

# 高性能 減水劑 및 AE減水劑의 特性和 利用

金 和 中

慶北大學校 工科大學 建築工學科 助教授

## 1. 序論

最近 각종의 流動化劑 및 고성능 감수제 등의 개발은 콘크리트의 성능 향상에 따른 종래 콘크리트 구조물의 문제점 해결과 설계, 시공법에 새로운 機軸을 모색하게 하고 있다. 이것은 建設技術의 현저한 진보에 따라 構造物의 규모가 大型化되어 가고 工事의 질적 내용이 고도화, 복잡화되어 가는 등 요구가 다양화되어 가고 있어 콘크리트의 耐久性 向上에 대한 要望이 일반적으로 강하고, 다른 한편으로는 천연자원과 에너지에 관한 要請도 큰 사회적 과제가 되고 있기 때문이라고 할 수 있다.

이와 같은 요구에 부합하기 위해서 종래에는 시멘트의 성능을 改良하는 것이 생각되었지만, 現場에 있어서의 다양한 요구에 부응하기 위해서는 사용목적에 적합한 混和材料를 開發하여 實用化하는 方法이 보다 경제적이고 또한 의미가 깊다고 생각된다.

따라서 本稿에서는 이러한 혼화재료와 관련된 최근의 動向과 今後の 展望에 대해서 記述하고자 한다.

## 2. AE減水劑의 特性

AE감수제는 界面活性劑系에 속하며, 이 계통에 속하는 것으로 이외에 AE제, 高性能 減水劑, 流動化劑 등이 있고, 현재의 혼화제에 있어 主流를 차지하고 있다.

### 2.1 AE減水劑

AE제는 콘크리트중에 직경 10~250 $\mu$  정도의 球狀을

하고 있는 독립된 氣泡이며, 즉 기포를 골고루 분포시키는 역할을 하는 혼화제이다. 그 결과 콘크리트의 워커빌리티가 대폭 좋아지고, 凍害 등에 대해서도 강한 성질을 갖게 한다. 그러나, 콘크리트에 공기를 도입한 경우 좋지 않은 현상으로서 공기량 1%에 대해 4% 진후의 강도저하가 있다고 하는 것이다.

감수제는 시멘트입자를 콘크리트의 재료 중에 분산시키는 것에 의해, 콘크리트의 水量을 Plain콘크리트보다 10%~20% 감소시키는 혼화제이다. 그 결과 콘크리트의 강도는 향상되고, 中性化를 줄이며, 水密性, 耐久性을 대폭 개선시킨다. 감수제로서 그 위에 콘크리트중에 공기를 도입하는 경우는 "AE減水劑"라고 부른다.

이상과 같은 것에서 『일본토목학회 콘크리트 표준시방서』에서는 내구성을 필요로 하는 콘크리트, 寒中콘크리트, 輕量콘크리트 등에는 AE콘크리트(AE감수제 콘크리트)를 사용하고 水密콘크리트나 海洋콘크리트, 水中콘크리트 등에도 AE제, AE감수제의 사용을 권장하고 있다.

또한 혼화제의 주성분은 제조업사에 의해서는 명확하지 않고, 또 성분의 표현도 각자 말을 달리하기 때문에 정확한 실태를 알기 어렵지만 현재 시판되고 있는 중요한 것은 다음과 같으며, 사용할 때에는 혼화제의 성능을 충분히 파악하여 사용목적에 적합한 제품을 선택하는 것이 중요하다.

#### 1) AE제

- 樹脂酸鹽類
- 高級알콜 硫酸 에스테르
- 폴리옥시에틸렌 알킬아릴에테르

- ..알킬아릴술폰산염
- ..알킬올아미드

2) 감수제

- ..옥시카르보산염
- ..리그닌 술폰산염
- ..포리올복합체
- ..나프탈렌술폰산 포르말린축합물

3) AE감수제

- ..리그닌 술폰산칼슘
- ..폴리옥시에틸렌 알킬아릴에테르
- ..高級多價알콜술폰산염
- ..creosote油 술폰산포르말린축합물

2.2 AE減水劑의 效用

AE감수제는 AE제의 空氣導入에 의한 減水効果와 分散作用에 의한 減水效果를 겸비하고 있기 때문에, AE 콘크리트보다 더욱 더 큰 減水效果가 얻어진다. 그외의 효과도 같고, 작업성이나 凍結融解作用에 대한 내구성의 개선 등, 다음과 같은 여러 가지의 것이 기대 가능하다.

- 1) 單位數量을 감소(10-15%)하는 것이 가능하다.
- 2) 작업성이 개선된다.
- 3) 단위 시멘트량이 감소(5-10%) 가능하다.
- 4) 수밀성 및 내구성이 증대된다.
- 5) 단위시멘트량의 절감에 따라 시멘트의 수화열에 의한 콘크리트 온도의 상승을 낮게 감하는 것이 가능하다.
- 6) 강도가 증가(10-20%)한다.
- 7) 응결지연의 조절이 가능하다. 단, 시간경과에 의한 슬럼프 저하를 방지하는 효과는 거의 기대될 수 없다.

3. AE減水劑의 이용

AE제, AE감수제등의 혼화제는 종류가 많고, 화학 성분도 다르고, 用途도 다르다. 일본 건축학회의 『콘크리

트 표면활성제 사용 지침안』은 각종 콘크리트에 推奨되는 表面活性劑를 종합하고 있다(표 1).<sup>1)</sup>

표 1. 각종 콘크리트에 推奨되는 表面活性劑 一覽表

條 件	콘크리트 種類	表面活性劑의 種類		
		A E 劑	減水劑	AE減水劑
			標 運 促 準 延 進 形 形 形	標 運 促 準 延 進 形 形 形
材	강모래 콘크리트	◎	○	◎
料	碎石, 碎砂, 高爐slag	◎	○	◎
	碎石을 이용한 콘크리트	◎	○	◎
部	輕量 콘크리트	◎	○	◎
	Mass 콘크리트	○	○◎×	○◎×
材	高強度 콘크리트	△	○	◎
	寒中 콘크리트	◎	×	◎×◎
施	暑中 콘크리트	○	○◎×	○◎×
	海水의 作用을 받는 콘크리트	○	○	◎
特	水密 콘크리트	○	○	◎
	凍結融解 作用을 받는 콘크리트	◎	×	◎
條	차폐용 콘크리트	○	△△×	◎◎×
	pre-stressed 콘크리트	○	○○×	◎◎×
工	slip form 工法에 이용하는 콘크리트	◎	△	△
	Prepacked 콘크리트	△	○◎×	○◎×

주) ◎: 특히 바람직하다.  
○: 바람직하다.  
△: 사용해도 좋다.  
×: 사용하지 않는 것이 좋다.

