

라텍스 탄성 저장관을 활용한 포트식 균열주입 공법의 물리적 특성에 관한 연구

김은영¹, 소광호^{2*}

The Physical Properties of Port Type Crack Injection Method Using Latex Elastic Storage Tube

Eun-Young Kim¹, Kwang-Ho Sho^{2*}

Abstract: In this study, to solve the problems of the conventional crack repair and injection method, high elasticity latex was used as the material of the storage tube to withstand the high pressure in the center part differently from the general port. When the repair solution was injected into the crack part, The TPS method was developed so that the air existing in the TPS can be discharged. In addition, a new infusion port in which a valve blocking the backflow of the remediation solution was installed at the injection port was developed and the physical characteristics of the port were analyzed. As a result of the evaluation, it was found that the filling rate of the remedial solution was improved compared to the existing ordinary injector method, and the cracks were completely filled in the test conditions. Compressive strength and tensile strength after repair showed about 20% decrease after repair in case of using ordinary injector method, while TPS method showed about 2~7% increase after repair. The results of this study showed that the injection port method using the elastic storage tube increased the injection performance and the quality after repair compared to the conventional injector method. The result of this study is expected to be utilized as the basic data for application and commercialization of the result to the practical structure.

Keywords: Latex elastic storage tube, TPS method, Crack repair, Injection method, Crack

1. 서 론

건축물에 중요한 재료 중 하나인 콘크리트는 다른 재료에 비해 경제성이 우수하고, 시공성이 높아 건축 및 토목 구조물에 널리 사용되고 있다. 그러나 콘크리트 구조물은 재료 특성 상 다양한 원인에 의하여 크고 작은 균열이 발생하게 된다 (Baek et al., 2006; Choi et al., 2009; Lee et al., 2010; Kang et al., 2010).

이러한 균열은 콘크리트 내구성에 악영향을 주어 콘크리트 구조물의 수명을 단축시키는 원인을 제공하기 때문에 반드시 균열보수가 필요하다. 일반적으로 콘크리트의 균열 발생 원인 및 형상은 확립화 되어 있지 않기 때문에 적용부위의 환경을 고려하여 균열 보수 공법이 다양하게 제시되고 있다 (Oh et al., 2008; Kim et al., 2014).

특히, 주입공법의 경우는 공법의 단순함과 작업의 용이함 등의 장점을 지니고 있어 건설현장에서 가장 널리 사용되고 있는 공법이다. 대표적으로 고무줄 주사기, 철재 패커, 스프링 주사기, Port 등의 주입 장치를 이용하여 균열에 유기계 보수재를 주입하는 공법으로 주입량 점점이 용이하고, 균열 속 깊이 주입 할 수 있다. 그러나 기존의 주입장치에 의한 주입 방법은 주입량 부족과 주입이 진행될수록 주입압력이 저하하는 등의 이유로 제대로 균열보수가 이루어지지 않아 균열보수공사에 대한 전체적인 신뢰도가 하락되어 있어 이에 대한 개선 방안이 필요한 실정이다 (Lee et al., 2006; Lee et al., 2010; Kim et al., 2014).

주사기를 이용한 재래식 주입방법으로 균열보수 공사를 진행하는 경우 주입불량에 의해 재하차 발생율이 높게 발생하는데 이에 대한 원인으로는 균열 폭과 깊이를 고려하지 않고 임의로 보수재를 주사기에 저장하여 무작위로 주입하므로 보수재 부족현상 또는 필요이상으로 낭비되는 경우가 발생하고, 콘크리트 균열내부에 존재하고 있는 공기를 외부로 배출하지 못함으로써 보수재가 균열 끝까지 주입되는 못하는 원인 등이 보고되고 있다 (Byun et al., 2000; Lee et al., 2015).

이에, 본 연구에서는 기존의 균열보수 주입공법의 취약점

¹정회원, ㈜옥당산업, 대표이사

²정회원, 원광대학교 건축공학과 부교수, 교신저자

*Corresponding author: ar2000@wku.ac.kr

Architectural Engineering, Wonkwang University, Jeollabuk-do, 544538, South Korea

•본 논문에 대한 토의를 2018년 4월 1일까지 학회로 보내주시면 2018년 5월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

을 보완하는 기계식 주입방법과 탄성에 의한 2차 주입방법이 모두 가능한 주입공법을 개발하기 위하여 일반포트와 달리 중앙부에 높은 압력을 견디는 고탄성 라텍스 저장관(Latex Storage Pot)의 사용을 검토하고, 콘크리트 균열 내부에 존재하고 있는 공기는 배출하고, 보수용액의 역류를 차단하는 밸브를 주입구에 설치하여 작업자의 주입 작업 시간을 단축하고, 균열 폭과 깊이에 상관없이 보수용액을 미세균열까지 주입하여 콘크리트 균열보수의 시공성능 및 보수 이후 품질향상을 목표로 하는 주입식 포트를 개발하고 이에 대한 물리적 특성을 분석하고자 한다.

