

# 고강도 무수축 그라우트재의 특성과 용도

권극현·이종열·손형호\*

〈쌍용중앙연구소〉

## 1. 개 요

최근 국내 토목·건축기술의 급속한 발달과 함께 시멘트 콘크리트(또는 모르타르) 시공의 고유동화, 고강도화 등의 고품질에 대한 needs와 함께 시공현장에서의 편의성에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히 기계설치시 콘크리트 지지대와 기계사이를 충전하는 주입 모르타르(그라우트재)에 요구되는 성질 중 고강도, 고유동성, 무수축성능을 동시에 부여한 그라우트재의 수요가 점차 증가하고 있는 추세에 있다. 그라우트재는 지반, 콘크리트 등의 공극, 철근, 기계의 base plate 등 공동 등의 간극에 주입 또는 충전하는 재료의 총칭이며 특히 시멘트 모르타르를 주체로 한 무수축 그라우트재는 공극 사이를 완전충진하여 토목건축물의 일체화를 계획할 목적으로 사용되고 있으며 특히 다음과 같은 성능이 요구된다.

- 완전충진에 필요한 유동성
- 무수축성;블리딩이나 침하에 의한 공극이 발생하면 상부구조물과의 일체화가 이루어지지 않는다. 이 때문에 타설시 용적을 保持하는 무수축성이 요구된다.
- 강 도;진동이나 충격 등의 하중에 견디기 충분한 강도가 필요하며 장기강도도 높아야 한다.

## 2. 그라우트재의 기술특성

### 2.1 그라우트재의 개념

- 광 의;시멘트+ 모래+ 혼합재료의 premixed ty-

pe 제품을 물과 혼합, 압력에 의해 주입하는 제품

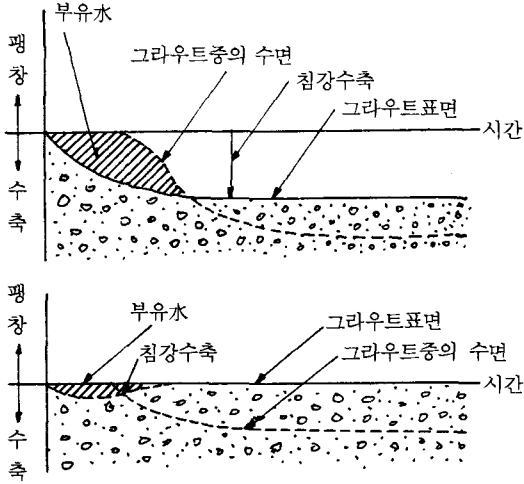
- 협 의;철골하부, 기계기초 등과 같이 주입간격이 크고 압력에 의하지 않고 head차에 의해 주입하는 자동 그라우트공법 제품
- 최근개념;접착을 목적으로 한 고강도 플라스틱 주입재료

그라우트재의 종류와 용도

종 류	용 도	
시멘트계	시멘트그라우트재	간격이 큰 지반 주입용
	Soil 그라우트재	도로포장, 저장탱크, 압박기초, sealing
	프리팩트 그라우트재	프리팩트콘크리트 충전용
철 분 계	팽창 그라우트재 (비금속성)	기계기초, 교량, 철골
	철분계 팽창 그라우트재 (금속성)	기계기초, 교량, 철골
역청질계		기초지반 누수방지
합성수지계 (Chemical)		터널지수, 지반주입

### 2.2 무수축 조절원리 (비철계 그라우트재)

- 시멘트 페이스트 용적(W/C=40% 가정)  
 $100/3.15 + 40/1.00 = 32 + 40 = 72\text{cm}^3$
- 수화물의 용적(시멘트에 대한 10%만 결합 가정)
  - 시멘트(100g) →  $100/3.15$
  - 10g결합수로 생성수화물 →  $10/1.0$ $\left. \begin{array}{l} 100/3.15 \\ 10/1.0 \end{array} \right\} 42\text{cm}^3$  (비중 2.6)
- 30g의 자유수와 공존하는 혼합물
- \* 실제 수화물의 평균비중은 2.80이므로 →  
 $100/2.8 = 39\text{cm}^3$



