

구조체 콘크리트에 접합분리 시험체의 적용을 위한 강도비교에 관한 실험적 연구

Studies on the Evaluation Method of Strength Comparison for Application in Joint Separation Test Body to Structural Concrete

김 성 덕* 이 선 호* 정 광 식** 백 민 수*** 이 영 도**** 정 상 진*****
Kim, Seong-Deok Lee, Seon-Ho Jung, Kwang-sik Paik, Min-su Lee, Young-Do Jung, Sang-Jin

Abstract

It has been reported that destruction test by core collection is the most reliable of the structural concrete strength in present building construction field. But it causes low efficiency by damage and cutting in structure due to the core collection. It also has some problems in repairing. Additionally in case of strength test with management specimen, different environment compared to the structure environment cause problems about estimation precise structure strength. Therefore, it is required to develop structure direct strength test that has test values and credibility above the ones obtained by core specimen collection strength test and seasonal specimen test to suggest a reasonable and practical management method of structural concrete.

키워드 : 접합분리 시험체, 구조체 콘크리트, 파괴시험, 압축강도
Keywords : evaluation method, structural concrete, Destructive Testing, Compressive Strength

1. 서 론

최근 시공 중에 있는 현장콘크리트 구조물 및 기존 건축물에 대한 안전성 평가에 대한 요구가 급증하며, 콘크리트 강도는 구조물에 대한 안전성을 평가하는데 매우 중요하다. 일반적으로 콘크리트 구조물에 대한 압축강도 측정은 현장의 콘크리트 타설과 병행하여 제작된 공시체를 재령에 따라 실험한 결과를 이용하여 간접적인 방법으로 추정하며, 측정값은 타설, 다짐 및 양생방법에 따라 다소 차이를 보이는 것이 보통이다.

또한 비파괴 시험에서 구조체 콘크리트의 강도를 간접적으로 평가하는 방법으로는 슈미트햄머에 의한 반발경도를 사용한 방법이나, 초음파 전파속도를 사용한 방법 등을 병행한 강도의 추정정밀도를 높인 복합 방법도 시험의 간편성에서 사용되고 있으나, 비파괴시험은 구조체 콘크리트의 강도를 간접적으로 평가하는 방법이고, 구조체 콘크리트의 사용 재료, 배합, 재령 등에 의해 콘크리트 강도의 변동성이 있게 된다. 정밀도에 영향을 주기 때문에 구조체 콘크리트 강도를 추정하는 보

조시험방법으로 사용되고 있다.

일반적으로 구조체 콘크리트 강도는 구조체에서 채취한 코어 공시체 강도가 가장 신뢰성이 높다고 알려져 있다. 그러나 구조체 콘크리트의 손상이나 철근의 절단에 의해 구조체 콘크리트 성능에 지장을 줄 우려가 있어 관리면에서 몇 가지 문제가 있다. 이에 관련하여 구조체 콘크리트에 손상을 적게 하는 방법으로 직경 50mm이하의 소구경의 코어 공시체에 의한 구조체 콘크리트의 강도 측정방법이 제안 되었었다.

이에 본 연구는 구조체 콘크리트의 강도 측정을 직접적으로 평가하며 강도의 추정정밀도를 높이고 관리면에서 용이성을 높이기 위해 기존의 강도 측정법 및 구조체 콘크리트의 코어채취에 의한 강도와 접합분리 시험체를 사용한 강도 측정법을 비교 분석하여 보다 발전된 구조체 콘크리트의 성능 평가방법을 제시하며 예비실험을 통하여 결정된 접합분리 시험체를 이용하여 계절별 타설시기 및 양생을 다르게 하여 접합분리 시험체의 현장 적용 유무에 대한 기초 자료를 제시하며, 합리적이고 실용적인 구조체 콘크리트의 시공 품질관리 기법을 제안하는데 목적이 있다.

