

신구콘크리트 계면의 인장강도에 관한 실험 연구

An Experimental Study on the Tensile Strength between Old and New Concrete

양 인 환*
Yang, In Hwan

김 학 수**
Kim, Hak Soo

조 서 경***
Cho, Seo Kyung

ABSTRACT

In recent years, the construction methods of precast prestressed concrete beam bridges by using tendon have been increasingly proposed. The properties of flexural tensile strength between precast prestressed concrete beam and cast-in-place concrete is an important factor that affects the structural performance. This paper aims at evaluating the tensile strength between old and new concrete. Tensile strength gain, with age after placing new concrete was evaluated. Test results show that the tensile strength between old and new concrete is much smaller than that of monolithic concrete. Also, it is shown that the curing condition of concrete has the tremendous effect on tensile strength.

1. 서론

기존의 RC 연속화 공법으로 시공된 PSC 빔교는 연결지점부에서 균열이 다수 발생하고 있는 실정이다. 이러한 RC 연속화 공법으로 시공된 PSC 빔교 연속부의 균열을 보다 적극적으로 제어하기 위해서 근래에는 연속부에 프리스트레스를 도입하는 PSC 연속화 공법이 제안되고 있다^(1,2). PSC 연속화 공법에 의한 빔 설계시 시공단계와 사용하중 상태에서의 균열 방지를 위해 연결지점부 단면 및 프리캐스트 거더와 연결부 콘크리트 사이의 단면 즉, 계면에서의 응력을 검토하여야 한다. 하지만, 관련 시방서^(3,4)에는 신구콘크리트 계면에서의 허용인장응력 규정이 없는 상태이다. 또한, 신구콘크리트 계면에서의 인장강도 특성에 관한 연구⁽⁵⁾도 미비한 실정이다. 본 연구에서는 구콘크리트와 신콘크리트를 타설하여 제작한 빔 시편 실험을 통하여 신구콘크리트 계면에서의 휨인장강도 특성을 실험적으로 연구하였다. 신구콘크리트 계면에서의 재령에 따른 휨인장강도 특성, 콘크리트의 압축강도에 따른 휨인장강도 특성, 습윤양생 및 기건양생 등의 양생 조건에 따른 휨인장 강도 특성을 연구하였다. 계면 시편의 신콘크리트 타설 후 재령에 따른 인장강도 발현 특성을 파악하기 위하여 7일, 14일, 21일 및 28일

* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 선임연구원, 공학박사

** 정회원, 호남대학교 토목공학과 교수, 공학박사

*** 정회원대림산업(주) 기술연구소 책임연구원, 공학박사

인장강도 실험을 수행하였다. 또한, 재령 28일 시편의 양생 조건을 습윤양생 조건 및 기건양생 조건으로 실험을 수행하여 건조상태가 인장강도에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험 과정

2.1 시편 제작

콘크리트의 배합표는 국내의 시공 현장에서 주로 사용되는 콘크리트를 참고하였다. 시멘트는 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 계면 시편의 구콘크리트와 신콘크리트는 동일한 배합표를 사용하였다. 재령별 신구 콘크리트 계면의 휨인장강도를 측정하기 위하여 계면시편을 20개씩 제작하였다. 또한, 계면시편의 신콘크리트 타설일에 신콘크리트를 이용한 별도의 빔 시편과 실린더 공시체를 제작하였다. 계면 빔시편은 그림 1과 같이 단면이 15cm×15cm이고 길이가 55cm인 형상으로 제작하였다. 구콘크리트는 몰ULD 길이 절반인 27.5cm에 타설된다. 구콘크리트는 신콘크리트 타설 1일 전까지 양생포를 덮어 습윤상태를 유지하였다. 구콘크리트 재령 28일에 신콘크리트를 빔 몰ULD의 나머지 길이 27.5cm에 타설한 후 다시 양생포를 덮어 습윤상태를 유지하였다. 신콘크리트 타설 5일후 몰ULD를 탈형하였다. 몰ULD 탈형후에도 일부의 건조상태 양생조건의 시편을 제외하고 나머지 시편은 시험일까지 양생포를 덮은 상태에서 습윤상태를 유지하였다.

