

접합조건에 따른 콘크리트 접합부의 역학적 특성

김재동^{1)*}, 정요훈²⁾

Mechanical Characteristics of Cementing Plane in Concrete Repair under Various Cementing Conditions

Jaedong Kim and Yo-Hoon Jung

Abstract Since the occurrence of Portland cement, a great number of concrete structures were constructed. But the concrete structures have their own life times, which inevitably demand repairing treatments, especially on their surface parts. Currently many various methods have been developed and are being applied for this purpose. In this study, a newly developed method using pneumatic chipping machine and anchor pin was adopted for repair of old concrete structure and the mechanical characteristics of cementing plane between existing and new concrete were tested. Comparing the removal methods for the decrepit part of existing concrete using pneumatic chipping machine and hydraulic breaker, the peak cohesion was higher when using chipping machine at the cementing plane. On the other hand, the residual cohesion was higher for the case of breaker. Step shaped chipping on the cementing plane was effective in increasing peak cohesion, which results 14% increase in the case of 30 mm step height and 22% in 50 mm height when compared with planar chipping plane. The use of anchor pin increased the residual cohesion, which restricted shear slip on the cementing plane after peak shear stress and the tensile strength of 32 % compared with that of non-anchored case. According to the combined effect of step shaped chipping of 30 mm and anchor pin with an interval of 15 cm, the peak cohesion reached up to 77% and the residual cohesion showed 180% of the ones of the fresh concrete, respectively.

KeyWords: Concrete repair, Chipping machine, Anchor pin, Shear test, Cohesion, Tensile strength

초 록 시멘트가 사용된 이래로 수많은 콘크리트 구조물들이 건설되어 왔으나 그 수명은 콘크리트의 특성으로 인해 한계가 있다고 할 수 있다. 이로 인하여 불가피하게 보수 보강의 필요성이 나타나며 최근까지 많은 방법들이 개발되어 적용되고 있다. 본 연구에서는 압축공기식 치핑머신과 앵커핀을 사용하여 노후화된 콘크리트를 보수 보강하는 새로운 방법을 적용하여 노후화된 콘크리트와 신선한 콘크리트의 접합면에 대한 역학적 특성을 밝히고자 하였다. 콘크리트 노후부를 제거하기 위한 방법으로 치핑머신을 사용한 경우와 브레이커를 사용한 경우를 비교한 결과 최대점착력에서는 치핑머신이, 잔류점착력에서는 브레이커를 사용한 경우가 높게 나타났다. 접합면에 치핑머신으로 요철을 준 결과, 최대점착력은 평평한 접합면의 경우에 비하여 30 mm 요철심도에서는 14%, 50 mm에서는 22%의 증가를 보였다. 앵커핀은 잔류점착력을 증가시키고 전단파단 이후 슬립을 억제하는 효과를 보였으며, 인장강도를 32% 정도 증가시키는 효과를 나타내었다. 요철과 앵커핀을 복합적으로 적용한 결과 최대 점착력은 접합면이 없는 신선한 콘크리트의 77%에 이르렀고 잔류점착력은 신선한 콘크리트의 180%에 이르는 높은 효과를 보였다.

핵심어: 콘크리트 보수보강, 치핑머신, 앵커핀, 전단시험, 점착력, 인장강도

1. 서 론

인류의 문화생활과 경제 산업 발전에 직결되는 도로,

철도, 항만 및 하천 등에 수반되는 터널, 교량, 수로, 댐, 안벽구조물 및 발전소 부속시설물, 건물 등의 시설물을 구축하는 재료는 대부분이 콘크리트 또는 철근콘크리트를 사용하고 있다. 그러나 콘크리트 구조물은 시공 후 30~40년이 경과하면 누수, 동해, 염해, 연해, 풍화 등에 의한 물리화학적 작용으로 인해 중성화되거나 열화에 의한 노후화가 일어나게 된다(윤우현, 1995,

¹⁾ 정희원, 강원대학교 지구환경공학부 교수

²⁾ 정희원, 강원대학교 대학원(현 지오텍건설터트)

*교신저자(Corresponding Author): jdkim@kangwon.ac.kr

접수일: 2003년 8월 5일

심사 완료일: 2003년 9월 23일

김병하, 1997). 이러한 현상은 콘크리트 양생을 철저히 하지 않을 경우 그 기간이 더욱 단축된다(한국콘크리트 학회, 1992). 특히 우리나라와 같은 경우 최근의 산업 발전으로 인하여 환경오염이 급격히 증가하고 구조물에 작용하는 하중이 당초의 설계 수준을 넘어서는 등 기존 구조물의 안전성과 내구성을 심각히 위협하고 있는 상황이 발생하고 있어 이에 대한 보강 대책이 절실히 요구되고 있다.

이와 같은 콘크리트 및 철근콘크리트 구조물의 문제점을 해결하기 위한 방안으로 현재 우리나라에서 적용하고 있는 보수방법을 살펴보면 일반구조물의 경우, 주로 균열과 열화에 대한 보수보강방법을 사용하며, 터널 및 지하철의 경우, 주로 누수나 균열에 대한 보수보강 방법을 사용하는 등 방법에서 약간의 차이를 가지고 있다(한국지반공학회, 1996, 김병하, 1997).

이러한 보수보강방법의 부분적인 단점들을 보완하고, 다양한 목적에 적용하기 위해 새로운 방법의 보수보강 방법이 연구되고 있다. 이 방법은 구콘크리트의 노후부를 일정한 깊이로 깎아내어 거칠게 마무리하고 접착제나 전단연결재를 설치한 후 신콘크리트를 타설하여 구조물의 내하력과 내구성을 유지시키는 것으로, 여기서 가장 중요한 것은 구콘크리트와 신콘크리트의 일체성을 유지하는 일이다. 현재 이 방법에서 중성화, 열화 및 균열 발생 등으로 인한 콘크리트 구조물의 비건전부 절삭에 유압식 브레이커나 수작업에 의한 치핑 방법을 사용하고 있다. 그러나 브레이커에 의한 방법은 진동 및 충격으로 인해 기존 콘크리트 부위에 손상을 줄 우려가 매우 높고, 수작업에 의한 경우는 인건비 및 소요 기간의 과다로 인해 비경제적인 단점이 있다.

