시험방법에 따른 신·구 콘크리트의 부착강도 특성

Characteristics of Bond Strength with Measuring Methods of Concrete

장흥균* 김성환** 홍창우*** 윤경구****
Jang, Heung Gyun Kim, Sung Hwan Hong, Chang Woo Yun, Kyong Ku

Abstract

The development and maintenance of a sound bond are an essential requirements of concrete repair and replacement. The bond property of a bonded overlay to its substrate concrete during the lifetime is one of the most important performance requirements which should be quantified. A standard or a verified bond strength measurement method is required at field for screening, selecting materials and quality control for overlay or repair materials.

This study compares the nipple pipe direct tensile test, flexural adhesion test, and core pull-off test with their test results. Substantial differences in the failure stresses of three test methods were attributed to their different geometries and loading conditions. From these comparison and investigation, core pull-off test was relatively good because the coefficient of variation values were about 2%. It would be suitable for use in-situ because of its simplicity and accuracy.

Keywords : *bond strength, core pull-off test, nipple pipe direct tensile test, flexural adhesion*

1. 서 론

신·구 콘크리트 구조물의 성능은 신·구 콘크리트 사이의 부착강도에 의해 크게 좌우된다. 부착강도 시험은 전단시험, 직접전단시험, 일축전단시험 등 여러 가지 방법이 있다. 보수와 덧씌우기에서 콘크리트 재료의 부착성능이 무엇보다 중요한 요소로 인식되면서 신·구 콘크리트의 부착강도를 어떻게 측정하는 가에 대한 의문이 수많은 연구의 주제가 되어왔다. 본 논문에서는 신·구 콘크리트의 부착강도를 현장에서 직접 측정할 수 있는 방법인 코어 인발부착시험법(core pull-off test), 실내에서 시험가능한 시험법인 휨 인장부착 시험법(adhesion of flexural test) 및 니플파이프 직접인장 시험법(direct tensile bond test with nipple pipe)을 이용하여 부착강도를 측정하고 비교함으로서 신·구 콘크리트의 부착강도 시험방법을 평가하고자 하였다.

* 정회원, (주)국일건설엔지니어링 대표이사·공학박사
** 정회원, 강원대학교 토목공학과·박사과정
*** 정회원, 충주대학교 건설도시공학과 전임강사
**** 정회원, 강원대학교 토목공학과 조교수

2. 시험체 제작

2.1 사용재료

본 실험에 사용된 2가지 시멘트는 국내에서 생산된 S사의 제품으로서, 초속경 시멘트 및 KS L 5201의 규정에 따른 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 잔 골재는 한강(곤지암)의 천연모래를 사용하였고 굵은 골재는 강원도 춘천에서 생산된 레미콘용 13mm 쇄석을 사용하였다. 첨가제로 사용한 라텍스는 안정성이 좋은 것으로 알려진 미국 D사의 SDL200을 사용하였으며 이 제품은 폴리머 라텍스 계열의 SB(styrene-butadiene)라텍스로서 약 52%의 물과 48%정도의 폴리머 고형물로 구성되어 있다.

2.2 덧씌우기 콘크리트 타설

구체 콘크리트 위에 덧씌우기를 위한 콘크리트로서 라텍스개질 콘크리트(LMC: latex modified concrete) 및 초속경 라텍스개질 콘크리트(RSLMC: rapid-setting latex modified concrete)를 사용하였다. 물-시멘트 비는 LMC의 경우 31% 및 38%, RSLMC의 경우 36% 및 40%를 사용 하였다. 또한 덧씌우기 콘크리트 타설시 구체 콘크리트의 표면 습도조건에 따른 부착강도 변화를 알아보기 위하여 표면건조포화상태(SSD)인 경우와 기건상태(ASD)의 조건으로 Table 1과 같이 콘크리트를 타설 하였다.

2.3 부착강도 실험방법

(1) 코어 직접인발시험 시험체

그림1과 같이 두께 20 cm의 구체 콘크리트 슬래브의 표면 레이탄스를 완전히 제거하고 5cm 두께로 라텍스 개질 콘크리트(초속경 라텍스 개질 콘크리트)를 타설하여 양생한 다음 직경 100mm의 코어 드릴을 사용하여 절삭하여 시험체를 분리함으로서 코어 축방향 인발에 의해 신·구 콘크리트 계면에서의 부착강도를 측정할 수 있도록 시험체를 제작하였다.

