

무기질계 영구거푸집의 성능평가를 위한 실험적 연구

The Experimental Study for Inorganic Permanent Form's Performance Evaluation

김용성* 강병훈* 김우재** 정병훈*** 정재영**** 정상진***** 김광수*****
Kim, Yong-Seong Kang, Byung-Hun Kim, Woo-Jae Jung, Byung-Hoon Jung, Jae-Young Jung, Sang-Jin Kim, kwang-soo

Abstract

To do performance evaluations about inorganic permanent form mixed in admixture (fly ash, silica fume) and after placed concrete, it is examined reinforcement materials in the permanent form from shear strength, bond strength and flexural strength tests. In this study, permanent form was inserted with reinforcement metal fitting is strength-tested in several method.

The result of this study is belows.

- (1) In bond strength test, Most specimens are satisfied with criterion-6 kgf/cm²
- (2) Irrelative with the inserted metal fitting's shape, unevenness and aggregate, Permanent form and after placed concrete have good condition in the shear strength test.
- (3) In flexural test, there is no drop out of permanent form. Most cracks are located in nearby the strain point.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 구조물을 만들려면 원하는 형상으로 거푸집을 만든 후 거푸집 속에 콘크리트를 부어 넣고 콘크리트가 경화한 후 거푸집을 제거하는 것이 일반적인 공법이다. 또한, 거푸집은 가설구조물이지만 거푸집 자체의 하중과 굳지 않은 콘크리트의 무게, 작업시의 재료, 장비, 인력 등에 의한 적재하중에 견딜 수 있도록 견고하고, 원하는 모양과 크기의 구조물이 생산될 수 있어야 한다. 본 연구는 공기단축, 인력절감, 코스트절감, 소음진동저감과 폐기물발생을 예방 가능하게 한 시스템 거푸집의 하나인 영구 거푸집에 관한 연구이다. 여기에서 말하는 영구거푸집이란, 콘크리트를 타설한 후 탈형하여 구조체를 완성하는 일반 거푸집의 단점을 개선하고자 Precast 방법을 도입하여 공장에서 제작 후 현장에서는 조립만 하여 콘크리트를 타설 후 탈형을 하지 않는 거푸집을 말한다.

1.2 연구 내용 및 범위

- * 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정
- ** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사수료
- *** 정회원, 부천대학 건축과 교수 공학박사
- **** 정회원, 한남대학교 건축공학과 교수 공학박사
- ***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수 공학박사
- ***** 정회원, 동부건설주식회사 전무

본 실험은 혼화재료(플라이애쉬, 실리카흙)를 혼입한 무기질계 영구거푸집과 후타설 콘크리트의 성능평가를 위해 삽입된 보강재료별 부착강도, 전단강도, 휨강도를 알아보기 위한 방안으로 실험을 실시하였다.

2. 영구거푸집과 후타설 콘크리트의 성능평가시험

2.1 실험계획

본 실험은 혼화재료(플라이애쉬, 실리카흙)를 혼입한 무기질계 영구거푸집과 후타설 콘크리트의 부착 성능을 향상시키기 위한 방안으로 영구거푸집 내부에 여러 형태의 보강 재료를 삽입하여 실험을 실시하였다. 보강재료를 크게 나누면 2가지의 종류이다. 영구거푸집에 조골재를 부착한 시험체와 여러 형태의 보강철물을 삽입한 시험체를 제작하여 실험을 진행하였다.

2.1.1 시험체 형상

(1) 조골재 매입형

영구거푸집에 조골재(30mm 이상)를 매입하여 후 타설 콘크리트와의 부착강도를 증가 시켰다. 조골재는 영구거푸집의 모르터를 타설한 후 조골재를 매설하는 형식을 취하였다. (그림1 참고)

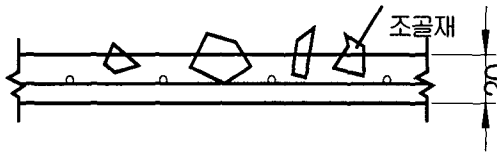


그림 4 조골재 매입형

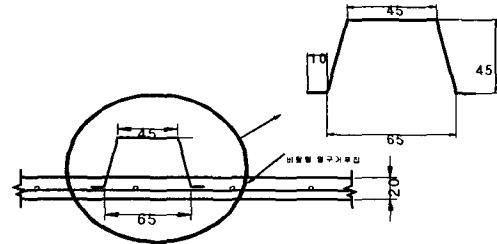


그림 2 U형 조립철망

(2) U형 조립 철망형

영구거푸집에 U형 철선을 매설하여, 부착강도를 증가시켰다. U형 철선의 직경 $\phi 3$, 크기는 상부 45mm, 하부 65mm, 높이 45mm, 80mm 간격으로 보강철물을 설치하였다. (그림 2 참고)

