

데크플레이트를 활용한 탈형 보-데크 거푸집 시스템 개발

정주홍¹, 정형석², 최창식³, 최현기^{2*}

Development of Removable Deck Plate Formwork System for Beams

Joo-Hong Jung¹, Hyung-Suk Jung², Chang-Sik Choi³, Hyun-Ki Choi^{2*}

Abstract: In lately, it's been developed and used a system of using deck plates as formwork in order to solve various problems caused by conventional formwork system. This system is more economical and has higher constructability than the conventional system by permanently embedding most of deck plates into the members. However, for this kind of embedded deck plates formwork system, it's been reported that it is difficult to verify filling of concrete in members like beams with narrow width and complicated rebar arrangement. In addition, there are several problems such as corrosion of deck plates in terms of constructability and maintenance. Therefore, in this study, it is attempted to develop a removal-deck plate formwork system for beams by removing deck plates after concrete curing. The system consists of a deck plate module that acts as form, a frame preventing deformation by concrete lateral pressure, stirrup frame, and connector that combines these. As a result of this research, it is verified that it has higher constructability, efficiently prevents deformation caused by concrete lateral pressure and could be easily removed in the developed formwork system.

Keywords: Formwork system, Deck plate, Concrete lateral Pressure, Removal Process

1. 서 론

최근 건설산업 분야에서는 인력부족에 따른 인건비의 상승과 친환경 기준강화에 따른 건설현장에서의 폐기물 저감 등 환경부하 감소 요구에 의해 수익률 감소에 대한 문제가 심화되고 있는 실정이다. 특히 건설현장에서 인력과 공사기간이 많이 소요되는 공정은 거푸집 공정으로, 최근 거푸집 대형화 추세로 가설재가 증가됨에 따라 현장관리가 복잡하고 어려우며, 거푸집 제작 및 해체 시 많은 비용과 인력이 소요되고 있다(Kim, 2021). 이러한 문제를 해결하기 위해 철근이 선배근된 데크플레이트를 거푸집으로 사용하는 건설현장이 많아지고 있다. 그러나 데크플레이트 거푸집 시스템의 경우 대부분 슬래브 부재에 국한되어 적용되고 있으며, 이를 확대 적용하기 위한 연구가 부족한 실정이다(Kim et al., 2000).

이에 기존 데크플레이트 제조사를 중심으로 데크플레이트 적용 범위를 확대하기 위하여 보-데크 및 벽체-데크 등을 개발하고 있으며, 이 중 매립형 보-데크플레이트 시스템의 경우 상

용화 되어 관련 시장을 넓혀가고 있다(Jung et al., 2018).

그러나 현재 개발된 매립형 보-데크 거푸집 시스템의 경우 기존의 합판 및 알루미늄 거푸집을 매립형 데크플레이트로 단순 대체하는 방식으로 개발되었기 때문에 데크플레이트의 효율성이 매우 낮으며, 영구 존치에 따른 시공 및 유지관리에 대한 다양한 문제점이 드러나고 있다. 특히, 보 부재와 같이 폭이 좁고 철근 배근이 복잡한 부재에 매립형 데크플레이트 거푸집을 적용할 경우 시공시 콘크리트의 밀실한 충진을 확인하기가 어려우며, 시공 이후 발생할 수 있는 균열이나 누수 등의 문제를 파악하고 보수하기가 거의 불가능한 실정이다. 또한, 영구존치 되는 데크플레이트 거푸집의 부식에 의한 문제가 추가적으로 발생할 수 있다(Chung et al., 2020).

이에 본 연구에서는 데크플레이트를 사용하여 기존의 재래식 거푸집 공법을 대체하고 기존의 매립형 데크 거푸집 공법과 차별화하여 탈형이 가능하도록 기술을 개발함으로써 데크플레이트 재활용을 통해 환경 친화적인 건축기술을 구현하고, 기존 매립형 데크 거푸집 공법의 유지관리성 저하에 대한 문제를 해결하고자 하였다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 데크플레이트를 사용하여 거푸집을 형성하고 콘크리트 양생 후 제거할 수 있는 탈형 보-데크 거푸집 시스템을 개발하는 것을 목적으로, 콘크리트 측압에 저항하면

¹정회원, 대전대학교 스마트건축토목공학부 교수

²정회원, 경남대학교 소방방재공학과 교수

³정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

*Corresponding author: chk7796@kyungnam.ac.kr

Department of Fire&Disaster Prevention Engineering, Kyungnam University

•본 논문에 대한 토의를 2022년 1월 31일까지 학회로 보내주시면 2022년 2월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

서도 다양한 폭과 높이를 가지는 보 부재의 설계조건에 대응할 수 있는 데크 거푸집 시스템 및 구성부재를 설계하였다.

본 연구에서는 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 각 구성요소의 두께, 형상 및 설치 간격 등을 변수로 하여 콘크리트 측압에 대한 설계를 수행하였으며, 이에 대한 성능을 확인하기 위하여 콘크리트 타설 실험을 실시하여 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 측압에 대한 성능을 확인하였다. 또한, 탈형 보-데크 시스템의 설치 및 해체시의 시공성을 확인하기 위하여 Mock-up 실험 및 현장적용 실험을 수행하였다.

