

탄성저장관을 활용한 에폭시 주입공법의 현장 적용성에 관한 연구

김춘호¹, 이호진², 김경민^{3*}

A Study on the Field Application of Epoxy Impregnation Method Using Elastic Storage Tube

Chun-Ho Kim¹, Ho-Jin Lee², Kyoung-Min Kim^{3*}

Abstract : In this research, we tried to investigate the influence of concrete on cracks after applying to the actual construction site using the TPS construction method which can be easily charged by the mechanical injection method. To summarize the results, the following It is as follows. First, in the case of ultrasonic velocity, it can be seen that the ultrasonic wave passes rapidly at an average of about 36 mm / sec as compared with the syringe method when using the TPS method, and in the case of the injection depth, the syringe method In the case of TPS construction method, it showed an excellent tendency that 100% of the water retentive material was charged with all the formulations under a strong injection pressure. In the case of compressive strength, it was shown that the average was increased by 16.8% at the time of using the TPS construction method, and it was found to be structurally superior. Taken together, it is possible to confirm the behavior of the crack repairing agent by improving the quality by improving the strength and confirming the window installation by filling the injection material into the closed space at the crack site when using the TPS method compared with the syringe method. In addition, it is expected that construction time will be improved by shortening the construction period of about 5 days for the TPS construction method construction section 532 m, and usability will be expanded by the crack repair method of concrete structure.

Keywords: Elastic Storage Tube, Epoxy, Impregnation method, Field Test

1. 서 론

우리나라는 1970년대부터 고도성장으로 인하여 아파트, 빌딩, 주택 등 다양한 콘크리트 구조물들이 시공되어 졌으며, 현재 30년 이상된 구조물이 노후화 되어 다양한 문제점이 대두되고 있다. 특히, 콘크리트 구조물에 생기는 균열은 구조물에 안전성을 저해하는 중요한 요인 중 하나이며, 인명 피해를 올 수 있는 중요한 사항임에 따라 균열을 보수하기 위한 보수 공법들이 개발되고 있다.

현재 사용되어 지고 있는 균열 보수 공법으로는 에폭시계 및 시멘트계 재료들을 이용한 표면처리공법, 주입공법, 충전 공법 등이 일반적으로 사용되고 있으며, 철근 부식을 방지하고, 균열 폭의 증대를 방지하기 위한 보수방법으로 주입공법이 주로 사용되고 있다.

이러한 주입공법의 경우는 균열 부위 즉, 콘크리트 구조물

환경에 따라 점성이 낮은 유기계 및 무기계 재료를 이용하여 방수성 및 내구성을 향상시킬 목적으로 사용되고 있다. 특히, 실제 건설현장에서 사용되고 있는 주입공법 중 주사기를 이용한 주입공법은 시공방법이 쉬우나 수작업에 의한 시공으로 시공성능이 저하되고, 균열 보수재 주입 시 충전을 부족 및 주입현황 확인이 불가능한 문제점이 야기되어 지고 있다.

이에, 선행연구로서 일반포트와 달리 중앙부에 0.25~0.35 MPa 압력의 고탄성 Latex storage가 설치되어 있고, 기계주입 방식으로 간단히 재충전 할 수 있는 T-Port System 공법 (이하, TPS 공법)의 실험을 진행한바 있으나, 실험실 조건에 인위적인 균열을 생성시켜 얻은 결과로서, 실제 건설 현장에 다양한 균열 크기 및 깊이에 대한 분석이 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 지하차도 균열보수 현장을 대상으로, 주입공법 비교에 따른 대상 시험체의 충전성 및 강도특성을 검토함으로써, 품질, 시공성 등의 현장적용성과 보수 후 구조물의 안전성 향상을 예측 하고자한다.

¹정회원, 중부대학교, 토목공학과, 교수

²정회원, 대우건설, 상무

³정회원, 대우건설, 책임연구원, 교신저자

*Corresponding author: kyoungmin.kim@daewooenc.com,

DAEWOO E&C, Seoul, 03182, Rep. of Korea

•본 논문에 대한 토의를 2018년 12월 1일까지 학회로 보내주시면 2019년 1월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

2. 현장개요 및 균열진단

2.1 현장개요

본 연구는 ○○ 나들목 지하차도 하자 보수공사를 진행하였으며, 그 개요는 Table 1과 같고, 현장 사진은 Fig.1과 같다. 먼저, 현장 위치는 ○○시에 위치해 있으며, 약 2개월간 균열 보수 공사로서 다양한 콘크리트 균열에 대하여 균열보수를 진행하였다.