기존 방법의 이러한 단점을 보완하기 위해 스파이크 해머를 부착한 공기타격식 치핑기와 특수 앵커핀을 이용한 새로운 방법이 도입되었고, 이는 구조물의 접합성능을 향상시켜, 신규 건설 구조물에 상응하는 구조적 안정성을 구현할 뿐만 아니라 시공시 경제성도 확보할 수 있게 되었다(原田哲伸 등, 1997).

본 연구에서는 이러한 방법에서 적용하고 있는 콘크리트 노후부의 절삭 및 접합방법이 콘크리트 접합부의 물리 역학적 특성에 미치는 영향을 규명하기 위하여 관련된 조건을 몇 가지로 구분하여 접합시료에 대한 전단, 인장 및 탄성파 전파 특성에 대한 실험연구를 수행하였으며, 그 결과를 비교 검토함으로써 효율적인 노후 콘크리트의 보수, 보강에 적절한 시공방법의 기초 자료를 도출하고자 하였다.

2. 신·구 콘크리트 접합방법

현재 국내 현장에서 사용되고 있는 콘크리트 보수보강 방법은 터널에서의 누수방지 및 지수를 목적으로 하는 것과 터널 및 일반 구조물에서의 균열보강 및 열화 부분 보수를 목적으로 하는 것 두 가지로 나눌 수 있다. 본 연구에서의 신·구 콘크리트 접합이란 기존 구조물의 내력보강을 위한 신·구 콘크리트의 일체화를 의미한다.

신·구 콘크리트 접합방법으로는 구콘크리트의 노후부 절삭 및 핀 타정 후 신콘크리트를 접합하는 방법과 구콘크리트에 에폭시를 도포한 후 신콘크리트를 접합하는 방법, 캐미컬 앵커 설치 후 신콘크리트를 접합하는 방법 등 몇 가지의 방법이 시행되고 있다.

본 연구에서는 접합면의 조건을 다양하게 하기 위하여 구콘크리트 절삭 및 핀 타정 후 신콘크리트를 접합하는 방법을 채택하였으며, 구콘크리트 절삭장비, 구콘크리트 절삭방법, 앵커핀 타정 등의 조건을 각각 달리 하여 여러 가지 접합조건을 설정하였다.

2.1 신·구 콘크리트 접합재료

2.1.1 구콘크리트

접합에 사용된 구콘크리트는 서울시내 OO동 내부순환 도시고속도로 용벽 보강공사 현장에서 떼어낸 2 m × 2 m 크기의 벽체를 사용하였다. 용벽으로부터 떼어낸 구콘크리트는 육안 관찰 검사, 슈미트 해머 시험, 탄성파 속도 측정, 중성화 검사, 철근 배근 검사 등의 비파괴 검사를 거쳐 이상 유무를 확인한 후 접합작업에 사용되었다.

사용된 구콘크리트는 타설된지 20년 이상 경과된 것으로서 떼어낸 용벽의 표면쪽은 노후화가 많이 진행된 반면, 내부는 거의 노후화가 되지 않았다. 연구의 목적상 노후화 정도가 심한 바깥쪽 면을 사용할 계획이었지만, 바깥쪽 면의 비파괴시험 결과 3~5 cm 심도로 철근이 배근되어 있어 표면처리 작업이 곤란한 관계로 용벽의 안쪽면을 이용하여 시험을 실시하였다.

(1) 비파괴 검사

① 육안 관찰 검사

본 연구에 사용된 구콘크리트 블록의 표면은 육안 확인 결과 열화가 진행되지 않은 것으로 판단되었으며, 와이어 브러쉬로 긁어도 표면이 손상되지 않는 정도였다. 기타 미세 균열 등의 발달도 관찰되지 않은 상태였다.

② 슈미트 해머 시험

슈미트 해머 시험에는 SANYO사의 Concrete Test Hammer & Rock Test Hammer를 사용하였으며, 3 cm

간격으로 20회씩 8개 지점에 대해 실시하였다. 슈미트 반발경도에 의한 압축강도 추정 결과 평균 310 kgf/cm² 이었다.

③ 탄성과 속도 측정

구콘크리트 표면의 상태를 조사하기 위하여 탄성과 속도를 측정하였다. 측정 센서의 배치 간격은 10, 20, 30, 40 cm로 하였으며, 각 간격 당 5회씩 실시하였다. 탄성과 속도 측정 결과 저속도 부분이 발견되지 않은 것으로 보아 표면 부분의 균열 등의 결함은 없는 것으로 판단되었다.

④ 중성화 검사

구콘크리트 블록의 일부를 6~7 cm깊이로 썰기 절단한 후 페놀프탈레인 용액을 절단면에 뿌리는 방법으로 검사하였다. 구콘크리트 블록의 중성화는 약 0.1~0.2 cm정도가 중성화되었거나 또는 거의 중성화되지 않은 것으로 판단되었다.

⑤ 철근 배근 검사

철근 배근 검사에 사용된 장비는 영국 KOLECTRIC 사의 Micro Covermeter를 사용하였다. 최대 측정 범위는 12 cm이며, maximum range의 75% 까지 ±2 mm, ±5%의 정확성을 가진 장비이다. 철근 배근 검사 결과, 표면으로부터 12 cm이상의 깊이로 철근이 배근되어 있는 것으로 나타났다.

Table 1은 현장 비파괴시험 결과이다.

(2) 일축압축시험

구콘크리트로부터 지름 10 cm 의 코어 3개를 채취하여 일축압축시험을 실시하였다. 일축압축시험에 사용된

Table 1. Summary of in-situ nondestructive test results.

Test method	Measured value
Uniaxial compressive strength (estimated from Schmidt hardness)	310 kgf/cm ²
Seismic wave velocity (P-wave)	3,620 m/sec (almost constant)
Neutralization test	0.1~0.2 cm
Reinforcing bar investigation	over 12 cm below surface

Table 2. Mix design for fresh concrete.

Strength of design (kg/cm ²)	Aggregate max. size (mm)	Slump (cm)	Air content (%)	W/C (%)	S/A (%)	Weight per unit volume (kg/m ³)				AD (kg)
						Water	Cement	Sand	Coarse Aggregate	
260	25	11	4.5	56.0	46.0	168	307	856	975	0.92

압축시험기(ELE사 model ADR2000)는 가압용량이 200톤으로 수동식 유압시험기이다. 압축강도시험 결과 구콘크리트 압축강도의 평균값은 280 kgf/cm² 이었으며, 탄성계수는 2.4×10⁵ kgf/cm², 포아송비는 0.16 이었다.

