

비탈형 영구거푸집의 생산성 향상을 위한 실험적 연구

The experimental study on productivity increase of the permanent form

김 용 성* 서 동 훈* 강 병 훈* 김 우 재** 김 성 식** 정 상 진***

Kim, Young Sung Seo Dong Hoon Kang, Bang Hun Kim, Woo Jae Kim, Sung Sik Jung, Sang Jin

Abstract

Permanent-Form is one of system forms for reducing human labor, work costs, oscillation, noise, construction wastes and so on. Permanent-Form is made from precast method in facilities, and carried in construction site to assemble with no demolding. The biggest expense to produce Permanent-Form is about manufacturing mold. To satisfy various size of building member, the same number of manufacturing mold is needed. In this paper, studied about manufacturing mold module for acquiring economic merit and construction member safety. Permanent-Form is member stress and structural analyzed if temporary equipment were used. The result of this study is below.

(1) Column sizes of Permanent-Form are 47 kinds of prototype that based on Modular coordination's basic module. 4 pieces or 6 pieces are composed basically.

(2) For beam size modular coordination, standard height and width of beam are 150mm and 100mm. It brings 24 kinds of prototype. 4 pieces or 5 pieces are composed basically.

(3) Structural analysis value of modular member is like this

Column member shows 9.4 to 85kgf/cm² stress distribution and beam member shows 6.3 to 95kgf/cm² stress distribution. Constructing permanent form could have structural safety with use of temporary equipment

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

콘크리트 구조물을 만들려면 원하는 형상으로 거푸집을 만든 후 거푸집 속에 콘크리트를 부어넣고 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. 그리고 영구거푸집을 건설현장에서 사용하기 위해서는 영구거푸집의 제작비용을 줄여서, 경제성을 확보하는 방안이 추진되어야 한다. 또한 다양한 치수의 부재를 만족하기 위해서는 그만큼의 몰드가 필요하여, 경제성이 떨어지는 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구는 영구거푸집의 모듈화를

* 정회원, 단국대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 단국대학교 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 단국대 건축공학과 교수 공학박사

연구하여 다양한 치수의 부재를 생산하면서도, 제작용 몰드의 수를 줄이기 위한 방안으로 영구거푸집의 모듈화를 연구하였고, 모듈화에 따른 부재의 시공시 안전성을 확보하기 위하여 영구거푸집을 구조해석하여 각 부재에 가설재 사용시 부재의 응력을 해석하여 안전성을 검토하였다.

1.2 연구 내용 및 범위

본 연구는 비탈형 영구거푸집의 현장적용을 목적으로, 영구거푸집의 문제점인 구조체 치수의 다양화에 따른 영구거푸집 제작용 몰드의 증가에 따른 경제성 확보를 위한 방안으로 영구거푸집의 모듈화를 연구를 하였고, 모듈화에 따른 부재 및 접합부의 증가에 따른 안정성 확보를 위한 구조검토를 MIDAS프로그램을 사용하여 실시하였다. 특히 대량생산을 위해 거푸집의 기본 모듈화를 계획하여 영구거푸집의 시스템화를 가능케 하고자하였다.

2. 비탈형 영구거푸집의 모듈화 방안

영구거푸집은 라멘 형식의 철근 콘크리트구조로, 높은 강도의 무기재료의 거푸집과 선조립 철근을 일체화 하는 공법이다. 따라서 영구거푸집은 공장에서 생산한 일종의 프리캐스트 부재로 시공은 현장에 운반하여 설치 및 조립한다. 따라서 기둥 및 보의 상부면을 제외한 구조체의 전체의 표면을 빈틈없게 시공하는 것을 구법의 기본적인 컨셉으로 하고있다. 또한 각종 부위는 공통의 접합부를 가진 모듈화 된 치수로, 시공에 적합한 오픈 부재로 하는 일을 전제하고 있다. 이에 따라서, 치수는 모델의 원칙에 따라서 플렉시블하게 표준화되는 일이 요구된다.

2.1 기둥

영구거푸집 중 기둥부재의 모듈화는 그림1과 같다. 기둥의 크기는 100mm 기본 단위로 계획하여 총 47가지의 형태로 나타내었다. 기둥은 기본 4피스(piece) 및 6피스 형태로 조합 될 수 있다.

