

# 고압 스프레이 방식 신보수공법의 개발에 관한 연구

A Study on Development of New Repair Method by High Pressure Spray

우 종 태\*      장 석 환\*\*      김 용 철\*\*\*  
Woo, Jong-Tae      Jang, Suk-Hwan      Kim, Yong-Chul

## Abstract

This study is the development of method on repairing concrete structure for progressing the durability of reinforced concrete. This method is wet spray method which compress and conduct mortar pre-mixed with polymer powder to hose by high pressure pump and spray it on the section of concrete structure through nozzle made specially. Characters of this method are that materials are selected with the sort of structure and the cause of deterioration and macro pores are removed in repaired section by conducting with high pressure and spraying with high velocity for progressing the durability of concrete structure. This study has carried out that the minimum capacity of rebound was measured with various condition and physical properties of sample made by spray method were estimated in comparing with sample made by previous hand method. Also, properties of long-term have carried out after this method was applied on site. According to experimental study, the capacity of rebound showed below 5% and physical properties of sample made by spray method were superior to that of sample made by hand method and physical and durable properties of long-term showed excellence.

**Keywords** : repair, high pressure, spray, mortar, pre-mix, polymer

## 1. 서 론

건설구조용 재료로서 강재와 함께 가장 많이 사용되고 있는 콘크리트는 재료의 특성과 시공성 및 경제성 등이 뛰어나며, 콘크리트 구조물은 많은 종류가 있을

뿐만 아니라 용도 또한 매우 다양하고 요구되는 성질도 다양하다. 그러나 콘크리트 구조물은 이상적인 조건에서 건설되기가 어렵기 때문에 구조물 타설 직후 혹은 후에 여러 가지 원인에 의해 열화현상이 나타날 수 있다.

\* 정회원, 경북대학 토목설계과 교수, 공학박사

\*\* 정회원, 대전대학교 토목공학과 교수, 공학박사

\*\*\* 정회원, 중앙크리텍(주)

E-mail : jtwoo60@chol.com 016-270-0132

• 본 논문에 대한 토의를 2003년 3월 31일까지 학회로 보내주시면 2003년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

일반적으로 모든 콘크리트 구조물의 열화에 있어서 철근의 부식팽창으로 인한 콘크리트의 탈락이 문제로 대두되고 있다. 철근의 부식으로 인해 열화된 콘크리트 구조물을 보수하는 방법이 기존에는 흙손이나 헤라 등을 이용한 수작업에 의해 이루어져 왔다. 이러한 수작업에 의한 방법으로 보수단면이 넓은 곳이거나 천정면, 특히 진동이 발생하는 콘크리트면의 보수를 함에 있어서 교통의 통제가 어려워 보수재료의 탈락, 많은 시간과 비용, 비효율적 공정 등 많은 어려움과 문제점들이 나타나고 있다. 또한 분사노즐에서 재료의 배합과 점성이 이루어지는 건식용 스프레이 기계를 이용한 보수공법은 시공 시 많은 분진이 발생되고, 탈락물의 감소효과가 크지 않으며, 더욱이 시공 후 보수된 단면에서의 많은 공극이 발생한다. 이러한 공극을 통해 물, 이산화탄소 및 기타 유해물질이 콘크리트 내부로 침투하여 콘크리트 구조물의 열화가 발생되기 때문에 장기적인 내구성 증대효과를 얻기 어렵다.

여러 가지 원인에 의해서 열화를 일으킨 콘크리트 구조물의 내구성, 사용성 및 기능성을 향상시키기 위해서는 구조물을 열화원인으로부터 차단하고 열화원인에 대응할 수 있는 재료의 사용과 그러한 재료의 성능을 더욱 향상시킬 수 있는 시공방법을 선정하는 것이 중요하다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 수작업에 의한 보수방법과는 다른 고압의 습식 스프레이 방법에 의한 보수공법을 개발하여 기존 공법과의 물리적 성능비교 및 현장 적용 후의 장기 성능평가를 알아보고자 하였다.

