

직각천공방식으로 패커를 설치한 균열보수공법의 보수재 주입특성

Evaluation of Injection Property of Crack Repair Method by Right Angle Drill Method with Packer

고진수* 이성복** 서치호***
Ko, Jin Soo Lee, Sung Bok Seo, Chee ho

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the injection performance of crack repair method in concrete structure. To improve the quality of the concrete structure caulking material was injected into the crack of building that were planned to be demolished and injection properties of various repair method were compared and assessed according to type of crack.

Results from the test showed that when cracks and injection port were integrated and the injection port wasn't blocked repair material was able to be injected even below around 40kg/cm² pressure. Moreover, effective pressure each type of packer showed wide range varying from 200~400kg/cm². As for drill method for injection port, core drill method has shown to be more effective compared to the air pump method

1. 서론

일반 콘크리트 구조물의 균열에 사용되고 있는 각종 보수재료 및 공법은 그 종류가 다종다양하며, 품질 및 성능에 있어서도 제조업체에 따라 상당히 많은 차이를 보이고 있다. 또한, 다양한 보수제품 및 공법간의 특성을 상호 비교, 평가할 수 있는 기준 및 지침이 없기 때문에 사용에 많은 어려움이 존재하고 있는 실정이다.

신축건축물의 구조체에서 발생된 균열이나 장기 노후건축물의 균열보수는 일부 보수전문업체나 보수전문가의 주관적인 판단에 따라 보수재료 및 공법이 선정, 시공되고 있으나 구조물의 특성과 결함의 원인을 정확히 규명하지 않고 균열부위를 보수할 경우 소정의 효과를 기대하기 어렵다. 특히, 균열종류에 따른 보수공법의 주입성능은 보수이후 콘크리트구조체의 성능이나 내구성에 많은 영향을 미치기 때문에 각종 보수공법의 주입성능에 대한 정량적인 검토가 필요한 실정이다.

이에 따라, 본 연구는 철거대상 건축물을 대상으로 콘크리트구조물의 균열 내부특성과 각종 보수공법에 대한 주입특성을 정량적으로 평가하여 구조물의 품질 및 내구성능을 향상시키는데 목적이 있다.

2. 조사개요 및 항목

*정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 선임연구원

**정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원, 공학박사

***정회원, 건국대학교 건축대학 교수, 공학박사

2.1 조사개요

균열보수공법의 주입성능을 검토하기 위하여 철거예정 건축물을 대상으로 보수공법의 선정에 필요한 주요 내용을 검토하였다. 선정된 건축물은 1978년 준공되어 약 21년이 경과된 철근콘크리트조 아파트이며, 보수공법은 표 1과 그림 2에 나타낸 패커를 사용하는 공법을 대상으로 하였다.

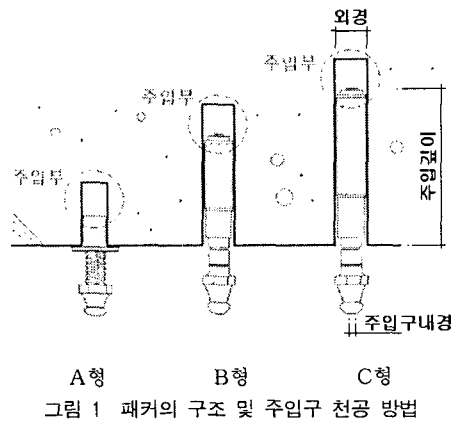
2.2 조사항목

조사항목은 보수공법 선정 시 고려되어야 할 것으로 판단된 다음 4개항목을 대상으로 하였다.