또한, 지하차도의 형태는 U자형태의 U-Type과 사각형 형태의 Box-Type 2가지 type으로 되어있다.

Table 1 Field summary

Field name	○○ Underground road way Fixing of defects
Ordering office	○○-si
Period	2017.05.15 ~ 2017.07.15
Epoxy type	Hard epoxy resin
Structure type	U-Type Box-Type



Fig. 1 Cheonan Construction site

2.2 균열조사

Table 2는 본 현장의 균열 조사 결과를 표로 나타낸 것이며, Fig. 2는 외관 진단 조사 모습을 나타낸 것이고, Fig. 3 및 4는 횡 및 종 방향의 균열을 나타낸 것이다.

Table 2 Crack diagnosis result

Crack type		Normal crack (Transverse and Longitudinal)
Crack length	0.3 mm under	336
	0.3 mm more than	396



Fig. 2 Diagnostic Investigation

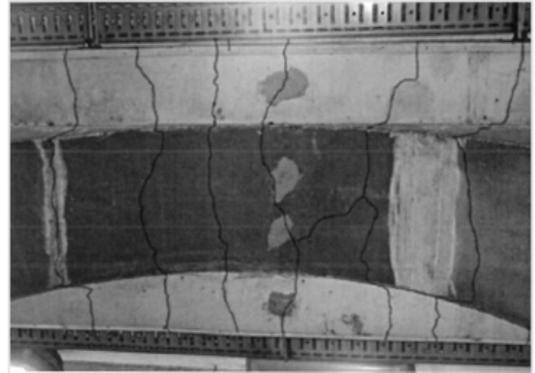


Fig. 3 Transverse Crack



Fig. 4 Longitudinal Crack

먼저, 균열은 크게 횡 방향 및 종 방향의 균열 두가지로진단 되었다. 먼저, 균열의 폭은 0.3 mm 이상 및 0.3 mm 미만의 균열 두가지로 구분하며, 각각의 균열길이는 336 m, 396 m 발생한 것으로 조사 되었다.

3. T-Port System (TPS) 공법

Fig. 5는 전체적인 TPS 공법의 구성요소를 간략하게 나타낸 것이다. 먼저, TPS 공법의 구성요소로는 스마트밸브, 라텍스 탄성 저장관, T-Port 및 Pin-Port, 확인창, T-7 무선주입기로 구성되어있으며 세부적인 내용은 다음과 같다.



1. 스마트 밸브, 라텍스 탄성저장관, T-Port 및 Pin-Port
2. 확인창
3. T-7 무선주입기

Fig. 5 TPS method Component

3.1 스마트 밸브

Fig. 6은 스마트 밸브 개념도이다. 먼저, 일 방향 탄성판 밸브로 보수액이 주입될 때 주입방향으로 휘어지며 열려서 주입이 되고, 주입이 끝나면 탄성판에 채워진 보수액이 탄성판의 수축력에 의해 주입 반대 방향으로 탄성판을 밀어 주기 때문에 주입되는 방향과 반대방향으로 휘어지며 주입구를 자동으로 차단하는 구조로 되어있다.

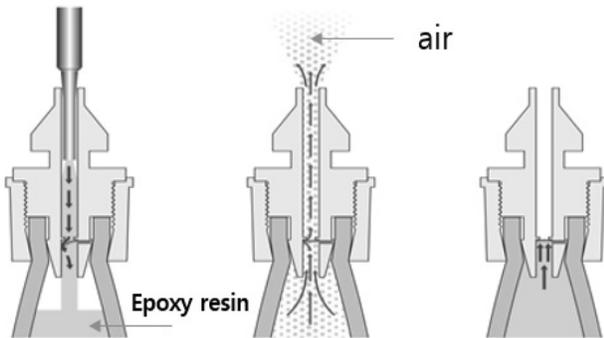


Fig. 6 Smart valve

이 때, 스마트 밸브를 통하여 에어가 빠져 나갈 수 있는 공간이 존재하기 때문에 균열내부에 있던 에어가 자연스럽게 밀려 나가며 배출된다.