2. 실험계획 및 실험 방법

2.1 실험 계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같다. 기존 현장에서 가장 많이 사용되고 있는 고무줄 주사기 주입공법과 본 연구 대상인 탄성저장관을 활용한 주입식 포트 공법(이하, TPS 공법)을 대상으로 주입성능과 주입 후 강도 특성을 분석하고자 한다.

주입성능을 확인하기 위해서는 특수 제작된 아크릴 판넬(300×1,000×60 mm)을 시험체로 활용하였으며, 강도를 측정하기 위한 방법으로 보수재료 주입 이후 균열 방향을 기준으로 앞면(이하 O), 뒷면(이하 B), 측면(이하 S) 3방향에서 시료를 채취하기 위하여 콘크리트 시험체를 사각형[500(W)×200(D)×350 mm(H)]으로 제작하였다. 이때 시험체의 균열은 폭 0.3 mm 이상(이하, 0.3U) 및 0.3 mm 이하(이하, 0.3D) 2수준으로 제작하였다. 실험항목은 주입 깊이, 압축강도, 압축강도비 및 인장강도를 측정하고 분석하는 것으로 실험 계획하였다.

Table 1 Experimental plan of concrete

Factors	Levels
Specimen size	1 500×200×350
Cracking width	2 0.3U ¹⁾ , 0.3D ²⁾
Cracking direction	3 Obverse(O) ³⁾ , The back(B) ⁴⁾ , Side(S) ⁵⁾
Crack repair method	2 · Injector method · TPS method
Experiment	3 · Depth of injection · Compressive strength · Tensile strength

1) Cracking width more 0.3 mm
2) Cracking width 0.3 mm and less
3) Obverse
4) The back
5) Side

2.2 사용재료

2.2.1 보수재료

본 연구에 사용된 보수재료는 국내에서 일반적으로 사용되는 에폭시계를 사용하였으며, 그 물리적 및 화학적 성질은 Table 2와 같다.

2.2.2 TPS 공법 구성

TPS공법에 사용된 주입포트의 구성시스템은 보수재의 역류를 방지하는 Smart Control Valve(이하 일방향 판밸브)와 2차 주입을 위한 Storage Pot(이하 저장관)으로 구성되어 있는데 저장관의 재질은 탄성의 기능(주입시 압력)을 유지하기 위하여 라텍스로 구성되어 있다.

2.2.2.1 일방향 판밸브

‘일 방향 탄성판 밸브’는 보수용액이 주입될 때는 주입방향으로 휘어지며 열려서 주입이 되고, 주입이 끝나면 탄성판에 채워진 보수용액이 탄성판의 수축력에 의해 주입 반대 방향으로 탄성판을 밀어 주기 때문에 주입되는 방향과 반대방향으로 휘어지며 주입구를 자동으로 차단하는 구조로 되어 있다. 이러한 시스템의 구성은 스마트 밸브를 통하여 균열내부의 공기가 외부로 빠져 나갈 수 있는 시스템으로 설계되어 있기 때문에 구조체 균열부위의 내부에 있는 공기가 자연스럽게 밀려 나가 외부로 배출된다.

2.2.2.2 라텍스 탄성 저장관

콘크리트 구조물에 발생된 모든 균열의 깊이를 단시간에 정확하게 측정한다는 것은 쉬운 일이 아니다. 이러한 균열을 보수하기 위하여 국내에서는 일반적으로 주사기를 이용한 주

Table 2 Chemical and physical properties of Epoxy resin

Division	Base	Hardener	Note
SOLID	100%	100%	Weight ratio standard
Ingredient	Epoxy resin	Polyamideamine	Epoxy resin
Color	Transparente couleur	Lemon yellow	
Mix proportioning	2	1	Weight ratio standard
Viscosity(mpa.S)	270 CPS	50 CPS	
Specific gravity	1.05 ~ 1.12	0.98	
Pot life	60 MIN		Temperature 20°C standard
Complete curing time	24 ~ 36 HRS		Temperature 20°C standard
Packing unit(kg)	8	4	

입공법(이하 재래식 주입공법)을 널리 사용되고 있다. 그러나 재래식 주입공법은 주사기 1개당 보수용액 최대 저장량은 약 20~25cc이기 때문에 균열 깊이가 조금 깊어지거나 좌대 간격이 넓게 배치되면 보수용액이 부족한 현상이 발생된다. 따라서 설치된 주사기에 보수재를 보충하기 위하여 보수재가 충전된 주사기로 교체하거나 설치된 주사기를 해체한 이후 주입재료를 주사기에 보충하여 재설치 작업을 수행하는 경우가 일반적이다. 이러한 재래식 공법은 구조 특성상 보수재료를 균열부위에 주입할수록 압력이 저하되는 단점을 지니고 있다.

Figs. 1과 2에서 보여주고 있는 저장관의 재질은 고탄성의 라텍스로 팽창과 수축이 가능한 탄성재질로 형성되어 있어 주입이 진행 될수록 주입압력이 증가하여 균열 깊이가 깊은 형상의 균열에도 주입이 가능하도록 설계되어 있다. 실험에 사용된 라텍스 튜브는 내경 4 mm×외경 10 mm 튜브형태로 제작하였으며, 길이는 48 mm 크기로 절단하여 사용하였다.