## 2. 콘크리트 구조물의 손상 메카니즘

### 2.1 동결융해에 의한 손상

T.C. Power에 의하면 콘크리트의 동결융해 손상원인은 Fig. 1과 같이 콘크리트 내부로 침투한 물이 온도가 낮아져 얼게 되면 9%의 체적증가가 발생되고 증가된 체적이 공극의 크기보다 커지게 되면 압력이 발생하여 콘크리트의 손상이 발생하는 것으로 알려져 있다.<sup>(9),(10)</sup>

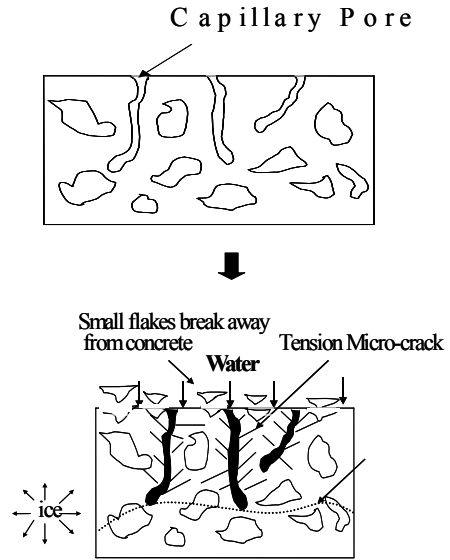
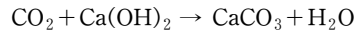


Fig. 1 A 동결융해에 의한 손상 메카니즘

### 2.2 중성화에 의한 손상

대기 중에 있는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 확산에 의해 콘크리트 내부로 침투되고 콘크리트 공극내의 물에 용해되어 있는 수산화칼슘(Ca(OH)<sub>2</sub>)과 반응하여 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>)과 물로 변화한다.



이러한 반응은 콘크리트의 알칼리도가 PH 약 8.5~10정도로 낮아지게 하고 철근까지 도달하게 되면 결국 철근의 표면에 있는 부동태의 피막이 파괴되어 철근의 보호가 상실된다. 부동태의 피막이 활성태로 바뀌고 콘크리트 내부가 산성 또는 약알칼리성이 될 때 콘크리트 내부로 물과 산소가 침투하게 되면 Fig. 2와 같이 철근의 부식이 시작된다.<sup>(3)</sup>

### 2.3 황산염에 의한 손상

황산나트륨 (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)과 황산칼슘 (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)은 토양, 물 그리고 산업지역에서 흔히 볼 수 있는 황산염이다.

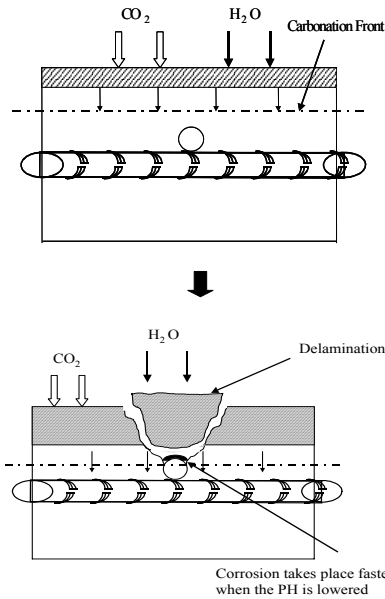
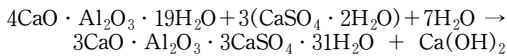


Fig. 2 중성화에 의한 손상 메카니즘

이에 반해 황산마그네슘 ( $MgSO_4$ )의 경우 양은 적으나 열화의 영향은 더 크다. 기존 연구 결과에 의하면 황산나트륨, 황산칼슘과 같은 황산알칼리금속은 수산화칼슘과 반응하여 석고를 생성한다. 이 반응으로 생긴 석고는 알루미늄칼슘수화물과 반응하여 에트링가이트(ettringite)로서 알려져 있는 고허산형 칼슘설퍼알루미늄에이트를 생성한다.



황산이온 ( $SO_4^{2-}$ )이 충분히 존재한다면 에트링가이트의 생성은 계속되지만 알루미늄산 3칼슘( $C_3A$ )의 완전 수화 이전에 소모되면 모노설퍼에이트라고 불리는 저황산형 칼슘설퍼알루미늄에이트로 변환되고 외부에서  $SO_4^{2-}$  이온이 공급되면 다시 에트링가이트로 재생성된다. 이러한 반응은 다음 Fig. 3과 같이 고체의 체적증가에 의한 팽창을 유발시키며 반응이 연속적이고 극심한 경우에는 팽창에 의해서 균열이 발생되고 콘크리트 구조물이 완전히 열화된다.<sup>(6)</sup>