2. 보-데크 거푸집 시스템의 개념

2.1 기존 매립형 보-데크 거푸집 시스템

매립형 보-데크 거푸집 시스템은 데크플레이트 강판을 보 형태로 가공하고, 거푸집 내부에 설치되는 기본 철근 스테럽과의 결합을 통해 형태를 유지하는 시스템이다. 콘크리트 타설 과정에서 발생하는 측압에 저항하기 위해 거푸집의 측판과 하판에 사용되는 강판을 보의 길이 방향으로 절곡하여 강판 자체의 강성을 확보함으로써 보 거푸집의 길이 방향 변형에 저항하고, 내부에 설치되는 철근 스테럽과 타이를 절곡된

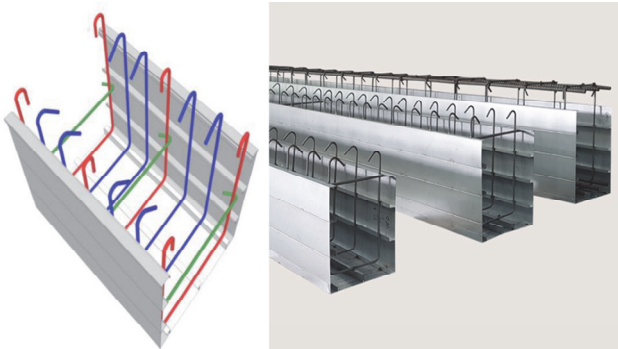


Fig. 1 Deck plate formwork system (Buried Type)

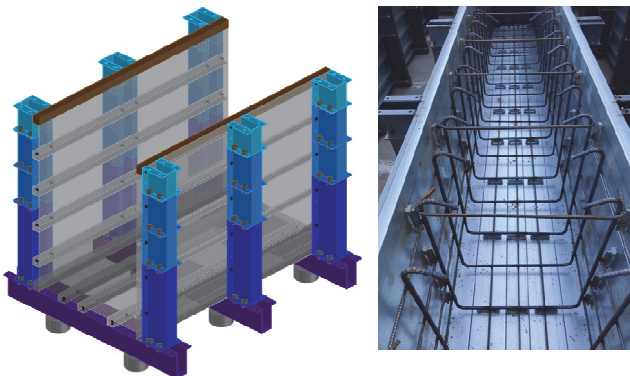


Fig. 2 Deck plate formwork system (Removal Type)

강판에 용접하여 콘크리트 측압에 의한 보 거푸집의 길이 방향의 변형과 측판 전체가 벌어지는 것을 막아주는 개념의 거푸집 시스템이다(Fig. 1 참조).

매립형 보-데크 거푸집 시스템은 공장에서 생산된 거푸집을 현장에서는 설치만 하기 때문에 거푸집 조립에 따른 소요 인력 및 기간이 감소되고, 거푸집 조립용 철근 스테럽을 보의 전단 보강근으로 사용가능하다는 장점이 있다. 또한, 얇은 강판을 사용하여 제작되어 기존 거푸집에 비해 가볍기 때문에 거푸집 설치에 따른 시공성과 안전성이 높아지는 장점이 있다. 그러나 거푸집 용도로 사용되는 데크플레이트가 영구 부착되어 시공 시에는 콘크리트의 밀실한 채움을 확인하기가 어려우며, 시공 후에는 보 부재의 균열의 발생을 확인하기 어려워 안전성 측면에서 문제가 발생 할 여지가 있다.

또한, 콘크리트 측압에 대하여 발생하는 보 길이 방향의 변형과 거푸집 측판의 벌어짐을 내부에 설치되는 스테럽과 양 측판을 연결하는 타이 만으로 막아주어야 하기 때문에 과도한 수량의 스테럽과 타이 가 요구 될 수 있어, 보의 구조용 휨 철근과 전단 보강근 배근 작업 시간섭에 의해 효율이 떨어질 수 있다는 문제가 있다.

2.2 탈형 보-데크 거푸집 시스템

본 연구에서 개발 한 탈형 보-데크 거푸집 시스템 또한 강판의 절곡을 통해 거푸집 자체의 길이 방향 강성을 확보하는 개념은 동일하다. 그러나 보 거푸집의 측판과 하판 제작 시 하나의 강판을 여러번 절곡하여 전체 판을 제작하는 것이 아니라 적절한 폭을 가지도록 양 끝을 절곡한 강판 모듈을 조립하여 거푸집의 상판과 하판을 구성하고 절곡에 의해 만들어진 요철이 거푸집 내부가 아닌 외부로 향하고 있다는 것이 가장 큰 차이점이다. 이러한 데크 거푸집의 분절과 외부로 향하는 데크 거푸집 요철의 방향은 향후 손쉽게 데크 거푸집을 해체하기 위함이다.

이와 더불어 기존의 매립형 보-데크 거푸집 시스템과 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 차이는 콘크리트의 측압에 저항하는 방법에 있다. 기존 매립형 보-데크 시스템의 경우 콘크리트 측압에 대하여 보 내부에 강판과 용접 된 스테럽과 타이의 강성에 의해서만 저항하는 구조이지만, 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 경우 외부에 ‘C’ 형태의 측압 저항 프레임을 설치하여 거푸집 전체의 변형을 제어하고자 하였으며, 이를 통해 거푸집 내부에 설치되는 스테럽과 타이의 수량을 적절하게 제어하고자 하였다(Fig. 2 참조).

마지막으로 각 구성요소의 접합이 용접이 아닌 볼트 체결을 통해 이루어 짐으로써 보 부재의 콘크리트 양생 후 이를 분해하여 탈형 후, 각 요소를 재사용 및 재활용 가능한 거푸집 시스템을 개발하고자 하였다.