<그림-1> 용적변화 모식도

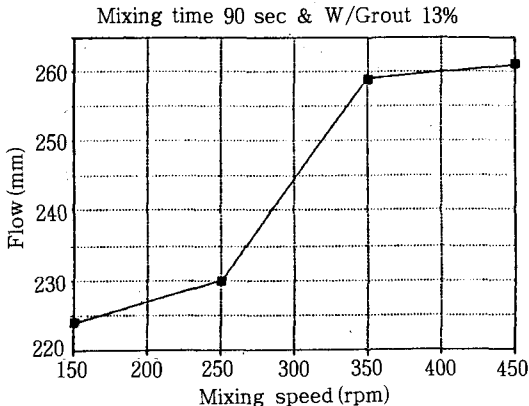
- 시멘트 10% 수화용적 ⇒ 39 + 30 = 69cm<sup>3</sup>
- 100g 시멘트 부분수화물 ⇒ 72 - 69 = 3cm<sup>3</sup> (수축)

### 3. 그라우트재의 성질

#### 3.1 아직 굳지 않은 그라우트재의 성질

##### 1) 유동성

그라우트재의 유동성은 주입작업의 난이도와 직접적으로 관계된다. 그라우트재의 유동성을 증대시키면 주입작업은 용이하게 되지만 골목부분 등에서 재료분리를 일으키기 쉽고 이로인해 주입후의 초기 침강수축량을 증가시키므로 합부로 유동성을 증대시키는 것은 좋은 방법이 못된다. 따라서 그라우트



<그림-2> 혼합속도가 그라우트재의 유동성에 미치는 영향

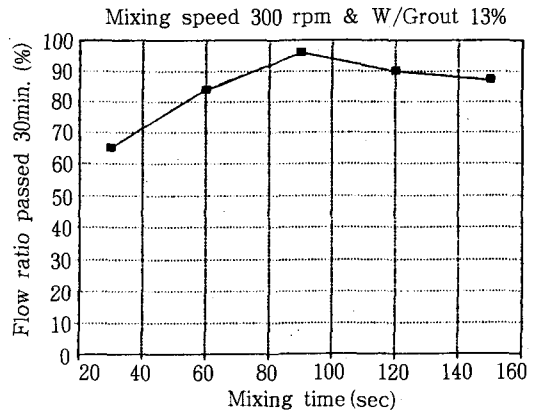
재를 주입할 때의 적절한 연도는 시공할 개소를 충분히 검토한 상태에서 경과시간에 따라 유동성변화가 적은 혼합수량을 선정하는 것이 바람직하다.<sup>1,2)</sup>

<그림 2>는 혼합속도가 그라우트재의 유동성에 미치는 영향에 대한 실험결과로서 혼합속도가 너무 크면 (300rpm 이상) 재료분리의 경향이 있으며 주입작업에 적절한 유동성을 얻기 위해서는 250-300rpm 범위의 혼합속도가 알맞는 것으로 판단된다. 한편 그라우트재와 같은 시멘트-첨가재 복합재료의 혼합에는 <그림-3>과 같은 혼합시간에 따른 유동성의 변화가 존재함을 알 수 있는데 이는 구성 성분중 유기혼합제의 초기 용해속도와 관계가 있는 것으로 판단되며, 혼합속도와 시간은 재료의 성능에 맞도록 실험을 통해 선정하는 것이 중요하다.