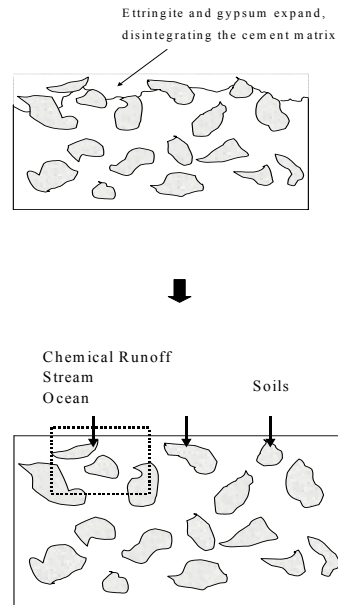


Fig. 3 황산염에 의한 손상 메카니즘

## 2.4 화재에 의한 손상

콘크리트 구조물은 900℃에서 시멘트 페이스트의 완전한 탈수가 일어나지만 250℃의 온도에서 어느 정도의 탈수가 일어난다. 대략 450~550℃에서 수산화칼슘의 탈수에 의해 CaO가 발생되고 온도가 내려갔을 때 CaO는 다시 수화되어 팽창을 일으킨다. 콘크리트 구조물에 화재가 발생되면 시멘트 페이스트와 골재의 열적 특성이 다르기 때문에 시멘트 페이스트와 골재간의 결합력이 약해진다. 콘크리트 구조물 내의 철근은 화재로 인해서 온도가 상승되면 인장강도를 상실하게 되며 콘크리트의 탈락에 의해 철근이 화재에 노출되면 주변 콘크리트보다 더 빨리 팽창되어 철근에 좌굴이 발생되고 콘크리트와의 부착이 저하된다.

다음 Fig. 4는 화재에 의한 열화과정을 나타낸 것이다.<sup>(7)</sup>

## 2.5 염분에 의한 손상

바닷물이나 용빙제에 노출된 콘크리트 구조물에 염이 침투할 가능성이 높다.

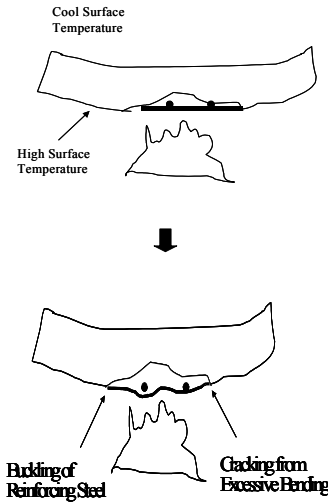


Fig. 4 화재에 의한 손상 메카니즘

염은 콘크리트 구조물의 표면에서부터 침투하여 내부로 이동되는데 콘크리트 구조물 내에 수분과 산소가 존재할 때 철근과 접촉하는 염분은 철근에 부식을 발생시킬 것이다. 녹이 형성되면서 산화물의 팽창으로 인해 콘크리트 구조물에는 균열과 철근과의 부착력 감소가 발생하며 이러한 현상이 더욱 진행되면 Fig. 5와 같이 콘크리트가 탈락하게 된다. 따라서 염분, 수분 및 산소의 침투가 더욱 쉬워져 부식이 촉진될 것이며 결국에는 콘크리트 구조물의 붕괴를 가져올 것이다.<sup>(4)</sup>

### 3. 폴리머 반응 메카니즘

일반적으로 모든 콘크리트 구조물의 열화에 있어서 철근의 부식이 문제로 대두되고 있다. 고품질의 건전한 콘크리트 내의 철근은 높은 알칼리 성분을 가진 시멘트 매트릭스에 의해 표면에 부동태의 피막이 형성되어져 있어 부식으로부터 보호되어진다. 그러므로 콘크리트 구체와 아주 비슷한 불투수성의 고알칼리 시멘트계 재료로 열화된 콘크리트 구조물을 보수하는 것이 기술적으로나 경제적으로도 바람직하다.

건축물 및 토목 구조물의 보수 및 유지에 많은 종류

의 폴리머가 사용되어져 왔으며, 폴리머를 함유한 보수시스템이 가장 적절하다는 보고 및 사례가 많이 있다.

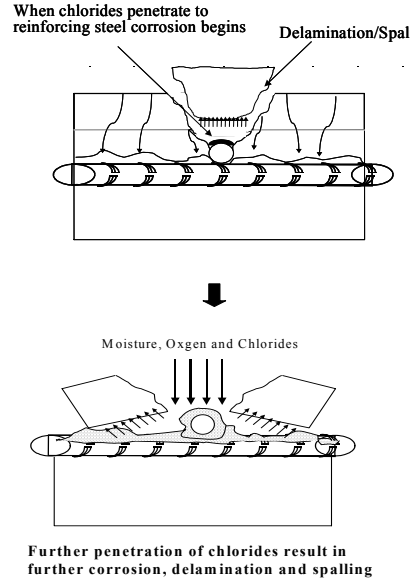


Fig. 5 염분에 의한 손상 메카니즘

폴리머는 감수제 기능을 갖고 있어 물-결합제비가 낮고 건조수축이 적으며, 워커빌리티가 좋은 모르터나 콘크리트를 만들 수 있게 한다. 또한, 기존의 콘크리트와 접착성을 좋게 하고 물, 이산화탄소 및 기름 등의 침투를 억제시켜 강도 및 화학적 내구성을 증진시킨다.<sup>(5)</sup>