개발된 저장관의 저장용량은 1회에 보수용액을 40 cc 이상(라텍스 튜브 길이에 따라 조정가능)을 한 번에 저장할 수 있도록 설계되어 있어 재래식 주입공법에서 사용되는 주사기 형태 보다 약 2배 이상의 보수용액을 저장할 수 있도록 제작되어 재래식 공법보다 보수용액의 저장용량은 물론 팽창 및 수축이 가능하도록 제작된 시스템이다. 따라서 재래식 공법보다 주입시 압력이 높아 균열보수에 공사를 수행하는데 작업의 용이성은 물론 주입이 진행될수록 주입압력이 증가하여 깊은 균열에도 주입이 가능하다.

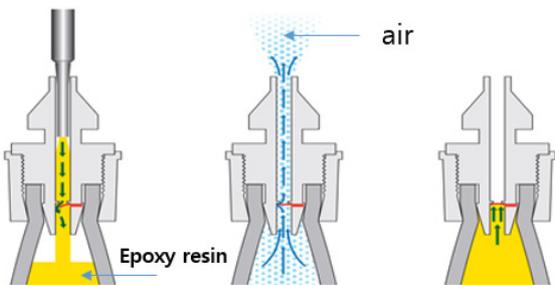


Fig. 1 one way plate valve



Fig. 2 Latex elastic storage tube

2.3 실험방법

2.3.1 주입공법 시험순서

본 연구는 콘크리트 구조물의 균열 주입공법에 관한 것으로서 재래식 공법과 탄성저장관에 의한 포트공법을 비교실험하고자 한다. 개발된 탄성저장관(Expanded Storage Tube; T-포트)에 의한 TPS공법공법의 시공순서는 Fig. 3과 같다. 따라서 본 실험에서는 보수보강 공사에서 활용되고 있는 공법과 일치하도록 시험순서를 ① 실링제 혼합 → ② 실링처리 → ③ Base 실링작업 → ④ 탄성저장관 설치 → ⑤ 보수재 주입 → ⑥ 마감처리 순으로 진행하였다.

2.3.2 주입 성능 평가

균열부위에 보수재의 주입속도와 TPS공법의 주입성능을 측정하기 위하여 시험체를 Fig. 4와 같이 제작하였다.

실험체 크기는 300 mm(W)×1,000 mm(D)×600 mm(H)으로 하였으며, 균열 폭은 임의로 0.3 mm를 기준으로 제작하였다. 시험체의 재질은 보수용액이 주입되는 현황과 주입되는 속도를 육안으로 측정하기 위하여 아크릴을 사용하였으며 제작방법은 다음과 같이하였다.

외부는 보수재 주입구를 제외하고 밀실하게 접착제를 사용하여 밀봉하였으며, 압력에 견딜 수 있도록 볼트와 너트를 이용하여 Fig. 4와 같이 고정하였다. 측정방법은 보수용액 100cc를 주입하는데 소요되는 주입 완료시간을 측정하였다.