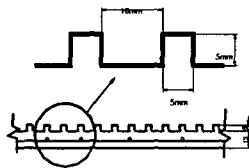


그림 3 내부 요철형

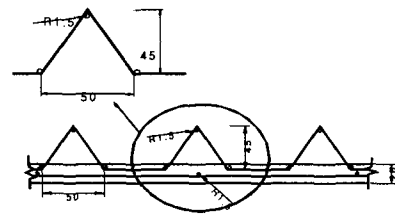


그림 7 V형 철망 설치형

(3) 내부 요철형

영구거푸집의 내부에 요철을 두어서 후 타설 콘크리트와의 부착강도를 증가 시켰다. 요철의 크기는 5×5mm로 영구거푸집 내부에 설치하였다. (그림3 참조)

(4) V형 철망 설치형

영구거푸집의 내부에 V형 철망을 설치하여 후타설 콘크리트와의 부착강도를 증진 하였다. V형 철망은 상부에는 $\phi 3$, 하부에 $\phi 3$ 를 설치하였다. 영구거푸집의 내부에 V형 철망과 120×120mm의 보강 철물을 설치하는 이중 철망 구조로 설치하였다. (그림4 참조)

(5) 후타설 콘크리트

후타설 콘크리트는 배합설계강도 210kgf/cm², 슬럼프 15 ± 2cm, 공기량 5 ± 1%로 하여 실험을 실시하였다. 배합표는 아래와 같다.

표 2 후타설 콘크리트 배합표

굵은 골재 최대치수	슬럼프	공기량	물결합재 비	단위재료량(kg/m ³)					
				W	C	S	G	FA	AD
25mm	15±2cm	5 ±1%	54.6%	183	302	792	970	34	2

2.2 시험체 계획 및 시험방법

(1) 부착강도 시험체 및 시험 방법

부착강도 시험체는 그림 5와 같은 형상으로 시험을 실시하였다. 시험체의 크기는 800×800×100 mm이다. 시험체는 외부에 거푸집을 설치한 후 영구거푸집을 설치하고, 콘크리트를 타설하는 방식을 채택하여, 실물 시험과 동일한 조건으로 실험을 실시하였다. 부착강도시험은 시험체 제작 후 28일이 경과된 후 실시하였으며, 콘크리트의 압축강도는 223 kgf/cm²를 나타냈다. 부착강도 시험은 KS L 1593을 참고로 건연식 인발 시험을 실시하였다.(그림6 참고)

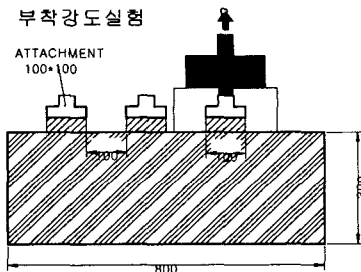


그림 5 부착강도 시험체



그림 6 부착시험 형상

(2) 전단강도 시험체 및 시험 방법

전단강도 시험체는 그림 7과 같은 형상으로 시험체를 제작하였다. 시험체의 크기는 140×140×100 mm이다. 시험체는 영구거푸집을 내부형상에 따라 설치한 후 내부에 후 타설 콘크리트를 타설하여 제작하였다. 전단강도 시험은 시험체 제작 후 28일이 경과된 후 실시하였다.

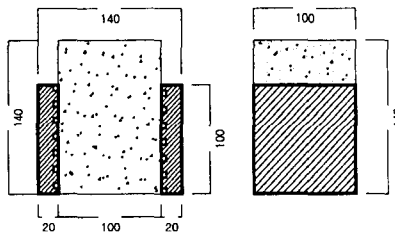


그림 7 전단 시험체

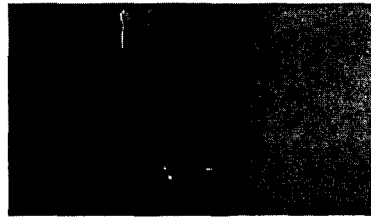


그림 11 전단 강도시험

전단강도 시험은 아래와 같은 방법으로 실시하였다. 시험체 상·하부에 지압판을 설치하여 시험을 실시하였다. 전단시험은 영구거푸집이 후 타설 콘크리트와 전단 될 때까지의 하중 값을 측정하였다.(그림 12 참고) 시험 장비는 만능재료 시험기 (100ton)로 실시하였고, 하중은 로드셀 (10ton), 변위는 LVDT를 사용하여 데이터를 취득하였다.