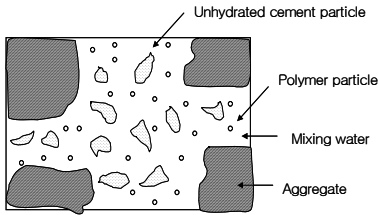
본 연구에 사용되는 보수재료는 분말형 폴리머가 프리믹스 되어 있는 모르터로서 폴리머의 화학적 반응 메커니즘은 다음과 같이 설명될 수 있다.<sup>(8)</sup>

#### 3.1 1단계 반응

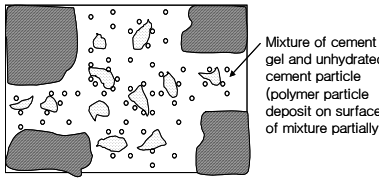
Fig. 6(a)와 같이 굳지 않은 시멘트 모르터나 콘크리트에 폴리머가 첨가되었을 때 Fig. 6(b)와 같이 폴리머 입자는 시멘트 페이스트에 균일하게 분산되어 진다. 시멘트의 수화에 의해 점차적으로 시멘트 겔이 생성되고 수화동안 생성된 수산화칼슘이 물에 존재한다. 반면 폴리머 입자는 시멘트 겔과 수화되지 않은 시멘트 입자의 혼합물에 퇴적된다.

### 3.2 2단계 반응

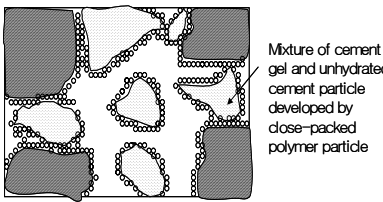
시멘트의 수화가 더욱 진행되고 모세관 수가 줄어들어 Fig. 6(c)에서 보는 바와 같이 폴리머 입자는 시멘트 겔과 수화되지 않은 시멘트 입자의 혼합물 표면에 연속적이고 촘촘한 폴리머 입자 층을 형성하기 위해 응집되며 동시에 골재의 실리카 층과 혼합물에 부착되고, 또한 혼합물에 존재하는 커다란 공극 속에 크기가 더 작은 폴리머 입자가 채워진다.



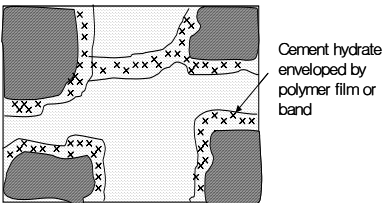
(a) 혼합 직후



(b) 1단계 반응



(c) 2단계 반응



(d) 3단계 반응

Fig. 6 폴리머 반응 메카니즘

반응성의 폴리머 입자 표면과  $Ca^{2+}$ 이온, 수산화칼슘 입자 표면 혹은 골재의 실리카 층 사이에서 화학적 반응이 일어나며, 이러한 반응은 시멘트 수화물과 골재의 접착력을 증가시키고 굳은 폴리머 시멘트 모르타나 콘크리트의 특성을 증가시킨다.

### 3.3 3단계 반응

Fig. 6(d)와 같이 궁극적으로 시멘트의 수화에 의해 공극수가 소모되어짐에 따라 시멘트 수화물 표면 위의 촘촘한 폴리머 입자는 연속적인 막 또는 띠로 합체되고 시멘트 수화물에 침투해 네트워크를 형성시켜 시멘트 수화물을 결합시킨다. 골재는 굳은 모르타나 혹은 콘크리트가 될 때 까지 그러한 구조의 매트릭스에 갇혀있게 된다. 이러한 모델에 의한 설명으로부터 보통의 시멘트 모르타나 콘크리트가 일반적으로 폴리머에 의해 상당히 증가됨을 알 수 있다. 형성된 폴리머 막 또는 띠가 미세균열을 가로질러 균열의 진행이 방지되며, 시멘트 수화물과 골재의 접착력도 증대된다.

## 4. 시공 및 시험방법

### 4.1 사용재료

본 연구에 사용되는 재료는 구조물별, 열화 원인별로 세분화된 재료로서 분말형의 폴리머가 프리믹스되어 있어 현장에서 정량의 물만 첨가하여 사용할 수 있는 재료이다. 본 연구에 사용되는 재료의 종류와 용도 및 특성은 Table 1과 같다.