	400	500	600	700	800	900	1000
400							
500							
600							
700							
800							
900							
1000							

그림 1 영구거푸집용 기둥의 수평단면 치수

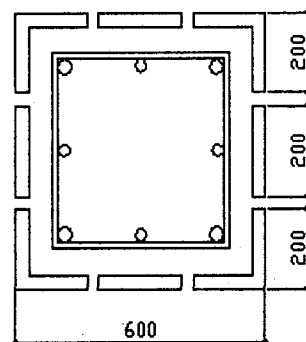


그림 2 영구거푸집의 조립도(기둥)

기둥의 모서리 부재는 200×200mm, 250×250mm의 형태로 규정하고, 중간부분 판재는 200mm의 배수로 규정하여, 200, 400, 600, 800mm 등으로 구성이 가능하다. 본 영구거푸집의 제작 방법은 PC 부재의 생산 방식과 매우 흡사하므로, 배터리방식, 플랫방식 모두 생산이 가능하다. 특히 모서리 부재는 몰드의 크기를 자유롭게 조절이 힘들다. 그러나 중간부분 판재는 몰드의 디자인이 단순하여 크기조절이 가능하므로 중간부분의 판재를 이용하여 기둥의 형상을 조절하는 것이 가능하다고 판단된다. 아래 그림2는 영구거푸집을 사용하여 기둥 부재를 시공한 단면이다. 기둥의 크기는 600×600mm로 200(모서리 부재)+200(중간부분 판재)+200(모서리 부재)=600mm의 형태로 조합이 되어있다.

2.2 보

영구거푸집 중 보부재의 모듈화는 그림3과 같다. 보의 크기는 높이와 너비의 두가지 측면으로 나누어서 계획하였다. 높이는150mm 기본 단위로 계획하고, 너비는100mm 기본 단위로 계획하여 총 24가지의 형태로 나타내었다.

	300	400	500	600	700	800
450						
600						
750						
900						

그림 3 영구거푸집용 보의 수직단면 치수

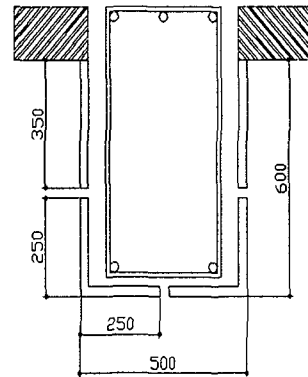


그림 4 영구거푸집의 조립도 (보)

보는 기본 4피스(piece) 및 5피스 형태로 조합 될 수 있다. 보의 모서리 부재는 150×150mm, 200×200mm, 250×250mm의 형태로 규정하고, 양단부분 판재는 M·C의 기본 모듈인 100mm의 1/2인 50mm의 배수로 규정하여, 200~750mm 등으로 구성이 가능하다. 보 부재도 기둥부재와 동일한 방식으로 모서리 부분과 양단부분으로 나누어서 제작 및 시공을 하였다. 특히 양단부분 판재는 50mm의 배수로 규정하여, 다양한 크기의 보도 제작이 가능하게 조합을 하였다. 아래 그림4는 영구거푸집을 사용하여 보 부재를 시공한 단면이다. 보의 크기는 500×750mm로 높이는 250(모서리 부재)+500(양단부분 판재)=750mm, 너비는 250(모서리 부재)+250(모서리 부재)=500mm 이다. 그림4는 보 부분의 영구거푸집의 조립 단면도이다

3. 비탈형 영구거푸집의 시공시 안전성 검토

3.1 연구 내용

본 연구는 비탈형 영구거푸집의 문제점인 생산성 향상을 위한 방안으로 고안된 영구거푸집에 대한 모듈화를 적용하기 위한 기초 연구이다. 그러나 부재의 모듈화를 적용하기 위하여 한 부재를 여러 조각으로 나누어 조립하는 시공법을 선택하게 되었다. 각각 부재를 조합한 후 부재의 안전성을 검토하기 위해서 각각의 부재에 작용하는 하중에 대한 검토가 필요하여 다음과 같은 실험을 하였다. 그림 5는 영구거푸집을 적용하기 위한 구조물의 평면의 일부분이다.

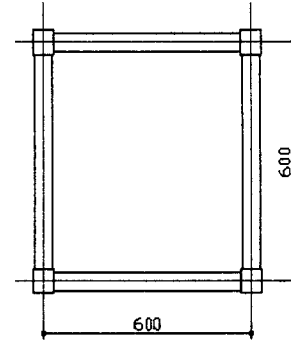


그림 5 시공 평면도

스팬 : 6.0×6.0 m 기둥 : 60×60 cm
보 : 50×75 cm 슬래브 : 15 cm

3.2 영구거푸집 재료의 물성

본 연구에서 사용된 영구거푸집은 시멘트 모르타르를 이용하여 제작되었다. 영구거푸집의 물성은 아래 표1 및 2에 나타내었다.