2.1.2 신콘크리트

접합에 사용된 신콘크리트는 실제 보강공사에 사용된 것으로 지름 10 cm, 길이 20 cm의 공시체 3개를 몰당 후 양생하여 일축압축시험을 실시하였다. 측정된 압축강도는 설계기준 강도를 만족하는 260 kgf/cm² 이었으며, 배합비는 Table 2와 같다.

2.2 접합부 보강방법

접합부 보강에는 노후화된 표면을 제거하는 표면처리 작업 후 앵커핀을 보강하는 방법을 사용하였다.

2.2.1 표면처리

신·구콘크리트의 접합성능을 높이기 위해 노후화된 구콘크리트의 표면부를 제거하였으며 절삭장비로는 스파이크 해머를 장착한 공기타격식 치핑기와 브레이커를 각각 이용하였다.

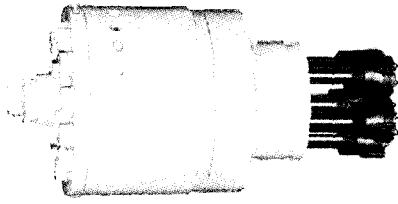
(1) 공기타격식 치핑기에 의한 절삭

사용한 공기타격식 치핑기는 압축공기 방식으로써 정밀한 절삭을 할 수 있으며, 기존 콘크리트 구조물에는 균열이나 진동의 영향이 거의 없는 것이 특징이다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 공기타격식 치핑기와 치핑기의 헤드부에 부착된 스파이크 해머 비트이며, Fig. 2는 치핑기를 이용한 표면절삭 작업장면이다.

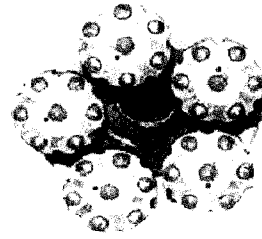
공기타격식 치핑기를 이용하여 절삭한 표면의 거칠기를 Fig. 3에서와 같이 profilometer로 측정한 결과, 절리 거칠계수(JRC) 16-20의 값을 갖는 것으로 나타났다.

(2) 브레이커를 이용한 절삭

Fig. 4는 브레이커를 이용한 표면절삭 작업장면이다. 브레이커를 이용하여 절삭한 표면의 거칠기를 같은 방법으로 측정해 본 결과 절리거칠계수(JRC) 기준의 거



(a) Chipping machine



(b) Spike hammer on the head

Fig. 1. Chipping machine and hammer bit.

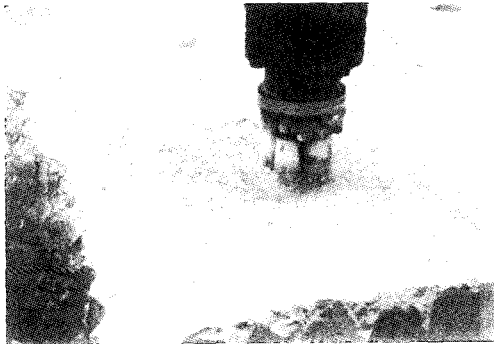


Fig. 2. Removal operation of unsound surface using chipping machine.



Fig. 3. Profile measurement for surface roughness.

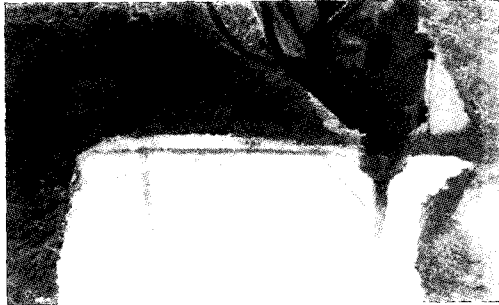


Fig. 4. Removal operation of unsound surface using hydraulic breaker.

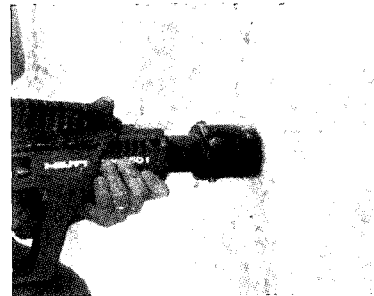
칠기 범위를 훨씬 초과하는 값을 보였다.

2.2.2 앵커핀 보강

접합면 보강에는 구콘크리트의 표면절삭 외에 앵커핀을 사용하였다. 시험에 사용된 앵커핀은 화약 폭발에 의해 타정되며, 타정시 충격에 의한 구콘크리트의 손상을 방지하기 위해 타입심도까지 타정용 공을 드릴링 한 후 타정하였다. Fig. 5는 본 연구에 사용한 앵커핀과 타



(a) Anchor pin



(b) Shooting gun

Fig. 5. Anchor pin and shooting gun.

Table 3. Specifications of anchor pin.

Pin \ Item	Material	Diameter(head)	Diameter(body)	Length
Anchor pin (W10-30-32 p10/4) HILTI	High carbon steel	9.7 mm	5.2 mm	62 mm

정장비이며, Table 3은 앵커핀의 제원이다.

타정된 앵커핀의 인발력을 알아보기 위해 인발시험을 실시하였다. Fig. 6은 핀을 타입한 방향의 역으로 인장력을 주어 인발하는 시험장면이며, Table 4는 각각 20회의 인발시험에서 얻은 평균 인발력이다. 앵커핀의 인발력은 타입심도에 따라 개당 370~1,000 kgf의 범위 내에 있는 것으로 나타났다.

2.3 접합조건

본 연구에서는 절삭장비, 절삭방법, 앵커핀 보강 등 여러 가지로 조건을 달리하여 7종류의 다른 접합을 시도하여 각 조건에서 접합면의 역학적 특성을 시험하였다. 조건에 따른 7가지 접합형태는 다음과 같다.

