

# 콘크리트 균열 보수성능에 관한 비교 연구

## A Comparative Study on the Repair Performance of Concrete Crack

박 성 우\*  
Sung-Woo Park

윤 성 훈\*\*  
Sung-Hun Yoon

---

### ABSTRACT

The problem of the crack which occurs from the reinforced concrete structure could be caused by the complexed factors. When the crack happens, it causes fatal blemish to manage and maintain the structure such as structural problem, leaking, spalling, etc. Even though they study and work hard to solve this kind of problem in the world, there are no countermeasure for perfect prevention of crack. After the crack is checked out, a method of repair-reinforcement has been studied and operated actively.

Generally, occurrence of the crack in the concrete structure could be taken as granted, no need to mention the damage from the crack, domestic construction tries to hide it rather than repair basically. In many cases the construction amount for repairing the crack has to be made in the construction area and the amount is very expensive.

To save the repairing fee, companies repair it under the meeting of their desire, it can be expected for the effect of the construction. For this reason, we compare a new injection method to solve the demerits of the present method, to save and use the merit of the present method.

---

### 1. 서론

철근콘크리트 구조물에서 발생하는 균열은 대부분 여러 가지 복합적인 원인에 의해 발생한다. 일단 균열이 발생하면 구조문제, 누수문제, 박락문제, 미관문제 등 구조물을 유지관리 하는데 치명적인 하자를 유발시킨다. 이러한 문제들을 해결하고자 국내외적으로 균열방지를 위해 많은 연구와 노력을 하고 있지만, 현재까지 완벽한 균열방지 대책은 없으며, 균열이 발생한 후 대처하는 보수보강공법이 활발히 연구되어지고 있다. 국내의 건설현장에서는 균열이 발생하면 이를 근본적으로 보수하려는 생각보다 감추어 넘어가려고 하는 경우가 많다. 균열보수공사를 하는데 소요되는 비용은 현장실행예산에 반영되어 있지 않아 공사원가를 증가시키는 요인으로 간주되므로 결국 가능한한 공사비가 적게 들어가는 방법을 찾게 되고 균열보수업체 또한 이와 타협해 적당한 방법으로 보수공사를 하게 되어 보수효과를 기대하기 어려운 공사가 이루어 지기도 한다. 위와 같은 이유로 기존 공법과 새로운 공법의 장단점을 파악하여 균열 보수시 도움을 주려는 목적으로 본 연구를 수행하게 되었다.

---

\* 삼성물산(주)건설부문 기술연구소 차장

\*\* 삼성물산(주)건설부문 기술연구소 주임

## 2. 균열보수 주입공법의 내용

### 2.1 고압 주입 공법

#### (1) 고압주입공법의 문제점

- ① 콘크리트 강도보다 높은 압력으로 주입시 균열부 주변 콘크리트가 깨어진다.(그림 1.0)
- ② 200kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 고압이 발생하므로 보수재료가 눈에 튀는 등 안전사고가 발생할 수 있다.
- ③ 깊은 천공, 보수재 주입시간지연 등으로 작업시간이 오래 걸린다.
- ④ 모든 소모품 및 장비를 고압에 견딜 수 있도록 제작 사용 하므로 경제성이 떨어진다.

#### (2) 고압발생의 원인

다음의 그림 1.0과 같이 함마드릴 천공시 콘크리트 가루가 균열의 입구를 막아 보수액의 주입이 원활하지 않으며, 균열에 대해 대각 및 5cm 이상 깊게 천공을 함으로써 주입공과 균열면이 교차하지 않는 문제가 발생할 수 있어 높은 주입압의 원인이 된다.