3. 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 설계

3.1 거푸집 구성부재

탈형 보-데크 거푸집의 구성부재는 Fig. 3과 같이 거푸집 면을 형성하는 데크 모듈, 이를 외부에서 고정하는 ‘C’형 프레임 그리고 거푸집 내부에 설치되는 스티럽 및 타이 등으로 구성되어 있으며, 각 요소는 볼트 및 탈형 스페이서를 사용하여 접합되어 있다.

데크 모듈은 콘크리트 측압을 직접 받는 요소로 거푸집 자중 및 생산성을 고려하여 두께 1mm ~ 1.2mm의 강판을 사용하였다. 최적의 강판 두께를 판단하기 위하여 해석 및 사전 실험을 실시하였으며, 그 결과 1mm 이하의 강판으로 데크 모듈 제작 시 데크 모듈의 측압을 받는 면에 매우 큰 변형이 발생함을 확인하였다. 또한 이를 통해 구성된 거푸집 측판 및 하판의 보 길이 방향에 대한 전체적인 변형에 저항할 수 있도록 데크 모듈 양 끝에 길이 30mm의 수직요소와 수평요소를 가지도록 설계하였으며, 콘크리트 측압에 의해 데크 모듈 자체에서 발생할 수 있는 변형을 고려하여 데크모듈의 폭은 최대 200mm로 제한하였다(Fig. 3(a) 참조).

‘C’형 프레임은 데크모듈을 통해 전달되는 콘크리트 측압을 최종적으로 지지하는 요소로써, 내하능력이 중요하므로 두께 2mm 철판을 특정 형태로 가공하여 제작한 형강을 사용하였다. 거푸집 하판을 지지하기 위한 수평재와 거푸집 측판을 지지하기 위한 수직재로 구성되어 있으며, 각 요소는 보의 폭과 높이의 변화에 대응할 수 있도록 볼트를 통해 결합되어 있다(Fig. 3(b) 참조). ‘C’형 프레임의 무게가 무거워질 경우 해체 시 운용이나 시공성에 문제가 생길 수 있기 때문에 ‘C’형 프레임의 무게가 30kg이 넘지 않도록 계획하였다.

거푸집 내부에 스티럽으로 구성된 철근망은 기본적으로 스티럽과 이를 연결하기 위한 수평근으로 구성되어 있다. 철근망은 데크 거푸집 강판과 결합하여 콘크리트 측압을 저항하는 요소로 설계하였으며, 추가로 철근망의 콘크리트 측압 저

항 성능을 높이기 위하여 스티럽 상부에 타이를 설치하는 방법을 고려하였다(Fig. 3(c) 참조).

스티럽은 수평근과 용접하여 일체 거동 할 수 있도록 제작하였으며, 철근망과 데크 모듈간의 결합은 데크 거푸집 강판과 철근망의 수평근을 탈형스페이서 상세를 통해 결합하여 추후 볼트 제거 시 데크 거푸집이 탈형 가능할 수 있도록 설계하였다(Fig. 3(d) 참조).

3.2 거푸집 설계변수

거푸집의 가장 중요한 요소는 콘크리트 측압에 의해 발생하는 변형을 제어하는 것이다. 특히, 보와 같은 구조부재용 거푸집의 경우 거푸집 변형에 의해 구조부재의 단면이 변형될 수 있으므로 거푸집 변형이 최소화되어야 한다.

탈형 보-데크 거푸집에서 발생할 수 있는 변형은 Fig. 4와 같이 거푸집의 측판 및 하판이 보의 깊이 방향과 길이 방향으로 전체적으로 배가 부르거나, 측판이 벌어지는 전체 변형과 각 데크 모듈의 판에서 발생하는 국부 변형으로 구분할 수 있다.