##### 2) 재료분리 (Bleeding)

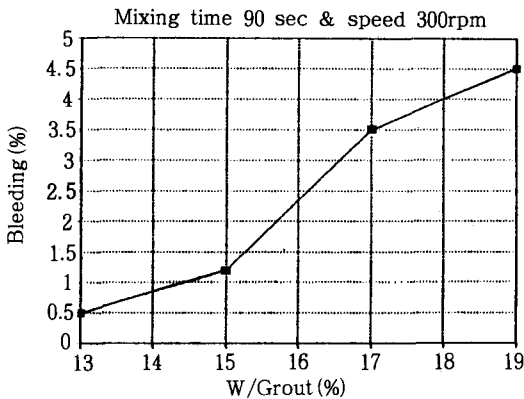
그라우트재는 시멘트, 골재, 첨가제, 물과의 혼합체로서 물을 다량 사용하면 골재, 시멘트 입자의 침강에 의해 혼합수가 상부표면에 모이는 블리딩 현상이 생기는데 이는 그라우트재중의 시멘트가 응결하기 시작해서 분산체의 상호접촉이 정지될 때까지 계속된다. 한편 그라우트재의 블리딩에 영향을 주는 인자로는

- 시멘트의 특성 (특히 분말도가 coarse할수록 크다)
- 골재의 입도 (특히 0.15mm 이하의 세사가 적으면 크게 된다)
- 그라우트재의 온도 (온도가 낮을수록 크게 된다)
- 그라우트재의 경화속도 (늦을수록 크게 된다) 등이 있다.



<그림-3> 혼합시간에 따른 그라우트재의 유동성 변화

또 그라우트재의 유동성을 증대하면 그 주입작업은 용이해질 것으로 보지만 주입시의 연도가 어느정도 이상이 되면 재료분리를 일으키는바 흡과 등을 이용해서 주입하는 경우는 굴곡부분 등에서 재료분리가 생겨 주입이 곤란하게 되는 경우도 있고, 특히 주입후의 초기침강수축량이 증대하여 원점으로서의 회복이 불가능한 경우도 있으므로 주입시 그라우트재의 연도는 시공개소를 충분히 검토한 뒤에 실시하는 것이 좋다.<sup>3,4)</sup> <그림-4>는 W/Grout비에 따른 블리딩율을 알아본 실험으로서 W/Grout비 15% 이상에서는 블리딩율이 급격히 상승하는 경향을 나타내어 주입모르타르로서의 적절한 연도를 확보하는데에는 혼합수량의 선정이 중요함을 시사하는 것으로 생각된다.