2. 실험 개요

2.1 실험계획

예비실험을 거쳐 결정된 접합분리 시험체(100×200)를 사

* 정회원, 단국대 대학원 석사과정
** 정회원, 단국대 대학원 박사과정
*** 정회원, 단국대 건축대학 겸임교수, 공학박사
**** 정회원, 경동대 건축토목 공학부 교수
***** 정회원, 단국대 건축대학 건축공학과 교수

용하여 몰드형상, 통기성 시트지, 개구율 크기를 고정하고 타설시기, 접합분리 시험체의 위치를 각각 다르게 실험한 결과를 토대로 접합분리 시험체의 현장적용(Mock-up Test) 유무에 대한 기초 자료 제시를 위하여 실험을 실시하며, 이를 측정 후 평가한다. 접합분리 시험체의 양생시기는 우리나라 4계절을 기준으로 표준기인 봄가을과 서중기인 여름을 기준으로 타설 및 양생을 하였다. 현장 도면에 규정된 레미콘 배합으로 슬럼프 180±100mm를 만족하는 24MPa의 일반강도 콘크리트를 사용하였으며 측정재령일은 3, 7, 28일 3수준으로 실험을 실시하였다. 실험 계획은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자와 수준 및 검사항목

구분	강도 (MPa)	몰드형상 (mm)	개구율 크기 시험체비	유동성 (mm)	타설 양생 시기	검사항목	측정 재령 (일)
인자	24	100 × 200	60%	180 ± 100	표준기 서중기	슬럼프, 공기량, 비파괴검사 코어강도, 접합분리 시험체강도 양생별 몰드강도 (5)	3 7 28
수준	1	1	1	1	1	10	3

2.2 실험방법

2.2.1 공기량 및 슬럼프 시험

현장에 반입된 레미콘차량 중에서 한 대를 선정하여 슬럼프시험은 KS F 2402 『콘크리트의 슬럼프 시험방법』에 준하여 측정하였으며, 공기량 시험은 KS F 2421 『압력법에 의한 콘크리트 공기량 시험방법』에 준하여 측정하였다.

2.2.2 접합분리 시험체

그림 1과 같이 거푸집에 시험체 크기의 구멍을 낸 후 거푸집 제작을 하고 접합분리 시험체 몰드를 부착한다. 공기구멍의 위치는 위로 향하게 부착을 하여야 하며 타설 및 경화 후 앵커볼트를 작동시키면 구조체 콘크리트와의 반발력에 의해 접합분리 시험체의 사이에 균열이 유도되면서 분리시키는 방법이다.

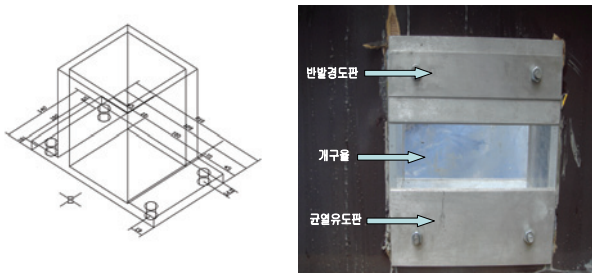


그림 1. 접합분리 시험체의 설치 및 사용법

2.2.3 접합분리 시험체 및 공시체 제작과 양생방법

현장 적용성을 위해 현장에서 타설하는 콘크리트 목표 슬럼프값 180mm, 공기량 4.5±1.5%을 만족하는 설계기준강도 24MPa를 기본배합으로 결정하여 슬럼프 및 공기량을 측정하고, 실제 구조체와 유사한 모의부재를 가정하여 접합분리 시험체를 상, 중, 하로 위치를 다르게 타설하여 100×200mm 사이즈의 접합분리 시험체를 제작하였다. 압축강도 공시체는 Ø100×200mm의 원형몰드를 사용하였다. 공시체 제작은 KS F 2403 『콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법』에 준하여 제작하였으며 5가지(표준(20±2℃), 현장, 밀봉, 단열, 대기)양생 방법으로 관리용공시체를 제작관리 하였다. 압축강도 측정은 KS F 2405 『콘크리트의 압축 강도 시험 방법』에 준하여 측정하였다. 경화 된 공시체 몰드를 연마기로 연마한 후 300tf 용량의 UTM(만능시험기)를 사용하여 3개 공시체의 평균값을 시험결과 값으로 채택하였다. 비파괴 시험은 슈미트 해머를 사용하여 측정하였다.

