


그림 20 고강도 콘크리트의 비표면적과 기포간격계수와의 관계 [문헌17)에 의해 작성]

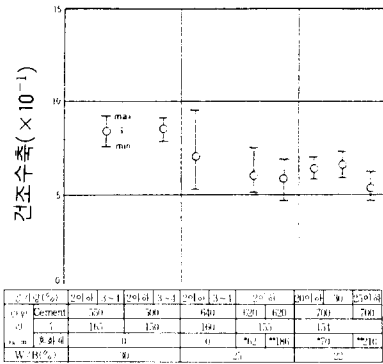


그림 18 고강도 콘크리트의 강도별 건조수축 (16, 17, 18)

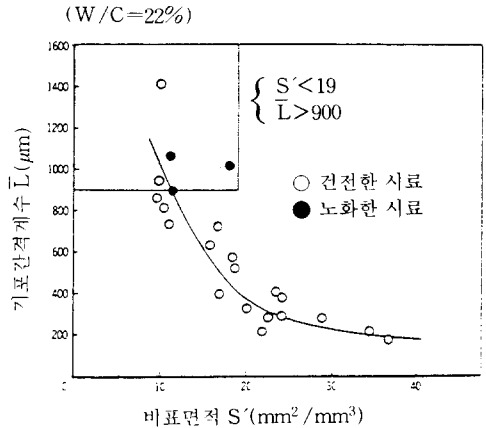


그림 21 고강도 콘크리트의 비표면적과 기포간격계수와의 관계 [문헌18)에 의해 작성]

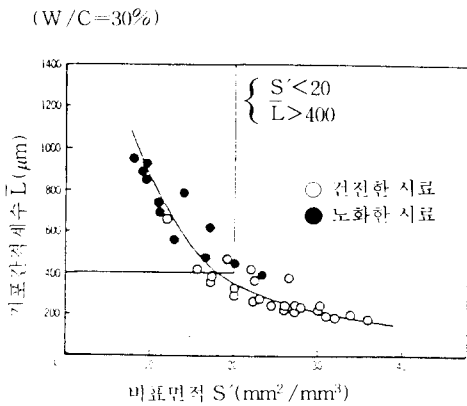


그림 19 고강도 콘크리트의 비표면적과 기포간격계수와의 관계 [문헌16)에 의해 작성]

실험한 혼화제는 어느 쪽도 물시멘트비(물결합비비)30, 25, 22%라고하는 초저 물시멘트비에서도 슬럼프 경시 변화가 적고 현장 타설이 가능한 콘크리트를 제조할 수 있음을 알 수 있다. 단 콘크리트의 점성은 물시멘트비가 적을수록 증대하고 그 정도는 혼화제의 종류에 따라 틀리다. 또한 혼합의 좋고 나쁨도 혼화제의 종류와 그 유무, 혼화제의 종류에 의해 대폭 틀리다. 거의 동일한 연합을 주기 위해 혼화제의 사용량이 많은 것은 혼련성, 점성의 면에서 불리한 것 같다.



콘크리트의 응결은 통상의 콘크리트에 비교해서 늦어지고 물시멘트비가 작을수록 또한 혼화제의 사용량이 많을수록 늦어지는 경향이 있다. 응결의 늦어짐은 재령 1일의 강도 발현을 늦어지게 한다.

압축강도는 통상의 콘크리트의 경우 동일 배합이면 고성능AE감수제의 종류에 의해 큰 차이는 없지만 고강도화가 되면 혼화제에 의한 차는 커지는 경향이 있다. 일련의 실험중에서 최고 1400kgf/cm<sup>2</sup>의 콘크리트가 얻어졌다. 또한 압축강도는 공기량의 도입에 의해 저하하고 그 정도는 공기량 1%에 대해 3~4%이다.

길이 변화율은 혼화제의 종류에 의해 동일 배합, 동일 슬럼프에서도 틀리고 혼화제 사용량이 많고 또한 응결 시간이 길어질수록 크게되는 경향이 있는 것 같다. 또한 공기량은 길이 변화를 증대시키는 경향이 있다. 실리카흄, 고로 슬래그미분말의 혼입은 길이 변화를 저감시키는 효과가 있다.

동결 용해에 대한 저항성은 물시멘트비가 저할수록 증대하고 저물시멘트비에서는 필수적으로 공기량을 필요로 하지 않지만 혼화제의 종류, 혼화제의 종류에 의해 노화를 초래하는 것이 있기 때문에 미리 확인하지 않은 경우 충분한 내동해성을 확보하기 위해서는 약간의 공기량을 도입할 필요가 있다. 고로 슬래그 미분말의 도입은 도약적으로 내동해성을 향상시키지만 실리카흄에 대해서는 금후 검토를 요한다.

금후 점성이 낮은 고내구성에서 고강도 콘크리트를 제조하기 위해서는 혼화제의 종류, 사용량과 시멘트 페이스트 경화체와 미세 구조와의 관계에 대해서 더욱 연구할 필요가 있다.