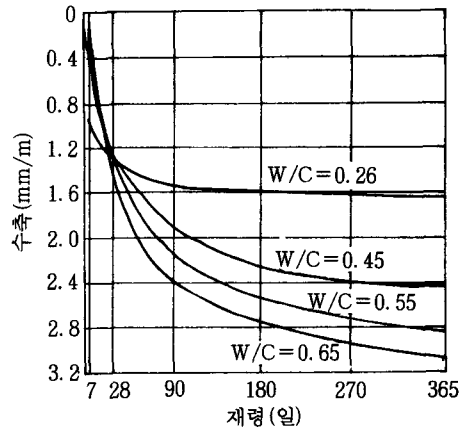


<그림-4> W/Grout비에 따른 블리딩율 변화

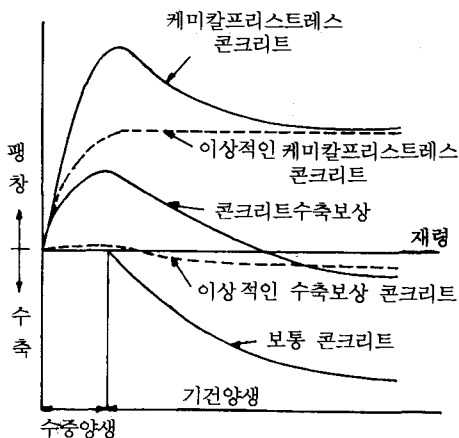
### 3.2 경화한 그라우트재의 성질

#### 1) 팽창 및 수축거동

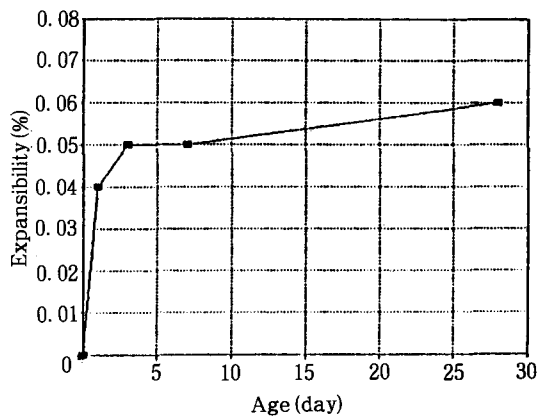
그라우트재가 요구하는 기본요건중 가장 중요하다고 생각되는 부분이 무수축성이다. 그라우트재가 수축하면 기계의 bed plate와 그라우트재 계면과의 사이에 간격이 발생하여 기계는 거의 췌기만으로 지탱하는 결과를 초래한다. 건조수축은 경화체중에 존재하는 모세관공극의 물이 발산하면서 모세관장력에 의해 경화체에 수축응력이 발생할 때 생기는 것으로 최근에는 이에 적합한 혼화제가 많이 개발되어 실용화되고 있다. 콘크리트는 <그림-5>에 모식도를 나타낸 것처럼 타설직후부터 생긴 침하와 함께 수화작용에 따라 경화하면서 수축하고(<그림-6>),



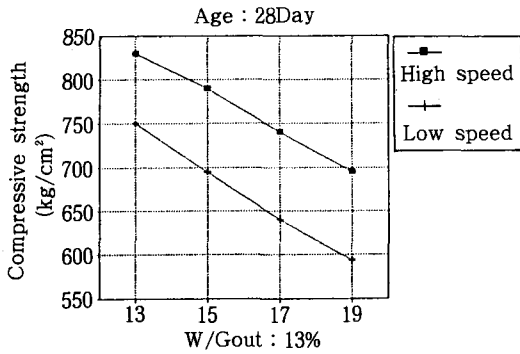
<그림-6> W/C에 따른 경화체의 수축경향



<그림-5> 콘크리트 경화체의 팽창 및 수축거동



<그림-7> 그라우트재의 재령에 따른 팽창률



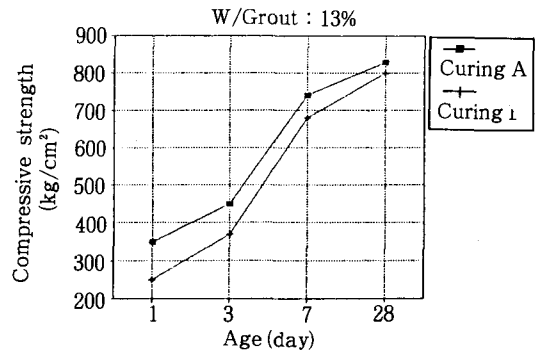
〈그림-8〉 W/GROUT비에 따른 혼합속도가 압축강도에 미치는 영향

또 건조작용을 받아도 수축한다.” 따라서, 시멘트 경화체의 수축을 제어하기 위해서는 그라우트재 조성물중 수축보상 또는 수축저감을 위한 재료를 첨가하는 것이 일반적인 기술이지만 첨가제의 종류, 첨가량을 적절하게 선정하는 것이 중요하다. 〈그림 7〉은 경화체의 수화과정에서의 수축을 보상하기 위해 팽창성 재료를 첨가하여 팽창률을 알아본 결과이다.

2) 압축강도

그라우트재의 강도발현에 영향을 미치는 요인들은 다음과 같으며 이중 혼합방법 및 양생조건이 경화한 그라우트재의 초기 및 장기강도에 미치는 영향 정도를 〈그림 8, 9〉에 나타냈다.