Table 1 사용재료의 종류 및 특성

종류	적용	특성
TS 200	교량 및 고가차도 충전 및 마감	점조성 우수, 적은 분진 발생 고알칼리성
TS 250	복개 및 하수암거 충전 및 마감	내황산 및 내화학성 우수
TS 300	터널 및 지하차도 충전 및 마감	고알칼리성, 중성화 방지 우수
GM	건축구조물 충전	적은 건조수축, 표면력 접착력 우수
FM	건축구조물 마감	표면박리 및 전단에 대한 저항성 우수, 고윤면 형성

## 4.2 시공방법

본 연구에서는 프리믹스 되어 있는 모르터를 습식 스프레이 장비를 이용하여 20~40bar의 압력으로 압송하여 단면에 고속으로 분사시키는 공법으로서 다음 Fig. 7과 같은 공정과 Fig. 8과 같은 원리에 의해 시공하였다.

## 4.3 시험방법

### 4.3.1 리바운드량 측정

리바운드는 딱딱한 표면, 철근 그리고 골재입자 자체와의 충돌로 인해 골재 및 시멘트 페이스트가 표면에서 튀어 날아가는 것이다.<sup>(1)</sup> 이러한 리바운드는 시공 후 공극을 발생시키고 고가의 재료 손실을 초래하게 되며 나아가 환경 오염의 원인이 되기도 한다.

본 연구에서는 스프레이 방식에서 중요시 되고 있는 리바운드량을 측정하기 위해 3분간 빈 용기에 분사된 재료의 중량을 측정하고, 1m×1m의 패널에 분사한

후 리바운드된 재료의 중량을 측정하여 식 1과 같은 방법으로 리바운드량을 측정하였다. 또한 작업자, 분사각도, 거리 및 물-시멘트비를 달리하여 각 조건에서 발생하는 최소의 리바운드를 알아보고자 하였다.

$$R_r = \frac{W_r}{W_s} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

여기서,

$R_r$  = 리바운드율 (%)

$W_r$  = 3분간 분사 후 리바운드된 재료의 중량 (g)

$W_s$  = 3분간 빈 용기에 분사된 재료의 중량 (g)

### 4.3.2 시공단면 확대관찰

A. N, Talbot의 공극설에 의하면 모르터나 콘크리트의 강도는 시멘트 공극비에 의해 지배되며, 특히 물-시멘트비가 적은 배합인 경우 다짐이 불충분하면 강도는 저하된다.<sup>(2)</sup> 콘크리트의 배합이 같아도 다짐의 정도에 따라서 콘크리트에 생기는 공극은 상당히 달라지며, 이러한 공극을 통해 외부로부터 유해물질의 침투가 용이해진다.

본 연구에서는 스프레이 공법으로 시공된 단면의 내부조직을 알아보기 위해 전자현미경으로 500배 확대하여 관측하였으며, 수작업으로 시공된 단면과의 내부조직을 비교 검토하였다.

### 4.3.3 압축강도

콘크리트의 압축강도와 콘크리트 속에 묻힌 철근의 부식정도의 관계를 알아보기 위한 기존의 실험적 연구에 의하면 콘크리트의 압축강도가 증가 할수록 철근의 부식정도는 낮게 나타났으며, 그 경향은 재령이 증가할수록 커지고 있다.

본 연구에서는 고압의 습식 스프레이 공법으로 제작한 공시체의 압축강도를 측정하기 위해 5cm 입방체 공시체를 제작한 1일 후 탈형하여 습윤양생시켜 재령 28일의 압축강도를 KS L 5105에 의하여 측정하였다. 또한 수작업에 의해 제작한 시료에도 동일한 방법을 적용시켜 시공방법에 따른 강도특성을 비교하였다.



Fig. 7 시공 순서도

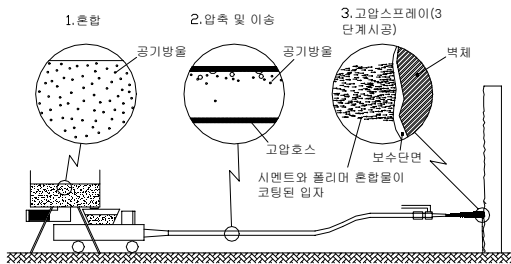


Fig. 8 스프레이 공법의 원리

### 4.3.4 접착강도

어떤 물질을 개입시켜 두 물체를 결합시키는 현상을 접착이라 하며 이 때 사용된 개입 물질을 접착제, 접착의 대상이 된 물질을 피착체라고 한다.