AE제, AE감수제 등의 혼화제를 사용하는 경우에는, 그것에 앞서 혼화제의 효과를 시험하여 비비는 것 등에 의해 확인하고, 사용재료, 조합조건, 시공조건 등을 고려한 것외에 더욱 더 적합한 혼화제의 선택과 동시에 사용 중에도 효과의 주의를 주는 것이 중요하다.

최근 혼화제의 사용품종이 많아지고, 예를 들어 표준형, 지연형, 촉진형, 無監化형, 유동화제 등도 있고, 그 위에 혼화제 제조업자들도 한 둘이 아니다. 레미콘 공장에 常時 저장하고 있는 數도 3-5종류에 이르는 정도이다. 그래도 전체 혼화제를 자체로 사용하게 되어 있는 레미콘 공장은 그리 많지 않다. 따라서 지정사용의 경우

는 레미콘 제조업자와 잘 상의하는 것이 중요하다.

혼화제를 저장하고 있는 종류도 많기 때문에 혼화제의 품질이 변하지 않도록 하는 설비와 관리체제가 되어 있지 않으면 안된다. 혼화제의 유형별, 제조업자별로 구별하여, 直射日光이나 열, 漏水, 粉塵, 저장기간 등에 변질되지 않도록 충분히 관리하여, 그것에 대응한 저장방법을 확립하여 둘 필요가 있다. 일반적으로 저장 tank는 철판재가 많으나, 부식하는 것이 심하기 때문에 주의를 요한다.

최근에 엮B제가 사용되는 것이 많아지고 있다. 또한 어느 제조업자도 용해액은 침전하기 쉽기 때문에 보통 교반하는 것에서부터 사용하는 것이 중요하다.

최근 Head tank없는 펌프에 의한 순환 방식이 많아지고 있다.

혼화제는 다른 재료와 비교해 사용량이 작기 때문에 적당한 농도에 희석하여, 수용액으로 사용하는 것이 필요하다.

특히 원액이나 분말의 상태로 사용하는 것은 균일한 콘크리트를 제조하는 것이 곤란할 뿐만 아니라 계량오차(JIS A 5308의 정함에 의하면 계량은 절량, 또는 용적에 의해, 계량오차는 1회 계량분량의 3%이내로 한다)의 규정에서는 벗어날 때 때문에, 이와같이 사용하는 방법은 절대적으로 피하지 않으면 안된다. 혼화제는 萬能이 아니라 하는 것이 잘 알려져 있고, 적정량을 넘어서 過量으로 사용하면, 시멘트 수화반응에 악영향을 미치고, 현저히

응결이 지연되기도 하고, 심한 경우는 硬化不良을 일으키는 것도 있다(그림 1)<sup>2)</sup>

또한 희석작업의 과정에서 용해 실수를 일으키는 경우가 종종 있다. 용해 때 殘量확인, 용해 종료후에 비중계 등에 의한 수용액의 농도의 검토를 행하는 것이 필요하다.

#### 4. 高性能 減水劑와 流動化劑

高性能 減水劑도 減水劑와 명확한 차이가 있는 것은 없지만, 일반적으로 같은 슬럼프의 콘크리트를 만드는 데에 있어서 減水劑의 減水率이 10~20% 정도인데 비하여 高性能 減水劑는 20~30%로 큰 편이고, 물시멘트비가 작아도 슬럼프가 큰 콘크리트를 만들 수 있어 高强度 콘크리트에 이용되기도 한다.

流動化劑도 高性能 減水劑의 일종으로서 같은 성능을 갖고 있지만 적지 않은 水量으로 만들어진 硬練 콘크리트의 성능을 유지하면서 水量을 增加한 것과 같도록 軟練 콘크리트와 같은 워키빌리티를 주어 펌프壓送이나 打設을 용이하게 하기 위해 사용된다. 예를 들어서 슬럼프가 8cm의 콘크리트를 現場으로 운반하여 打設前에 流動化劑를 添加하여 혼합하면 슬럼프가 21cm인 콘크리트가 된다.