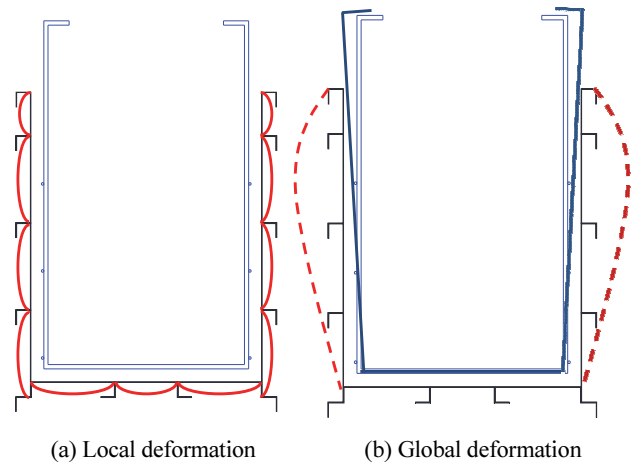


Fig. 4 Expected deformation by concrete pressure

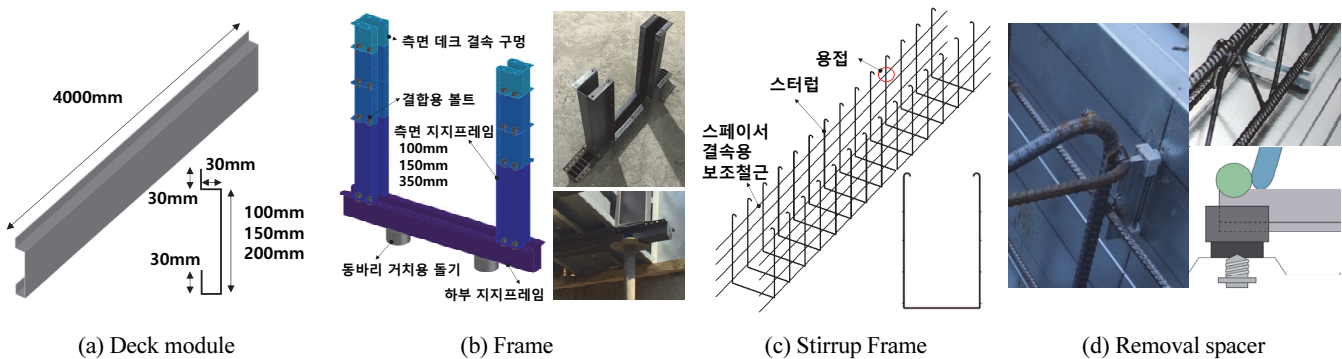


Fig. 3 Components of Removal deck plate formwork system

탈형 보-데크 거푸집 시스템의 전체 변형에 영향을 주는 요소는 ‘C’형 프레임의 간격, 스테럽과 타이의 간격 및 접합 위치, 데크 모듈의 형상과 강판 두께일 것으로 예상할 수 있으며, 국부적인 변형과 관련하여서는 데크 거푸집 모듈의 폭과 강판 두께가 영향을 미칠 것으로 예상된다.

4. 콘크리트 측압 실험

4.1 실험 개요 및 변수

탈형 보-데크 거푸집의 콘크리트 측압에 대한 안정성을 평가하기 위하여 콘크리트 타설 실험을 수행하였다. 콘크리트의 측압은 보의 깊이에 영향이 크고 보의 폭과 길이의 영향은 낮으므로 실험체의 내부 폭과 길이는 600mm 및 4000mm로 제작하였으며, 높이는 슬래브 두께를 고려하여 800mm로 제작하였다. 내부에 설치되는 스테럽의 경우 D13 철근으로 제작하였으며, 200mm의 등간격으로 설치하였다. 실험체는 데크 모듈 강판의 두께, ‘C’형 프레임의 간격, 타이의 설치간격, 스테럽 철근 망의 접합 위치를 변수로 하여 총 7개의 실험체

를 제작하였으며, 자세한 실험체 제원은 Fig. 5 및 Table 1에 정리하였다. 스테럽 철근망과의 결합을 위한 스페이서는 측판의 경우 프레임 중심열과 데크 거푸집 중심열에 수직으로 4개 설치하였으며, 하판의 경우 같은 위치에 수평으로 3개 설치하였다.

4.2 실험 방법 및 측정 계획

콘크리트는 단계적으로 끊어서 타설하였으며, 거푸집의 변형은 콘크리트 타설 후 타설면이 고르게 안정될 때까지 5분을 기다린 후 측정하였다. 초기에는 300mm를 기준으로 하여 콘크리트를 타설하였으며, 이후 부터는 100mm 단위로 단계적으로 타설하였다. 실험에 사용한 콘크리트는 설계강도 27MPa의 슬럼프 12cm의 일반적인 콘크리트를 사용하였다.

거푸집의 변형은 실험체 단부의 영향이 최소화된 중앙부에서 측정하였으며, 가장 큰 변형이 발생할 것으로 예상되는 프레임 사이 각 판의 중심에서 측정하였으며, 추가적으로 측판의 전체적인 벌어짐을 측정하기 위하여 프레임 수직부재의 하단부, 중앙부, 상단부의 변형을 측정하였다.

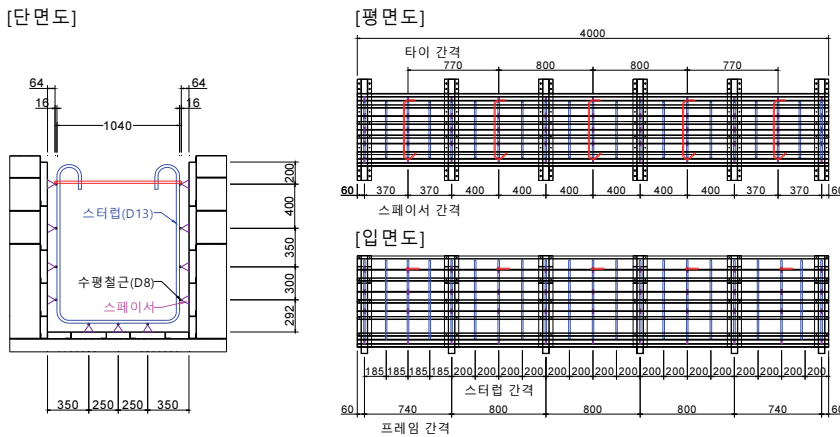


Fig. 5 Details of specimens

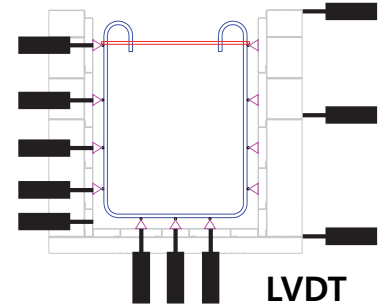


Fig. 6 Measurement Plan

Table 1 Details of specimens

Specimen	Width [mm]	Depth [mm]	Length [mm]	Stirrup Spacing [mm]	Deck Thickness [mm]	Frame Spacing [mm]	Tie Location	Spacer Location
SP-1					1.0	800	C.D	C.D+C.F
SP-2					1.2	800	C.D	C.D+C.F
SP-3					1.0	800	-	C.D+C.F
SP-4	600	800	4000	200	1.0	800	C.D	Top of C.D+C.F
SP-5					1.0	800	C.D	C.D
SP-6					1.0	800	C.D+C.F	C.D+C.F
SP-7					1.2	1600	C.D	C.D+C.F