- 1) 균열의 내부특성
- 2) 보수재의 주입이 가능한 최대압력
- 3) 균열과 주입구의 교차(交錯)에 따른 주입압력
- 4) 주입구의 천공방법에 따른 주입압력

표 1 패커의 특성

구분	사용재료	주입깊이 (mm)	외경 (mm)	주입구내경 (mm)
A형	플라스틱 / 고무	12	12	2
B형	철재 / 고무	32	8	2
C형	철재 / 고무	38	10	2



3. 조사 및 실험방법

3.1 균열의 내부특성 시험조건

현재 적용되고 있는 패커주입방식을 각각의 시방에 따라 시공을 하였을 경우 패커의 주입구와 균열이 교차를 이룰 수 있는 가능성을 분석하기 위한 실험이다. 조사부위는 5층 6호 조합의 RC조 건축물의 슬래브로, 균열의 길이가 1m를 넘고 폭이 0.4mm에 근접한 균열을 선정하였다. 슬래브두께 14cm, 균열폭 0.4 ± 0.2 mm, 천공간격 20cm, 천공개소 20개를 선정하고 선정된 부위를 $\Phi 100$ mm의 코아로 20cm간격으로 천공하여 총 18개의 공시체를 채취하였다.

3.2 보수재의 주입이 가능한 최대압력

균열부위에 보수재료를 주입하는 과정에 주입압력이 상승하여 패커가 밀려나오거나 보수액이 흘러나오는 현상을 볼 수 있는데 이러한 보수재 주입과정에서 발생되는 문제점에 대비하기 위하여 주입구에 설치된 패커의 인발력과 최대주입압력을 측정하였다. 최대 압력의 측정방법은 주입장치에 압력계를 설치하여 최대압력이 도달하는 시점을 측정하였다.

3.3 균열과 주입구의 교착(交錯)에 따른 주입압력

본 조사는 보수재의 주입부와 균열이 접한 경우의 주입압력과 더불어 균열이 접하지 않은 경우의 주입압력을 비교하기 위하여 균열 폭이 약 $0.4 \pm 0.2 \text{mm}$ 의 범위인 균열을 대상으로 보수재 주입 시 발생되는 압력을 측정하였다. 사용한 보수재료는 주재 210(cPs) 경화제 50(cPs)의 저점도형 에폭시를 사용하고 주입압력은 3.2 절의 최대압력 측정방법과 동일하게 측정하였다.

3.4 주입구의 천공방법에 따른 주입압력실험

본 실험은 주입구의 천공방법에 따른 주입압력의 특성을 실측하기 위하여 주입구를 드릴로 천공한 경우, 주입구를 드릴로 천공한 다음 공기압으로 먼지를 제거한 경우, 코아드릴로 천공한 경우를 대상으로 보수재 주입압력을 측정하였다. 브러쉬로 청소하는 방식과 물로 세척하는 방식은 적용이 불가능해 실험에서 제외하였다. 실험체의 설치방법은 유사한 균열에서 각각의 주입방법을 측정하기 위하여 그림 2와 같이 배치하고, 보수재료는 주재 210(cPs) 경화제 50(cPs)의 저점도형 에폭시를 사용하였다.

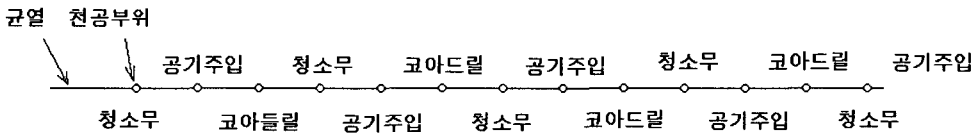


그림 2 주입구 천공방법에 따른 압력측정의 실험체 설치방법

4 조사 및 실험결과

4.1 균열 내부의 특성

균열부위의 공시체를 천공하고, 천공한 공시체의 단면에 나타난 균열의 형태를 그림 3에 나타내었다. 그림에서와 같이 균열은 표면으로부터 최대 60°까지 경사를 이루어 진행되며, 주입구는 표면부위에 가까울수록 균열부위와 접하게될 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 그림에서 A~E까지는 각 공법

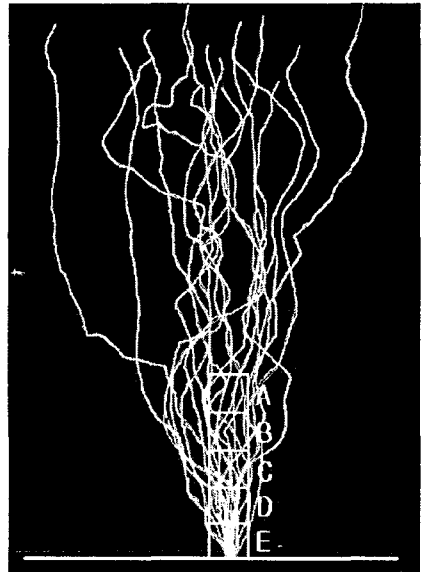


그림 3 균열 단면도

표 2 주입구의 내부균열 통과횟수

주입구 영역	통과횟수 (통과균열/전체균열)	확률 (%)
A (C형 패커의 주입구)	10/20	50
B (B형 패커의 주입구)	12/20	60
C (-)	17/20	85
D (A형 패커의 주입구)	18/20	90