- ① 단순 접합(PL): 중성화 및 열화된 구콘크리트의 평평한 표면에 여타의 가공없이 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.
- ② 브레이커 절삭 후 접합(BR): 구콘크리트 표면을 브레이커로 절삭하고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.
- ③ 치핑 접합(CH): 구콘크리트 표면을 공기타격식 치핑기로 절삭하고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.
- ④ 단순 및 핀타정 접합(PL-PIN): 평평한 구콘크리트

(PL)표면에 앵커핀을 타정하고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.

⑤ 치핑 및 핀 타정 접합(CH-PIN): 공기타격식 치핑기로 절삭한 구콘크리트 표면에 특수 앵커핀을 타정하고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.

⑥ 요철 치핑 접합(CH-W): 구콘크리트 표면에 공기타격식 치핑기로 치핑면에 요철(±0.5 cm)을 만들고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.

⑦ 요철 치핑 및 핀 타정 접합(CH-W-PIN): 공기타격식 치핑기를 사용하여 일정한 높이의 요철이 만들어진 구콘크리트 표면에 특수 앵커핀을 타정하고 신콘크리트를 타설하여 접합시킨 상태.

신콘크리트 민의 경우와 위 7 가지 접합조건을 모식도로 나타내면 Fig. 7과 같다.

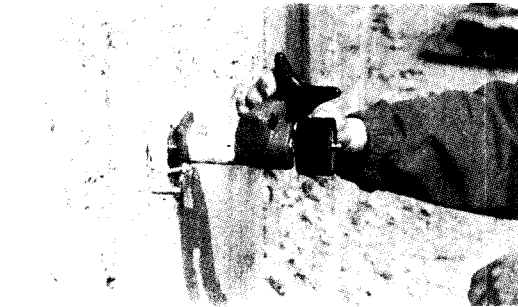


Fig. 6. Pull-out test of anchor pin(ø5.2 mm, L=62 mm).

Table 4. Results of pull-out test of anchor pin.

Penetration depth (mm)	Peak pull-out load (kgf)
20~25	370
25~30	730
30~35	over 1,000

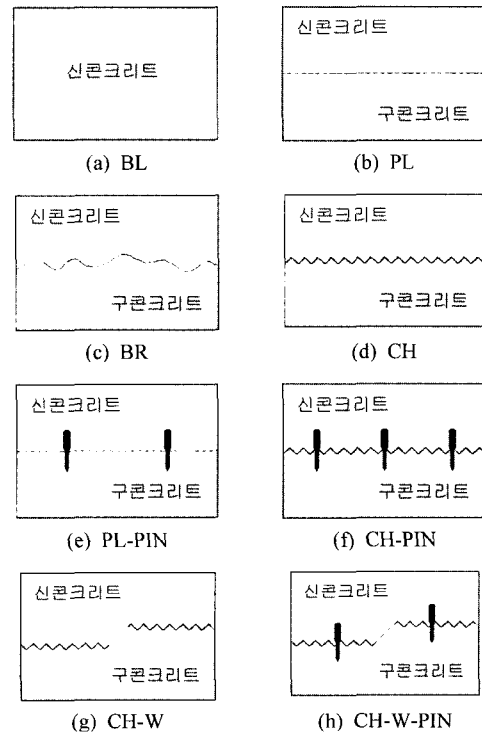


Fig. 7. Seven types of cementing conditions with a non-cemented case.

3. 신·구 콘크리트 접합부의 역학적 특성

본 연구에서는 신·구 콘크리트 접합부의 역학적 특성을 규명하기 위해 다양한 접합면에 대한 전단 및 인장 시험을 실시하여, 접합조건에 따른 보강효과 및 핀의 효과, 요철의 효과 등을 비교 분석하였다.

3.1 신·구 콘크리트 접합부의 전단특성

3.1.1 접합 블록시험편 제작

본 연구에서는 신·구 콘크리트 접합면의 전단 특성을 규명하기 위해 접합하지 않은 신콘크리트 시험편(BL)과 7가지 접합조건에 따른 접합 시험편을 제작하였다. 접합조건에서는 핀과 요철의 보강효과를 보다 자세히 알아보기 위해, 핀의 개수를 4개와 9개로, CH-W에서는 요철의 높이를 30 mm와 50 mm로 나누어 총 9종류(PL, BR, CH, PL-PIN4, CH-PIN4, CH-PIN9, CH-W30, CH-W50, CH-W30-PIN4)로 구분하였다. 제작된 시험편은 신콘크리트의 경우를 포함하여 각 6개씩(CH, BR은 4개씩) 총 56개의 전단시험편을 제작하였다.

콘크리트 접합 과정은 먼저 구콘크리트 옹벽을 치핑기와 브레이커를 이용하여 표면처리 한 다음 앵커핀을 타정하고 30×30×10 cm의 규격으로 썰기 절단한 후, 목재 성형틀을 이용하여 신콘크리트를 타설, 접합하였다. 신콘크리트 타설 전에 구콘크리트의 표면은 고압수

세척을 실시하였고, 타설 직후 수분 흡수에 의한 배합비의 변화를 막기 위해 타설 전까지 습윤상태를 유지하였으며, 타설 후 28일간 살수 양생하였다.

신콘크리트 타설 후 제작된 최종 콘크리트 블록시료의 크기는 30×30×20 cm가 되도록 하였다. Fig. 8은 구콘크리트의 표면처리와 핀타정 과정을 거친 후 신콘크리트를 접합하기 위하여 목재틀을 설치한 모습이며, Fig. 9는 제작된 9가지 종류의 구콘크리트 블록 중 9개의 핀을 타정한 경우와, 30 mm의 요철을 표면처리하고 4개의 핀을 타정한 경우를 예시한 것이다. 핀의 타정간격은 4개의 경우 15 cm, 9개의 경우 10 cm로 하였다.

3.1.2 시험 장비 및 방법

본 연구에서는 직접전단시험을 위해서 시험 목적에 맞는 규격의 전단시험장치를 제작하였다.

제작된 전단시험장치는 최대 수직하중 30톤, 전단하중 100톤을 가할 수 있으며 수동식 유압펌프를 2개를 사용하였고, 수직축에 롤러베어링을 설치하여 전단력을 가하는 동안 수직축이 전단변위를 허용할 수 있게 하였다. 변위의 측정에 사용된 다이얼 게이지는 1/100 mm 정밀도를 가지며, 시험편의 앞쪽과 뒤쪽에 1개씩 2개를 설치하였다. Fig. 10은 본 연구에서 제작 사용된 직접전단시험장치이며, Fig. 11은 전단시험의 근접장면이다.