C.D : Center line of Deck between Frames

C.F : Center line of Frame

5. 실험 결과 및 분석

5.1 데크 강판 두께의 영향

탈형 보-데크 거푸집 시스템의 거푸집 면을 구성하는 데크 모듈 강판의 두께를 변수로 두께 1mm에서 1.2mm로 증가시켜 수행한 콘크리트 타설 실험 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 실험 결과는 거푸집의 측판, 하판 그리고 측면프레임의 변형으로 구분하여 비교하였다.

콘크리트 측압에 의한 거푸집 측판 변형의 경우 두 실험체 모두 콘크리트의 타설 높이가 증가 됨에 따라 변형이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 타설 초기에는 하부에 위치한 데크 모듈의 변형이 지배적이지만, 콘크리트가 상부까지 차오름에 따라 상대적으로 넓은 폭을 가지고 있는 상부 데크 모듈의 변형 또한 급격히 증가함을 확인할 수 있으며, 실험결과 두 실험체 모두 최종적으로 가장 큰 변형이 발생한 곳은 보 하부면에서 500mm 높이에 위치한 곳임을 확인할 수 있다.

상대적으로 두꺼운 강판(1.2mm)을 사용하여 제작한 실험체인 SP-2의 경우 SP-1 실험체에 비해 측판의 최대 변형이 감소한 것을 확인할 수 있다. 그러나 측판의 변형 형태를 살펴볼 때, 이와 같은 측판의 최대 변형은 측판 자체가 좌우로 벌어지는 변형과 측면 프레임 사이의 데크가 측압에 의해 휘면서 보

의 길이 방향으로 발생하는 휨 변형 그리고 데크 모듈의 판요소가 측압에 의해 국부적으로 휘면서 발생하는 국부 변형이 누적된 결과인 것으로 판단된다.

이러한 다양한 거푸집의 변형 요인 중, 강판 두께가 영향을 미치는 변형 요인을 판단하기 위해, 다음과 같이 측판의 벌어짐에 저항하는 요소인 프레임의 변형과 거푸집 판의 강성과 국부변형을 비교할 수 있는 거푸집 하판의 변형을 비교하였다(Fig. 7(b) 및 Fig. 7(c) 참조).

그 결과 강판 두께 증가에 의해서 측면 프레임이 벌어지는 것은 5% 정도 감소하였으나, 하부판의 변형은 약 40% 감소를 확인할 수 있다. 이러한 결과를 확인하여 볼 때, 데크 강판의 두께 증가는 보 길이 방향의 거푸집 판의 전체적인 휨 변형과 데크 모듈 자체의 국부 변형에 영향을 주는 것으로 분석된다. 따라서 탈형 보-데크 거푸집 설계 시 높은 측압에 의해 데크 모듈의 국부적인 변형이 우려될 경우, 강판 두께 조절을 통해 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 예상된다.

5.2 외부 프레임 간격의 영향

데크 면에 가해지는 측압을 최종적으로 저항하는 외부 프레임의 간격을 800mm에서 1600mm로 두 배 증가시켜 수행한 콘크리트 타설 실험결과를 Fig. 8에 나타내었다. 앞서와 마