콘크리트 구조물의 단면을 수복하는 보수재료의 경우 기존 구체와의 접착이 잘 되고 오랜 시간 동안 그 성능을 유지하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 시공 방법에 따른 접착강도를 알아보기 위해 압축강도가 약  $500\text{kgf/cm}^2$ , 접착강도가 약  $48\text{kgf/cm}^2$ 인 바탕콘크리트를 제조하여 보수재료를 약 5mm 두께로 시공한 후 습윤양생 시키고, 재령 28일에 KS F 4715에 따라 측정하였다.

### 4.3.5 중성화 시험

대기 중에 존재하는 이산화탄소는 콘크리트 중의 수산화칼슘과 반응해서 콘크리트 중의 알칼리성을 저하시킨다. 중성화 깊이가 철근이 있는 위치까지 도달하면 철근이 부식할 가능성이 크기 때문에 철근 콘크리트 구조물의 열화속도를 예측하는데 있어 중성화 깊이를 예측하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 재령 약 200여 일의 실제 시공된 보수재료의 중성화 깊이를 측정하기 위해  $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 의 코어를 채취하여 단면을 활렬하고 활렬면에 1% 페놀프탈레인 용액을 분무해서 미착색부분을 중성화 부분으로 측정하였다.

## 5. 시험결과 및 고찰

### 5.1 리바운드량 측정 시험

열화된 콘크리트 구조물의 단면을 보수할 때 작업성의 향상, 사용재료의 손실 및 품질변동 방지, 시공된 단면에서의 큰 기공 제거 등을 위해 발생하는 리바운드의 량을 최소화 할 수 있는 최적조건을 찾기 위해 여러 가지 변수에 의한 리바운드량을 측정된 결과는 다음 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12 및 Fig. 13과 같다.

여러 가지 조건에 따른 리바운드량을 측정된 결과 벽체의 경우 약 3%, 천장의 경우 약 5%로 나타났고

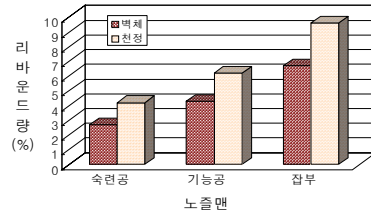


Fig. 9 숙련도에 따른 리바운드량

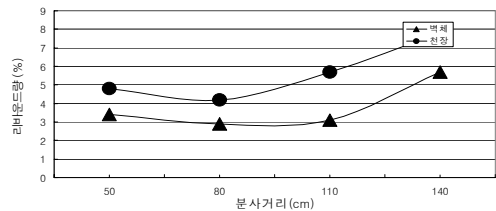


Fig. 10 분사각도에 따른 리바운드량

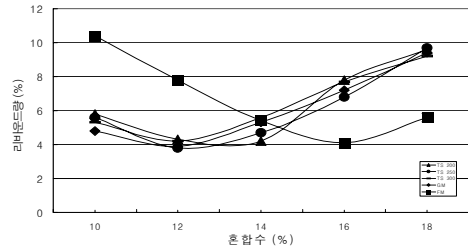


Fig. 11 분사거리에 따른 리바운드량

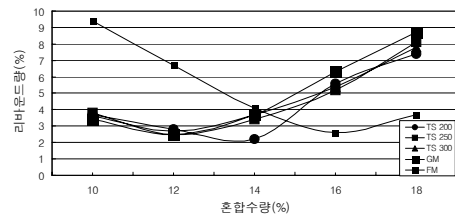


Fig. 12 혼합수량에 따른 리바운드량 (벽체)

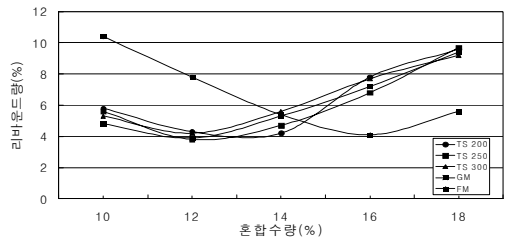


Fig. 13 혼합수량에 따른 리바운드량 (천장)

속련공에 의해 시공된 리바운량이 가장 적었으며, 타설각도는 90°, 거리는 70 ~ 110cm가 가장 적합 것으로 나타났다. 혼합수는 대략 10.5% ~ 16.5%가 리바운드량을 최소화하는데 적합한 것으로 나타났다.

## 5.2 시공단면 관찰

본 공법으로 시공된 단면과 수작업에 의한 기존의 공법으로 시공된 단면을 전자현미경으로 500배 확대하여 관찰한 결과는 다음 Photo 1 및 Photo 2와 같다.