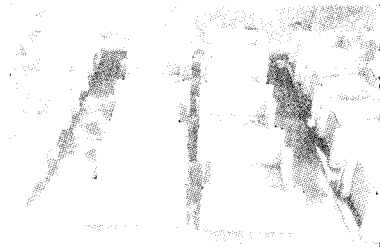


Fig. 8. Casing for new concrete molding.

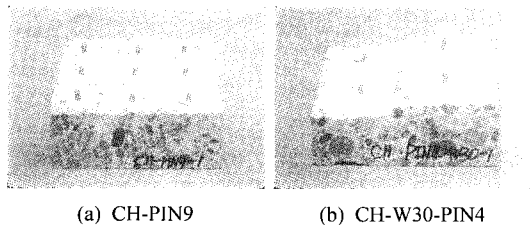
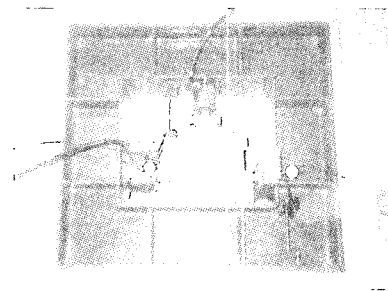
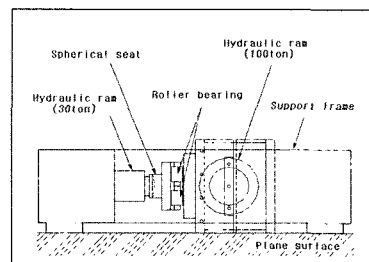


Fig. 9. Views of old concrete block specimens after surface treatment and anchor pin installation.



(a) Top view



(b) Schematic design

Fig. 10. Direct shear test equipment.

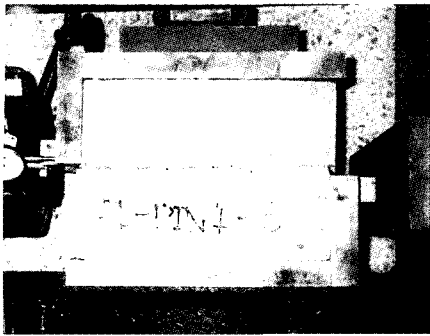


Fig. 11. A view of direct shear test.

시험방법은 접합면에 대한 수직응력을 각각 2, 5, 8, 13, 16, 20 kgf/cm²로 달리하여 파단시의 최대전단응력과 파단 후 변형이 진전된 뒤 나타나는 잔류전단응력을 구하여 파괴포락선을 얻었으며, 여기서 얻은 점착력과 마찰각으로 각각의 접합 특성을 비교, 분석하였다.

3.1.3 시험결과 및 고찰

점착력과 마찰각의 비교를 위해 신콘크리트(BL)를 포함한 총 10종류의 접합시험편들에 대하여 전단시험을 실시하였다. 시험결과 구한 접합면의 최대전단응력과 잔류전단응력으로부터 Mohr-Coulomb의 파괴조건을 이용하여 점착력(*c*)과 마찰각(ϕ)을 구하였다.

Fig. 12부터 Fig. 15까지는 본 연구에서 실시된 여러 경우의 시험들 중 CH 및 CH-W30-PIN4의 접합조건에서 구한 파괴포락선과 전단응력-변위곡선을 각각 예시한 것이다.

총 10가지 접합의 경우에 대해 앞에서 예시한 것과 같은 시험 결과들로부터 구한 점착력과 마찰각을 정리하면 Table 5와 같다.

(1) 접합 조건에 따른 점착력

Fig. 16에서 보는 바와 같이 접합면의 조건이 다른 PL, BR, CH 경우의 최대점착력과 잔류점착력을 비교하면, 신콘크리트(BL)에 비하여 전체적으로 현저하게

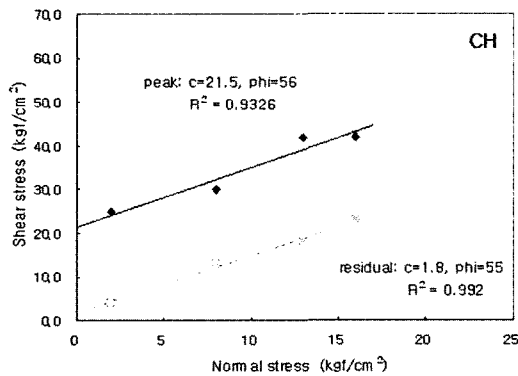


Fig. 12. Peak and residual failure envelopes for CH.

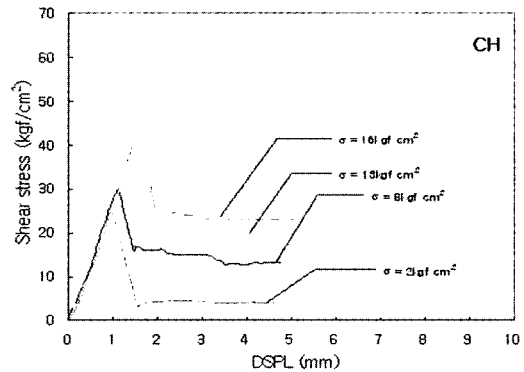


Fig. 13. Shear stress vs shear displacement curves for CH.

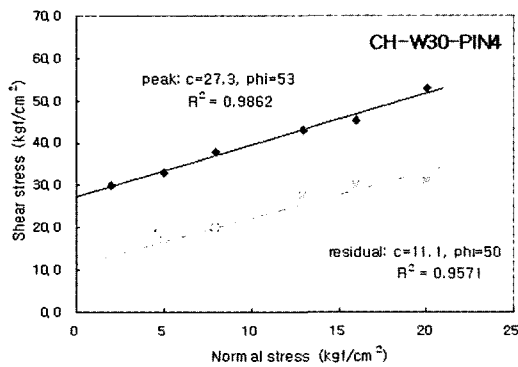


Fig. 14. Peak and residual failure envelopes for CH-W30-PIN4.