2.2.4 모의부재 제작

본 모의부재는 실제의 구조체와 유사한 모의부재를 표현하고자 그림2와 같이 실제의 구조체를 가정한 모의 부재(1800×1200×200)를 제작하였다.

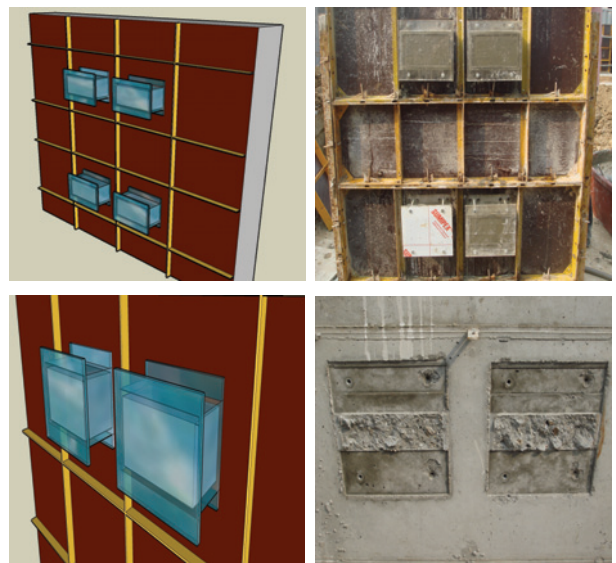


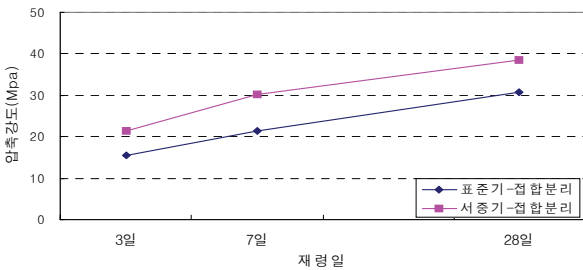
그림 2. 부재의 접합분리 시험체 장착 위치

제작한 모의부재에 접합분리 시험체를 설치할 수 있게 구멍을 만들고 접합분리 시험체를 부착하고, 코어 채취와 비파괴시험을 하였다.

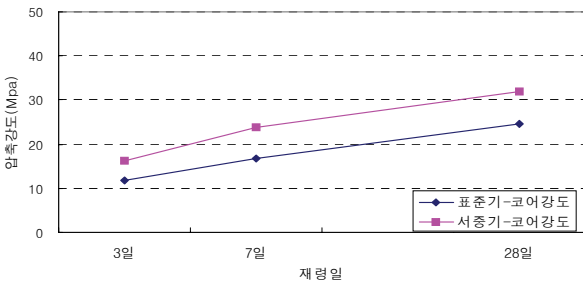
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 표준기·서중기 압축강도의 특성

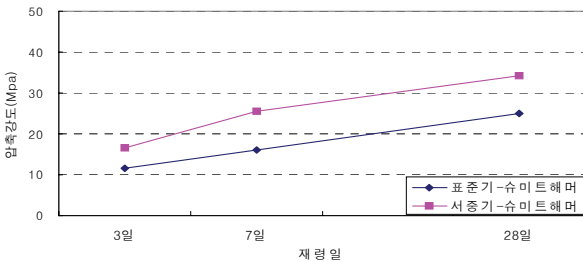
그림 3은 표준기·서중기의 시험체별, 재령별로 압축강도 시험결과를 나타내고 있다. 그림 a)에 따르면 접합분리 시험체는 재령 3일 각각 15MPa·21MPa이고 28일에서는 50%정도