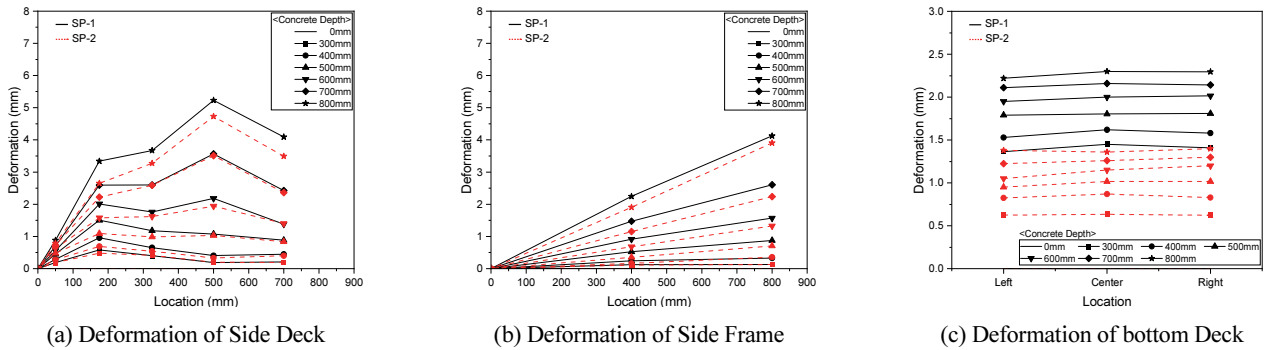


Fig. 7 Test results according to Deck Thickness

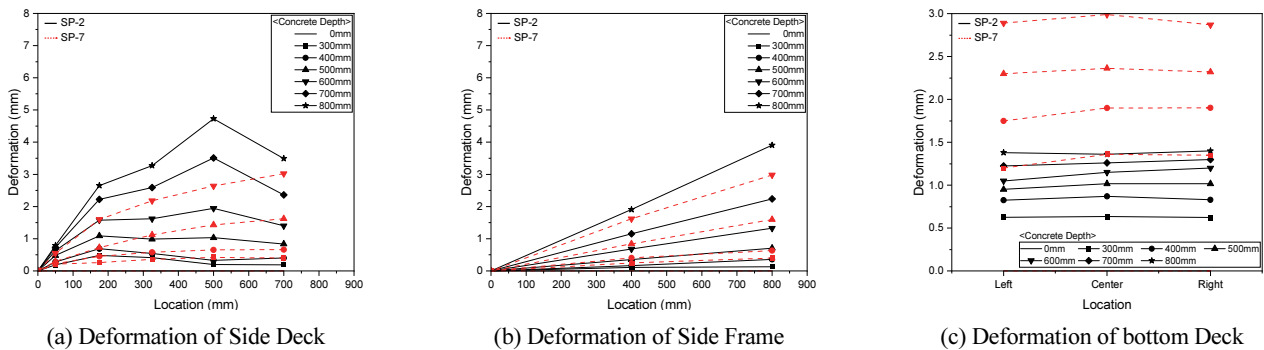


Fig. 8 Test results according to Frame Spacing

찬가지로 실험결과는 거푸집의 측판, 하판 그리고 측면프레임의 변형으로 구분하여 비교하였다.

실험결과 외부 프레임의 간격이 두 배로 증가한 SP-7 실험체의 경우 작은 측압에도 변형이 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 특히, 거푸집 측면과 하부면의 변형이 두 배 이상 증가하며 거푸집 자체의 안정성에 문제가 발생하여 콘크리트 타설을 600mm 까지만 진행하였다.

이와 같은 결과는 프레임 하나가 부담하는 측압이 프레임 간격에 비례하여 증가하기 때문인것으로 판단된다. Fig. 8(b)을 살펴보면 프레임 간격이 두 배 증가함에 따라 측면 프레임 변형 또한 약 두 배 정도 증가한 것을 확인할 수 있다.

또한, 프레임 간격 증가는 요소는 거푸집 측판 및 하판의 전체 변형에도 큰 영향을 미치는 것으로 분석된다. 이러한 결과는 Fig. 8(c)를 통해 확인할 수 있으며, 외부 프레임을 거푸집 각 판의 지지점으로 보았을 때 경간 거리가 길어짐에 따라 변형이 증가 되기 때문인것으로 판단된다.

이러한 결과를 종합해 볼 때 탈형 보-테크 거푸집 설계 시 프레임의 간격을 조정해야 할 경우 매우 신중한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

5.3 타이(Tie)의 영향

타이 요소는 스티럽의 최상단에 설치되어 스티럽 철망의

측압에 대한 저항 성능을 높여주는 요소이다. 타이 요소가 많이 설치될수록 스티럽 철망의 측압에 대한 저항성이 높아지지만, 선 조립 된 타이 요소가 많아질수록 보의 구조용 철근을 배근하기 힘들어지는 문제가 있다. 따라서 타이 요소가 가장 효율적으로 작용할 수 있는 위치를 찾기 위하여 다음과 같이 타이근의 위치 및 수량을 변수로 하여 실험을 진행하였다.

실험결과 타이근은 거푸집 하부판의 전체 변형 및 국부 변형에 큰 영향을 주지 않음을 확인할 수 있다(Fig. 9(c) 참조). 반면에 거푸집 측판의 벌어짐과 측판에 배치된 테크모듈의 국부 변형에는 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다.

Fig. 9(a)를 살펴보면 타이를 설치하지 않은 SP-3 실험체의 경우 측판의 전체적인 변형량이 증가하기도 하지만, 측판의 중앙부인 바닥면에서 325mm 높이 부분의 변형이 타이가 설치된 실험체인 SP-1 및 SP-6 실험체에 비해 급격히 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 테크 모듈과 스페이서로 연결된 스티럽 철망이 타이를 설치하지 않음으로 인해서 콘크리트 측압에 의해 쉽게 변형되기 때문인것으로 판단된다.

또한, 타이가 가장 효율적으로 거푸집의 변형을 억제하기 위해서는 프레임의 위치에 설치해야 한다는 것을 확인할 수 있다. Fig. 9(b)를 살펴보면 타이가 프레임의 상단에 위치할 경우, 콘크리트 측압에 의한 측면 프레임의 벌어짐을 직접적으로 막아주는 것을 확인할 수 있으며, 그 결과 탈형 보-테크 거