3.2 라텍스 탄성 저장관

Fig. 7은 라텍스 탄성 저장관을 나타낸 것이다. 기존 주사기 공법은 주사기 1개당 보수액 최대 저장량이 25 cc이고, 주입할수록 압력이 저하하는 단점을 지니고 있는 반면에 TPS 공법은 고탄성의 라텍스 재질로 개발된 저장관을 사용함에 따라 보수액을 40 cc 이상 한번에 저장할 수 있고, 재주입이 간편하여 시공성이 우수하다. 또한, 주입이 진행 될수록 주입압력이 높아져 균열 끝까지 주입이 가능하고, 팽창 및 수축된 저장관의 형태를 가지고 주입 압력에 대한 육안 판단이 가능하다.

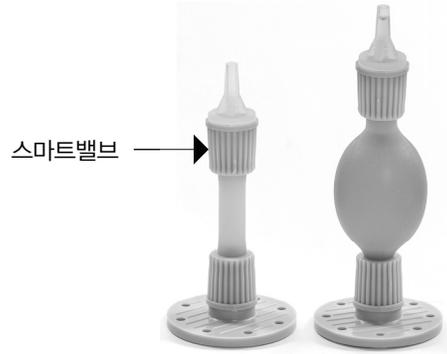


Fig. 7 Latex storage tube

3.3 T-Port 및 Pin-Port

Fig. 8 및 9는 T-Port와 PIN-Port를 나타낸 것이다. 먼저, T-Port의 경우 스마트 밸브 및 탄성 저장관이 집약된 보수액 주입장치로서 부착용 좌대와 저장관 및 주입구를 일체화 시켜 주입한다.

PIN-Port의 경우는 T-Port로 시공이 곤란한 누수 균열부 위, 코너 부위, 표면상태가 고르지 못한 요철부위, 백화가 생성된 균열 부위 등에 시공하기 위한 기술로서 더블컷팅기를 활용하여 홈을 내고 고정 돌기 부위를 회전하여 설치한다. 기타 시공 방법은 T-Port와 동일하다.



Fig. 8 T-Port



Fig. 9 Pin-Port

3.4 확인창

Fig. 10은 확인창을 나타낸 것이다. 기본적으로 주입공법은 보수액이 균열 밖으로 빠져나가지 못하게 하기 위하여 사전에 균열 표면에 씰링 작업을 하고 보수를 실시하기 때문에 주입 성공여부를 판단하는 방법이 구조체에 손상을 주는 코어 채취법이 유일하다. 하지만, TPS 공법은 주입포트 사이에 확인창을 설치 함으로서 보수액이 주입되는 과정을 시공자 및 감독관이 육안으로 확인 할 수 있어 주입 품질을 향상 시킬 수 있다.



Fig. 10 Confirmation window

3.5 T-7 무선주입기

Fig. 11은 T-7 무선 주입기를 나타낸 것이다. T-7 무선 주입기의 경우는 유선 전기를 사용하지 않고, 18V 4A 리튬 배터리를 사용하는 주입기로서 장소에 상관없이 간편하게 시공이 가능하고 무게가 9 kg으로 경량이기 때문에 작업자 휴대 및 이동이 편리하여 작업 능률이 개선된다.

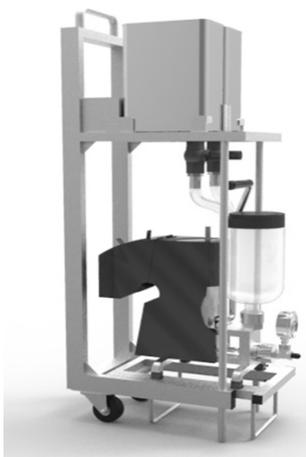


Fig. 11 T-7 Wireless injector

4. 평가계획 및 방법

4.1 평가계획

본 연구의 현장실험계획은 Table 3과 같다. 먼저, 주입공법의 경우 기존 주사기공법(이하, I)와 TPS 공법(이하, T) 2가지를 사용하고, 구조물의 경우 U자형태의 구조물 U-Type(이하, U)과 사각형 형태의 구조물 Box-Type(이하, B), 균열 폭의 경우 0.3 mm 이상(이하, 0.3U)과 및 0.3 mm 미만(이하, 0.3D) 두 가지로 분류하여 계획 하였다. 실험변수로는 기존 주사기 공법과 TPS 공법을 기준으로 각각 4 항목씩 총 8 항목의 실험변수를 계획하였다. 또한, 실험은 초음파 테스트와 주입 깊이를 측정하는 것으로 계획하였으며, 압축강도의 경우는 코어채취를 통하여 측정하는 것으로 계획하였다.