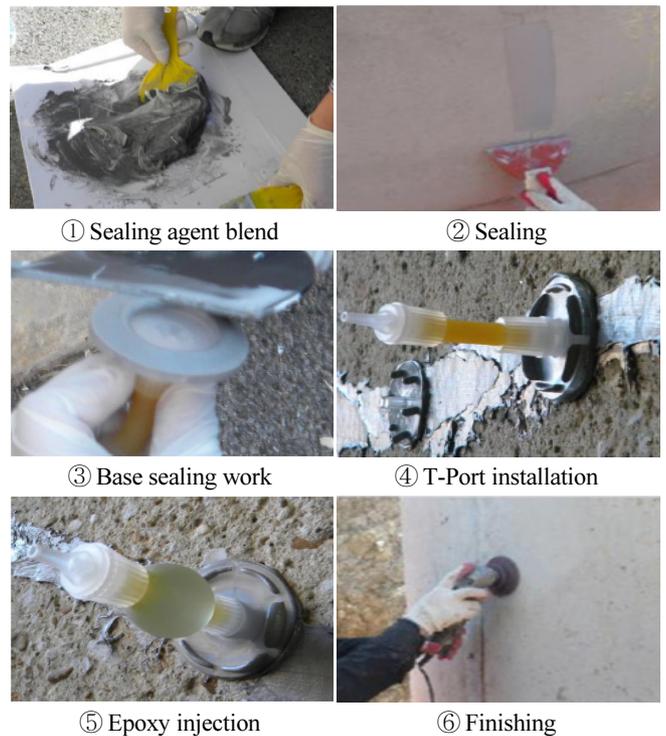


Fig. 3 Construction sequencing

2.3.3 모의 시험체 제작

모의 시험체는 Fig. 5에서 보여주는 바와 같이 콘크리트로 제작(크기: 500 mm(W)×200 mm(W)×350 mm(H))하였으며, 시험체 내부 균열의 크기는 400 mm(W)×300 mm(H)으로 인위적으로 제작하였다. 실제 건설현장에서 콘크리트 타설시 발생하는 균열 폭은 0.3 mm 이상 및 이하를 기준으로 공시체를 제작하기 위하여 공시체 제작시 강철판을 삽입하여 콘크리트를 타설하고 10시간이 지난 이후 콘크리트가 경화되기 이전에 강철판을 제거하여 균열을 형성 시켰다. 콘크리트 배합은 설계기준강도 27 MPa, W/C 48%, 단위수량 175 kg/m³으로 강제식 팬타입 믹서로 혼합하여 제작하였다. 단, Plain 공시체를 제작하기 위하여, 모의시험체 제작 시 균열판을 넣지 않고, 제작하였다.

2.3.4 주입 깊이

주입용액의 주입 깊이를 측정하기 위하여 균열의 폭이 0.3 mm 전·후로 제작된 시험체를 대상으로 균열부위에 대하여 코어(크기 : Ø50 mm×100 mm)를 채취하여 측정하였다.

시험체의 코어채취 위치는 공시체 중간과 측면에서 채취하였다.

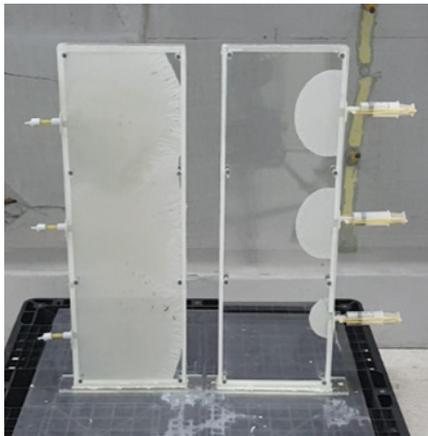


Fig. 4 Comparison specimen of injection performance

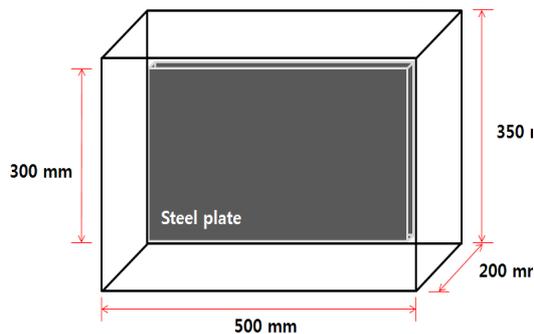


Fig. 5 Specimen shape

2.3.5 압축강도 및 인장강도

제작된 공시체의 압축강도 및 인장강도를 측정하기 위하여 균열부위에 주입재를 주입한 이후 압축강도의 경우 KS F 2405, 인장강도의 경우 KS F 2423에 의거하여 양생기간 7일이 경과된 이후 코어로 채취하여 인장강도와 압축강도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 주입 속도

Fig. 6은 주입공법에 따른 주입 속도 및 준비완료 시간을 나타낸 그래프이다. 먼저, 기존 주사기를 사용한 저압 주입공법은 보수재가 경화되어 주입이 불가능한 시점이 되었을 때 목표 면적의 1/3 밖에 주입되지 못하여 최종 주입 완료시간 측정이 불가능 하였다. 그러나 TPS 공법은 주입이 시작하고 6.5분이 경과한 시점에서 전체 면적에 주입이 가능하여 주입 성능에서 큰 차이를 나타내었다. 또한, 100cc의 보수용액을 주입하는 시간은 기존 공법의 경우 약 7.2 분, TPS 공법의 경우 약 2.2 분으로 주입시간이 크게 단축되는 경향을 나타냄에 따라 작업능률 및 공기단축 효과가 향상되는 것으로 나타났다.

3.2 주입 깊이

재래식 공법과 TPS공법의 균열 종류에 따른 주입 깊이를 측정된 결과 Figs. 7과 8에 각각 제시하였으며, 이에 대한 실험 결과는 Table 3과 같다. 재래식 공법(주사기 공법)을 사용한 조합에서는 평균 약 130~150 mm 충전되는 것으로 측정되었으며, TPS 공법을 사용한 조합에서는 완전 충전되는 것으로 측정되어 TPS공법이 재래식 공법에 비해 충전성능이 우수한 것으로 나타났다. 그 원인은 다음과 같이 두 가지로 분석된다.

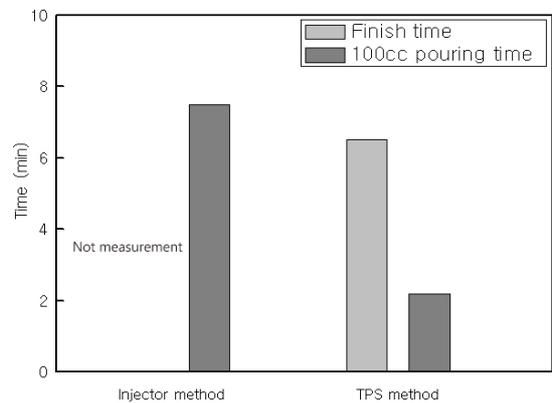


Fig. 6 Injection rate and injection completion time according to Injection method

첫 번째는 균열 내부의 공간에 존재하는 공기를 배출시켜 주입시 발생하는 균열내부의 공기압력을 감소시켰다고 판단되며, 두 번째는 TPS공법은 1단계에서 강력한 기계식 주입으로 균열 내부까지 주입재료가 빠른 시간에 충전이 완료되는 시스템의 특징이 주된 원인으로 판단된다.