AE劑, 減水劑, 高性能 減水劑, 그리고 流動化劑는 모두

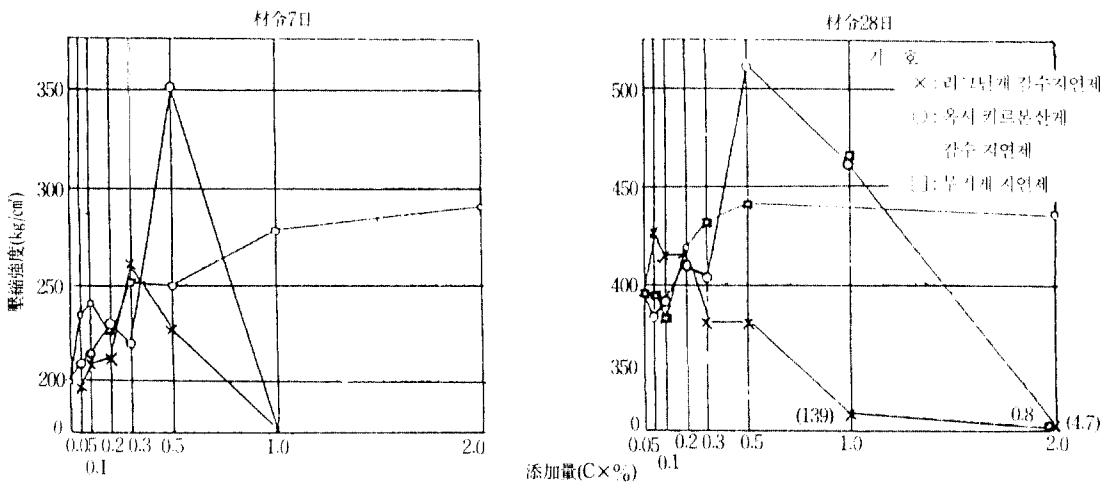


그림 1. 지연제를 가한 양과 콘크리트의 압축강도

界面活性劑이며, 그 대표적인 化學助成과 添加率은 <표 2>에 나타난 것과 같다.<sup>3-5)</sup>

표 2. AE劑, 減水劑, 高性能 減水劑(流動化劑)의 成分, 添加率, 減水率

混和劑의 種類	成 分	添加率(%)	減水率(%)
AE 劑	· 木材樹脂의 鹽類	0.005	5
	· 合成洗劑		
	· 리그닌술폰산의 鹽類		
	· 石炭酸 鹽類		
	· 탄화질 분산의 鹽類		
減水劑	· 지방산과 지방산 유기염류	0.5	10
	· 술폰화 탄화수소의 鹽類		
	· 리그닌술폰산염 혹은 유도체		
	· 고급 알킬-술폰酸鹽		
	· 옥시有機液		
高性能 減水劑	· 폴리온 複合體	~2.5	~20
	· 알킬-아릴-술폰酸		
	· 폴리-옥시-에틸렌		
	· 알킬-에텔		
(流動化劑)	· 多環-芳香族-술폰산염	0.5	20
	· 폴리-알킬-술폰酸鹽		
	· 水溶性 멜라민 樹脂劑		
	· 高縮合 폴리-아민系		
	· 폴리-알킬-아릴-술폰酸鹽	~2.0	~35

#### 4.1 高性能 減水劑의 種類

高性能 減水劑와 流動化劑는, 그 사용목적에 따라 구별 되는데 ACI 212 위원회는 그 보고에서, 高性能 減水劑(High-range water reducing admixture, superplasticizer)의 사용목적을 다음의 3가지로 서술하고 있다.<sup>6)</sup>

- 1) Consistency를 감하는 것 없이 또한 응력시간에 나쁜 영향을 주는 것 없이 모르타르, 콘크리트의 단위수량을 대폭 감소하기 위해서 사용한다.
- 2) 원 배합의 단위수량을 증가시키지 않고, 슬럼프를 현저하게 증대시키기 위해 사용한다.
- 3) 1) 및 2)를 병용할 목적으로 사용하기도 하고, 중 정도의 減水와 슬럼프를 증대시키기 위해 사용한다.

위와 같이, ACI의 분류에 있어 1)의 목적을 위해 사용하는 것이 高性能 減水劑이고, 2)의 목적으로 사용하는 것이 流動化劑라고 말할 수 있다.

高性能 減水劑의 명확한 정의는 없으나, 일반적으로 시멘트입자를 효과적으로 분산시켜 응결의 지연, 과도한 공기도입 및 강도저하 등의 나쁜 영향을 미치는 것 없이 높은 혼입율로 사용되며, 水量을 대폭 감소시키는 것이 가능한 혼화제를 高性能 減水劑라고 한다.

高性能 減水劑의 높은 감수작용을 이용하여, 통상의 콘크리트와 같은 정도의 워커빌리티를 유지시키고, 물시멘트비를 극력 절감하여 고강도 콘크리트를 얻는 경우에는 “高強度 減水劑”라고 불리고 있다.

또 미리 비빈 콘크리트에 高性能 減水劑를 후에 첨가함으로써, 통상의 물시멘트비가 좋은 콘크리트를 얻는 경우에는 “流動化劑”라고 불리고 있다.<sup>7)</sup>

일반적으로 高性能 減水劑, 流動化劑의 주성분은 영국 CIA와 CCA의 보고에 있어서는 나프탈렌 술폰산염 축합물, 멜라민 수지 술폰산염, 변성 리그닌 술폰산염, 카르본산염 등으로 분류되고 있다.

일본에 있어서는 高性能 減水劑로는 나프탈렌 술폰산염 축합물 및 멜라민 수지 술폰산염등을 주성분으로 하는 것이 시판되고 있다. 우리나라의 경우는 나프탈렌 술폰산염 축합물이 주류를 이루고 있다. 유통화제도 이러한 것을 주성분으로 하는 것이 있으며, 공기량의 안정이나 지연성 등을 주는 것도 시판되고 있다. 일반적으로 高性能

표 3. 콘크리트 流動化劑의 品質規準

項目		流動化劑의 種類	標準形	遲延形
슬 럽 프 (cm)		베이스 콘크리트	8±1	
		流動化 콘크리트	18±1	
공 기 량 (cm)		베이스 콘크리트	4.5±0.5	
		流動化 콘크리트	4.5±0.5	
분리도입량의 차 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )			0.1이하	0.2이하
凝結時間의 差 (min)	初 結	結	-30~+90	+60~+210
		結	-30~+90	+210이하
슬럼프의 經時(15분간) 低下 量			4.0이하	4.0이하
공기량의 經時(15분간) 低下 量			1.0이하	1.0이하
壓縮強度比	材 齡	3日	90이상	90이상
	材 齡	7日	90이상	90이상
	材 齡	28日	90이상	90이상
길이變化比(%)			120이하	120이하
凍結融解에 대한 抵抗性 (相對動彈性 係數比)			90이하	90이하

能 減水劑는 감수작용이 크고, 응결지연이나 공기연행등의 악영향을 극도로 작게 하기 위해 첨가량을 증대하는 것이 가능하고, 25-30%의 감수가 가능하다.

그러나 그것에 관계하는 품질규준은 또한 규격화 되어 있지 않다. 한편 流動化劑는 일본의 경우 토목, 건축 두 학회에서 통일된 품질규준이 <표 3>에 나타난 것과 같이 규정되어 있다.

#### 4.2 高性能 減水劑와 流動化劑의 作用機構

高性能 減水劑와 流動化劑의 主成分을 이루는 나프탈렌 술포산염 축합물을 중심으로, 그 作用器具에 대해 간단히 생각해 보기로 하자.

粒子的 分散性和 관련해서는, 隣接하여 대전하고 있는 2粒子間에 활동하는 靜電的인 反發力과 London-van der Waals 引力에서 考察하는 것이 가능하다.<sup>2)</sup> 이러한 것은 Derjaguin-Landau의 소련그룹과 Verwey-Overbeek의 네덜란드그룹이 각각 독자적으로 研究를 進行하고 있는 것이기 때문에 D-L-V-O 理論이라고 한다. 여기에서 靜電的인 反發力이라는 것은 電解質을 함유한 媒質중의 帶電 粒子間에 존재하는 帶電이온의 2中層 形成에 의한 反發力이다. 液中에서는, 粒子가 電荷를 가지고, 그 반대부호의

이온(대이온)이 같은 量으로 반드시 液中에 存在하고, 그 對이온이 帶電한 粒子의 주위에 끌여당기어 모여있다. 이 모양을 도식적으로 나타낸 것이 <그림 2(a)>이고, 이 상태를 電氣 2中層을 形成하고 있다고 말한다. 粒子群이 近接하면 外側의 對이온군이 부딪히 만나, 그 結果로서 電氣的인 反發力이 생기게 된다. 통상, 對이온은 擴散的인 分布를 하기 때문에 <그림 2(b)>에 나타난 것과 같이 表面의 電位는 表面에서의 距離와 같이 서서히 減少한다.