## 6. 끝맺음

콘크리트의 고강도화를 위한 고성능AE감수제를 테마로 고강도화의 이론 및 고성능AE감수제의 종류와 작용기구에 대해 개략적으로 설명했고 고강도 콘크리트용으로 시중에 나온 고성능AE감수제의 성능과 문제점을 일련의 실험시리즈의 결과로 고찰했다. 시멘트의 분산과 분산 유지 기구에

대해서는 종래의 설에 새로운 생각과 그것에 기본을 둔 제품 성능의 일면을 설명했다.

콘크리트 시험에서 볼수 있듯이 성능이 어느 일정 수준이상인 고성능AE감수제이면 고 물시멘트비의 콘크리트에서는 혼화제 사이의 성능에 따른 별 차이가 보이지 않지만 보다 적은 물시멘트비가 되면 콘크리트가 고강도화에 따라 혼화제 사이의 성능차가 표면화하는 경향이 있다. 그러나 이 일련의 실험만으로는 혼화제종류 사이의 장단을 말할수 없고 이것에 관해서는 금후 한층 데이터의 축적이 요망된다.

## 참 고 문 헌

1. 友澤史紀 / 高強度コンクリートの配合と基礎的物性, 建設省建築研究所年報 pp.49-54, 1987
2. 久保田晶吳 / RC造超高層建物用コンクリートに関する研究(その7.高強度化のための要因), 日本建築學會大會學術講演概要集, pp.567-568, 1989. 10
3. 林野奎二 / 各種灰石骨材とセメントペーストとの付着特性, 第2回コンクリート工學年次講演會論文集 pp.93-96, 1980
4. 鈴木阮他 / 骨材とセメントペーストとの付着特性について, セメント技術 年報29 pp.139-142, 1975
5. Della M. Roy et.al / High Strength Generation in Cement Pastes, CEMENT and CONCRETE RESEARCH, Vol.3, pp.807-820, 1973
6. 北原文雄, 古託邦夫 / 分散.乳化系の化學, 工學圖書(株), 1980
7. T.Sato, R. Ruch / Surfactant Science Series 9. Stabilixation of Colloidal Dispersions by Polymer Adsorption, Marcel Dekker, Lnc, N, Y, 1980
8. 田中義夫 / 高性能AE減水劑の化學構造と作用機構, (株)エヌエムビー研究 年報 NO.9, 1992
9. ①腹部健一 / 特殊減水劑の物性と高強度發現機構, コンクリート工學vol.1 4, No.3, pp.12-19, 1976
- ②兒玉和己 / 高性能減水劑のメカニズム, セメント.コンクリート No.427, pp.8-16, Sept.1982
10. 高橋彰 / 界面における高分子の役活, 界面における高分子の構造制御と 機能發現, 高分子學會東海シンポジウム,, pp.1-4, 1990

11. M.Gratzel, Solar Energy Materials, Ed. M.J. Clarke, et al. /Springerverlag, berlin, 1992
12. 鵜林三郎 /コンドロイチン硫酸イオンの懸濁粒子に対する吸着とそれによって見られる分散, 凝集作用, 表面, Vol.23, PP.8-, 1982
13. 岸谷孝一 /新高性能AE減水剤によるコンクリートのスランプコントロール, セメント, コンクリート No.478, pp.7-14, Dec, 1986
14. 新, コンクリート用混和材一技術と市長一, (株)シーエムシー, pp.31
15. 植田實 /架橋ポリマーおを用いた高性能AE減水剤の特性(その1, 架橋ポリマーの作用機構), 日本建築學會大會學術講演概要集, 1992,8
16. 建設省總合技術開發プロジェクト, 平成元年高強度コンクリート分科會 報告書, 國土開發技術研究センター, 1990, 3
17. 建設省總合技術開發プロジェクト, 平成元年高強度コンクリート分科會 報告書, 國土開發技術研究センター, 1991, 3
18. 建設省總合技術開發プロジェクト, 平成元年高強度コンクリート分科會 報告書, 國土開發技術研究センター, 1992, 3

## 도서발간 안내

### 철근콘크리트(건축) 구조설계 도표집

본 도표집은 극한강도 설계법에 의한 철근콘크리트구조 설계를 위한 보조도서로서 도표 또는 그림을 이용하여 설계를 쉽고 빠르게 할 수 있도록 집필하였다. 설계과정에서 반복되는 계산을 함축하여 계산 과정을 단축시켜 설계 실무에 도움을 주고자 하였다.

극한강도 설계공식에 근거되어 설계 도표를 작성하였으며, 도표 작성의 근거를 밝히고 사용법을 설명하였다. 또한 설계예제를 통하여 적용실례를 보여 주어 활용성을 높이고자 하였다.

본 도표집은 모두 3권으로 구성되어 각각 다음 부재 설계를 내용으로 한다.

#### 제 1 권 보, 브라켓, 기초의 설계

- 1) 단근장방형보
- 2) 복근장방형보
- 3) T형보
- 4) 브라켓, 전단마찰 부재
- 5) 장방형기초

#### 제 2 권 기둥, 벽체의 설계

- 1) 기둥 : 장방형 및 원형단면
- 2) 벽체

#### 제 3 권 슬래브의 설계

- 1) 일방향 슬래브
- 2) 이방향 슬래브 : 직접설계법, 동가결조법

• 본 학회에서 발행하는 위 도서는 1994년 12월중 발간에정입니다.