에 대한 주입구를 나타낸 것으로 A는 C형패커의 주입영역에 해당되고, B는 B형패커의 주입영역에 D는 A형패커의 주입영역에 해당된다. 각 주입 영역에 따른 주입구와 균열의 교점가능성을 측정하여 표 2에 나타내었다.

C형 패커는 주입구와 균열이 교차할 가능성이 약 50% 미만이며, B형패커는 주입구와 균열이 교차할 가능성이 약 60%로 조사되었으며, A형패커는 주입구와 균열이 교차할 가능성이 약 90%가 되는 것으로 조사되었다. 또한, 구조체 표면의 균열폭과 내부의 균열폭에 대한 차이를 검토하기 위하여 천공한 실험체의 단면에 나타난 균열을 표면에서부터 5mm간격으로 측정된 결과를 그림 4에 나타내었다.

표면균열의 크기가 0.3mm, 0.4mm, 0.6mm, 0.7mm인 실험체를 대상으로 균열 깊이에 따라 폭을 측정하였으며, 측정결과 표면의 균열폭 보다 내부의 균열폭이 약 30~50% 그 크기가 감소되어, 표면균열이 0.3mm인 경우 내부의 균열폭은 평균 0.2mm이며, 0.4mm는 내부 평균이 약 0.2~0.3mm, 0.6mm는 내부 평균이 약 0.4mm, 0.7mm는 내부 평균이 약 0.4mm로 조사되고, 특히, 0.6mm미만의 균열에서 균열이 막혀있는 부위가 수시로 발견되었다.

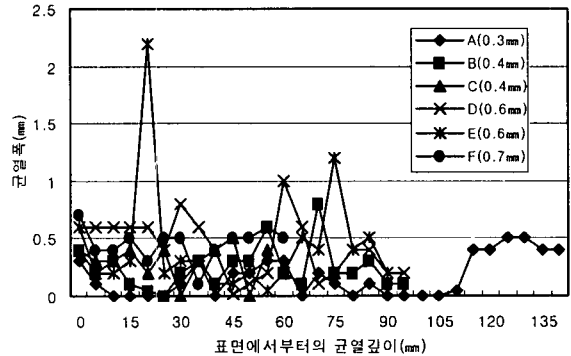


그림 4 균열내부의 균열폭

일반적으로 보수공법을 선정할 경우 표면에 나타난 균열을 조사한 후 보수공법을 선정하는데 표면의 균열과 내부균열의 미세한 구조에는 많은 차이가 있으므로 이러한 특성을 고려하여 공법을 선정할 필요가 있다고 판단된다. 특히, 시멘트를 사용하는 무기질 보수재의 경우 미세균열에서 균열이 막혀있는 부위 즉, 보수재료의 주입을 방해하는 병목구간이 발생할 경우 밀실한 주입이 불가능하므로 이에 대한 대안을 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

4.2 보수재의 주입이 가능한 최대압력

주입구에서 패커가 견딜 수 있는 최대압력을 측정하여 다음 그림 5에 나타내었다. C형의 패커는 인발실험에서 약 400(kgf/cm²), 압력주입에서 약 490(kgf/cm²)의 최대 하중을 나타냈고, A형은 약 200(kgf/cm²) 내외, 저압은 100(kgf/cm²) 이내의 유효압력을 나타냈다. 현재 B형 및 C형의 패커는 약 200(kgf/cm²) 내외에서 주입되고, A형패커는 약 100(kgf/cm²) 이내에서 주입되고 있어 보수재료의 주입은 유효압력 이내의 수준에서 주입되는 것으로 조사되었다.