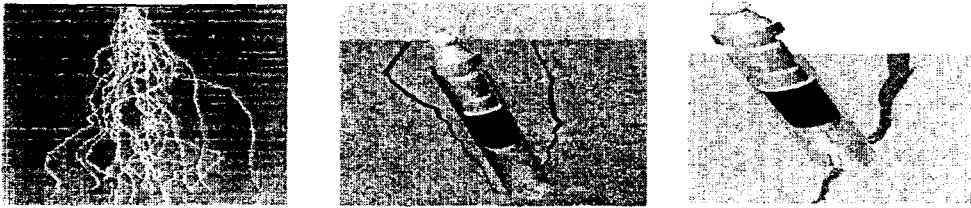


그림 1.0 균열단면형상 및 철재패커 설치

### 2.2 저압 주입 공법

#### (1) 저압주입공법의 문제점

- ① 10kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 압력이 걸릴 경우 좌대가 떨어져 보수재 주입이 불가능하다.
- ② 작업부위가 제한(凹凸면, 보, 슬라브 경계면 등에는 좌대설치가 불가능)된다.
- ③ 장시간 주입시 보수액이 주사기내부에서 자체경화 및 점도상승으로 인하여 미주입사례 발생한다.
- ④ 미주입 보수액의 손실량이 크며 폐자재(주사기 등)가 대량 발생(200ea/30m 보수시)한다.
- ⑤ 좌대설치부 보수액 주입완료, 표면처리까지 작업시간이 많이 소요된다.

#### (2) 2차균열 발생 상세

- ① 저압주입공법은 콘크리트 표면에 좌대를 부착후 균열부를 보수하는 공법으로 약 10kgf/cm<sup>2</sup> 이상의 압력발생시 좌대가 떨어져서 주입이 되지않으며, 저압주입공법의 특성상 주사기 옆부분에 고무줄을 걸고 그 탄성에 의해 압력이 가해지는 원리로 주입이 진행될수록 압력이 감소하여, 균열 내부에 미충진될 확률이 있다.
- ② 다음 그림 3.1에서 보여지는 것처럼 만약 Epoxy Resin 선택과 주입 공법 선택이 부적절하게 시행되어 균열 부위에 수지가 완전히 주입되지 않을 경우 수축시 미충진된 부분에 응력이 집중되어 아래 그림과 같이 2차 균열이 발생하게 된다.

### 2.3 중압 주입 공법

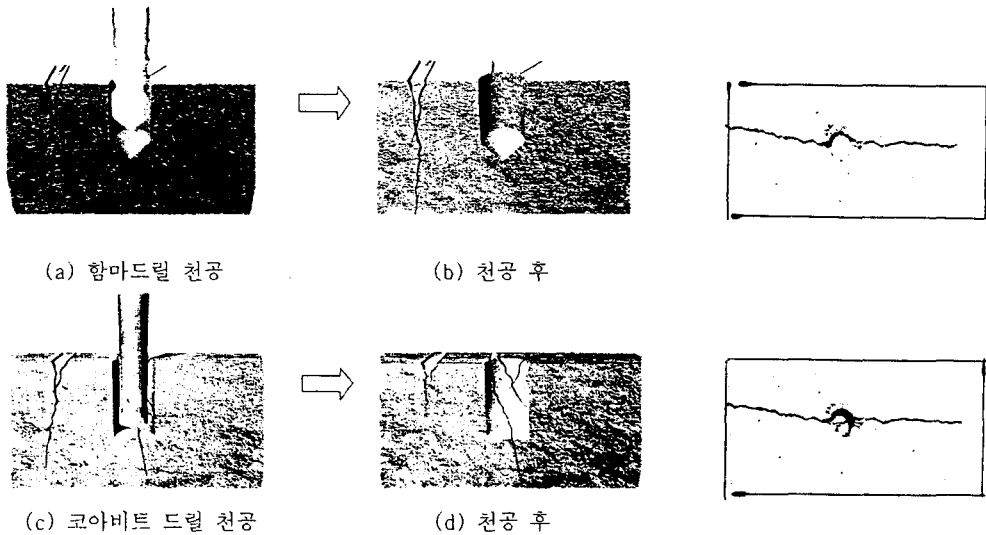
고압 및 저압공법의 문제점들을 보완하기 위하여 개발된 중압주입공법(발생압 100kgf/cm<sup>2</sup>이하)은 보수시 균열부에 천공깊이를 얇게(2cm이하)하고 직접 천공을 함으로써 패커의 주입구와 균열이 직접 만나게 하여 콘크리트 주입공이 균열을 비켜갈 확률을 최소화하였고 중공형 소형건설 코아비트드릴을 사용함으로써 천공시 콘크리트가루를 배출함으로 인해 막힘현상을 제거하여 저압에서도 충분히 주입이 되며 또한 플라스틱 패커를 사용하여 철재 패커에 비하여 자재비를 줄일 수 있고, 확인창을 패커와 패커사이에 설치함으로써 주입시 보수재의 충전여부를 관찰하면서 보수가 가능하도록 하였다고 소개되었다.