표 1 비탈형 영구거푸집의 품질

시험항목	목표치	비고
압축강도	350kgf/cm ² 이상	안정성 및 시공성을 고려
휨강도	100kgf/cm ² 이상	

표 2 비탈형 영구거푸집의 배합

명칭	물결합재비 (%)	단위용적중량 (단위: kg/cm ³)			
		물	시멘트	고로슬래그	모래
기준	30	180	400	200	1589

3.3 모듈화된 영구거푸집의 시공

3.3.1 기둥

기둥 부재의 조립은 그림 6과 같은 방법으로 시공하였다. 본 기둥은 600×600 mm로 모서리부재는 200×200×30×4000 mm의 “L자형태”로 이루어지며, 중간부분은 직선형태의 판재로 200×30×4000mm로 이루어진다. 따라서 평면 중 가로는 200+200+200 = 600mm의 형태를 취하며, 세로역시 200+200+200 = 600mm의 형태로 이루어진다. 또한 영구거푸집의 결속 및 콘크리트의 축압, 시공하중, 고정하중을 견디기 위한 방안으로 가설재를 500mm 간격으로 설치하였다.

3.3.2 보

보 부재의 조립은 그림 7과 같은 방법으로 시공하였다. 본 보는 500×750 mm로 모서리부재는 250×250×30×3000 mm의 “L자형태”로 이루어지며, 양단부분은 직선 판재의 형태로 크기가 500×30×3000mm로 이루어진다. 따라서 보의 높이는 250+500 = 750mm의 형태를 취하며, 너비는 250+250 = 500mm의 형태로 이루어진다. 또한 영구거푸집의 결속 및 콘크리트의 축압, 시공하중, 고



그림 6 기둥 영구거푸집의 조립도

정하중을 견디기 위한 방안으로 가설재를 1000mm 간격으로 설치를 하였다.

3.4 구조 해석(MIDAS 이용)

본 연구에서는 영구거푸집을 시공시 거푸집에 작용하는 하중을 검토하여, 거푸집의 안전성을 검토하기 위하여 MIDAS 해석을 하였다.

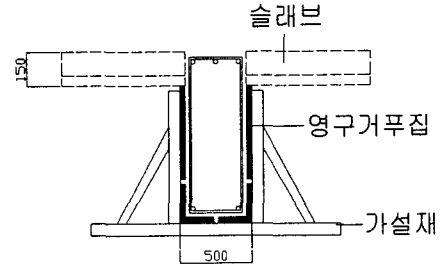


그림 7 영구거푸집 보강용 가설재 설치도

3.4.1 시험체 작용 하중

본 영구거푸집의 설치시 작용하는 하중을 표 3에 나타 내었다. 모든 부재는 각각의 부위에 하중을 고정, 시공, 콘크리트 축압 하중을 나누어서 해석을 하였고, 최종적으로 하중을 조합하여 구조 해석을 실시하였다. 기둥의 50cm 간격으로 클램프를 설치하였고, 보의 경우는 1m 간격으로 가설재를 설치한 것으로 해석을 하였다.

표 3 하중의 종류 (단위: kgf/m²)

종류	하중	고정하중	시공시 작업하중	콘크리트 축압
기둥		414	150	9200
보		414	150	1700

3.4.2 기둥

기둥 부재는 그리드를 100mm×100mm로 규정하여 해석하였다. 그림8는 기둥에 고정하중이 걸린 경우 기둥부재에 작용하는 하중을 해석한 결과이다. 최소 7.3 kgf/cm²부터 최대 66 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림9는 기둥의 시공시하중을 해석하였다. 최소 1.9 kgf/cm²부터 최대 17 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림10은 기둥부재에 콘크리트를 타설할 경우이다. 최소 4.7 kgf/cm²부터 최대 51 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림11은 위의 모든 하중을 조합한 결과이다. 최소 9.4 kgf/cm²부터 최대 85 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다.