시공 단면을 확대하여 관찰한 결과 수작업에 의한 모르타의 시공단면에 비해 개발된 스프레이 공법으로 시공된 단면은 큰 기공이나 공동 등이 없이 매우 촘촘한 단면이 형성되었다. 스프레이 공법의 경우 재료의 혼합 시 간헐된 공기가 고압의 펌프에 의한 압축과 물리적인 부착을 통한 다짐효과에 의해 제거되어 내부의 공극발생이 억제되었기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

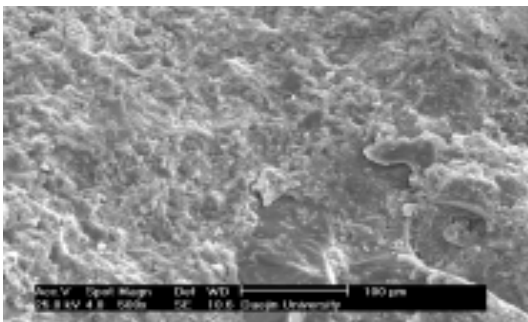


Photo 1 스프레이 공법

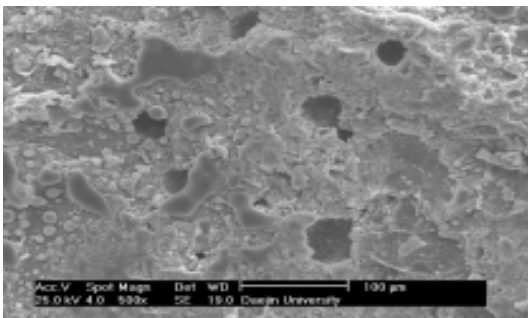


Photo 2 수작업

## 5.3 압축강도 측정

본 연구에서 스프레이 공법으로 제작된 공시체의 압축강도를 측정하여 수작업에 의해 제작된 공시체와 비교한 결과는 Fig. 14와 같이 나타났다.

압축강도 측정 결과 Fig. 14와 같이 스프레이 공법으로 제작된 공시체의 압축강도가 수작업에 의해 제작된 공시체에 비해 압축강도가 115% 이상으로 나타났다. 이는 작은 입자들로 구성된 보수재료를 20~40bar의 고압으로 압송시켜 보수해야 할 단면에 고속으로 분사시킴으로써 재료의 혼합 시 간헐된 공기가 압송과정과 물리적인 부착을 통한 다짐의 효과에 의해 제거되어 내부의 공극발생이 억제되었기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

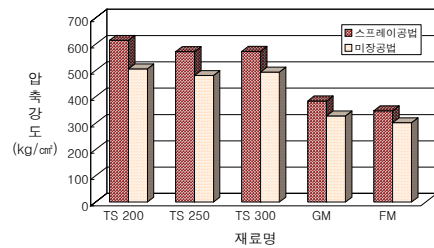


Fig. 14 압축강도 측정결과

## 5.4 접착강도 측정

본 연구에 사용되는 TS 200, TS 250, TS 300 및 GM을 스프레이에 의한 방법과 수작업에 의한 방법으로 제작한 시험체의 접착강도 시험 결과는 다음 Fig. 15와 같다.

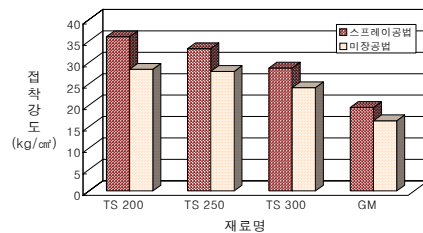


Fig. 15 접착강도 측정결과



4종류의 보수 모르터의 접착강도를 측정된 결과 스프레이 공법에 의해 제작된 시험체의 접착강도 측정 결과치는 수작업에 의한 것보다 약 118% 이상으로 더 높게 나타났다. 이는 모세관 효과에 의해 접착면에서 발생하는 압력과 고속으로 분사되는 압력이 더해져서 접착성능이 더 우수하게 나타난 것으로 사료된다.

### 5.5 중성화 깊이 측정

본 공법에 의해 고가교량 및 하수암거에 적용된 보수재료의 장기 성능을 알아보기 위해 중성화 깊이를 측정된 결과는 Table 2와 같으며, 시공단면에서의 접착강도 측정결과는 Table 3과 같다.

8주 경과 후의 중성화 깊이를 측정된 결과 시공된 단면에서의 중성화 현상은 없는 것으로 나타났으며, 접착강도 측정 결과 고가교에 적용된 TS 200의 경우 평균 28.kgf/cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 하수암거에 적용된 TS 250의 경우 25.4kgf/cm<sup>2</sup>로 나타나 본 연구에서 제시하는 최소 접착강도 15kgf/cm<sup>2</sup>보다 모두 높게 나타났다.