Table 3 Experimental plan of Construction site

Factors		Levels	
Impregnation method	2	Injection method TPS method	
Structure type	2	U ¹⁾ , B ²⁾	
Crack Width	2	0.3U ³⁾ , 0.3D ⁴⁾	
Experimental variable	8	Injection method	U-0.3U
			U-0.3D
			B-0.3U
			B-0.3D
TPS method	U-0.3U		
	U-0.3D		
	B-0.3U		
	B-0.3D		
Experiment	4	<ul style="list-style-type: none"> · Ultrasonic test · Injection of depth · Compressive strength · Compression strength ratio 	

¹⁾ U-Type

²⁾ Box-Type

³⁾ Cracking width more 0.3 mm

⁴⁾ Cracking width 0.3 mm and less

4.2 사용재료

본 논문에 사용된 건식 경질형 주입재는 균열 부위 위치 및 환경에 따라 K사 제품을 사용하였는데, 그 성질은 Table 4와 같다.

Table 4 Chemical and physical properties of Epoxy

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	

4.3 실험방법

4.3.1 초음파 테스트

현장에서 Fig. 12와 같이 콘크리트 내 보수액 침투력을 평가하기 위해 초음파속도 테스트를 실시하였다. 즉, 일반적으로 초음파 테스트는 균열이나 공극에 따라 초음파 통과시간이 달리 나타나는데, 균열이 완전히 충전된 콘크리트는 균열이 없는 콘크리트와 비슷한 통과 시간으로 측정되는 반면에 미 충전된 곳은 통과 시간이 지연되는 것으로 나타난다.

또한, Petroleum jelly을 사용하여 표본의 양쪽 면에 부착한 두 대의 54 Hz 변환기에 미터기를 연결하여 각각 진동기와 리씨버로서 사용하고, 표본을 통과한 파장 이동 시간을 기록하였다.



Fig. 12 Ultrasonic Test

4.3.2 주입깊이

Fig. 13은 주입깊이를 나타낸 것이다. 주입 깊이가 평가는 육안으로 관찰하기 위해서 0.3 mm 전·후 실험체 균열부위에 대하여 20×300 mm에 코어를 채취하여 측정하였다.

안으로 관찰하기 위해서 0.3 mm 전·후 실험체 균열부위에 대하여 20×300 mm에 코어를 채취하여 측정하였다.

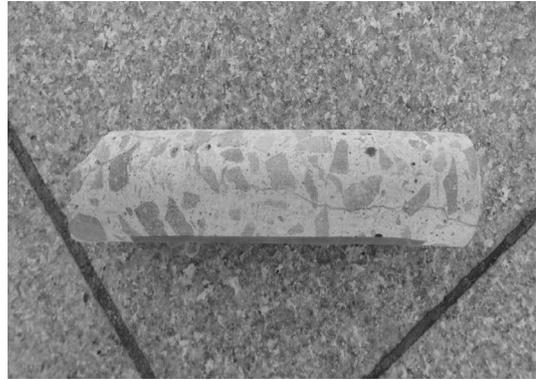


Fig. 13 Injection of Depth

4.3.3 압축강도

본 연구의 압축강도 및 할열 인장강도의 경우는 KS 규격에 의거하여 실험을 진행하며, Fig 14와 같이 보수 전, 보수 후에 코어를 채취하여 UTM-300 Ton 기기를 사용하여 강도를 측정하였다.



Fig. 14 Core Collection

5. 실험 결과 및 분석

먼저, 모든 실험 결과 및 분석은 보수 후 진행하였으며, 압축강도의 경우는 코어 채취 후 측정하였다.

5.1 초음파 테스트

Table 5는 위치에 따른 초음파테스트 실험결과를 표로 나타낸 것이고, Fig. 15 및 16은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 보수 전 건전한 구조물의 경우 20 mm/sec로 평가되었다. 전반적으로, 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용한 조합에서 초음파가 빠른 속도로 통과하는 경향을 나타내었다. 즉, 주사기 공법의

경우는 U-0.3U의 조합사용에서 58 mm/sec, U-0.3D 조합의 경우 64 mm/sec, B-0.3U 조합의 경우 45 mm/sec, B-0.3D 조합의 경우 59 mm/sec로 측정되어 평균 약 57 mm/sec를 나타내었다. 또한 TPS 공법의 경우는 U-0.3U의 조합사용시 21 mm/sec, U-0.3D의 경우 20 mm/sec, B-0.3U의 경우 19 mm/sec, B-0.3D 조합의 경우 22 mm/sec로 평균 약 21 mm/sec로 평가됨에 따라 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용할 경우 평균 약 36 mm/sec로 초음파가 빠른 속도로 통과하는 것을 알 수 있었는데 이는