- 사용재료의 품질 : 시멘트, 그라우트재료, 골재 품질 등
- 그라우트재 조합 : 골재의 입도, 그라우트재의



〈그림-9〉 양생조건이 그라우트재의 압축강도에 미치는 영향 (양생 A : 1일습윤, 5일수중, 21일기건, 양생 B : 1일기건, 27일수중)

· 혼합비율 등

○ 시공인자 : 혼합방법, 양생방법, W/GROUT비 등  
 〈그림-8〉의 결과와 같이 혼합속도를 저속(rpm 200)으로 하는 경우보다 고속(rpm 300)으로 혼합 제조한 그라우트재 경화체의 압축강도가 재령 28일에서 800kg/cm<sup>2</sup> 이상의 고강도를 나타냈으며 이러한 경향은 W/GROUT비가 클수록 크게 나타났다. 한편 양생방법을 달리하여 그라우트재의 압축강도 변화를 알아본 〈그림-9〉의 결과에서는 그라우트재의 초기강도발현에 있어서 양생조건 선택은 매우 중요한 인자임을 시사하는 것으로 생각된다.<sup>5, 6)</sup> 한편, 사진 A 및 B는 그라우트재의 재령 28일 경화체 조직을 SEM으로 관찰한 결과로서 고속혼합 및 양생 A 조건의 경화체 조직이 저속혼합 및 양생 B 조건의 경우보다 골재계면과의 co-matrix 발달상태

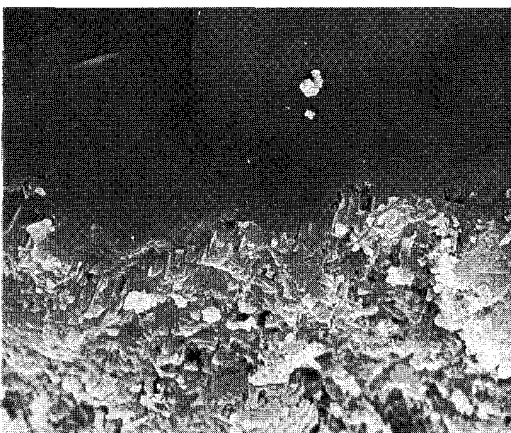


사진 A : 그라우트재 경화체 (고속혼합 및 양생 A)

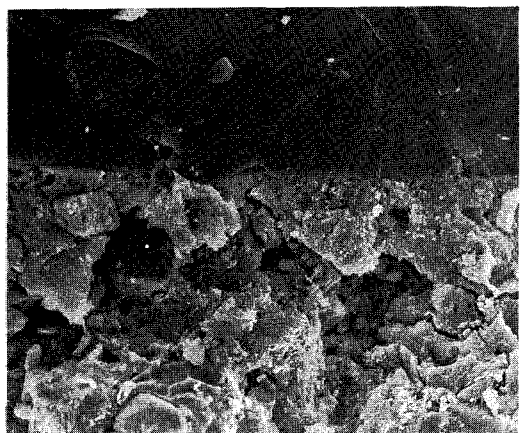
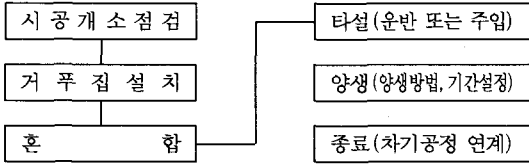


사진 B : 그라우트재 경화체 (저속혼합 및 양생 B)