따라서, 電位가 어떤 특정한 위치가 되는 거리는 가져서 2中層의 두께라고 부르고 있다. 이와 같은 電氣의 2中層을 粒子表面近接에서 형성시켜, 입자간에 활동하는 引力(London-van den-Waals力)에 이기는 것으로서, 粒子는 凝集하는 것 없이 안정한 상태를 유지하게 된다. 이것은 2粒子間에 활동하는 힘을 Potential Energy로서 표시하여, 引力과 斥力(反發力)의 조화로 어떤 상호작용 Potential 곡선에서 분명하게 된다.

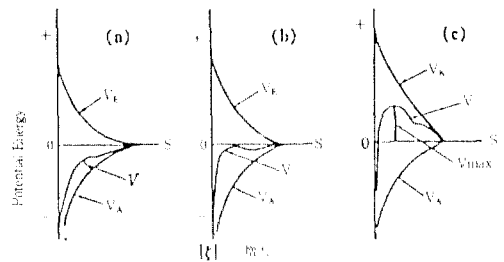
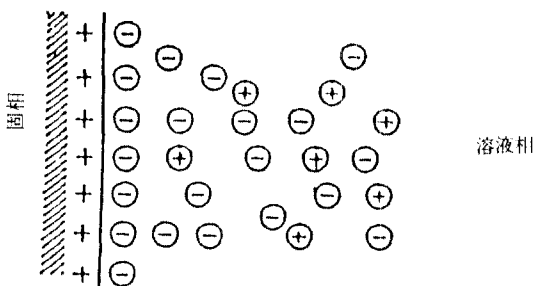


그림 3. 두입자간의 상호작용 Potential Energy 곡선

<그림 3>에 나타난 것처럼, 電氣的인 反發力의 증대에 의해 2입자간에 障壁이 생기고, 입자는 그것 이상 접근하는 것이 가능하고, 입자의 응집이 防止되어, 그 상벽이 큰 정도 입자의 分散狀態가 유지되는 것이 된다.

高性能 減水劑와 流動化劑의 主成分인 나프탈렌 술포산염 축합물은, 시멘트 입자에 吸着하여 진기적인 반발력을 증대시켜, 시멘트 粒子의 分散狀態를 維持하는 역할을 한다고 생각하는 것이 가능하다. 이것은 나프탈렌 술포산염 축합물의 첨가에 의해 시멘트 입자가 큰 負電荷를 가지게 되는 것이 많은 연구자에 의해 실증되고 있는 것에서도 분명하다.

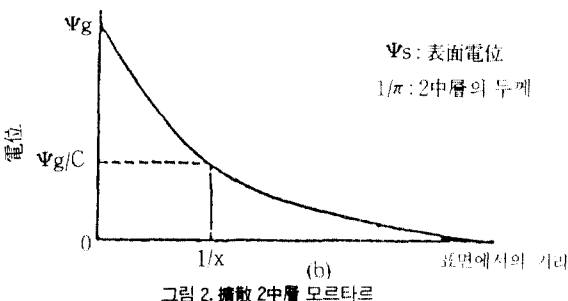
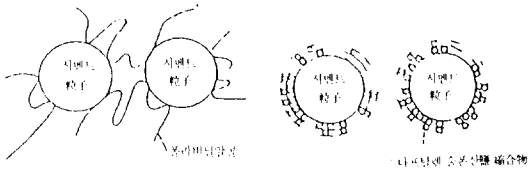


그림 2. 擴散 2中層 모르타르

그리고 폴리비닐알콜의 增粘作用과, 나프탈렌 술폰산염 축합물의 분산작용을 도식적으로 그리면 (그림 4)처럼 된다.



(a) 연결점짐에 의한 凝集作用 (b) 電氣的 反發力에 의한 分散作用  
(폴리비닐알콜) (나프탈렌 술폰산염 축합물)  
그림 4. 有機化合物의 吸着에 의한 各種作用의 道式도

이상과 같이, 高性能 減水劑나 流動化劑의 시멘트풀의 流動性的 改善에 있어, 分散系의 安全性에 관한 D-L-V-O 理論에 기초하여 설명했다. 또한 시멘트 입자가 水和作用을 하기 때문에 통상의 이론이 적용되는 疎水 Colloid와 약간 다른 挙動을 보이는 것도 실용상 중요하고, 이해할 필요가 있다. 나프탈렌 술폰산염 축합물을 시멘트 粒子가 물과 접촉한 後 첨가하면, 통상의 동시에 첨가하는 방법에 비해 낮은 첨가량으로 유동성이 改善된다.

이것은 리그닌 술폰산염의 遲延作用에 있어서 最初發現된 것이고,<sup>10)</sup> 吸着량이 적은 것에도 관계없이, 後添加의 쪽이 큰 負의 표면전위를 나타내는 것에 의한다.<sup>11)</sup> 이것은 통상의 첨가방법에서는 注水直後에 시멘트 광물중의 알루미늄네이트相과 나프탈렌 술폰산 鹽縮合物이 반응하여,<sup>12)</sup> 後添加한 것이 반드시 유효하게 表面에 吸着하지 아니하거나, 후첨가에서 많은 나프탈렌 술폰산염 축합물이 시멘트 粒子표면에 유효하게 吸着하여, 分散作用에 關여하는 것이라고 생각하는 것도 가능하다. 그러므로 後添加의 쪽이 少量의 나프탈렌술폰산염 축합물의 첨가로서, Paste의 流動性を 改善시킬수 있다.

덧붙여, Paste의 유동성에 關하여, 나프탈렌 술폰산염 축합물의 첨가에 의해 유동성을 개선한 경우에는 Rheology 적 기동이 다른 것도 이해할 필요가 있다.