Table 5 Chemical and physical properties of Epoxy

Division		Ultrasonic Test (mm/sec)
Plain		20
Injection method	U-0.3U	58
	U-0.3D	64
	B-0.3U	45
	B-0.3D	59
TPS method	U-0.3U	21
	U-0.3D	20
	B-0.3U	19
	B-0.3D	22

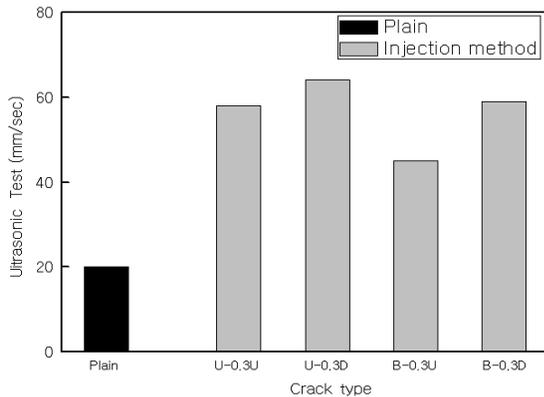


Fig. 15 Ultrasonic Test according to crack type(Injection method)

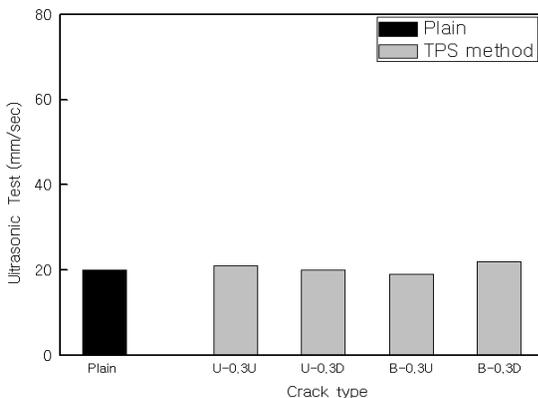


Fig. 16 Ultrasonic Test according to crack type(TPS method)

TPS 공법이 주사기 공법에 비해 높은 주입 압력과 탄성 저장관 등의 영향으로 미세한 균열 부위까지 밀실하게 충전되었음을 알 수 있다.

즉, 상대적으로 보수 후 구조체의 성능 복구에도 우수할 것으로 예상된다.

5.2 주입깊이

Table 6은 균열종류에 따른 주입깊이 실험결과를 표로 나타낸 것이고, Fig. 17 및 18은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 먼저, 주사기 공법을 사용한 조합에서는 약 140~155 mm로 부분적으로 충전되는 경향을 나타낸 반면에, TPS 공법을 사용한 조합에서는 300 mm 완전 충전되는 우수한 경향을 나타내었다.

Table 6 Experiment result of Injection of Depth

Division		Injection of Depth (cm)	Charge quantity
Injection method	U-0.3U	150	Fragment charge
	U-0.3D	140	
	B-0.3U	155	
	B-0.3D	145	
TPS method	U-0.3U	300	Full charge
	U-0.3D	300	
	B-0.3U	300	
	B-0.3D	300	

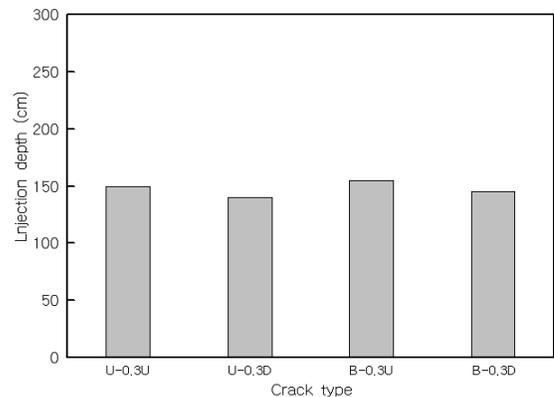


Fig. 17 Injection of Depth according to crack type(Injection method)

세부적으로 보면, 주사기 공법의 경우는 U-0.3U의 조합사용시 150 mm, U-0.3D 조합의 경우는 140 mm, B-0.3U 조합의 경우는 155 mm, B-0.3D 조합의 경우는 145 mm로 평균 약 148 mm 부분 충전되는 것을 알 수 있었으며, TPS 공법의 경우