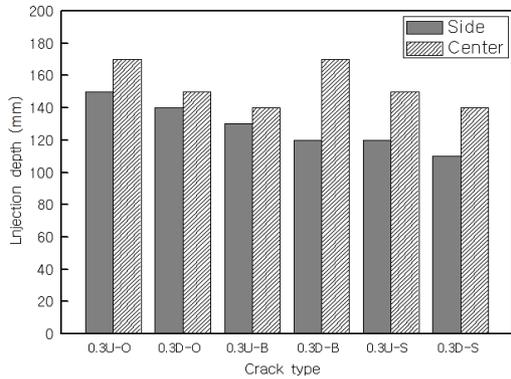


Fig. 7 Injection depth by type of crack(Injector method)

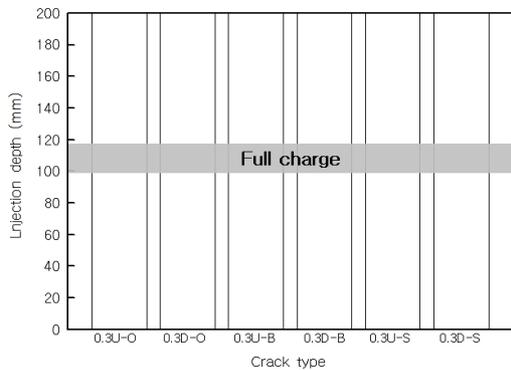


Fig. 8 Depth of injection by type of crack(TPS method)

Table 3 Experiment result of Injection depth

Division	Kinds	Depth of injection(mm)		Charge quantity
		Center	Side	
Injector method	0.3U-O	170	150	Fragment charge
	0.3D-O	150	140	
	0.3U-B	140	130	
	0.3D-B	170	120	
	0.3U-S	150	120	
	0.3D-S	140	110	
TPS method	0.3U-O	300	300	Full charge
	0.3D-O	300	300	
	0.3U-B	300	300	
	0.3D-B	300	300	
	0.3U-S	300	300	
	0.3D-S	300	300	

재래식 공법에서는 주입재료의 충전 속도보다 경화되는 속도가 빠르면 주입재 충전 불량률의 원인을 제공한다.

Table 3에서 보여주는 바와 같이 재래식 공법에서는 측면 부분에 비해 중앙부에서 주입 깊이가 크게 나타났다. 세부적으로 0.3U-O의 경우 20 mm, 0.3D-O의 경우 10 mm, 0.3U-B와 0.3D-B의 경우는 10 mm, 0.3U-S 및 0.3D-S의 경우 30 mm로 측정되어 주입깊이는 평균 약 20 mm로 모두중앙부에서 주입하는 것이 우수한 경향을 나타내었다.

이러한 원인은 균열 내부의 공기압이 외부로 배출되지 못하기 때문에 재래식 공법에서 사용되는 고무줄 수축력에 따른 주사기 압력과 균열내부에 남아있는 압력에 의해 상호 평형 시점까지만 주입재료가 압입되고 그 이후에는 정지 상태로 유지되기 때문이라고 판단되며, 더욱이 시간이 흐름에 따라 주입재료의 화학작용으로 경화가 이루어져 겔 상태의 주입재는 마찰력 증가로 균열 부위에 더 이상의 주입이 불가능한 상태로 남아 있는 것으로 판단된다.

3.3 압축강도 및 압축강도 비

압축강도를 측정하기 위하여 보수재 주입 후 7일간의 양생 과정을 거쳐 측정 후 균열 종류에 따른 압축강도를 Figs. 9와 10에 각각 나타냈으며, 이에 대한 실험 결과는 Table 4와 같다.

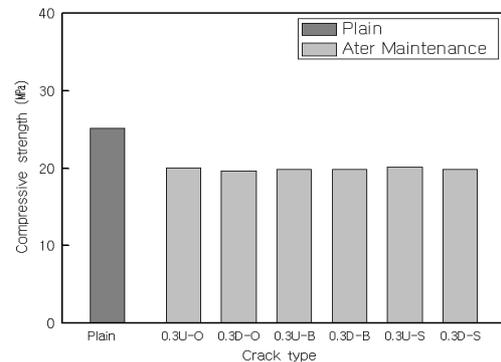


Fig. 9 Compressive Strength by type of crack(Injector method)