그 一例를 (그림 5)에 나타내었고,<sup>13)</sup> Bingham 流體에서 Newton 유체에 接近한다. 이 때문에, 나프탈렌 술폰산염 축합물을 첨가한 경우, 첨가량의 增加에 따른 Paste의 塑性粘度의 減少보다 降伏値의 減少쪽이 큰 傾向을

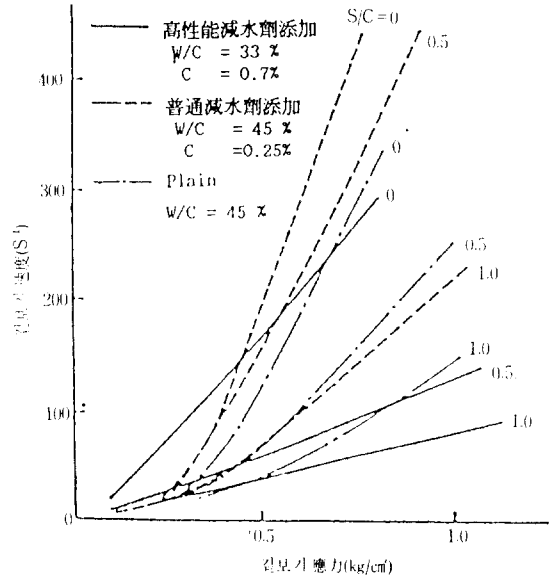


그림 5. 管式粘度計에 의한 流動特性

나타내고 있다.<sup>14)</sup>

이상의 것에 의해, 高性能 減水劑를 多量으로 첨가하여 비비서 水量을 감소시킨 注入 모르타르나, 高強度 콘크리트의 Fresh한 狀態는, 통상의 것과 약간 다른 傾向을 보이고 있다.

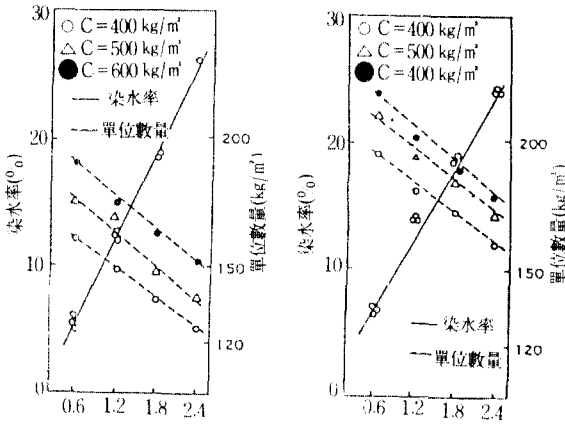
## 5. 高性能 減水劑의 特性

### 1) 減水性

종래의 콘크리트용 화학 混和劑의 경우, 그 減水率은 AE제에서, 8%, 減水劑에서 5%, AE 감수제에서 13% 정도이며, 高性能 減水劑에서는 20% 이상의 減水效果가 얻어진다.

(그림 6)은 슬럼프 8cm와 21cm의 콘크리트에 있어서, 高性能 減水劑의 添加량과 單位水量, 減水率의 關係를 나타낸 것이다. 어느 경우에 있어서도 동일 슬럼프를 얻는 것에 필요한 單位水量은 高性能 減水劑의 첨가량의 증가에 비례하여 직선적으로 감소하고 있다. 이것은 시멘트를 分散시키는 효과가 좋아지고 있는 것 뿐만 아니라 添加量에 의한 影響이 큰 것을 의미하고 있다.

또 高性能 減水劑가 가지고 있는 시멘트의 分散, 減水



시멘트에 대한添加量  
 (a) 보통의 시멘트를 사용한 슬럼프 8±1cm의 경우  
 (b) 보통의 시멘트를 사용한 슬럼프 21±2cm의 경우

그림 6. 고성능 減水劑의 添可量과 減水率과의 關係  
 (폴리알킬아릴 술포나염)

효과는 미리 개어 섞은 시멘트풀에 나중에 첨가한 쪽이 크고, 流動化 콘크리트는 그 원리를 교묘히 이용한 것이다.

### 2) 空氣連行性

高性能 減水劑는, 본래 起泡作用이 없기 때문에 添加量을 증가하여도 콘크리트의 공기량은 거의 변하지 않는다. 이것은 高強度 콘크리트에서는 連行空氣에 의한 強度低下의 비율이 크기 때문에, 高強度用 減水劑로서 중요한 성질을 나타내고 있다. (그림 7)은 各種 減水劑의 水溶液濃度와 表面張力과의 關係를 나타낸 것인데 통상의 減水劑가 농도의 증가에 따라서 表面張力을 크게 저하시키는 것에 대하여, 高性能 減水劑의 경우는 表面張力の 저하가 아주 작고, 添加量의 증가에 따른 공기량의 증가가 적지 않음을 나타내고 있다. 또 表面張力の 저하가 작다는 것은 流動化劑로서 利用할 경우에도 지나친 程度의 분리딩이나 分離을 일으키지 않는 것을 증명하는 것이 된다.

즉 AE 콘크리트에 流動化劑로서 이용하는 경우에는 콘크리트를 流動化시킨 후의 空氣量의 안정을 구하기 위해 적당한 程度의 空氣連行性을 가지도록 하는 등, 流動化劑로서 필요한 性能을 부여시키고 있는 것이 일반

적이다.

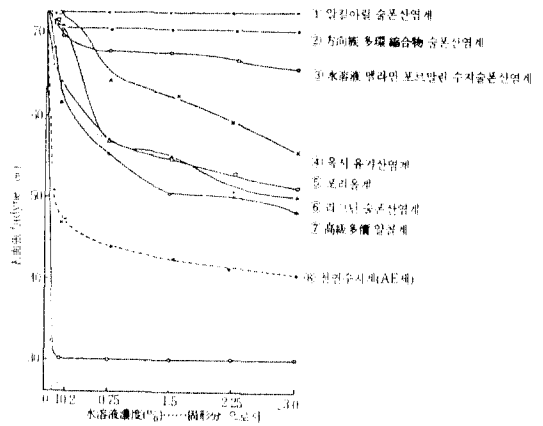


그림 7. 各種 減水劑 水溶液의 表面張力

### 3) 凝結性狀

高性能 減水劑는 많이 섞어 사용한 境遇에도 凝結遲延現象을 일으키지 않는다. (그림 8)에는 시멘트 重量에 대하여 1% 添加한 境遇의 各種 減水劑의 凝結時間을 나타낸 것인데, 리그닌系와 옥시 有機酸系의 것이 7-8 時間의 遲延을 나타내고 있으며, 폴리우레와 기타가 2

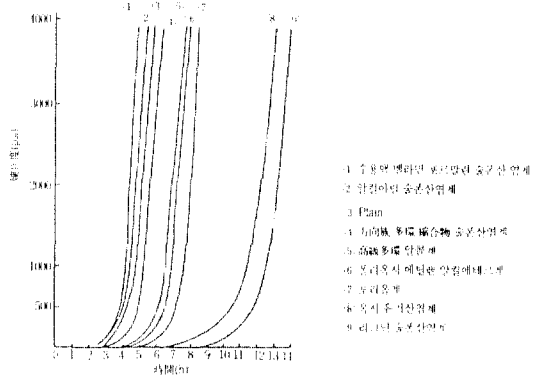


그림 8. 各種 減水劑를 시멘트에 대해 1% 가하였을 때의 모르타르의 凝結時間

시간의 지연을 일으키는 것에 대하여 高性能 減水劑는 凝結遲延성을 거의 나타내지 않는다.