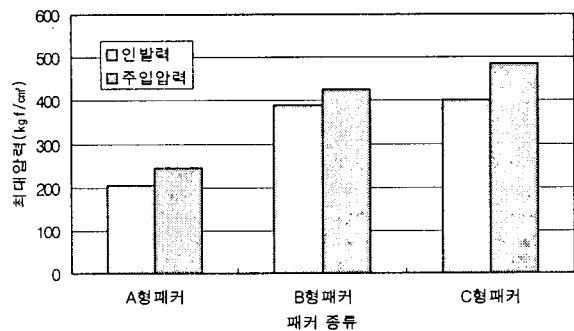


그림 5 좌대 및 패커의 유효압력

4.3 균열과 주입구의 교착(交錯)에 따른 주입압력

실험결과 주입구와 균열이 접한 경우는 그림 6과 같이 C형이 약 50~150(kgf/cm²)의 범위에서 주입되

었고, A형이 약 20~100(kgf/cm²)의 압력으로 주입되는 것을 확인할 수 있었다. 반면, 균열과 접하지 않은 경우는 그림 7과 같이 C형이 약 150~300(kgf/cm²)의 범위에서 구체가 파손되거나 패커에서 보수액이 누수되는 현상이 나타나고, A형이 약 150~200의 범위에서 패커가 빠져나오거나 보수액이 누수되는 현상을 확인할 수 있었다.

특히, 고압은 최대 압력이 300(kgf/cm²)에 도달할 경우 주입구 주변에서 2차 균열이 발생되며 균열주위에서 보수액이 흘러나오는 현상을 확인할 수 있었다. 이러한 현상은 콘크리트의 압축강도와 유사한 압력범위에서 발생되어 주입구에 응집된 강한 압력이 콘크리트가 견딜 수 있는 최대압력(하중)을 넘어서 나타난 현상으로 판단된다. 따라서 구조체의 압축강도에 근접하거나 그 이상의 압력으로 주입될 경우 구체의 손상이 우려되므로 가능한 압축강도 이내의 범위에서 주입하고, 고압은 약 150(kgf/cm²)이내, 중압은 100(kgf/cm²)이내에서 작업하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

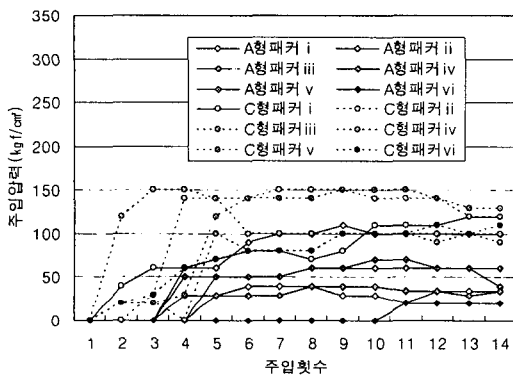


그림 6 주입구와 균열이 접한 경우

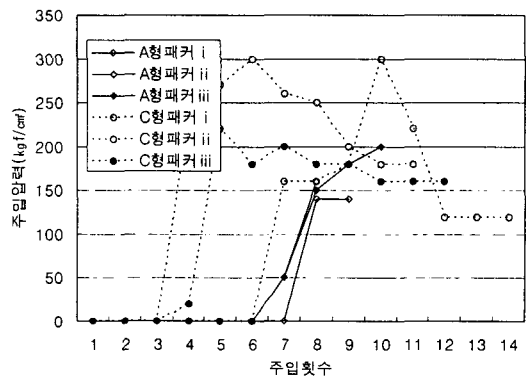


그림 7 주입구와 균열이 접하지 않은 경우

4.4 주입구의 천공방법에 따른 주입압력실험

주입구 천공방법에 따른 주입압력은 그림 8과 같이 주입구 내부를 청소하지 않은 경우와 공기압으로 먼지를 불어낸 경우의 주입압력이 유사하게 나타나 공기압으로 주입구의 먼지를 제거하는 방법으로는 주입압력을 감소시키는 효과가 없는 것으로 판단된다. 반면, 코아드릴로 균열내부를 청소한 경우는 주입압력이 상당히 감소되어 주입구의 기능을 높이는데 효과가 있는 것으로 조사되었다. 이와 같이 유사한 크기의 균열에서 주입구의 천공방법에 따라 주입압력에 큰 차이를 나타내므로 주입구의 마무리 작업상태에 대한 연구와 개선방안을 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