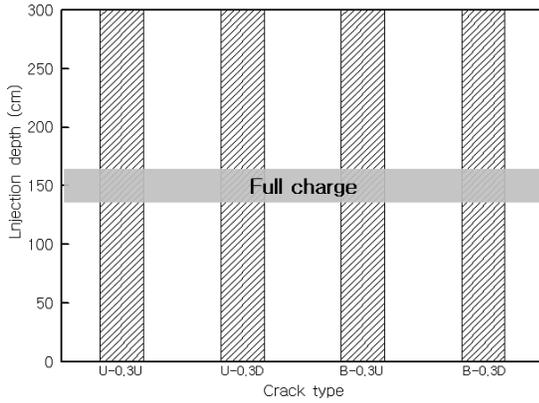


Fig. 18 Injection of Depth according to crack type(TPS method)

는 위에서 언급한 바와 같이 모든 배합에서 300 mm 완전 충전되는 경향을 나타내었는데, 이는 균열 내부 공기를 배출하고, 강력한 기계식 주입으로 인하여 균열 내부 속까지 주입재료가 충전된 것으로 판단된다. 또한, 완벽한 주입은 투수계수 향상에도 큰 영향을 미치므로 향후 누수 방지 성능에서도 우수할 것으로 예상된다.

5.3 압축강도 및 압축강도비

5.3.1 압축강도

Table 7은 시험체에 따른 압축강도 실험결과를 표로 나타낸 것이고, Fig 19 및 20은 이를 그래프로 나타낸 것이다.

먼저, 보수 전 건전한 구조체의 경우 32.2 MPa로 평가되었다. 전반적으로 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용한 조합에서 우수한 압축강도를 나타내었다.

세부적으로 보면 주사기 공법의 경우는 U-0.3U의 조합사용 시 30.2 MPa, U-0.3D 조합의 경우는 29.5 MPa, B-0.3U 조합의 경우는 29.8 MPa, B-0.3D 조합의 경우는 29.9 MPa로 평균 약 29.9 MPa를 나타낸 반면에, TPS 공법의 경우는 U-0.3U

Table 7 Experiment result of Compressive strength

Division		Compressive Strength (MPa)
Plain		32.2
Injection method	U-0.3U	30.2
	U-0.3D	29.5
	B-0.3U	29.8
	B-0.3D	29.9
TPS method	U-0.3U	33.3
	U-0.3D	34.5
	B-0.3U	36.1
	B-0.3D	35.8

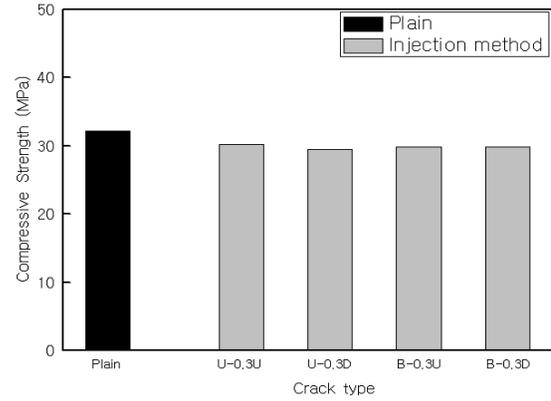


Fig. 19 Compressive strength according to crack type (Injection method)

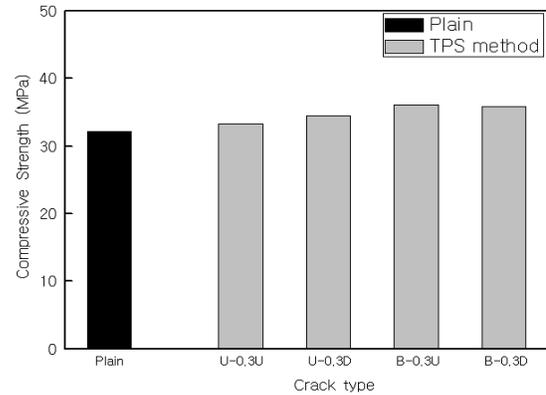


Fig. 20 Compressive strength according to crack type (TPS method)

의 조합사용 시 33.3 MPa, U-0.3D 조합의 경우는 34.5 MPa, B-0.3U 조합의 경우는 36.1 MPa, B-0.3D 조합의 경우는 35.8 MPa로 평균 약 35 MPa로 주사기 공법에 비해 평균 약 5 MPa 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 균열 부위에 60~80 MPa의 고강도에폭시가 밀실하게 주입됨에 따라 압축강도가 증진한 것으로 사료된다. 즉, 완벽한 주입에 의해 주사기 공법 대비 TPS 공법의 경우가 모체와 동등 이상의 압축강도가 발현되는 것으로 판단된다.