그것은 早期強度 發現을 노리는 콘크리트제품의 제조에 흠이 되지 않는 조건이며, 高性能 減水劑의 실용화가 PC 등의 제조에 사용되었던 큰 이유일 수도 있다.

또 燻中 콘크리트 등에서도 콘크리트의 凝結遲延을 목적으로 사용하는 流動化劑에는 따로 遲延성의 成分을 포함한 遲延形 流動化劑가 사용되는 것도 있다.

## 6. 高性能 減水劑의 이용

### 6.1 高強度 콘크리트

高性能 減水劑를 添加하여 流動성을 줄이지 않고 單位水量을 減少시키는 것에 의해 물시멘트비를 低下시켜서 콘크리트를 高強度化하는 것이 可能하다. 오토클레이브養生 혹은 蒸氣養生과 高強度 混和劑의 併用に 의해 800 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 콘크리트가 얻어지고 高強度 프리스트레스 콘크리트(PC)말뚝등으로서 實用化되고 있다.

그리고 현장타설 고강도 콘크리트의 적용도 검토되어 교량,<sup>15)</sup> 교각, 고층 건축물에 이용되고 있는 실정이다. 그 밖에도 유동성이 우수한 이유에서 고강도 Prepacked

콘크리트의 응용도 검토되고 있다.<sup>16)</sup>

또한 최근에는 高性能 減水劑와 실리카質 微粒子와 特殊한 骨材를 調合하는 것에 의해 流動성이 우수하고 동시에 壓縮強度가 2,000kg/cm<sup>2</sup> 정도의 콘크리트도 출현하여,<sup>17)</sup> 今後의 高性能 減水劑의 廣範圍한 利用이 期待된다. 여기에서는 一般的인 高性能 減水劑를 利用한 高強度 콘크리트의 諸 性質과 注意事項에 대해 記述한다.

그리고 高性能 減水劑를 이용한 高強度 콘크리트의 配合의 일 例를 표.4에 나타내었다.<sup>18)</sup> 이와같이 配合이기 때문에 高性能 減水劑를 使用한 高強度 콘크리트에서는 使用上, 品質管理上, 다음과 같은 것에 注意하는 것이 必要하다.

- 1) 콘크리트의 單位水量에 의한 슬럼프의 變動이 크다. 그러므로 骨材의 含水量 등의 管理가 重要하다. 또한 骨材의 粒度도 影響이 있다.
- 2) 콘크리트의 슬럼프 로스(Slump loss)도 比較的 크나.
- 3) 減水效果는 시멘트의 種類나 品質, 骨材의 品質, 細骨材率에 의해 다르다. 또한 비발 때의 溫度도 影響을 미치며, 溫度가 높은 정도에서의 減水效果는 좋아지며, 슬럼프 로스와의 反對의 傾向을 보인다. 따라서 비발 때 溫度의 適切한 管理가 重要하다.

표.4. 고강도 콘크리트의 配合例

구 조 분	설계기준강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )	Gmax (mm)	슬럼프 (cm)	W/C (%)	s/a (%)	단 위 시멘트량 (kgf/m <sup>3</sup> )	고 성능 감 수 계 (C×%)
현 상 프리스트레스 콘 크 리 트 I 형 도 리	800	20	12±2.5	30	40	484	0.75
프리스트레스 콘 크 리 트 트 리 스	800	20	12±2	23	38.5	600	1.5
프리스트레스* 콘 크 리 트 트 리 스	800	20	12±2.5	30	39.5	530	1.5
프리스트레스 콘 크 리 트** 과 일	800	30	8-12	29-3	41-42	430-460	1.2

\* : 오토클레이브養生

\*\* : 오토클레이브養生-高強度混和材와 蒸氣養生의 병용



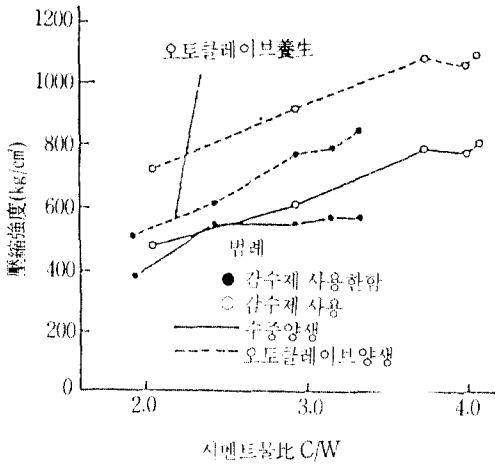


그림 9. 高強度 콘크리트의 물시멘트비와 壓縮強度

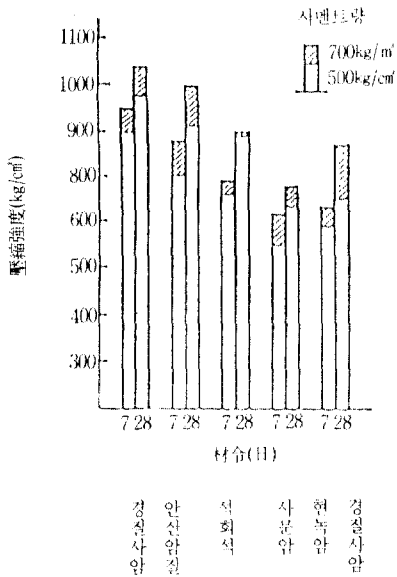


그림 10. 壓縮強度에 미치는 骨材의 影響

高強度 콘크리트의 壓縮強度는 <그림 9>에 表示한 것처럼 시멘트물비에 依存하고 있으며,<sup>19)</sup> 800-1000kg/cm<sup>2</sup>의

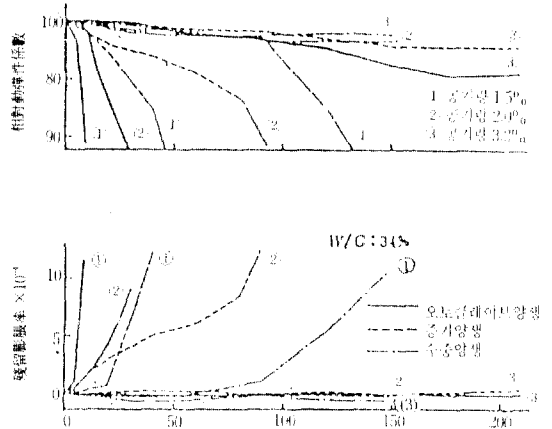


그림 11. 高強度 콘크리트의 耐凍害性

壓縮強度가 오토클레이브 養生과 高性能 減水劑의 並用에 의해 얻어지는 것이 分明하다고 되어 있다. 韌強度는 壓縮強度의 1/10 정도이며, 引張強度는 壓縮強度의 1/16 정도가 된다.