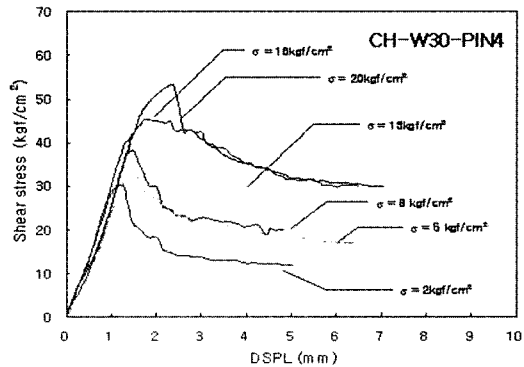


Fig. 15. Shear stress vs shear displacement curves for CH-W30-PIN4.

Table 5. Results from shear tests for the 10 types of cementing conditions.

Cementing Type	Property	Peak		Residual	
		c (kgf/cm ²)	φ (degree)	c (kgf/cm ²)	φ (degree)
BL		35.3	54	6.1	54
PL		10.5	47	1.1	40
PL-PIN4		12.8	43	7.1	40
BR		13.3	57	3.9	58
CH		21.5	56	1.8	55
CH-PIN4		20.0	52	6.9	53
CH-PIN9		21.1	57	9.5	53
CH-W30		24.6	49	8.7	50
CH-W50		26.2	57	7.9	54
CH-W30-PIN4		27.3	53	11.1	50

낮은 수준이나 상대적으로 최대점착력에서는 CH가, 잔류점착력에서는 BR이 높게 나타났다. 마찰각에서는 Fig. 17에서와 같이 PL의 경우를 제외하면 대체로 BL과 유사하거나 다소 높았다. 이는 접합면의 절삭에서 형성된 표면의 거칠기에 의한 것으로 보인다. 여기에서 비교된 3가지 접합의 경우에는 상대적으로 CH 방식의 표면처리가 우수한 전단특성을 나타내고 있는 것으로 판단된다.

(2) 앵커핀의 효과

앵커핀 타정의 효과는 Fig. 18에서와 같이 최대점착력의 경우 두드러지지 않으나 잔류점착력의 경우에는 효과가 큰 것을 볼 수 있다. 이로써 핀 타정은 접합면에서 파괴가 일어난 이후 계속적으로 일어나는 슬립

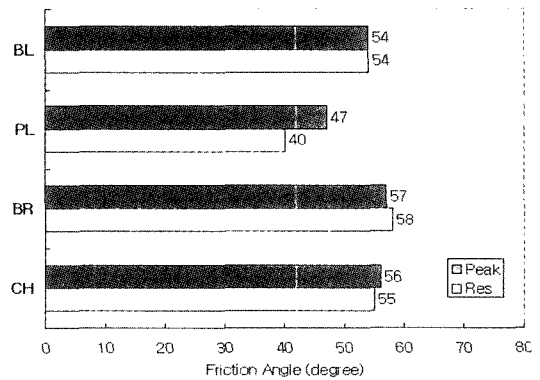


Fig. 17. Comparison of friction angles for the different cementing surfaces.

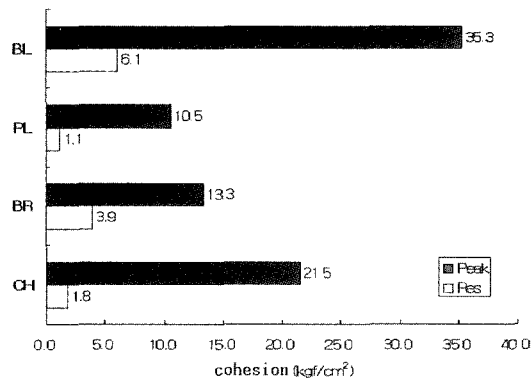


Fig. 16. Comparison of cohesions for the different cementing surfaces.

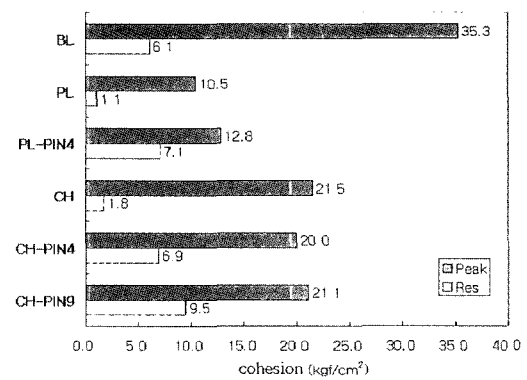


Fig. 18. Comparison of anchor pin effect on cohesion.

현상을 크게 억제하고 있으며, 그 정도는 핀의 개수가 증가할수록 커지는 것을 알 수 있다.

(3) 요철의 효과

요철 치핑의 효과는 앵커핀의 경우와는 현저히 차별된 특성을 보였다. 이 경우는 Fig. 19와 같이 전단응력에 의해 파단균열이 구콘크리트를 파괴하면서 발달하는 양상을 보인다.

따라서 최대점착력은 Fig. 20에 비교된 바와 같이 치핑(CH)이나 핀 타정 치핑(CH-PIN)의 경우에 비하여 현저하게 상승하였으며 이는 요철의 정도가 커짐에 따라 두드러짐을 알 수 있다. 그러나 잔류점착력의 경우에 있어서는 신콘크리트의 경우와 유사하거나 또는 다소 높게 나타났다. 이는 파단면이 구콘크리트 내로 형성된 이후이므로 요철에 의한 영향이 사라진 것으로 생각할 수 있다.

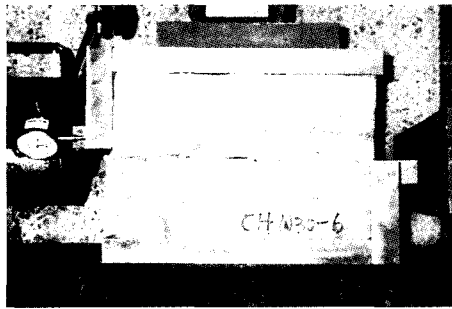
(4) 요철 및 핀 타정의 효과

Fig. 21은 앵커핀, 요철, 요철 및 앵커핀의 효과를 서로 비교한 그래프이다. 요철 치핑 및 핀 타정(CH-W30-PIN4)에 의한 효과는 모든 접합의 경우에서 가장 우수한 것으로 평가되었다. 최대점착력의 경우 신콘크리트의 77% 수준을 보였고, 잔류점착력의 경우 신콘크리트의 180% 까지 향상된 것을 알 수 있다.