(3) 휨 강도 시험체 및 시험방법

휨 강도 시험체는 그림 9와 같은 형상으로 시험체를 제작하였다. 시험체의 크기는 150×150×600 mm이다. 시험체는 영구거푸집을 내부형상에 따라 설치한 후 내부에 후 타설 콘크리트를 타설하여 제작하였다. 휨 강도 시험은 시험체 제작 후 28일이 경과된 후 실시하였다.



그림 12 휨 시험체

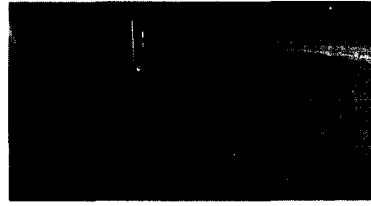


그림13 휨 시험체 가력시험

휨강도 시험은 “콘크리트의 휨강도 시험방법 중(단순보의 3등분점 하중법) KS F 2408에 의거하여 실험을 실시하였다.

$$\sigma = \frac{P l}{b d^2}$$

σ : 휨강도(kgf/cm²) l : 지간 (cm)
 b : 파괴단면의 나비(cm) d : 파괴단면의 높이(cm)

3. 실험결과 및 고찰

3.1 부착강도 시험

부착강도를 조사한 결과를 그림11에 나타냈다. 실리카흙을 혼입한 영구거푸집 시험체의 부착강도는 내부요철형은 9.9 kgf/cm², V형 철망 설치형은 8 kgf/cm², U형 조립 철망형은 6.4 kgf/cm², 골재 매립형은 5.1 kgf/cm²로 부착강도가 나타났고, 플라이애쉬를 혼입한 영구거푸집 시험체의 부착강도는 내부요철형은 9.6 kgf/cm², V형 철망 설치형은 7.8 kgf/cm², U형 조립 철망형은 6.3 kgf/cm², 골재 매립형은 5kgf/cm²로 부착강도가 나타났다. 따라서 본 실험의 결과, 무기질계 영구거푸집은 구조적 단면산정에서 제외한 비내력 피복의 개념이므로, 표준시방서의 “타일의 최소 부착강도 4 kgf/cm²을 설정 부착강를 모든 시험체가 만족하는 것으로 나타났다.

영구거푸집의 부착강도를 좌우하는 요인은 영구거푸집의 재료에 의한 요인보다는 내부 보조재(철물, 요철, 조골재)의 비표면적과 부착력과 관련이 크다고 판단되며, 보조재의 비표면적은 내부요철형이 가장 크므로 부착강도가 약 9.9kgf/cm² 까지 나타났다. 따라서 무기질계 영구거푸집과 후타설 콘크리트와의 부착강도 증진의 위한 방안으로 거푸집 이면에 “내부 요철형”을 설치하는 것이 가장 이상적이라고 판단된다.

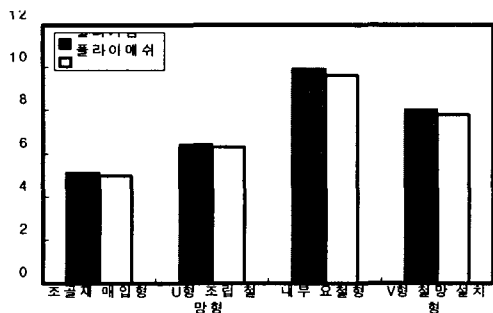


그림 14 영구거푸집의 부착강도 시험 결과

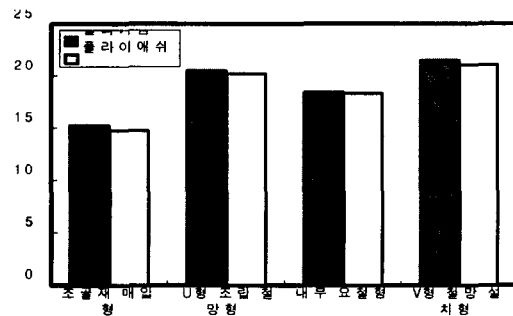


그림 15 전단강도 시험 결과

3.2 전단강도 시험

전단강도를 시험한 결과를 그림12에 나타냈다. 실리카흙을 혼입한 영구거푸집 시험체의 전단강도 시험결과 V형 철망 설치형은 21.6kgf/cm², 내부요철형18.5kgf/cm², U형 조립 철망형 20.5kgf/cm², 골재 매립형 15.3kgf/cm²의 결과로 나타났다.