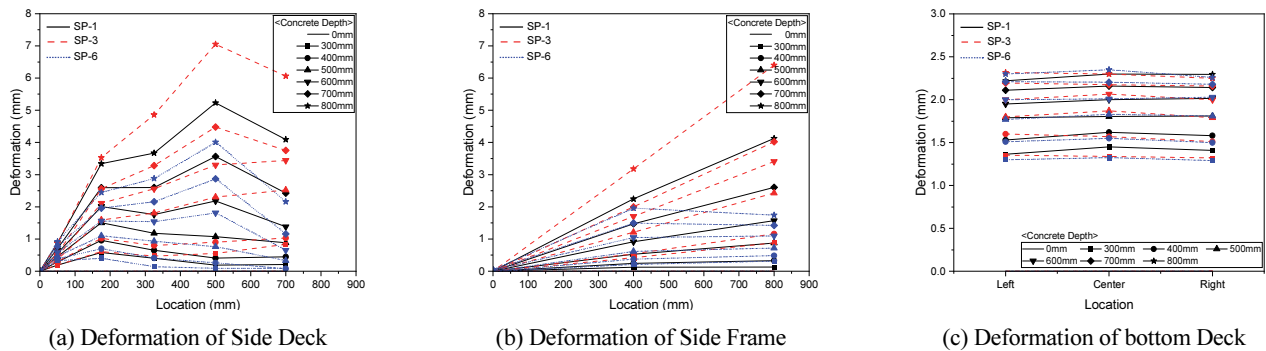


Fig. 9 Test results according to Tie Location

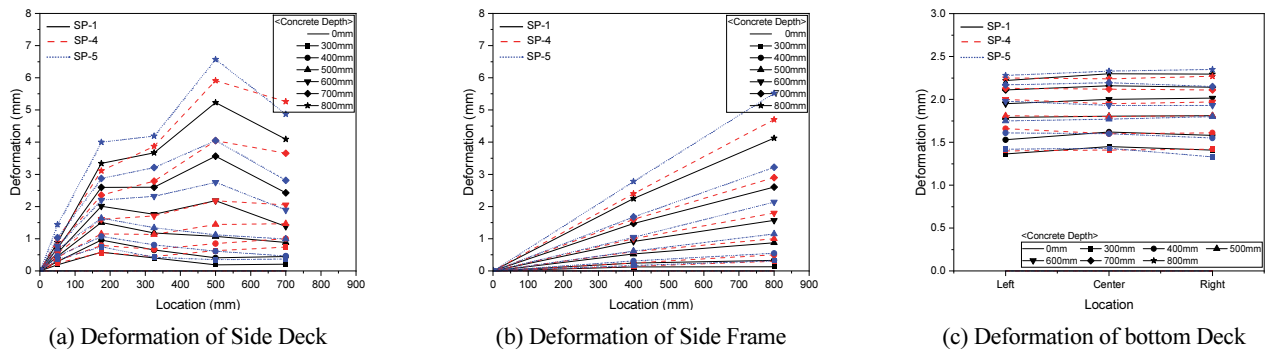


Fig. 10 Test results according to Spacer Location

푸집의 전체 변형량 또한 효과적으로 감소하게 됨을 확인할 수 있다(Fig. 9(a) 참조).

5.4 스페이서의 영향

스페이서 요소는 스테리럽 철망의 보조근에 연결되어 스테리럽 철망을 콘크리트 측압에 대한 저항요소로 활용될 수 있게 하는 중요한 요소이다. 스페이서가 많이 설치될수록 스테리럽 철망을 보다 직접적인 측압 저항요소로 활용할 수 있지만, 스페이서를 많이 설치할수록 추후 데크 거푸집을 제거하는데 많은 인력과 시간이 요구되어 진다. 따라서 스페이서가 가장 효율적으로 작용할 수 있는 위치를 찾기 위하여 측면 스페이서의 위치 및 수량을 변수로 하여 실험을 진행하였다.

실험결과 측면에 배치되는 스페이서는 거푸집 하부판의 전체 변형 및 국부 변형에 큰 영향을 주지 않음을 확인할 수 있다(Fig. 10(c) 참조). 반면에 프레임의 위치에 스페이서가 설치되었는지의 여부에 의해서 거푸집 측판의 벌어짐에 의한 변형에는 유의미한 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 특히, 스페이서가 최상단에만 설치된 SP-4 실험체의 실험결과를 살펴보면, 프레임 위치에 스페이서의 설치 수량과는 크게 상관없이 설치의 여부에 의해 프레임의 벌어짐이 효과적으로 제어됨을 확인할 수 있다(Fig. 10(b) 참조).

Fig. 10(a)를 살펴보면 측판의 복부에 스페이서를 설치하지 않은 경우 측판의 중앙부에 배부름 현상에 의한 변형이 일부 증가하는 것을 확인할 수 있지만, 이는 측판의 벌어짐 제어를 통해 상쇄되고 있음을 확인할 수 있다.

6. 탈형 보-데크의 시공성 평가

6.1 탈형 보-데크 설치 Mock-Up Test

앞서 수행한 콘크리트 측압 실험결과 분석을 통해 도출한 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 상세를 기반으로 이에 대한 시공성을 검토하기 위한 Mock-Up Test를 수행하였다.

Mock-Up Test는 1층 1경간 구조물을 대상으로 수행하였으며, 기둥을 연결하는 4개의 큰 보(Girder)와 큰 보 사이를 연결하는 1개의 작은 보(Beam), 총 5개의 보 부재를 시공하기 위한 탈형 보-데크 거푸집을 제작하여 설치하였다. 보 거푸집의 설치에는 일반 매립형 보-데크 거푸집 시스템과 마찬가지로 크레인을 통한 양중을 통해 위치를 잡고 가설 서포트(동바리)를 설치하여 고정하였다. 이후 슬래브용 데크플레이트를 설치하였으며, 최종적으로 콘크리트를 타설하는 것으로 시험시공을 마무리하였다. 보-데크 거푸집 설치에서 부터 콘크리트 타설까지 전체적인 시험시공 과정에서 특별한 문제 사항은 발견되지 않았다. 다만, 기존 재래식 기둥 거푸집과의 연결 시 틈이 발생하는 등의 부분에 대해서는 현장에서의 목공 작업을

통해 해결하였는데, 이를 보다 효율적으로 해결할 수 있는 방법에 관련한 연구가 추후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

시험 시공 시 최종적으로 개발한 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 변형을 측정하였으며, 측정 결과 최대 변형이 3mm 이내로 발생하는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 탈형 보-데크 거푸집 시스템은 충분히 A급 거푸집으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다(KDS, 2016).