5.3.2 압축강도비

Table 8은 균열 종류에 따른 보수 후 압축강도 비에 실험결과를 표로 나타낸 것이고, Fig 21은 이를 그래프로 나타낸 것이다. 먼저, 주사기 공법의 압축강도의 평균을 100 %로 가정하여 실험 분석하였다. 전반적으로 주사기 공법에 비해 압축강도비가 높은 경향을 나타내었는데, 세부적으로 보면 U-0.3U 조합의 경우 약 11.4 %, U-0.3D의 경우 약 15.4 %, B-0.3U의 경우 약 20.7 %, B-0.3D의 경우 약 19.7%로 평균 약 16.8 % 압축강도가 우수한 것을 알 수 있었다.

Table 8 Experiment result of Compression strength ratio

Division	Kinds	Compressive Strength (MPa)	Compression strength ratio (%)
Injection method		29.9	
TPS method	U-0.3U	33.3	111.4
	U-0.3D	34.5	115.4
	B-0.3U	36.1	120.7
	B-0.3D	35.8	119.7

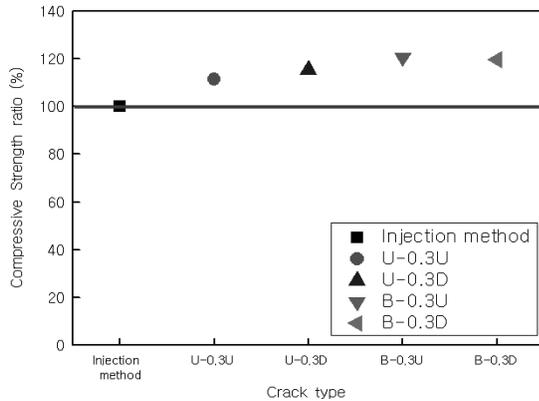


Fig. 21 Compressive strength ratio according to crack type

5.4 시공성 분석

Table 9는 주사기공법과 TPS 공법간의 시공성 비교를 표로 나타낸 것이다. 전반적으로 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용하였을 시 약 5일의 시공기간이 단축되는 경향을 나타내었다. 세부적으로 보면, 주사기공법의 경우 6일의 시공기간에 투입된 인원은 약 24명이 필요한 반면, TPS 공법의 경우 11일의 시공기간에 투입된 인원은 약 44명의 경향을 나타내었다. 또한, 일일 작업 속도의 주사기 공법의 경우 약 33.3 m/day로 시공효율로 비교분석하였을 시 m 당 약 0.12 person/m이 필요한 것으로 나타낸 반면, TPS 공법의 경우 일일 작업속도의 경우 약 48.3 m/day로 시공효율로 비교분석 하였을 시 m 당 약 0.08 person/m이 필요한 것으로 나타났다.

Table 9 Comparison of workability result

Division	Section (a)	Working Days (b)	Working Person (c)	Construction Speed [(d)=(a)/(b)]	Construction Efficiency [(e)=(c)/(a)]
Injection method	200 (0.3U-100m,0.3D-100m)	6 Day	24 Person (Day Average:four Person)	33.3 m/day	0.12 Person/m
TPS method	532 (0.3U-236m,0.3D-296m)	11 Day	44 Personnel (Day Average:four Person)	48.3 m/day	0.08 Person/m