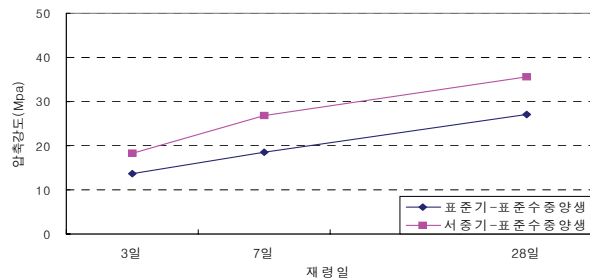
a) 접합분리 압축강도 발현 결과



b) 코어압축강도 발현 결과



c) 슈미트 해머 강도 발현 결과



d) 표준수중양생 압축강도 발현 결과

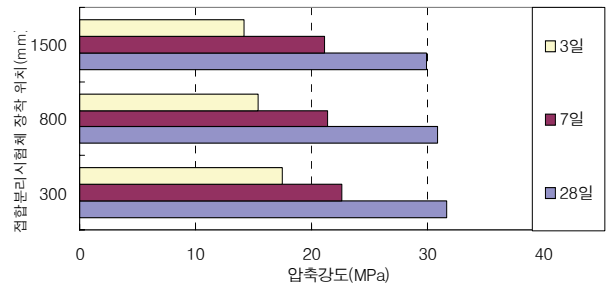
그림 3. 표준기·서중기의 재령별 강도결과

향상된 값을 나타내고 있다. 그림 b, c, d 에서도 재령 3일에서 28일까지의 강도가 각각 50%정도 향상된 것을 나타내고 있다.

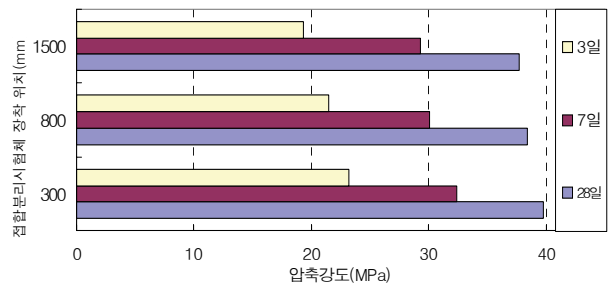
이를 통해 접합분리 시험체와 코어강도·양생별 공시체의 압축강도 시험결과로 재령 3일의 경우와 28일에서의 강도 증진은 접합분리 시험체의 압축강도 발현과 코어채취 및 양생별 공시체의 강도발현이 매우 유사한 것으로 나타났다.

3.2 접합분리 시험체의 장착 위치와 채취시기에 따른 강도 비교평가 특성

그림 4는 표준기 및 서중기에서 접합분리 시험체의 접합위치에 따른 재령 3, 7, 28일 강도를 나타내고 있다. 그림 4와 같이 표준기 및 서중기의 접합분리 시험체의 채취 위치에 따른 강도는 하부로 내려 갈수록 점차 증가하는 현상을 보였으며, 재령 7일 이후에는 강도값의 변화가 감소하는 것을 알 수 있었다. 이에 7일 이후 탈착하여 강도 관리를 할 수 있다고 판단되며, 장착위치에 따른 강도 차이는 상부에서 하부로 누르는 압밀현상에 의해 강도가 증가한 것으로 판단된다.



a) 표준기 채취 위치별 강도



b) 서중기 채취 위치별 강도

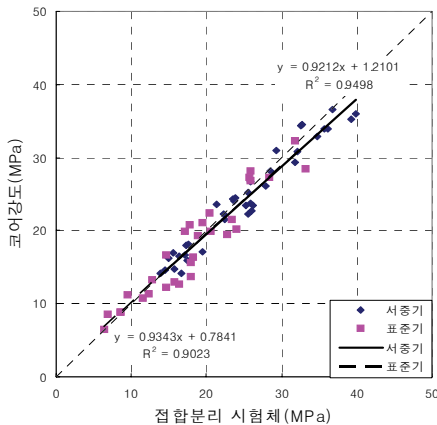
그림 4. 장착위치에 따른 시기별 강도 변화 특성

3.3 표준기·서중기 강도별 비교·평가 특성

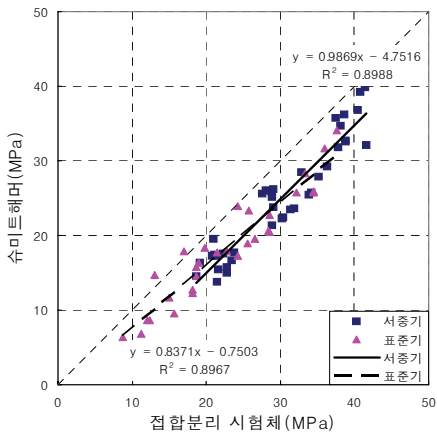
그림 5는 표준기·서중기의 접합분리 시험체의 강도값과 코어강도, 슈미트해머와의 관계를 검토한 것이다. 그림에 따르면 접합분리 시험체와 코어강도와의 상관식의 경우 표준기는 $Y=0.9343x+0.7841$ 이고 서중기는 $Y=0.9212x+1.2101$ 로 나타났으며, 접합분리 시험체와 슈미트 해머와의 상관식의 경우는 표준기 $Y=0.8371-0.7503x$ 이고, 서중기는 $Y=0.9869x-4.7516$ 으로써 두 시험체의 상관식이 높은 것으로 나타나,