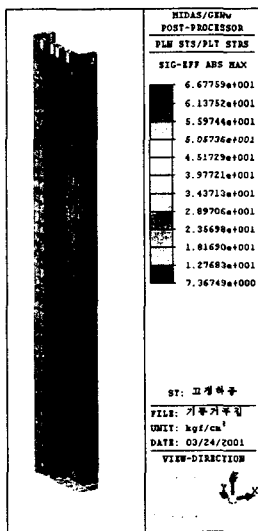


그림 8 기둥의 고정하중

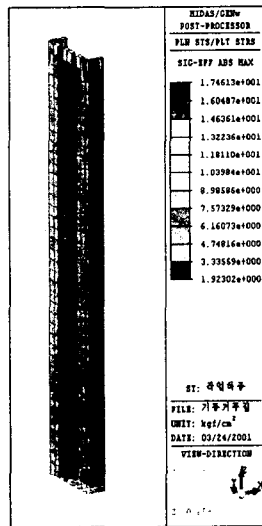


그림 9 기둥의 시공하중

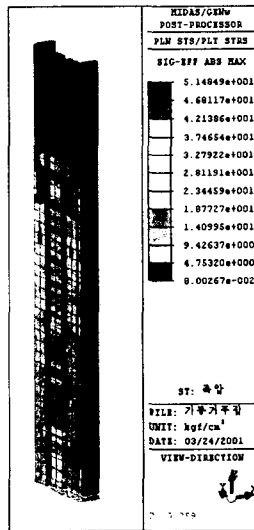


그림 10 기둥의 축압

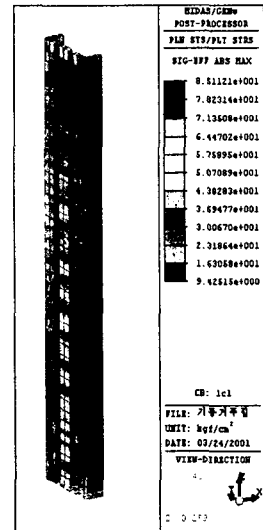


그림 11 기둥하중의 조합

3.4.3 보

보 부재는 그리드를 125mm×50mm로 규정하여 해석하였다. 그림12는 보에 고정하중이 걸린 경우 보부재에 작용하는 하중을 해석한 결과이다. 최소3.2 kgf/cm²부터 최대 79 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림13은 보의 시공시하중을 해석하였다. 최소 2.1 kgf/cm²부터 최대 18 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림14는 보부재에 콘크리트를 타설할 경우이다. 최소 2.8 kgf/cm²부터 최대 72 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다. 그림15는 위의 모든 하중을 조합한 결과이다. 최소 6.3 kgf/cm²부터 최대 95 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내고 있다.

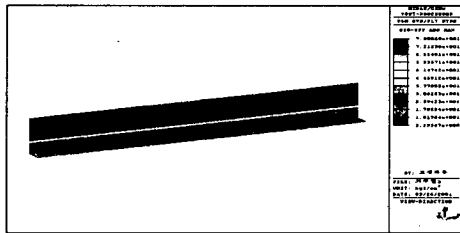


그림 12 보의 고정하중

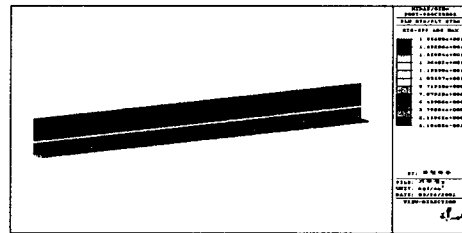


그림 13 보의 시공하중

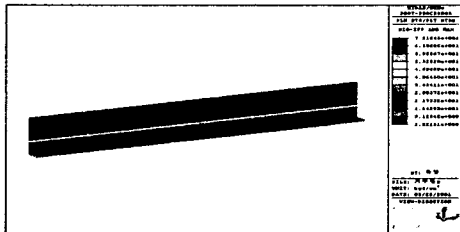


그림 14 보의 측압

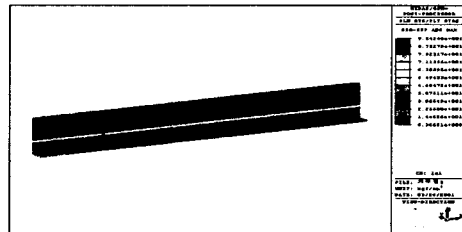


그림 15 보하중의 조합

4. 결론

본 연구는 영구거푸집의 모듈화 및 안전성 검토를 위한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 영구거푸집 중 기둥의 크기는 M·C의 기본 모듈인 100mm를 기본 단위로 계획하여 총 47가지의 형태로 나타내었고, 기본 4피스(piece) 및 6피스 형태로 조합 될 수 있다.
2. 보치수의 모듈화는 높이와 너비의 두가지 측면으로 나누어서 높이는150mm 기본 단위로 계획하고, 너비는100mm 기본 단위로 계획하여 총 24가지의 형태로 나타내어, 기본 4피스(piece) 및 5피스 형태로 조합 될 수 있다.
3. 모듈화된 부재를 구조해석한 결과 기둥부재는 최소 9.4 kgf/cm²부터 최대 85 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내었고, 보부재는 최소 6.3 kgf/cm²부터 최대 95 kgf/cm²까지의 응력분포를 나타내어 영구거푸집 시공시 가설재를 사용하면 구조상으로 안전성을 확보할 것으로 판단된다.

또한 추후 모듈화된 영구거푸집의 생산성 향상을 위한 연구 및 시공 공법이 관한 추가 연구를 진행할 예정이다.

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, 대한건축학 논문집, 1999.4
2. 정상진, 김우재, 비탈형 영구거푸집용 모르타의 물성에 관한 실험적연구, 대한건축학회 논문집, 1998.7