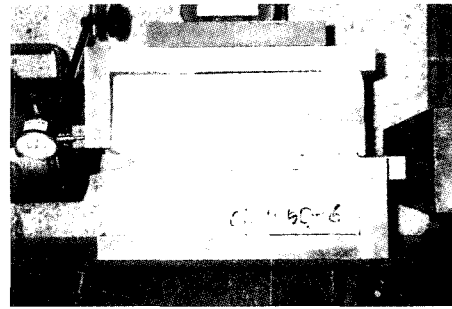
이와 같은 결과는 노후 콘크리트의 보강을 위하여 콘크리트 접합에 의한 방법을 적용할 경우 접합면의 요철 치핑과 핀 타정 방법을 병행함으로써 충분한 정도의 전단성능을 확보할 수 있음을 보여 주고 있으며 특히 접합면에 파단이 발생할 경우 핀 타정에 의한 역지력이 신콘크리트 보다 우수하게 나타나 터널 라이닝 부의 보수 보강 작업에 매우 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 신·구 콘크리트 접합부의 인장 특성

본 연구에서는 직접인장시험이 성형 및 시험과정에서 여러 가지 어려움이 있기 때문에 압열인장시험 방법을



(a) CH-W30



(b) CH-W50

Fig. 19. Shear crack occurred through step shaped cementing surface.

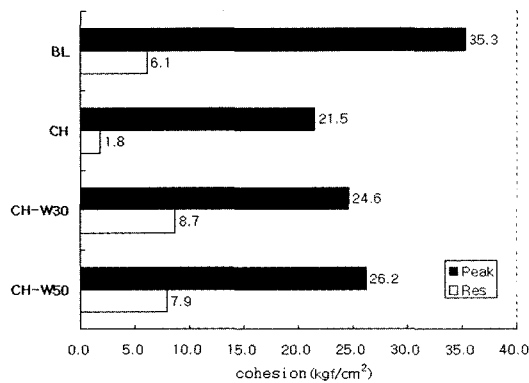


Fig. 20. Effect of step chipping on cohesion.

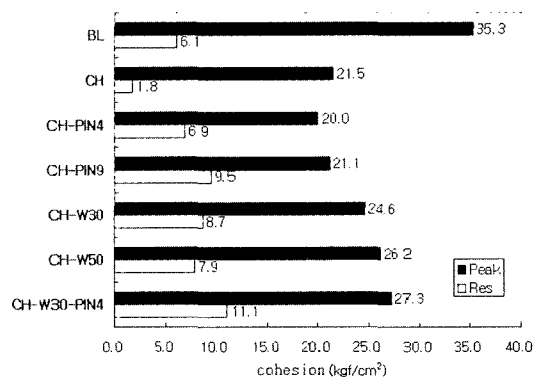
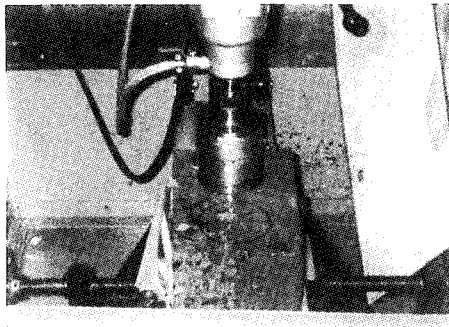
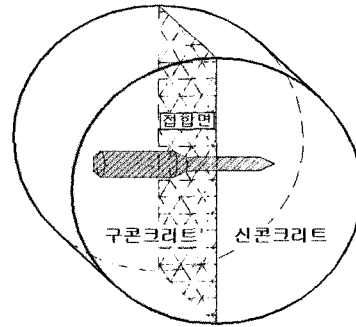


Fig. 21. Effects of anchor pin and step chipping on cohesion.



(a) Specimen coring with sketch of coring position on the block surface



(b) Schematic diagram of specimen for Brazilian test

Fig. 22. Specimen preparation for brazilian test.

이용하여 간접적으로 접합부의 인장강도를 측정하였다.

3.2.1 시험편 제작

압열인장시험편의 제작은 성형된 접합 콘크리트 블록의 접합면 방향으로 지름 10 cm의 코어를 시추하고 길이 8~9 cm의 디스크형으로 절단하여 압열인장시험에서 발생하는 파단면이 접합면과 일치되도록 성형하였다. 앵커핀에 의해 보강된 시료의 경우 Fig. 22와 같이 핀의 위치를 블록 표면에 표시해 두고 코어링하여 핀이 시험편의 내부 중앙에 위치하도록 하였다.

시험은 PL, PL-PIN, CH, CH-PIN, BR의 접합 경우이었으며, 신·구 콘크리트 접합부에 대한 실험결과와 비교하기 위하여 신콘크리트 시험편(BL)과 구콘크리트 시험편(OLD)을 제작하였다. 구콘크리트 시험편으로는 현장에서 직접 채취한 직경 10 cm의 코어를 사용하였으며, 신콘크리트 시험편은 일축압축시험편($\phi 10 \times 20$

cm)과 동일하게 원주형으로 제작 양생한 후 디스크형으로 절단하여 시험하였다.

3.2.2 시험결과 및 고찰

각 접합의 경우에 대해 4회 이상의 시험을 통해 얻어진 접합면의 인장강도는 Fig. 23과 같다. 전단강도와는 달리 치핑 접합(CH)의 인장강도는 단순 접합(PL)에 비해 약간 크게 나타나는 정도에 지나지 않았다. 이는 치핑이 접합면에 전단방향의 거칠기를 증가시킴으로써 전단강도를 향상시키는 효과가 있으나 인장강도에는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다. 반면 핀은 인장강도를 상당히 증가시키고 있음을 알 수 있다.

인장강도의 경우 BL을 기준으로 할 때 PL, CH, BR이 각각 46%, 49%, 36%로 전단강도의 경우에서 보다 현저히 저하되고 있음을 알 수 있고, 특히 BR의 경우가 상대적으로 낮았다. 이는 전단의 경우와 마찬가지로 절삭시의 충격에 의한 영향으로 보인다.

1개의 핀을 타정한 접합면의 인장강도는 PL에 비해 PL-PIN은 약 8%, CH-PIN은 약 32%의 증가를 보였다.