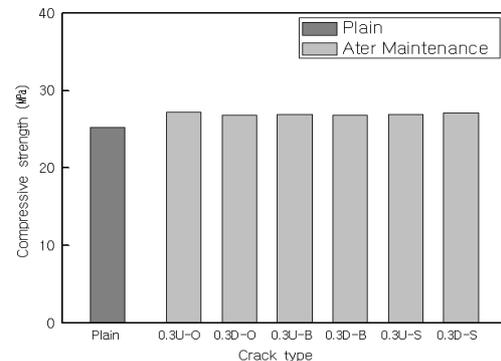


Fig. 10 Compressive Strength by type of crack(TPS method)

Table 4 Experiment result of compressive strength

Division	Kinds	Plain(MPa)	After repair compressive-strength(MPa)
Injection method	0.3U-O	25.2	20.1
	0.3D-O		19.7
	0.3U-B		19.9
	0.3D-B		19.9
	0.3U-S		20.2
	0.3D-S		19.9
TPS method	0.3U-O	25.2	27.2
	0.3D-O		26.8
	0.3U-B		26.9
	0.3D-B		26.8
	0.3U-S		26.9
	0.3D-S		27.1

단, Plain의 경우 균열판을 넣지 않은 모의시험체에서 코어를 채취하여 압축강도를 측정하였다.

실험결과 재래식공법의 압축강도는 Plain과 비교하여 보수 이후 약 20% 강도가 저하하는 경향을 나타낸 반면에, TPS 공법을 사용한 경우 약 7% 강도가 증가하는 경향을 나타내었다.

특히, Plain 압축강도의 경우 재래식 공법을 사용한 조합에서 25.2 MPa를 나타낸 반면에, 보수 이후 압축강도의 경우는 평균 약 19.9 MPa로 Plain 압축강도에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 세부적으로 보면 0.3U-O 조합의 경우 5.2 MPa, 0.3D-O의 경우 5.4 MPa, 0.3U-B의 경우 5.3 MPa, 0.3D-B의 경우 5.1 MPa, 0.3U-S의 경우 5.4 MPa, 0.3D-S의 경우 5.3 MPa로 평균 약 5.3 MPa로 낮은 압축강도 발현율을 나타내었다. 이는 재래식 공법의 경우 보수재 주입이 제대로 되지 않아 하중 재하시 균열 부위에 파괴가 발생하여 강도가 저하하는 것으로 판단된다.

또한, TPS 공법을 사용한 조합에 경우는 Plain 압축강도에서 25.2 MPa를 나타낸 반면에, 보수 이후 압축강도의 경우는 평균 약 27 MPa로 보수 전에 비해 높은 압축강도 발현율을 나타내었다. 세부적으로 보면 0.3U-O 조합의 경우 2 MPa, 0.3D-O의 경우 1.7 MPa, 0.3U-B의 경우 2 MPa, 0.3D-B의 경우 1.7 MPa, 0.3U-S의 경우 1.6 MPa, 0.3D-S의 경우 1.7 MPa로 평균 약 1.8 MPa로 압축강도가 우수한 경향을 나타내었는데, 이는 보수재 주입시 내부 공극 및 미세균열에 보수재가 밀실하게 충전되어 압축강도가 다소 향상된 것으로 판단된다.

Fig. 11은 균열 종류에 따른 보수 이후 압축강도 비를 나타낸 그래프이며, 이에 대한 실험 결과 데이터는 Table 5에 제시하였다. 주사기 공법의 보수 후 압축강도 평균을 100%로 설정하여 실험 분석하였다. 전반적으로 주사기 공법에 비해 TPS 공법 조합에서 압축강도비가 높은 경향을 나타내었는데, 세

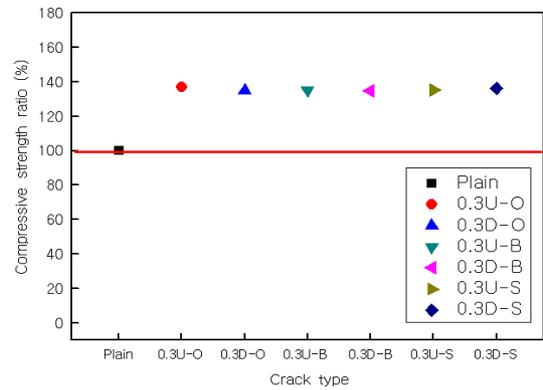


Fig. 11 Compressive strength ratio by type of crack

Table 5 Experiment result of compression strength ratio

Division	Kinds	After repair compressive strength(MPa)	Compression strength ratio (%)
Injection method		19.9	
	0.3U-O	27.2	36.7
TPS method	0.3D-O	26.8	34.7
	0.3U-B	26.9	35.2
	0.3D-B	26.8	34.7
	0.3U-S	26.9	35.2
	0.3D-S	27.1	36.2

부적으로 보면 0.3U-O조합의 경우 36.7%, 0.3D-O의 경우 34.7%, 0.3U-B의 경우 35.2%, 0.3D-B의 경우 34.7%, 0.3U-S의 경우 35.2%, 0.3D-S의 경우 36.2%로 평균 약 35.4% 압축강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다.