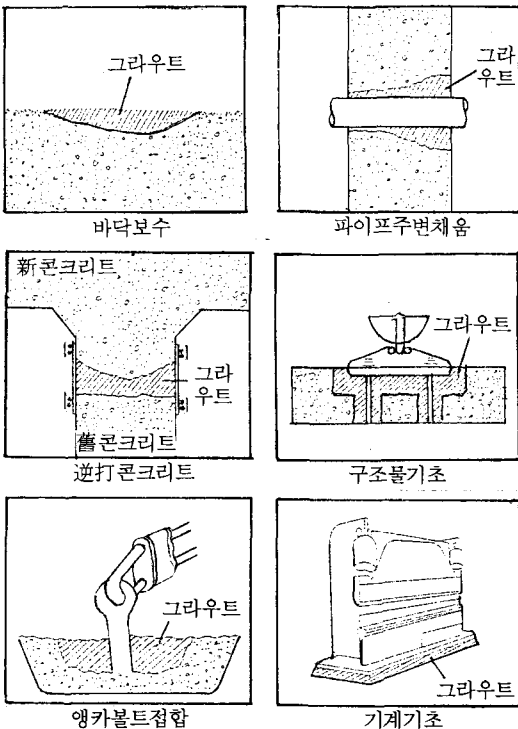
〈그림-10〉 그라우트재 시공방법

가 양호함을 알 수 있다.

### 3.3 그라우트재의 시공방법 (사진 A~B)

그라우트재의 본질적인 목적은 토목, 건축구조물 내부에 충전모르타르를 시공개소에 밀실하게 주입할 수 있는 주입성능에 있다. 따라서 시공에 앞서 적절한 연도를 확보할 수 있는 W/Grout비를 선정하는 것이 중요하며, 타설완료후 양생방법의 선택을 사전에 고려하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 〈그림-10〉은 그라우트재의 일반적인 시공순서를 소개한 것으로서 앞서 소개한 바와 같이 최종품질을

## 4. 그라우트재 용도



〈그림-11〉 그라우트재의 용도

얻기 위해서는 시공계획을 충분히 검토하는 것이 바람직하다.

## 5. 결 론

고강도 무수축 그라우트재의 특성을 알아보기 위하여 실험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

① 그라우트재의 유동성에 영향을 미치는 주요인자는 혼합속도 및 시간이며 혼합수량의 증가는 재료분리와 함께 강도저하를 초래하므로 시공에 적합한 혼합수량은 사전실험을 통하여 선정하는 것이 바람직하다.

② 그라우트재의 응결시간은 일반 시멘트모르타르보다 약 2~5시간 늦게 나타나 주입모르타르로서 충분한 작업시간의 확보가 가능한 것으로 나타났으며 W/Grout비 약 13-15%가 시공에 적합한 연도를 나타내었다.

③ 그라우트재의 무수축성 제어는 초기팽창에 의한 수축보상원리로 발현하며 팽창의 정도는 약 0.1% 미만의 값이 적절한 것으로 나타났다.

④ 그라우트재의 강도발현은 혼합속도 및 양생방법이 W/Grout비 외의 주요인자로서 작용하며 W/Grout비 13.0%에서 800kg/cm<sup>2</sup> 이상의 높은 압축강도를 나타냈다.

### 〈참 고 문 헌〉

1. 赤塚雄三, "注入モルタルに関する研究", 日本港湾技術研究所報告 第3巻 6號, 1964. 11.
2. 文翰英, "プレキャストコンクリートの高強度化に関する研究", 東京工業大學 大學院博士學位論文, 1975. 5.
3. 長龍重義, 文翰英, "プレキャストコンクリート用注入モルタルの流動特性に関する研究" セメント技術年報 28, 1974.
4. 文翰英, "프리캐스트콘크리트공법의 특성에 관한 연구", 건설기술, 제4권 제5호, 1977. 5.
5. 文翰英, "프리캐스트콘크리트의 품질에 영향을 미치는 요인에 대한 고찰", 대한토목학회 제27권 제6호, 1977. 12.
6. 岸谷孝一, "鐵粉質系無收縮クラウト材の性質", 建築材料, 1967. 7.
7. 山根昭, "膨脹劑および收縮低減材", 콘크리트ジャーナル vol. 8(3), 1970. 4.