Table 2 8주 경과 후 중성화 깊이 (단위 : mm)

NO.	종류 시료	횡단박스 복개도로 보수공사	
		TS 200	TS 250
1		0	0
2		0	0
3		0	0
평균		0	0

Table 3 28일 경과 후 접착강도 (단위 : kgf/cm<sup>2</sup>)

NO.	종류 시료	횡단박스 복개도로 보수공사	
		TS 200	TS 250
1		28.6	25.6
2		27.5	25.3
3		28.4	25.4
평균		28.17	25.4

## 6. 결 론

본 연구는 여러 가지 원인에 의해서 열화된 철근 콘크리트 구조물의 단면을 수복하는 공법의 개발에 관한 것으로서 습식 스프레이 기계에 의해 시공되는 공법으로 시공된 구조물 단면의 내구성이 개선되는 효과를 알아보기 위해 물리 성능 및 내구 성능을 평가하였다.

단면수복의 개선효과를 알아보기 위해 기존의 방법인 수작업으로 제조한 시료와의 물성평가를 비교한 결과는 다음과 같다.

- 1) 시공 시 작업성의 향상과 품질변동 방지 및 리바운드에 의한 고가 재료의 손실을 줄이기 위해 여러 가지 조건을 변수로 하여 리바운드량을 측정된 결과는 벽체의 경우 3%이하, 천장의 경우 5%이하로 나타났으며, 수력공에 의한 시공, 90도의 분사 각도, 70~110cm의 분사거리 및 대략 10.5%~16.5%의 혼합수량이 리바운드량을 최소화하는데 적합한 것으로 나타났다.
- 2) 시공방법을 달리하여 시공된 단면을 전자현미경으로 500배 확대하여 관측한 결과 스프레이 공법으로 시공된 단면의 조직이 수작업에 의해 시공된 단면에 비해 조직이 매우 치밀하게 나타났다.
- 3) 기존 수작업에 의한 방법과 스프레이 공법으로 제작된 공시체의 압축강도 측정 결과 수작업에 의해 제작된 시료보다 115% 이상 높게 나타나 물리적 성능이 더 우수한 것으로 나타났다.
- 4) 시공방법에 따른 보수재료의 접착성능을 평가하기 위해 스프레이 공법과 수작업에 의해 제작된 시험체를 평가한 결과 스프레이 공법에 의한 접착강도가 수작업에 의한 것 보다 118% 이상으로 더 높게 나타났다.
- 5) 장기간의 물성 및 내구성능을 알아보기 위해 교량 및 하수암거에 실제 적용시킨 보수단면의 장기 재령에서의 접착강도는 교량 및 하수암거에서 각각 28.2kgf/cm<sup>2</sup>, 25.4kgf/cm<sup>2</sup>로서 본 공법에서 제시한 최소 접착강도 15kgf/cm<sup>2</sup> 이상으로 나타났으며, 중성화는 발생되지 않은 것으로 나타나 장기적 내구성이 우수한 것으로 판단된다.

6) 여러 가지 원인에 의해 열화된 콘크리트 구조물을 보수함에 있어서 열화원인에 대응할 수 있는 보수 재료를 세분화하여 사용하는 것뿐만 아니라 그러한 보수재료의 성능을 더욱 향상시킬 수 있는 시공방법을 선정하는 것이 중요하며 국내에서의 지속적인 연구개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. 김생빈, "고강도콘크리트의 동결융해저항성에 미치는 기포조직의 영향", 한국콘크리트학회 논문집, 제4권, 1호, 1992. 2, pp.89-96
2. 한국수자원공사, " Shotcrete 설계 및 시공 ", 1988, p.99
3. 日本コンクリート工學協會 炭酸化研究委員會, "コンクリートの炭酸化に関する研究の現状", 1993.
4. 日本コンクリート工學協會, "海洋コンクリート構造物の防蝕指針(案)", 1983.
5. シメント協會, "シメントコンクリート化學とその應用", 1987.
6. F. M. Lea, "Chemistry of Cement and Concrete", 3rd, Edward Arnold, 1970, p.657.
7. H. F. W Taylor, " Cement Chemistry ", 1990, pp.383-401.
8. Y. Ohama, "Study on Properties and Mix Proportions of Polymer-Modified Mortars for Building", Rep. 65, Building Research Institute, Tokyo, 1973.
9. T. C Power And R. H Helmuth, " Theory of Volume Changes in Hardened Portland Cement Paste During Freezing", Vol.32, 1953, pp.285-297.
10. Peter H. Emmons, "Concrete Repair and Maintenance Illustrated ", 1994.

(접수일자 : 2002년 8월 22일)