계면시편의 제작과 병행하여 구콘크리트 타설시에 실린더 공시체 3개를 제작하였으며, 신콘크리트 타설시에 12개의 실린더 공시체를 제작하였다. 신콘크리트의 재령별 인장강도를 파악하기 위해 각 4개의 시편을 신콘크리트 타설후 7일, 14일, 21일 및 28일 까지 습윤상태를 유지하였다. 또한, 기건 양생에 따른 영향을 파악하기 위하여 4개의 시편은 24일 동안 습윤상태를 유지한 후 4일 동안 기건상태를 유지하였다. 표 1에 계면시편의 양생조건을 정리하여 나타내었다.

2.2 휨인장강도 시험 방법

휨인장강도를 측정하기 위한 실험방법은 그림 2와 같이 한국산업규격 KSF 2407에 규정되어 있는 중앙점 하중법을 적용하였다. 시편을 재하장치에 설치하기 전에 시편이 지점과 접하는 위치에 선을 그려 하중 재하위치가 신구콘크리트의 계면이 되도록 관리하였다. 휨인장강도 시험은 신콘크리트의 재령에 따라 7일, 14일, 21일 및 28일에 수행되었다. 빔 시편의 휨인장강도 $f_r = (3Pl)/(2bh^2)$ 와 같이 산정된다. 여기서, f_r 은 휨인장강도 (kgf/cm²), P 는 시험용 계기에 나타나는 하중(kgf), l 은 지간의 길이 (cm), b 는 시편 단면의 너비(cm) 및 h 는 시편 단면의 높이(cm)이다. 또한, 신콘크리트로 제작되어 있던 빔 시편과 실린더 공시체를 이용하여 각 재령별 신콘크리트의 휨인장강도와 압축강도를 측정하였다.

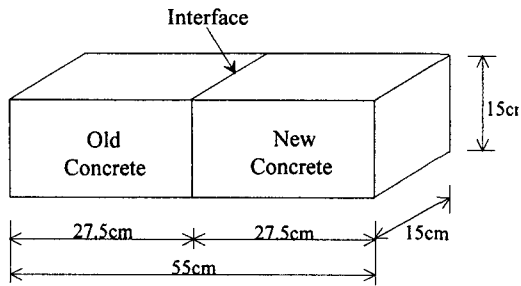


그림 1 계면시편

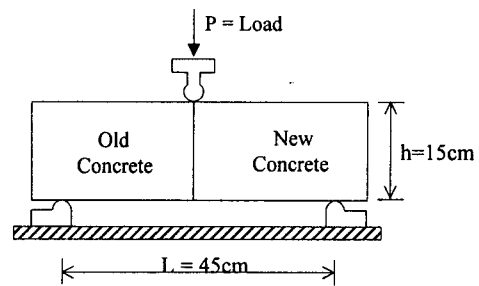


그림 2 휨인장강도 시험방법

표 1 계면시편의 양생조건

양생 조건				시험일 (일)	시편의 갯수
구콘크리트		신콘크리트			
습윤상태 (일)	기건상태 (일)	습윤상태 (일)	기건상태 (일)		
1-27	27-28	28-35 (7)*	-	35 (7)	4
1-27	27-28	28-42 (14)	-	42 (14)	4
1-27	27-28	28-49 (21)	-	49 (21)	4
1-27	27-28	28-56 (28)	-	56 (28)	4
1-27	27-28	28-52 (24)	52-56 (4)	56 (28)	4