또한 플라이애쉬를 혼입한 영구거푸집 시험체의 전단강도 시험결과 V형 철망 설치형은 21kgf/cm², 내부요철형18.3kgf/cm², U형 조립 철망형 20.2kgf/cm², 골재 매립형 14.7kgf/cm²의 결과로 나타났다. 본 실험에서 검증된 결과로 후타설 콘크리트와 무기질계 영구거푸집의 전단강도는 재료에 의한 영향보다는 내부 형상에 따라 많은 차이를 나타내는 것으로 나타났다.

또한 영구거푸집과 후 타설 콘크리트와의 전단강도는 영구거푸집의 보조재가 shear connector의 역할을 함으로 판단되며 이것은 보조재의 특성상 V형 철망이 후 타설 콘크리트와 밀실하게 충전되고, V형 철근이 후 타설 콘크리트의 내부 철근 역할로 구속되기 때문으로 판단된다.

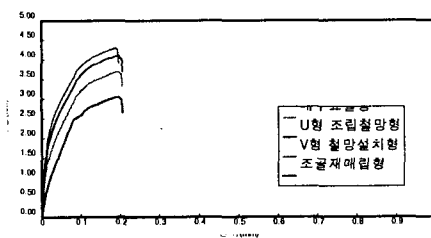


그림 16 전단강도시험의 하중, 변위 곡선 (실리카흙)

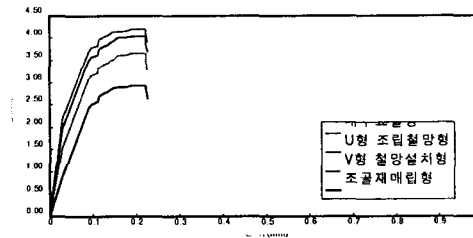


그림 17 전단강도시험의 하중, 변위 곡선 (플라이애쉬)

후타설 콘크리트와 실리카흙을 혼입한 영구거푸집의 전단강도 시험시 측정된 하중 및 변위를 조사하였다. 시험 초기에 시험체에 하중을 가하면 하중은 증가하나, 변위의 증가는 거의 없다가 일정한 하중 이상에서 변위가 급격하게 일어나다가, 영구거푸집이 탈락되는 경향을 나타냈다. 시험결과 최대하중은 V형 철망 설치형은 4.10ton, 내부요철형3.69 ton, U형 조립 철망형 4.1 ton, 골재 매립형 3.05ton의 결과로 나타났다. 타설 콘크리트와 플라이애쉬를 혼입한 영구거푸집의 전단강도 시험시 측정된 하중 및 변위를 조사하였다. 시험 초기에 시험체에 하중을 가하면 하중은 증가하나, 변위의 증가는 거의 없다가 일정한 하중 이상에서 변위가 급격하게 일어나다, 영구거푸집이 탈락되는 경향을 나타냈다. 실리카흙을 혼입한 시험체에 비하여 작은 하중에서 영구거푸집이 탈락되지만 그 값의 차이가 미묘함으로 영구거푸집의 재료에 따른 강도차이는 거의 없다고 판단되며, 시험결과 최대하중은 V형 철망 설치형은 4.04ton, 내부요철형3.65ton, U형 조립 철망형 4.04ton, 골재 매립형 2.94ton의 결과로 나타났다.

따라서 무기질계 영구거푸집과 후타설 콘크리트의 전단력을 보강하기 위한 방안으로는 거푸집이면에 V형 철망 설치형, U형 조립 철망형을 설치하는 것이 가장 좋으나, 내부 요철형을 사용하여도 무기질계 영구거푸집과 후타설 콘크리트와의 전단강도가 우수한 것으로 나타났다.