어질히 보통 콘크리트에 비해 骨材의 性狀이 強度發現을 크게 左右하는 것으로 주의가 必要하다. 一般의 硬質砂岩과 같이 組織이 緻密하고 強度의 彈性係數가 큰 것을 選定하여 주는 것이 좋다. 그리고 骨材影響의 一例를 <그림 10>에 表示하였다.<sup>20)</sup>

800-1000kg/cm<sup>2</sup>의 壓縮強度를 나타내는 콘크리트의 彈性係數는 약 4.0~4.5×10<sup>5</sup>kg/cm<sup>2</sup> 정도이고, 또한 應力-變形度 曲線에 있어서는 強度의 增加에 의해 彈性域이 커지며, 塑性變形은 작아지고 있다. 壓縮強度가 작은 콘크리트의 極限變形은 0.5% 정도에서 있고, 高強度 콘크리트의 境遇는 0.3% 정도가 된다.

高強度 콘크리트의 乾燥收縮이나 Creep는 壓縮強度가 작은 콘크리트의 7할 정도이고, 덧붙여 오토클레이브 養生을 한 境遇에는 2-3할 정도로 된다.

역시 高強度 콘크리트의 凍結融解에 대한 抵抗性은 <그림 11>에 表示한 것처럼 養生方法의 影響이 크고 오토클레이브 養生을 한 경우에는 高強度에서도 凍結融解에 대한 抵抗은 낮고, 400μm 정도의 氣泡間隔係數로 하는 것이 필요하다고 되어 있다.<sup>21)</sup> 즉 普通의 水中養生한

것에서는 충분한 耐久性을 나타낸다고 생각하는 것이 가능하다.

高性能 減水劑는 콘크리트의 高強度化에 있어 없어서는 안되는 것으로 되어 있으며 덧붙여서 그러한 것을 基盤으로 하여 다른 材料와의 組合에 의한 새로운 콘크리트의 高性能化도 충분히 기대할 수 있다고 생각된다.

### 7. 混和劑의 展望

새로운 혼화제의 개발은 재래공법의 합리화와 新工法은 출현을 재촉하고 있으며, 또한 신공법의 개발은 새로운 혼화제를 요구하고 있다. 최근 골재의 저품질화, 알카리골재반응성이 있는 골재의 존재, 콘크리트 공사의 기계화와 분업화, 그리고 경제성의 추구 등과 관련하여 내구성이 있는 고품질의 콘크리트를 얻는 것이 어려운 것은 부정할 수 없는 사실이다.

이러한 시점에 비추어 볼 때 콘크리트의 단점을 보완하고, 장점을 늘려 경제성을 높이기 위해서는 혼화제의 적절한 사용과 그 적용범위의 확대가 절실히 요구된다. 또한 콘크리트 구조물의 내구성 향상 기술에 있어서의 김사가 절박한 지금, 콘크리트 품질향상에 시공성 개선을 목적으로 한 고성능 감수제와 유동화제의 응용은 급후여러가지로 활발하여 거기에 대응하는 기대도 대단히 커질 것이라고 생각된다.

따라서 수입에 의존하고 있는 국내혼화제 시장을 감안, 혼화제의 개발은 우리가 안고 있는 시급한 과제라 아니할 수 없다.

참고로 본인을 중심으로 한 연구팀이 이러한 필요성에 의해 나프탈렌 술폰산형 혼화제를 개발하였다. 이러한 연구의 목적은 고성능 감수제의 합성법을 연구 개발하여, 합성된 화합물의 물리적, 화학적인 성질을 조사하고, 이들 합성물이 시멘트 모르타르의 유동성에 미치는 영향을 조사 및 평가하여, 선진국에서 사용되고 있는 대표적인 혼화제와 비교하여, 국내 高性能 流動化劑 개발의 타당성을 제시하고 궁극적으로 그것을 실용화하는 데 있다.

그리고 이 실험 결과로 유동화제의 합성 반응 조건에 따라 NS3, NS4, NS5, NS6, NS7로 분류되는 5가지의

표5. 流動化劑의 物理的 性質

종류	주 성분	형태	색상	독성	비고
NS3	나프탈렌계 음이온성 고분자	분말상	연하갈색	무	합성물
NS4	나프탈렌계 공중합체 1		흑갈색		
NS5	나프탈렌계 공중합체 2		흑갈색		
NS6	나프탈렌계 공중합체 3		흑갈색		
NS7	나프탈렌계 공중합체 4		흑갈색		
NSC	나프탈렌계 음이온성 고분자		갈색		시판물
LSC	리그닌 술폰산 고분자		적갈색		시판물