* : ()의 숫자는 신콘크리트의 재령

3. 실험결과 및 분석

계면 시편의 파괴 양상을 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 보는 바와 같이 시편은 계면에서 파괴가 발생한다. 일부 시편의 파괴면에서 신콘크리트가 구콘크리트의 표면에 매우 국부적으로 붙어 있는 현상이 관찰되었으나, 대부분 시편의 파괴면은 그림 4와 같이 깨끗한 상태를 나타내고 있다. 신콘크리트의 재령에 따른 압축강도와 인장강도 실험결과를 표 2에 정리하여 나타내었으며, 계면시편의 인장강도 실험결과를 표 3에 나타내었다. 계면 시편의 신콘크리트 타설 이후 재령 7일, 14일, 21일 및 28일의 휨인장강도는 각각 10.9kgf/cm^2 , 11.9kgf/cm^2 , 16.3kgf/cm^2 및 17.2kgf/cm^2 이다. 인장강도는 시간에 따라 점진적으로 증가하고 있는 것으로 나타난다. 28일 인장강도를 기준으로 각 재령별 인장강도의 백분율을 그림 5에 나타내었다. 7일 인장강도는 64%, 14일 인장강도는 69%, 21일 인장강도는 95%의 강도 발현을 나타내고 있다. 이러한, 시험 결과는 재령 14일의 인장강도는 28일 인장강도의 70% 정도가 발현되며, 21일 재령에 실제적 인장강도값이 거의 발현되고 있음을 알 수 있다.

표 2 신콘크리트의 재령별 압축강도와 인장강도

구 분	신콘크리트 재령			
	7일	14일	21일	28일
압축강도 (kgf/cm ²)	367	370	409	410
신콘크리트 인장강도(kgf/cm ²)	56.2	56.9	59.2	63.8

표 3 계면시편의 휨인장강도 시험결과

신콘크리트 재령	시편	휨인장강도 f_r (kgf/cm ²)	평균 m (kgf/cm ²)	표준편차 σ (kgf/cm ²)	변동계수 (σ/m)
7일	1	11.2	10.9	0.5	0.05
	2	10.3			
	3	11.4			
	4	10.8			
14일	1	16.9	11.9	3.8	0.32
	2	12.7			
	3	9.3			
	4	8.5			
21일	1	20.8	16.3	3.4	0.21
	2	12.9			
	3	16.8			
	4	14.7			
28일	1	13.4	17.2	5.3	0.31
	2	14.5			
	3	15.7			
	4	25.0			
	1	3.8 ^(*)	2.8	0.7	0.25
	2	2.6 ^(*)			
	3	2.2 ^(*)			
	4	2.7 ^(*)			

(*) : 기건양생 조건 시편

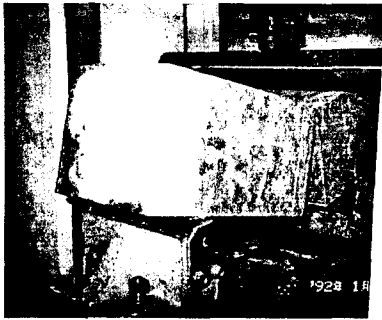


그림 3 계면시편의 파괴 양상

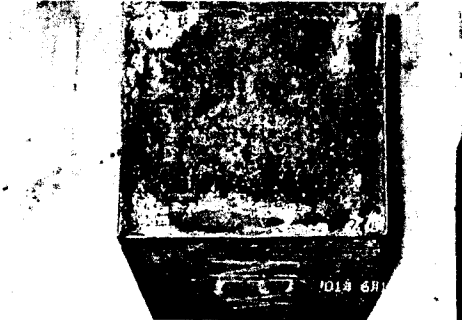


그림 4 시편의 파괴면

신구콘크리트 계면에서의 인장강도와 신콘크리트로 제작한 시편의 인장강도를 비교하여 그림 6에 나타내었다. 신콘크리트의 휨인장강도가 증가함에 따라 신구콘크리트 계면에서의 휨인장강도도 증가하는 경향을 나타낸다. 하지만, 신구콘크리트 계면의 휨인장강도는 신콘크리트의 휨인장강도에 비해 매우 작게 나타나고 있다. 신콘크리트의 휨인장강도에 대한 신구콘크리트계면의 휨인장강도의 백분율은 19~27%이다.