3.4 인장강도

Plain의 경우 압축강도와 동일한 방법으로 균열판을 넣지 않은 모의시험체에서 코어를 채취하여 인장강도를 측정하였다.

균열 종류에 따른 인장강도를 Figs. 12와 13에 각각 제시하였으며, 이에 대한 실험 결과 값은 Table 6과 같다.

먼저, 재래식 공법을 사용한 인장강도는 Plain 인장강도의 경우 2.35 MPa를 나타낸 반면에, 보수 이후 인장강도에서 평균 약 1.83 MPa로 Plain 인장강도에 비해 낮은 인장강도 발현율을 나타내었다. 세부적으로 보면, 0.3U-O 조합의 경우 0.38 MPa, 0.3D-O의 경우 0.78 MPa, 0.3U-B의 경우 0.51 MPa, 0.3D-B의 경우 0.47 MPa, 0.3U-S의 경우 0.47 MPa, 0.3D-S의 경우 0.49 MPa로 평균 약 0.52 MPa의 인장강도가 저하하는 것으로 나타났다.

또한, TPS 공법을 사용한 인장강도는 Plain 인장강도의 경우 2.41 MPa를 나타낸 반면에, 보수 이후의 인장강도는 평균

약 2.48 MPa로 보수 이전 인장강도에 비해 보수 이후의 인장강도가 높게 나타났다. 세부적으로 보면 0.3U-O 조합의 경우 0.07 MPa, 0.3D-O의 경우 0.05 MPa, 0.3U-B의 경우 0.07 MPa, 0.3D-B의 경우 0.06 MPa, 0.3U-S의 경우 0.07 MPa, 0.3D-S의

경우 0.05 MPa로 평균 약 0.06 MPa로 인장강도가 다소 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 라텍스 탄성 저장관을 활용한 포트식 균열 주입 공법의 물리적 특성에 관하여 실험 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 보수재 주입속도를 측정된 결과 100cc의 보수용액을 주입하는 시간은 재래식 공법의 경우 약 7.2 분이 소요되는 것으로 측정되었으며, TPS 공법은 약 2.2분으로 측정되어 TPS 공법이 재래식 공법보다 약 3배 이상 주입시간이 단축되는 것으로 분석되었다.
- 2) 주입 깊이를 분석한 결과 주사기 공법의 주입용액의 충전 깊이는 약 130~150 mm로 측정되었으나, TPS 공법은 주입 깊이 300 mm 모두 충전된 것으로 조사되었다. 이러한 원인은 균열부위의 내부 공기를 배출하고, 기계식 1차 주입과 탄성저장관의 2차 주입으로 TPS 공법에 사용된 기계시스템이 균열보수에 최적화된 시스템으로 평가되었다.
- 3) 재래식 공법과 TPS 공법의 압축강도를 비교하기 위하여 보수 이후 압축강도를 측정하였다. 그 결과 재래식 공법을 적용한 공법은 압축강도가 Plain과 비교하여 보수재 주입 이후 약 20% 강도 저하가 나타나는 것으로 측정되었으며, TPS 공법을 적용한 균열 보수공법에서는 Plain보다 보수 후 강도가 약 5~7% 증가하는 것으로 측정되어 주사기를 이용한 보수 공법에 비해 제안공법이 효과적인 것으로 분석되었다. 이러한 원인은 보수용액의 주입 깊이의 영향으로 주입 깊이가 깊을수록 콘크리트 균열 내부에 보수용액이 밀실하게 충전되어 압축강도가 증가한 것으로 분석되었다.

- 4) 인장강도를 분석한 결과 주사기 공법을 적용한 실험체에서는 Plain 공시체 강도보다 보수 이후의 강도가 약 25% 저하하는 경향을 나타내었으며, TPS 공법을 사용한 인장강도는 Plain 강도보다 보수 이후의 인장강도가 약 2.6% 증가하는 것으로 측정되었다.

상기 TPS 공법과 재래식 공법의 실험결과를 분석한 결과 TPS 공법이 고무줄을 사용하는 주사기 주입공법보다 주입 속도와 주입 깊이 측면에서 주입속도가 향상되고 균열 내부 전체가 충전이 가능한 공법으로 분석되었으며, 균열 내부 전체에 주입용액의 충전이 가능하여 보수품질의 향상은 물론 재하발생이 저감될 수 있을 것으로 판단된다.