(2) 휨 인장부착시험 시험체

그림 2에서 보는 바와 같이 단순보의 3등분 하중법과 유사한 형태의 시험체이며 시험체 길이의 1/2은 기존의 구체 콘크리트를 나타내고 1/2은 새로운 콘크리트를 타설 함으로서 신·구 콘크리트의 계면에 휨 인장 하중을 가할 수 있도록 하여 부착계면에서의 부착강도를 측정할 수 있도록 시험체를 제작하였다.

(3) 니플 파이프 직접인장 시험체

그림 3과 같은 직경 100mm 길이 100mm의 강철제 니플 파이프에 기존 콘크리트를 나타내는 구체 콘크리트를 타설하고 동일한 규격의 니플 파이프를 덧대어 새로운 콘크리트를 타설 함으로서 두개의

표 1 물-시멘트비 및 표면상태

Overlay Concrete				Surface Condition	Overlay Thickness
Type	S/A(%)	L/C(%)	W/C (%)		
LMC	58	15	31%	SSD	5.0cm
			38%	ASD	5.0cm
RSLMC	58	15	36%	SSD	5.0cm
			40%	ASD	5.0cm

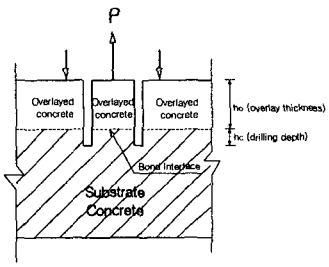

그림 1 직접인발 시험방법

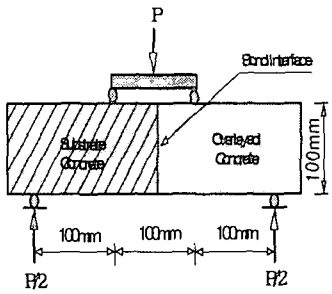

그림 2 휨 인장부착시험 방법

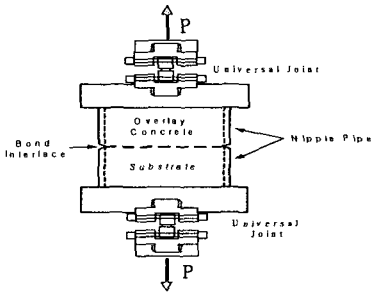

그림 3 니플 파이프 직접인장 시험방법

니플 파이프가 맞닿은 면 즉, 신·구 콘크리트의 계면에서의 인장 부착강도를 측정할 수 있도록 제작하였다.

3. 시험방법에 따른 부착강도 특성 분석

3.1 코어 직접인장 시험법에 따른 부착강도

사용된 세 가지 시험법의 특성을 비교하기 위한 각 시험방법별 실험성과를 라텍스 개질 콘크리트와 초속경 라텍스 개질 콘크리트에 대하여 측정한 결과를 그림 4 및 그림 5에 도표로 나타내었다. 이 시험에서 코어 인발 부착강도 시험법은 니플 파이프 직접인장시험법 보다 표면 습도조건과 물-시멘트비의 영향 모두 약간 큰 값을 나타내고 있다. 그러나 휨 부착강도 시험법에 비하면 SSD상태에서는 68% ASD상태에서는 24%정도 작은 값은 나타내고 있다. 실험 결과 값에 대한 표준편차는 평균 1.1 kgf/cm^2(0.4~1.6)으로서 나머지 두 시험법에 비하여 신뢰성이 가장 큰 것으로 분석 되었다.

초속경 라텍스 개질 콘크리트의 경우 표면건조포화상태에서의 부착강도가 기건상태에서의 부착강도보다 크게 측정되었으며 니플파이프 직접인장시험보다 65% 휨 인장 부착강도 시험법보다 142% 작은 값으로 측정 되었다. 또한 표준편차는 평균 1.8 kgf/cm^2로서 이 시험에서도 신뢰성이 큰 것으로 평가 되었다.

3.2 휨 인장부착강도 시험법에 따른 부착강도

라텍스 개질 콘크리트 및 초속경 라텍스 개질 콘크리트에서 모두 휨 인장부착강도 측정값이 가장 크게 측정 되었다. 라텍스 개질 콘크리트의 기건상태 중 물-시멘트비 31%에서 부착강도 값이 작게 나온 것은 실험상의 오차일 것으로 추정되며 평균 표준편차는 7.4 kgf/cm^2이고 초속경라텍스 개질 콘크리트에서는 9.5 kgf/cm^2로 가장 크게 나타났다.