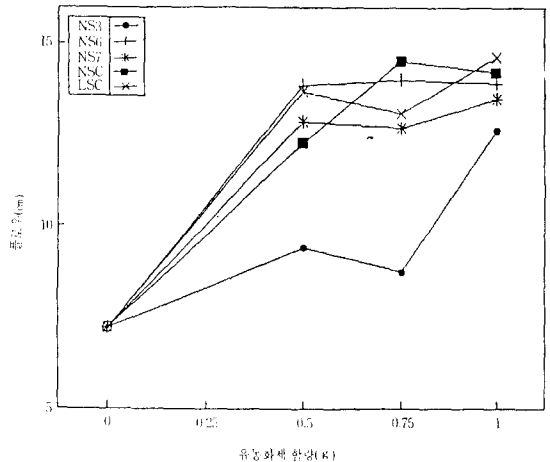


그림 12. 合成流動化劑와 市販流動化劑의 含量에 따른 플로우 변화 프로우 변화

유동화제를 개발하였고, 이들의 물리적 성질 및 조성을 시판 유동화제인 NSC, LSC와같이 (표 5)에 나타내었으며, 또한 시판 나프탈렌 및 리그닌과 본 실험에서 제조된 나프탈렌 유도체들의 플로우 값을 (그림 12)에 나타내었다. 합성 나프탈렌 단독 중합체가 비교적 낮은 플로우를 나타낸 것은 실험실에서 소규모로 실험을 행하였기에 그 실험과정에서 염을 충분히 제거하지 않은 것이 주요원인으로 생각된다. 그러나 나프탈렌 공중합체(NS6, NS7)의 경우는 시판 나프탈렌(NSC)와 비슷한 플로우값을 나타내었다. 그림에서와 같이 본 실험에서 합성하여 사용한 5종류의 나프탈렌계 축합물 중 NS5, NS6, NS7은 합성과정에서 염을 제거하지 않았음에도 불구하고, 그 플로우 값은 같은 양을 첨가했을 때 시판 나프탈렌과

비슷하거나 약간 큰 값을 나타내었다. 또한 모르타르의 분리현상은 0.75% 및 1% 첨가에서 부분적으로 발생하였으나 그 정도는 시판 나프탈렌보다 적었다. 따라서 본 합성 나프탈렌 축합물의 제조 과정에서 충분히 염을 제거한다면 더욱 우수한 유통화 성능을 나타낼 것으로 기대된다.

## 8. 결론

이상에서 기존 혼화제의 동향과 새로운 혼화제와 그 가능성에 관해 대략 알아 보았으며, 이는 혼화제와 그 사용목적에 충분히 이해하여 혼화제를 그 용도에 맞게 적절히 사용하여 그 본래의 성능을 충분히 발휘하고자 하는 데에 그 목적이 있다.

그리고 혼화제의 일반적 특질로서, 사용되는 콘크리트의 재료나 그 품질 혹은 시공의 조건에 의해 사용의 효과가 서로 다르고, 또 장점과 단점을 충분히 고려하여 단점을 보완하고 그 우수한 특성을 충분히 발휘하도록 적절히 사용하는 것이 중요하다.

또한 일본의 콘크리트 역사중에서 혼화제의 연구개발에 의해 현장 콘크리트의 품질을 유지하고 그 특성을 향상시킨 것이 새로운 공법을 가능하게 했다는 사실에 비추어 볼 때, 현재 국내에서는 특히 일부의 혼화제만이 생산되고 있을 뿐 거의 미국, 서독, 일본 등 선진국에서 수입하여 사용하고 있는 실정이므로 국산 혼화제 개발이 시급한 때라 아니할 수 없으므로 많은 연구가 필요하겠다고 하겠다.

따라서 금후 한 단계 더 나아가서 혼화제에 관한 개발 연구가 활발히 이루어져서 눈앞의 경제성에만 눈을 두지 않고 좀 더 우리나라의 실정을 충분히 파악하여 장기적인 안목으로 내다보고 연구 개발하는 진중한 자세가 요망된다.

## 참 고 문 헌

1. 日本建築學會: 콘크리트용糸面活性濟使用指針案 同解説(昭53.2)
2. 大鹽 明: “콘크리트용混和材料” 實用콘크리트

技術(十) 建築 技術(1974)

3. 日本 콘크리트工學協會; 콘크리트便覽, p.228 (1976)
4. 日本 콘크리트工學協會; 콘크리트便覽, p.223 (1976)
5. 日本 콘크리트工學協會: 콘크리트製造のチェックポイント, p.38(1980)
6. ACI Committee 212: Admixture for Concrete Int, 1, Vol.33, p.35(1981.5)
7. Joint Working Party of the Cement and Concrete Association: Superplasticizing admixtures in concrete, Coc.A, 1976.
8. 立花 目黒 北原 森本 渡邊 古澤 妹尾: コロイド化學—その新しい展開, p.121, 共立出版, 1981.
9. 古澤: 세스펜ション 그의基礎と應用, 表面, Vol.15, p.359, 1977.
10. 眞鍋・川田: 初基水和時のセメントペーストに對するリグニンスルホン酸カルシウム系分散劑の作用について, 세멘트技術年報, Vol.13, p.206, 1959.
11. 服部 山川 今村 鈴江 江尻: 流動콘크리트について, 세멘트技術年報, Vol.30, p.254, 1976.
12. E. Sakai, K.Raina, S. Goto and R. Kondo; Influence of sodium aromatic sulfonates on the hydration of tricalcium aluminates with or without gypsum, Cement & Concretes Res, Vol.10, p.311, 1980.
13. 小須田 鈴木: 高強度콘크리트의應用例-橋りよう, 콘크리트 工學, Vol.18, No.7, p.25, 1980.7.
14. 長龍 河野 杉山: フレックスユモルタル의粘性構造についての考察, 세멘트技術年報, Vol.33, p.101, 1979.
15. K.Asage and D.M.Roy; Rheological properties of cement mixes, Cement & concrete Res., Vol.10, p.287, 1980.
16. S.Nagataki, T. Okumura and K. Kodama; Application of high-strength prepacked to offshore structure, RILEM-FIP-CEB, 3·119, 1979.
17. 安藤 初級密セメント의建築物の利用, 建築技術, Vol

17. 1985.8.
18. 土木學會; 高強度콘크리트設計施工指針(案), 콘크리트 라이브러리, 第47號, 1980.
19. 西 大鹽 福澤; 오토크레브 養生した 高強度 콘크리트 파일, 세멘트콘크리트, No.299, 1972
20. 日本콘크리트工學協會; 콘크리트用 混和劑를めぐ는最近의動向, 1982.
21. 張瀧 坂井 中村 金; 오토그레이프養生した高強度콘크리트의耐凍結融解性, 第4回 콘크리트 工學年次講演會論文集, p.45, 1982.

## [가을 학술발표회 개최 안내]

본 학회의 1991년도 가을 학술발표회 및 정기총회를 아래와 같이 개최하고자 하오니 많은 회원의 학술연구논문 발표를 바랍니다.

- 개 최 일 : 1991년 11월 9일(토)
- 현장견학 : 1991년 11월 10일(일)
- 장 소 : 부산대학교 재료관
- 발표논문 제출 마감일 : 1991년 10월 12일

자세한 내용은 학회사무국(전화 543-1916, FAX : 545-9970)으로 문의하여 주시기 바랍니다.

사단법인 한국콘크리트학회