특히, 주사기 공법의 비해 TPS 공법을 사용하였을 시 공사 기간 및 작업 효율성이 효과적인 것으로 나타났는데, 이는 강한 압력의 기계식 무선 주입기를 사용하여 균열 부위를 밀실하게 충전함에 따라 시공성 및 작업효율성에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 즉, 당 현장의 경우 교통량에 의한 신속 공사가 필수 조건으로서 향후 유사 현장의 공기단축에도 효과가 있을 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서는 TPS 공법의 현장 적용시 시공성 및 품질에 대하여 검토하기 위하여 실제 균열보수 공사를 진행하는 천안 나들목 지하차도 공사에 적용 검토 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 초음파 테스트의 경우는 주사기 공법에 비해 TPS 공법 사용 시 초음파가 평균 약 36 mm/sec로 빠른 속도로 통과하는 경향을 나타내어, 기존 공법보다 밀실하게 충전된 것으로 판단된다.
2. 주입깊이의 경우는 주사기공법의 경우 전체 300mm 중 140~155 mm로 부분 충전되는 경향을 나타내었으며, TPS 공법의 경우는 기계식 주입 무선기와 고탄성에 라텍스 고무 저장관의 강력한 압력으로 모든 조건에서 주입재가 100 % 충전되는 우수한 경향을 나타내었다. 특히, 누수 방지에서도 우수할 것으로 예상된다.
3. 압축강도의 경우는 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용한 조합에서 평균 약 5 MPa 증가하는 경향을 나타내었으며, 압축강도비의 경우 주사기 공법에 비해 TPS 공법이 평균 약 16.8 % 높은 것을 알 수 있었다.
4. 시공성의 경우 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용하였을 시 투입인원의 경우 평균 약 0.04 person/m이 감소되는 것으로 나타났으며, 작업 속도의 경우도 일일 평균 약 15 m/day 정도 차이 나는 경향을 나타내었다.

상기 TPS 공법과 재래식 주사기주입공법의 실험결과를 분석한 결과 TPS 공법이 고무줄을 사용하는 주사기 주입공법보다 주입 속도와 주입 깊이 측면에서 향상되고, 확인창 설치로 인하여 균열 내부 전체가 충전 거동 및 충전량 확인이 가능한 공법으로 분석되었다. 또한, 균열 내부 전체에 주입용액의 충전이 가능하여 시공성의 경우 약 5일에 시공기간이 단축되고, 보수품질의 향상은 물론 재해자발생이 저감될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 중부대학교 학술연구비 지원에 의하여 이루어진 것임.

References

Lee, H. C. (2000) A Study on Crack Repair Effect of Concrete Beam, Honam University, Master's Thesis
Kim, S. H., Kim, B. I., and Oh, S. K. (2016) Thermal Stability Test Evaluation of Applying the Artificial-Crack of Water-Leakage Repair Materials Used in the Maintenance of Concrete Structure, *Journal of the Korea Recycled Construction Resources Institute*, 4(3), 322-329.
Shin, H. C., Kim, G. Y., and Park, S. W., 田中亨二. (2004) Behavior of Crack of Repaired Zone in Concrete by Injection Epoxy Resin,

Journal of the Korea Concrete Institute, 16(5), 44-48.
An, T. H., and Kim, K. M. (2006) Crack cleaner for repairing concrete micro cracks equipped with crack self-healing function, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 64(3), 68-71.
Kang, S. P., and Hong, S. J. (2009) Bending Strength and Fracture Energy of Repaired Concrete Specimen by Crack Repair Material, *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 25(4), 161-168.
Park, S. G. (2009) The Experimental Study on the Repair of the Concrete Member Buildings Crack. Chung-ang University Master Thesis.
Lee, D. S. (2010) A Study on the Improved Concrete Crack Repair Method, Konyang University Master Thesis.

Received : 07/24/2018

Revised : 10/16/2018

Accepted : 10/17/2018

요 지 : 본 연구는 기계주입 방식으로 간단히 재충전 할 수 있는 TPS 공법을 사용하여 실제 건설현장에 적용한 후 콘크리트 균열에 미치는 영향을 알아보려고 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다. 먼저, 초음파 속도의 경우 TPS 공법을 사용하였을 시 주사기 공법에 비해 평균 약 36 mm/sec로 초음파가 빠른 속도로 통과하는 것을 알 수 있었고, 주입깊이의 경우 주사기 공법에서는 부분 충전되는 것을 확인하였으나 TPS 공법의 경우 강한 주입 압력으로 모든 배합에서 보수재가 100% 충전되는 우수한 경향을 나타내었다. 또한, 압축강도의 경우는 TPS 공법 사용 시 평균 16.8% 증가하는 것으로 나타나 구조적으로 우수한 것으로 나타났다. 이상을 종합하면 주사기 공법에 비해 TPS 공법을 사용하였을 시 균열부위에 주입재가 밀실하게 충전되어 강도 증진으로 인한 품질 향상 및 확인창 설치로 인한 균열보수제의 거동이 확인 가능하다. 또한, TPS 공법 시공구간 532 m에 대하여 약 5일의 공사 기간이 단축됨에 따라 시공성이 우수하여 콘크리트 구조물에 균열 보수공법으로 사용성이 확대될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 탄성 저장관, 에폭시, 주입공법, 현장적용