## 3. 실험

고압주입공법과 중압주입공법의 성능검증을 위하여 다음과같은 실내시험과 현장시험을 수행하였

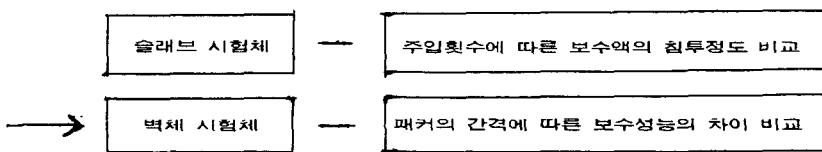
으며, 시험결과를 다음과 같이 요약·정리하였다.

### 3.1 천공상태 비교실험



### 3.2 실내시험

실내 시험은 고압 및 중압 주입보수공법이 적용 가능하도록 미리 균열을 발생시킨 시험체를 사용하였으며, 시험은 시험체로부터 채취된 코아의 압축강도시험과 염소이온투과 시험 등을 수행하였고, 결과는 다음과 같다.



#### 1) 실내시험 결과

##### ① 일축압축강도 시험

일축압축강도 측정시 Control 시편과 보수된 시편의 파괴양상은 전형적인 보수실험편의 경우 보수면과 상관없이 파괴되어 적절한 보수가 이루어진 것을 알 수 있었다. 표에서 실험체명에 사용된 기호를 설명하면 'C'는 Control시편, 'M'은 중압 주입공법, 'H'는 고압 주입공법에서 채취한 코아를 표시한 것이다.

표 1 압축강도 실험결과(kgf/cm<sup>2</sup>)

| 실험체명 | C - 1 | C - 2 | C - 3 | M - 1 | M - 2 | M - 3 | H - 1 | H - 2 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 강도값  | 346.9 | 420.9 | 341.4 | 316.7 | 354.1 | 316.9 | 267.7 | 342.1 |

##### ② 염소이온 투과시험

염소이온 투과실험은 ASTM C1202-94(Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration)과 AASHTO T227(Rapid Determination of the chloride Permeability)의 방법에 따라 실시하였다. 아래 표는 예폭시로 보수한 균열이 얼마나 밀실하게 채워졌는지를 평가하기 위하여 평균 Control 시편의 투과량을 기준으로

Control 시편 투과량 - 보수된 시편 투과량  
Control 시편 투과량

의 식으로 보수효과를 나타낸 것이다.

따라서 값이 큰 경우가 보수된 시편의 염소이온 투과량이 적어 더욱 밀실한 보수가 이루어졌다고 판단할 수 있다.

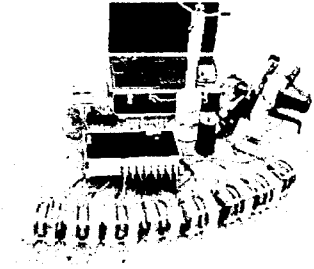


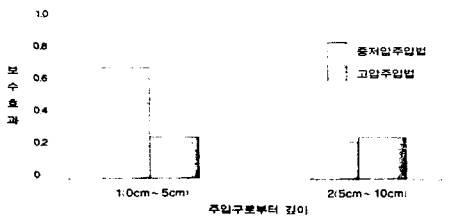
표 2 Control 시편과 보수된 시편과의 비

|   | 주입방법 | 중압 주입공법  |         |         |          | 고압 주입공법 |       |        |       |
|---|------|----------|---------|---------|----------|---------|-------|--------|-------|
|   | 주입간격 | 15cm간격   |         | 30cm간격  |          | 15cm간격  |       | 30cm간격 |       |
|   | 시편명  | M-1      | M-2     | M-1     | M-2      | H-1     | H-2   | H-1    | H-2   |
| 1 |      | 0.720    | 0.260   | .       | .        | 0.330   | 0.320 | 0.301  | 0.110 |
| 2 |      | 0.652    | 0.197   | 0.472   | 0.192    | 0.263   | 0.291 | .      | .     |
| 3 |      | (-0.747) | (0.069) | (0.214) | (-0.130) | 0.447   | 0.162 | 0.305  | 0.217 |
|   | 평균값  | 0.686    | 0.228   | 0.472   | 0.192    | 0.247   | 0.258 | 0.303  | 0.163 |