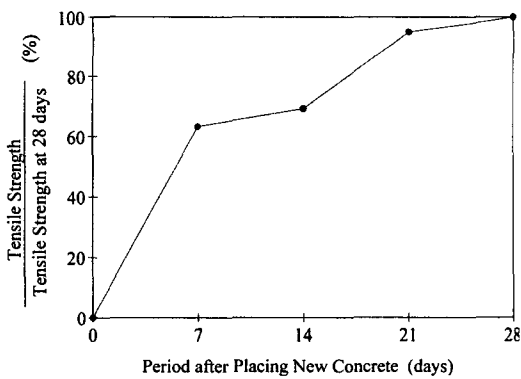


그림 5. 재령별 휨인장강도 발현의 백분율

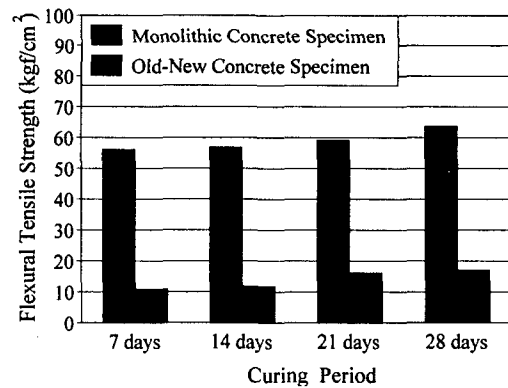


그림 6 휨인장강도 비교

양생조건의 차이 즉, 건조상태의 정도가 인장강도에 미치는 영향을 연구하였다. 4개의 시편은 신콘크리트 타설후 28일 동안 습윤상태를 유지한 후 시험을 수행하였으며, 4개의 시편은 신콘크리트 타설후 24일 동안 습윤상태를 유지한 후 4일 동안 기건상태를 유지하였다. 표 3의 실험결과와 같이 기건양생 조건의 휨인장강도는 2.8kgf/cm^2 이며, 습윤 양생 조건의 휨인장강도는 17.2kgf/cm^2 이다. 시편의 시험결과는 습윤양생 조건의 시편의 그것에 비해 매우 작다. 습윤양생 시편의 인장강도에 대한 기건양생 시편 인장강도의 백분율은 약 16%이다. 본 실험결과는 건조상태의 정도가 인장강도에 매우 큰 영향을 미치고 있는 것을 나타낸다. 다른 연구자들도 휨인장강도는 건조 조건에 의해 크게 영향을 받는

사실을 보고한 바 있다⁶⁾. 이는 하중 재하전의 건조수축 구속효과에 의해 시편 하연에 이미 인장응력이 유발되어 있기 때문에 사료된다. 따라서, 양생조건에 따른 인장강도의 감소는 시편 표면에서의 습윤정도 또는 수분의 증발 정도에 영향을 받는다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 신구콘크리트 계면에서의 인장강도 특성에 관한 실험연구를 수행하였다. 실험을 통하여 신구콘크리트 계면인장강도의 시간에 따른 특성, 신콘크리트의 인장강도와 신구콘크리트 계면의 인장강도 특성 비교 및 양생조건에 따른 인장강도의 특성을 연구하였다. 신구콘크리트 계면의 인장강도는 재령에 따라 점진적으로 발현되며, 재령 21일에 실질적인 값에 도달하는 것으로 나타난다. 신콘크리트의 휨인장강도에 대한 신구콘크리트 계면의 휨인장강도의 백분율은 19~27%인 것으로 나타내었다. 또한, 인장강도는 양생조건에 따라 영향을 받는 것으로 나타난다.

참고문헌

1. 박영하, 이상순, 궤석환, "PSC Beam교의 연속화 방안에 관한 연구," 도로연 99-47-30, 한국도로공사 도로연구소, 1999.
2. 한만엽, 박준범, "IPC 거더교의 연속화를 위한 설계프로그램 개발 연구," 대한토목학회논문집, Vol. 21, No. 4-A, 2001, pp.505-514.
3. 도로교설계기준, 한국도로교통협회, 2000.
4. 콘크리트구조설계기준, 건설교통부, 1999.
5. Geissert, D. G., Li, S. E., Frantz, G. C. and Stephens, J. E., "Splitting Prism Test Method to Evaluate Concrete-to-Concrete Bond Strength," ACI Materials Journal, Vol. 96, No. 3, 1999, pp.359-366.
6. Neville, A. M., "Properties of Concrete," 4th Edition, Addison Wesley Longman, 1995, pp.600-601.