3.3 니플 파이프 직접인장 시험법에 따른 부착강도

라텍스 개질 콘크리트에서 니플 파이프 직접인장시험은 표면 습도조건이나 물-시멘트 비가 변화하여도 부착강도의 차이가 미세한 것으로 나타났다. 시험체의 구조상 부착계면으로 파괴가 유도되어 응력집중의 영향을 다소 받았을 것으로 추정되며 인발부착강도 측정치에 비하면 약간 작은 값이 측정되었다. 표준편차는 2.7 kgf/cm^2로서 비교적 신뢰성이 큰 것으로 분석 되었다. 초속경 라텍스 개질

콘크리트는 인발부착강도 시험값 보다는 크고 휨인장부착강도 측정치보다는 작게 측정되었으며 표준편차는 4.2 kgf/cm^2로 휨인장부착강도 시험법에 비하여 신뢰성이 큰 것으로 평가 되었다.

4. 결 론

(1) 현장에서 적용 가능한 시험법은 코어 인발부착강도 시험법으로서 비교적 시험장비가 간단하고 현장 적용성이 좋으며 실험결과의 재현성이 우수한 신뢰할만한 시험법으로 평가되었다.

(2) 휨 부착강도 시험법은 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 만능 시험기를 이용하여 시험할 수 있는 간단한 시험법이다. 그러나 시험체의 제작과정에서 조기 재령에서의 부착강도 측정이 곤란하고 측정결과 값이 흐트러지는 경향이 있어 신뢰성이 낮은 시험법으로 평가되었다.

(3) 니플 파이프 직접인장 시험법은 신·구 콘크리트의 부착계면에서 부착강도를 측정할 수 있는 다른 어떠한 방법보다 적극적인 방법이다. 그러나 니플 파이프로 인한 계면에서의 응력집중의 영향을 피할 수 없어 원래의 부착강도 값보다 작은 값이 구해지기 쉽다.

(4) 부착강도 측정을 위한 여러 가지 시험법에서 측정된 값은 서로 큰 차이를 보이고 있다. 이것은 시험체의 기하형상이나 하중조건, 부착 계면에 따른 응력상태의 상이함으로 인한 것으로서 직접적으로 비교할 수는 없지만 부착파괴의 포락선과 같은 연구가 더 이루어져 상호 비교할 수 있는 기법이 요구 되고 있는 실정이며 부착강도에 영향을 미치는 수많은 인자에 대한 일반화된 작업 또한 계속하여 연구하여야 할 과제이다.

참고문헌

1. 윤경구, 장홍균, 김성환, 권 혁 (2001), "유한요소 해석과 실험 검증을 통한 콘크리트 직접인발 시험방법 제안", 한국도로포장공학회 학술발표회 논문집, pp.41-49.

2. 윤경구, 장홍균, 홍창우, 정원경, 이봉학 (2002), "교면 덧씌우기 콘크리트의 부착강도 평가 방법 제안", 한국콘크리트학회 봄 학술발표회 논문집, Vol.14, No.1, pp.349-354.

3. Abu-Tair, A. I., Rigden, S. R. and Burley, E. (1996), "Testing the Bond between Repair Materials and Concrete Substrate", ACI Material Journal, Technical Paper, Vol.93, NO.6.

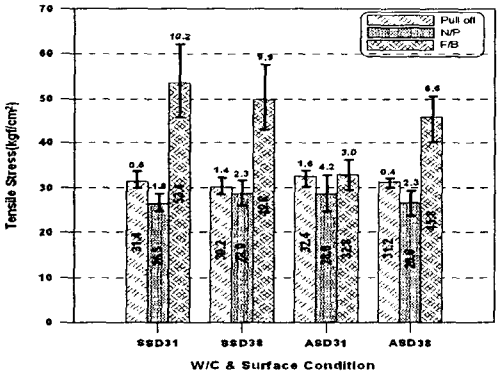

그림 4 시험방법에 따른 부착강도특성(LMC)

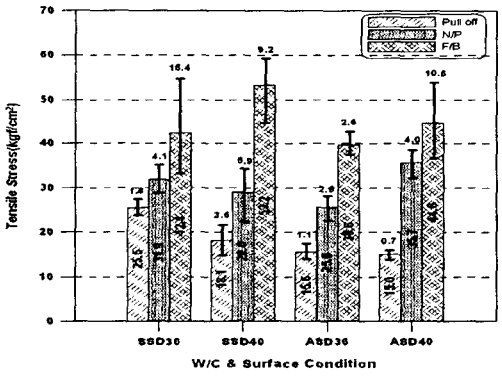

그림 5 시험방법에 따른 부착강도 특성(RSLMC)