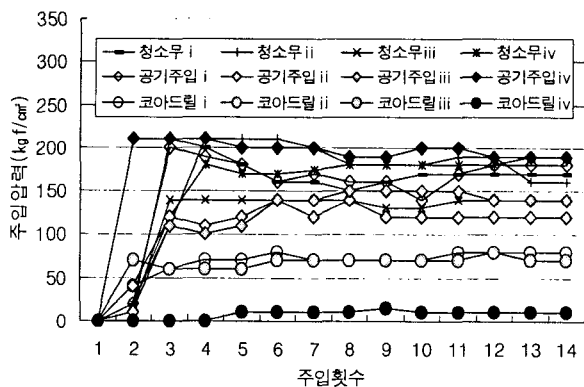


그림 8 주입구 천공방법에 따른 주입압력

4. 결 론

균열보수공법의 주입특성을 검토한 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 균열부를 직각으로 천공하여 패커를 설치할 경우 주입부가 표면에 근접할수록 균열과 주입부가 일체가 될 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 균열과 주입구가 일체되고 주입부가 막혀있지 않은 경우 약 40(kgf/cm²)이하의 압력에도 보수재료가 원활히 주입될 수 있으며, 또한, 균열폭 0.4mm이상의 균열에서 내부에 병목현상이 발생하지 않을 경우 6(kgf/cm²)이하의 저압에서도 보수재료의 주입이 가능한 것으로 나타났다.
- 2) 주입구에서 패커가 견딜 수 있는 최대 유효압력을 측정한 결과, B형 및 C형패커는 약 400(kgf/cm²), A형패커는 약 200(kgf/cm²)의 압력까지 견디는 것으로 나타났다.
- 3) 주입구의 천공방법은 공기펌프의 압력으로 주입구의 먼지를 불어내는 방식은 주입압력을 감소시키는데 큰 효과가 없는 것으로 나타났으며, 코아드릴로 천공하는 방식의 경우 코아 천공부위와 균열이 교차하는 경우 약 80(kgf/cm²) 이하의 압력에서 주입이 가능한 것으로 조사되었다.
- 4) 일반적으로 보수공법을 선정할 경우 표면에 나타난 균열을 조사한 후 보수공법을 선정하는데 표면의 균열과 내부균열의 미세한 구조에는 많은 차이가 있으므로 이러한 특성을 고려하여 공법을 선정할 필요가 있다고 판단된다. 특히, 시멘트를 사용하는 무기질 보수재의 경우 미세균열에서 균열이 막혀있는 부위 즉, 보수재료의 주입을 방해하는 병목구간이 발생할 경우 밀실한 주입이 불가능하므로 이에 대한 대안을 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이성복 고진수 외, 콘크리트 구조물의 균열보수재료 및 공법의 선정방법 연구, 대한주택공사, 2001. 11
2. 건설교통부, 철근콘크리트 건축구조물 보수·보강공법의 성능평가에 관한 연구, 한국건설기술연구원 외, 2000.9
3. 한국콘크리트학회, 콘크리트 구조물의 보수·보강 지침(안), 1997.3
4. 日本塗裝工業會, 콘크리트構造物の補修マニュアル, 技報堂, 1994
5. 日本建築學會, 鐵筋コンクリート造建築物の耐久性調査·診斷および補修指針(案)·同解説, 1997
6. 日本塗裝工業會, 콘크리트構造物の補修マニュアル, 技報堂, 1994
7. 콘크리트構造物の補修ハンドブック, 技報堂, 1995
8. 日本建築學會學術講演梗概集, 콘크리트部材に生じる乾燥收縮ひび割れの豫測に關する研究, 上田賢司 外 1999.9
9. 日本建築學會學術講演梗概集, 鐵筋コンクリートの補修工法に關する研究, 上田賢司 外 1997.9
10. 日本建築學會學術講演梗概集, 濕式接着系の信頼性に關する研究, 上田賢司 外 1997.9