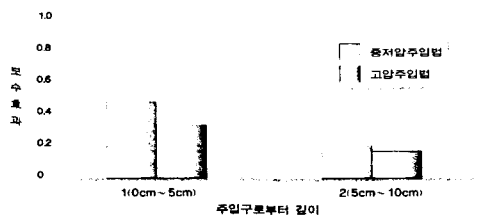
③ 보수효과

주입간격이 15cm[그림(a)]를 보면 표면시편에서는 고압 주입공법에 비하여 중압 주입공법의 보수 효과가 2배 이상 크며, 내부시편에서는 두 보수방법의 보수효과가 유사한 것으로 나타났다.

(a) 주입간격 15cm



(b) 주입간격 30cm



주입간격이 30cm[그림(b)]인 경우는 두 주입방법 모두 주입간격이 15cm보다 보수효과가 감소하지만 중압 주입공법이 상대적으로 고압 주입공법보다 보수 효과가 있는 것으로 평가되었다.

④ 주입횟수에 따른 주입깊이 효과

동일 횟수에서의 보수재의 주입깊이 측정결과 5회 주입에서 두 공법모두 주입 깊이가 비슷하였으나 주입횟수 15회에서는 중압 주입공법의 주입깊이가 약 5.6cm정도 더 좋은 것으로 나타났으나, 패커의 길이를 고려하면 중압 주입공법이 고압 주입공법에 비하여 동일횟수에서 깊이 주입됨을 판단할 수 있다.

표 3 주입횟수에 따른 주입깊이

단위 : cm

| 실험번호    | 주입횟수 5회 |      |       | 주입횟수 15회 |    |    |       |
|---------|---------|------|-------|----------|----|----|-------|
|         | 1       | 2    | 평균    | 1        | 2  | 3  | 평균    |
| 중압 주입공법 | 8       | 10   | 9     | 15       | 12 | 19 | 15.33 |
| 고압 주입공법 | 10      | 11.5 | 10.75 | 11       | 12 | 6  | 9.67  |

또한 동일횟수 주입시 고압 주입공법은 에폭시가 주입구 주변에서는 많이 퍼져있으나, 깊이 들어갈 수록 균열부 주변에 머물러 있는 반면, 중압 주입공법은 깊이 주입되면서 넓게 분포되는 것으로 보아 동일 작업량 대비 효율이 큰 것으로 나타났다.

### 3.3 현장시험

현장 시험은 고압 및 중압 주입보수공법을 적용하여 보수완료된 부분에 코아를 채취하여 일축 압축 강도시험과 육안조사를 수행하였으며, 실험변수는 다음과 같다.

슬래브 (건축현장)

주입압, 주입간격에 따른 비교

벽체 시험체

코어의 절단 및 육안조사를 통한 밀실한 보수액 침투여부 확인

#### 1) 현장실험 결과

##### ① 보수재 주입시 공법별 비교

주입간격 30cm인 경우 중압 주입공법은 3분 23초의 주입시간과 60kgf/cm<sup>2</sup>의 주입압이 발생한 반면, 고압 주입공법은 최대압이 300kgf/cm<sup>2</sup>을 넘으면서 표면 콘크리트가 깨졌다. 따라서 주입 간격이 넓을 수록 높은 압력이 발생하는 것을 알 수 있었으나 중압주입공법의 경우 작업에 적절한 압력이 발생하는 것으로 나타났다. 중압 주입공법은 확인창으로 균열의 충전여부를 주시하면서 주입횟수를 조절할 수 있어 패커 주변으로 흐르는 에폭시의 양이 적었다. 반면, 고압 주입공법은 균열내부의 충전여부를 판단하기 어려워 주입시 패커 주변으로 흘러내린 에폭시의 양이 많았다.