4. 결 론

본 연구에서는 단순접합(PL), 브레이커접합(BR), 치핑 접합(CH), 단순 및 핀타정 접합(PL-PIN), 치핑 및 핀 타정 접합(CH-PIN4, CH-PIN9), 요철치핑 접합(CH-W30, CH-W50), 요철치핑 및 핀 타정 접합(CH-W30-PIN4) 등 9가지 접합조건에 따른 접합면의 역학적 특성을 알아보기 위하여 전단시험 및 인장시험을 실시하였으며, 시험 후 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

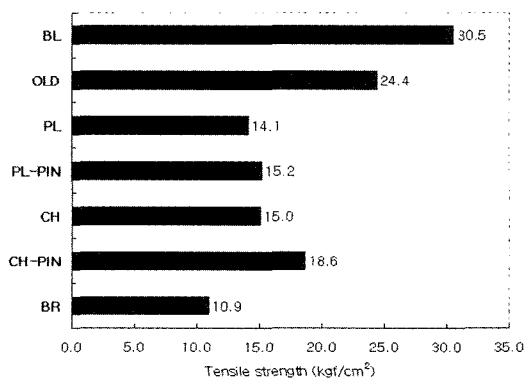


Fig. 23. Comparison of tensile strengths for the different cementing conditions.

- 1) 접합면의 조건이 다른 PL, BR, CH의 경우에서 최대 점착력과 잔류점착력을 비교한 결과, 신콘크리트(BL)에 비하여 전체적으로 낮은 수준이나 상대적으로 최대점착력에서는 CH가, 잔류점착력에서는 BR이 앞선 성능을 보였다.
- 2) 앵커핀의 최대점착력에 대한 효과는 크게 두드러지지 않았다. 그러나 잔류점착력을 획기적으로 향상시키는 효과가 있었으며, 그 정도도 핀의 개수가 증가할수록 신콘크리트의 1.8배까지 커지는 결과를 나타내었다. 이로써 앵커핀은 접합면에서 파괴가 일어난 이후 계속적으로 일어나는 슬립현상을 크게 억제하고 있으며, 그 효과는 핀의 개수가 증가할수록 커지는 것을 알 수 있다.
- 3) 요철치핑의 경우 전단균열이 구콘크리트를 파괴하면서 발달하는 양상을 보이며 최대점착력을 증가시키는 효과가 있는 것으로 나타났으며, 요철 심도가 커질수록 점착력도 증가되었다. 요철치핑에 의한 최대점착력의 증가량은 치핑접합(CH)과 비교했을 때, 30 mm 요철의 경우 14%, 50 mm 요철의 경우 22%에 이르는 것으로 나타났다. 그러나 잔류점착력에 대한 요철의 효과는 신콘크리트의 경우와 유사한 정도로서 파단면이 형성된 이후에는 거의 영향이 없는 것으로 볼 수 있다. 요철 및 핀 타정에 의한 복합적인 효과는 최대점착력의 경우 신콘크리트의 77%, 잔류점착력의 경우 신콘크리트의 180% 까지 향상되어 모든 접합의 경우에서 가장 우수한 것으로 평가되었다.
- 4) 접합면에 대한 압열인장시험 결과 치핑접합(CH)의 인장강도는 단순접합(PL)에 비해 약간 상승하는 정도에 그쳐 접합면의 거칠기 증가가 인장강도에는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 핀을 타정한 치핑접합의 경우는 PL에 비해 약 32%의

현저한 증가를 보였다.

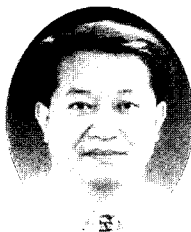
이상의 결과를 종합할 때, 신·구 콘크리트 접합에서 접합면을 치핑머신에 의해 요철 절삭한 경우 최대점착력을 향상시킬 수 있으며, 핀 타정을 한 경우 잔류점착력과 인장강도를 향상시킬 수 있었다. 따라서 콘크리트 접합에 의한 노후 콘크리트의 보강에서 접합면의 요철 치핑과 핀 타정 방법을 병행함으로써 충분한 정도의 전단성능을 확보할 수 있었으며 특히 접합면에 파단이 발생할 경우 핀 타정에 의한 역지력이 신콘크리트 보다 우수하게 나타나 터널 라이닝 부의 보수 보강 작업에 매우 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 강원대학교 부설 자원개발연구소의 연구비 일부지원에 의하여 수행되었으며 이에 심심한 감사를 드린다.

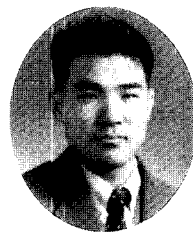
참고문헌

1. 김병하, 1997, 콘크리트 구조물의 균열발생과 보수 대책 (I), 건설기술인 제21호 1997년 봄, 61-66.
2. 김병하, 1997, 콘크리트 구조물의 균열발생과 보수 대책 (II), 건설기술인 제22호 1997년 여름, 54-58.
3. 윤우현, 1995, 제4회 기술강좌 "콘크리트 구조물의 진단, 보강 및 유지 관리", 제1편 콘크리트의 성능저하 요인, 한국콘크리트학회, 30p.
4. 한국지반공학회, 1996, 지반공학 시리즈 7 터널, 627-654.
5. 한국콘크리트학회, 1992, 최신콘크리트공학, 기문당, 691p.
6. 原田 哲伸, 太塩 隆, 大竹 省吾, 秋山 暉, 1997, 地中連續壁の本体利用における 接合面のチッピング處理効果の實驗的研究, 首都高速道路公園, 200p.



김재동

1981년 서울대학교 공과대학
자원공학과 공학사
1983년 서울대학교 대학원 자원공학과
공학석사
1988년 서울대학교 대학원 자원공학과
공학박사
Tel: 033-250-6256
E-mail: jdkim@kangwon.ac.kr
현재 강원대학교 지구환경공학부 교수



정요훈

1998년 강원대학교 공과대학 지구시스템
공학과 공학사
2000년 강원대학교 대학원 지구시스템
공학과 공학석사
Tel: 031-454-2532
E-mail: yhjung@geoinfo.co.kr
현재 지오택건설타트(주) 지반공학연구소