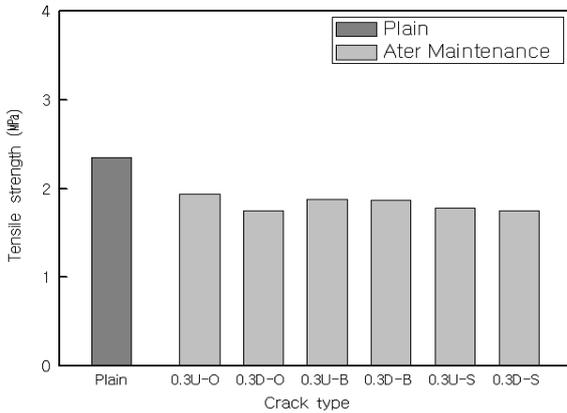


Fig. 12 Tensile strength by type of crack(Injector method)

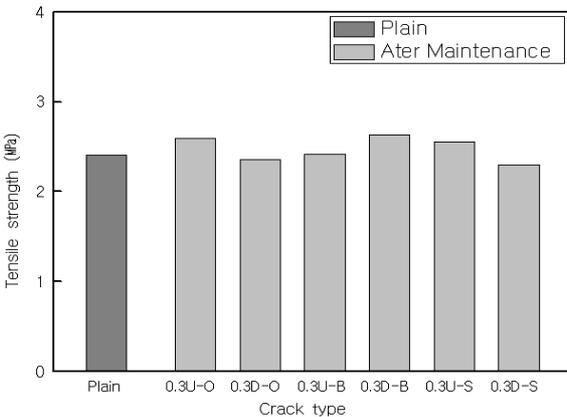


Fig. 13 Tensile strength by type of crack(TPS method)

Table 6 Experiment result of tensile strength

Division	Kinds	Plain (MPa)	After repair tensile strength(MPa)
Injector method	0.3U-O	2.35	1.94
	0.3D-O		1.75
	0.3U-B		1.88
	0.3D-B		1.87
	0.3U-S		1.78
	0.3D-S		1.75
	TPS method		0.3U-O
0.3D-O		2.36	
0.3U-B		2.42	
0.3D-B		2.63	
0.3U-S		2.55	
0.3D-S		2.30	

감사의 글

이 연구는 2017년도 원광대학교 교내연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

References

Byun, K. J., Song, H. W., Choi, W., and Woo, S. M. (2000), Crack Evaluation Technique and Crack Repair of Concrete Structures, *Journal of the Korean Concrete Institute*, 12(6), 97-108.

Kang, J. G. (2016), Experimental and Analytical Study for Repairing and Strengthening of Initially Cracked Reinforced Concrete Members, Dong-A University Master Thesis.

Kim, C. M., Park, S. E., Ji, H. W., Woo, Y. K., and Jung, H. S. (2014), Experimental Study on Performance Evaluation of Crack Repair Materials, *Journal of the Korean Society For Railway*, 2014(10), 494-498.

Kim, S. M. (2014), A Experimental Study Performance Evaluation of Repair Material of Water-Leakage Cracks, Tongmyong University Master Thesis.

Lee, D. K., Bae, K. S., Kwak, S. J., and Baek, J. M. (2006), Injection System by Inorganic Material for Crack Repair of Concrete Structures, *Journal of the Korean Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 10(2), 165-170.

Lee, D. K., Bae, K. S., Kwak, S. J., and Baek, J. M. (2006), Injection System by Inorganic Material for Crack Repair of Concrete Structures, *Journal of the Korean Institute for Structural Maintenance and Inspection*, 10(2), 165-170.

Lee, D. S. (2010), A Study on the Improved Concrete Crack Repair Method, Konyang University Master Thesis.

Lee, J. Y., An, T. H., and Won, C. H. (2015), Concrete Crack Survey, Repair Reinforcement Guideline 2013, 2015(7), 13-24.

Lee, W. S. (2010), Performance Evaluation of Improved Injector Method for Crack Repair of Concrete Structures, Chungbuk University Master Thesis.

Oh, S. W., Youn, L. R., and Cho, H. D. (2008), The Effects of Reinforcing in Concrete Crack by AIG Method, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 23(4), 79-84.

Received : 10/27/2017

Revised : 01/31/2018

Accepted : 02/27/2018

요 지 : 본 연구에서는 기존의 균열보수 주입공법의 문제점을 해결하기 위하여 일반포트와는 다르게 중앙부에 높은 압력을 견딜 수 있도록 저장관의 재질을 고탄성 라텍스를 사용하였으며, 균열부위에 보수용액을 주입시 콘크리트 균열 내부에 존재하고 있는 공기가 배출될 수 있도록 TPS 공법을 개발 하였다. 또한 보수용액의 역류를 차단하는 밸브를 주입구에 설치한 새로운 주입식 포트를 개발하고 이에 대한 물리적 특성을 분석하였다. 분석 결과, 기존 주사기 공법에 비해 보수용액 주입속도가 향상되고, 시험조건에서 균열부위가 완전히 충전되는 것을 알 수 있었다. 보수 후의 품질은 압축강도 및 인장강도의 경우 주사기 공법 적용시에는 보수 후 약 20% 정도 저하하는 것으로 나타났고, TPS 공법은 보수 후 강도가 오히려 약 2~7% 증가하는 경향으로 나타났다. 본 연구 결과를 통하여 탄성저장관을 사용한 주입식 포트 공법은 기존의 주사기 공법과 비교하여 주입성능 및 보수 후 품질이 증가하는 것을 알 수 있었고, 이를 활용하여 실구조물 적용 및 상용화를 위한 기반 자료로서 활용하고자 한다.

핵심용어 : 라텍스 탄성 저장관, TPS 공법, 균열보수, 에폭시, 충전공법, 균열