3.3 휨강도시험

휨 강도를 시험한 결과를 그림15에 나타냈다. 기준시험체의 경우 휨강도는 19.3kgf/cm², 실리카흙을 혼입한 시험체의 경우 휨강도는 V형 철망 설치형 59.7kgf/cm², 내부요철형 52.4kgf/cm², U형 조립 철망형 49.3kgf/cm², 조골재 매립형 43.8kgf/cm²으로 나타났고, 플라이애쉬를 혼입한 시험체의 경우 휨강도는 V형 철망 설치형 51.4kgf/cm², 내부요철형 47.8kgf/cm², U형 조립 철망형 45.6kgf/cm², 조골재 매립형 40.4kgf/cm² 결과로 나타났다. 기준시험체 보다 시험체 하부에 영구 거푸집을 설치한 시험체가 200% 이상의 휨강도를 발현하는 것으로 나타났다. 이것은 시험체 하부에 설치된 영구거푸집 내부의 와이어메쉬가 휨 응력을 분담한 것 때문으로 판단되며, 시험체에 휨응력이 작용함에 따라 영구거푸집의 탈락 현상이 발생 될 것으로 판단되었으나, 모든 시험체에서 휨 시험에 의한 시험체 파괴시 영구거푸집의 탈락현상은 발생되지 않았다. 따라서 영구거푸집의 부착강도가 우수한 것으로 나타났다.(그림 17 참고)



그림 18 휨강도 시험 결과



그림19 휨시험체 파괴형상



그림 20 휨시험후 시험체

시험후에 발생한 균열은 모두 가력점 중앙부에 위치하고 있다. 따라서 KS F 2408에 의한 콘크리트의 휨강도 시험방법(단순보의 3등분점 하중법)에 의한 휨 강도를 적용해도 만족하는 것으로 판단된다.(그림 16, 17 참고)

그림18은 실리카흙 시험체의 하중 및 변위를 측정된 결과이다. 기준시험체는 1.45ton에서 파괴되었고, V형 철망 설치형은 4.48ton, 내부요철형 3.93ton, U형 조립 철망형 3.7ton, 조골재 매립형 3.29ton에서 파괴 되었다.

기준RC 시험체는 최대하중 후 시험체가 파괴된 후 급격한 하중의 감소를 보이고 있으나, 영구 거푸집을 설치한 시험체의 경우는 최대하중 후 시험체가 파괴되어도 영구거푸집의 매쉬가 하중을 받는 경향을 나타내고 있다.

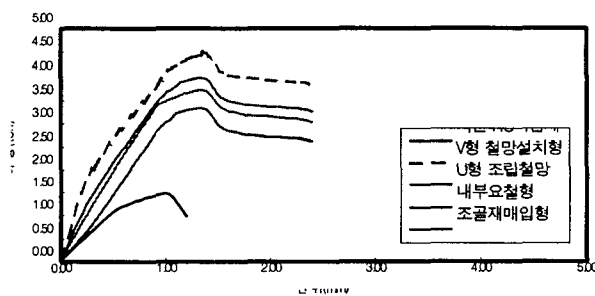


그림21 휨 시험체의 하중 및 변위 곡선(실리카흙 시험체)

4. 결론

본 연구는 거푸집 공사의 합리화 및 시스템화를 위하여 연구개발된 비탈형 영구 거푸집의 성능 평가를 위한 실험으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 부착강도 시험은 모든 시험체가 요구하는 최소 부착강도(4kgf/cm²)를 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 무기질계 영구 거푸집과 후 타설 콘크리트와의 전단강도 시험은 내부 삽입철물의 형상과 요철형, 조립골재삽입여부에 상관없이 모두 우수한 것으로 나타났다.

(3) 휨 시험에 의한 시험체 파괴시 영구 거푸집의 탈락현상은 나타나지 않았으며, 균열도 모두가력점 중앙부에 위치하고 있어 요구하는 휨강도를 만족하는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 비탈형 영구 거푸집의 성능평가 실험은 부착강도, 전단강도, 휨강도 모두 소요의 목표성능을 만족하는 것으로 나타났다. 추후에는 비탈형 영구거푸집의 피복두께 산정을 위한 내화시험을 실시하고자 한다.

참고문헌

1. 정상진, 김우재, 非脫型 영구거푸집의 施工性能과 經濟性 評價에 關한 實驗的 研究, 대한건축학회 논문집, 1999. 4
2. 정상진, 김우재, 비탈형 영구거푸집용 모르타의 물성에 관한 실험적연구, 대한건축학회 논문집, 1998. 7
3. 정상진, 김우재, RC 건축에 있어서 비탈형 영구거푸집의 시공적용 예, 한일시공기술세미나, 대한건축학회, 1999.
4. 万木正弘, 永久型用材料としての高强度モルタルの諸性状, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol 17, 1995
5. 河野清外2人, 各種の砂を用いた永久型用纖維補強ポリマ-セメントモルタルの性状, 콘크리트工學年次論文報告集 No.17, 1995