코어강도가 슈미트 해머보다 접합분리 시험체와 상관성이 높은 것을 알 수 있었다.

신뢰도는 코어강도의 경우 표준기 $R^2=0.9023$, 서중기 $R^2=0.9498$ 이며 슈미트 해머는 표준기 $R^2=0.8967$ 서중기 $R^2=0.8988$ 로써 두 시험체 모두 상관관계가 높게 나타났으나, 코어강도와 접합분리 시험체와의 신뢰도가 슈미트 해머와의 신뢰도 보다 더 높은 것으로 나타났다. 이로써 접합분리 시험체를 이용한 구조체 콘크리트의 강도관리가 가능할 것으로 판단된다.



a) 코어강도-접합분리 비교



b) 슈미트 해머-접합분리 비교

그림 5. 표준기-서중기의 각 시험체별 비교

4 결 론

본 연구는 접합분리 시험체를 사용한 실물대 실험 이전 구조체와 유사한 모의부재를 사용하여 접합분리 시험체와 코어강도 및 관리용공시체의 강도 측정을 통한 모의부재 실험을 실시하고, 계절별 경화특성 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 표준기·서중기의 시험체별, 재령별 따른 압축강도 시험결론으로 접합분리시험체는 재령 3일 각각 15MPa·21MPa 이고 28일에서는 50%정도 향상된 값을 나타내고 있다. 그리고 코어강도, 표준수중양생, 슈미트해머도 재령 3일에서 28일까지의 강도증진이 각각 50%정도 향상된 것을 나타내고 있다.

이를 통해 재령 3일과 28일에서의 강도 증진에 있어서, 접합분리 시험체의 압축강도 발현과 코어채취 및 양생별 공시체의 강도발현이 매우 유사한 것으로 나타났다.

(2) 접합분리 시험체의 장차위치별 강도차이는 하부로 갈수록 콘크리트의 압밀현상에 의한 강도 증가로 판단되며, 채취 시기는 7일 이후 강도차이가 적고 탈착의 작업성을 생각하였을 때 가장 적절할 것으로 판단된다..

(3) 접합분리 시험체와 코어강도와의 상관식의 경우 표준기는 $Y=0.9343x+0.7841$ 이고 서중기는 $Y=0.9212x+1.2101$ 이며 상관관계는 표준기 $R^2=0.9023$, 서중기 $R^2=0.9498$ 로써 두 시험체의 타설시기에 상관없이 상관식이 높은 것으로 나타났다. 이로써 접합분리 시험체가 구조체 콘크리트 강도관리에 적용가능 할 수 있음을 확인하였다.

향후 실험으로는 설계기준강도에 변화를 주어 코어채취 강도와 양생별 몰드 및 비파괴 시험과 접합분리 시험체와 비교 및 분석이 필요할 것이며, 내구성에 관련해서도 접합분리시험체와 관리용 공시체와의 비교분석이 필요하겠다. 고강도의 경우 탈착여부 검토와 실용성, 편리성, 경제성 등을 위한 현장 Mock-up 실험이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『BK21 사업』의 지원비를 받았음.

참 고 문 헌

1. 김무한, 구조재료실험, 문운당, 1999.
2. 송성진 외 1인, 코어공시체의 압축강도 추정에 미치는 영향 요인 분석, 대한건축학회 논문집(구조계), v.19.4 2003. 04
3. 정상진 외 5인, 마이크로파 가열기법에 의한 고강도콘크리트의 초기강도추정에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), v.19n.5. 2003. 05
4. 정상진, '건축재료실험', 기문당, 2003.