##### ② 보수재 주입후 공법별 비교

###### (a) 주입 후 표면

주입간격이 15cm인 경우 주입구 반대면을 관찰한 결과 중압 주입공법으로 보수된 부분은 에폭시가 주입면 반대로 흘러 나왔음을 볼 수 있으나, 고압 주입공법으로 보수된 부분의 균열부에서는 주입면 반대편에서 에폭시를 관찰할 수 없었다. 따라서 고압주입공법은 큰 압력으로 주입하였으나 충분한 보수가 이뤄지지 않은 것으로 사료된다. 이는 주입간격이 30cm인 경우에도 동일한 경향을 나타냈다.

###### (b) 보수 후 코아

주입간격이 15cm인 경우 중압 주입공법의 코아와 코아를 채취한 구조체 부분을 보면 균열이

에폭시로 채워진 것을 확인할 수 있다. 고압 주입공법의 코아는 주입면에서 멀어 질수록 균열이 제대로 채워지지 못했으며 코아를 채취한 부분은 표면에서는 채워진 듯 보이나 내부에서는 균열의 빈틈을 볼 수 있다.

(a) 중압 주입(간격 15cm)

(b) 고압 주입(간격 15cm)

## 3.4 소결

| 구 분                   | 고압주입공법 | 저압주입공법  | 중압주입공법  |   |
|-----------------------|--------|---|---|---|
| 공<br>법<br>별<br>특<br>성 | 발생압력   | 200kgf/cm <sup>2</sup> 이상 고압발생  | 4~10kgf/cm <sup>2</sup> 이하 저압주입                         | 10~100kgf/cm <sup>2</sup> 중압발생  |
|                       | 작업시간   | 작업시간 지연(1)  | 작업시간 지연(1.5)  | 작업시간 단축(0.5)  |
|                       | 적용범위   | 건식균열보수에 부적합   | 습식균열보수에 부적합   | 건식, 습식 모두 가능  |
|                       | 기타     | 주입시 콘크리트강도<br>보다 높은 압력발생으로<br>깨짐현상 발생<br>고압장비/자재사용으로<br>인한 비용 증가<br>깊은 천공으로 구조물<br>손상 | 장시간 주입시 주사기내<br>자체경화 및 점도상승으로<br>미주입 사례 발생<br>폐자재 大量 발생 | 플라스틱패커 사용으로<br>경제성확보(철재대비1/5)<br>얕은 천공(2cm이하)으로<br>배근을 피하며 구조물<br>손상 저감 |

향후 구조물 균열 발생시 각 균열별, 상황별로 적용하여야 할 보수공법이 다르겠지만 중압 주입공법은 그 활용기회가 더욱 확대될 것으로 판단된다.

## 4 결론

앞서 살펴본 바와 같이 현재 균열보수주입공법 중 가장 범용적으로 사용되고 있는 저압공법(주사기 이용)과 고압공법(철재패커 이용)에서 일부 단점들이 나타났다. 현재 이러한 단점들을 보완하기 위한 새로운 균열보수공법 및 재료들이 활발히 개발되고 있으나 충분한 rjawmd, 적용실적, 지침 등이 마련되어 있지 않아 기존공법들을 계속 적용하여 보수하는 경향이 있다. 향후에는 새로운 보수재료나 공법들을 지속적으로 개발,개선시켜 다양한 환경 및 여러 조건에 적합한 최적의 보수재료 및 공법들을 적용하는 System개발 및 시방이나 지침이 제정되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 삼성물산(주), 김천만 "소형건식코아비트드릴과 마이크로패커를 이용한 중압주입균열보수공법", 2002 신기술 신청서.
2. 심중성,문도영,김언경, "염소이온 투과실험을 이용한 균열보수성능평가에 관한 시험적 연구", 2001콘크리트학회 가을 학술발표회.
3. 원종필, 김현호, 안태송, "조기강도 콘크리트의 내구특성", 2001콘크리트학회 봄 학술발표회.
4. 오병환, 김선우, 정사와, 서정문, "염해 및 황산염의 복합작용에 따른 염소이온 확산특성의 실험적 연구", 2000가을 학술발표회.
5. 건설기술연구원, RC구조물 보수·보강재에 관한 조사 연구, 연구보고서.