6.2 탈형 보-데크 해체 Mock-Up Test

탈형 보-데크 거푸집 시스템의 시공성에 있어서 가장 중요한 부분은 거푸집의 해체과정이다. 따라서 이를 확인하기 위해 실제 현장에 시험 시공한 보-데크 거푸집을 해체하면서 해체과정의 문제점을 분석하였다.

해체과정은 동바리 해체, 볼트 제거를 통한 프레임 제거, 스페이서 연결부 분리, 데크 거푸집 제거의 순서로 진행되었으며, 해체과정에서 두 가지의 문제점을 도출할 수 있었다. 첫째 문제점은 거푸집 조립에 사용한 볼트와 탈형 스페이서 설치를 위한 볼트의 제원이 상이하여 볼트 제거에 많은 시간이 소요되었다는 것이었으며, 또 다른 문제점은 개별적으로 분리되어야 하는 데크 모듈이 한꺼번에 분리되어 낙하에 의한 안전상 문제를 야기할 수 있다는 점이다. 이러한 문제에 대해서는 추후 볼트의 제원을 통일하고, 순차적인 해체과정에 대한 가이드라인을 제시함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

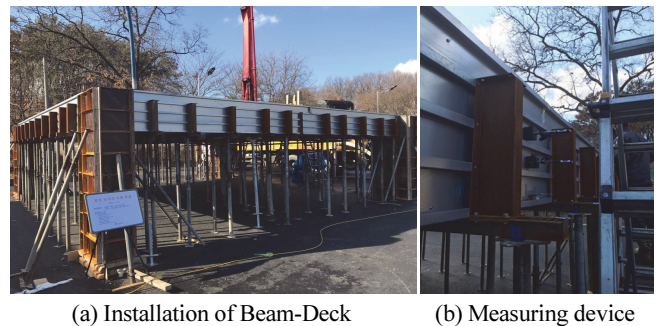


Fig. 11 Mock-Up Test and Measurement



Fig. 12 Removing process of beam-deck form

7. 결 론

본 연구에서는 데크플레이트를 사용하여 거푸집을 형성하고 콘크리트 양생 후 제거할 수 있는 탈형 보-데크 거푸집 시스템을 개발하는 것을 목적으로 콘크리트 측압에 대한 실험적 분석을 수행하였다. 또한, Mock-Up Test를 통해 개발된 거푸집 시스템에 대한 설치 및 해체에 대한 시공성을 분석하고, 보완해야 할 문제점을 도출하였다.

- 1) 실험결과 본 연구에서 개발한 탈형 보-데크 거푸집 시스템은 최대 변형이 측판에서 2.8mm 발생함을 확인하였으며, 이를 통해 탈형 보-데크 거푸집 시스템이 1급 거푸집으로 사용 가능함을 확인하였다.
- 2) 콘크리트 측압에 의한 데크 거푸집의 변형은 거푸집 전체 면이 보의 길이 방향에 대하여 휨 변형하거나 거푸집의 측판이 벌어지는 전체변형과 데크 모듈의 판요소가 국부적으로 변형하는 국부변형으로 구분할 수 있으며, 최종 변형은 전체 변형과 국부변형이 혼합되어 발생하는 것으로 확인되었다.
- 3) 탈형 보-데크 거푸집 시스템의 측압 저항 성능에 영향을 주는 주요 요소는 강판의 두께, 프레임의 간격, 타이의 수량과 위치, 탈형 스페이스의 수량과 위치인 것으로 확인되었다.
- 4) 앞서 도출한 영향요소를 고려하여, 1.2mm 강판을 800mm 이하의 간격의 프레임으로 지지하였을 경우, 최대 변형이 측판에서 2.8mm 발생함을 확인하였으며, 이는 1급 거푸집의 성능을 확보하는 것으로 판단된다.
- 5) 데크 거푸집 설치 시 기존의 재래식 공법과의 접합 및 데크 거푸집 간의 접합에 대한 효율적인 방안이 필요한 것으로 확인되었으며, 추후 이러한 보-데크 거푸집 시스템의 접합부에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.
- 6) 거푸집 해체 시 볼트를 제거하는 과정에 가장 많은 시간과 인력이 소요되었으며, 일부 데크 모듈이 한꺼번에 떨어지는 등의 문제가 발생할 수 있음을 확인하였다.

- 7) 시험 설치 및 해체과정에서 도출한 몇 가지의 문제점을 해결한다면, 본 연구를 통해 개발된 탈형 보-데크 거푸집 시스템은 기존의 재래식 거푸집 공법 및 매립형 보-데크 거푸집 시스템을 문제점을 해결할 수 있는 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(21CTAP-C164325-01)

References

1. ACI Committee 347 (2004), Guide to Formwork for Concrete(ACI 347-04), American Concrete Institute
2. KDS Committee (2016), Design Standard for Formwork and Support(KDS 21 50 00), Ministry of Land Infrastructure and Transport
3. Chung, J. H., Jung, H. S. and Choi, H. K. (2020), A Study on the Behavior of Removable Deck Plate System on Beam for Usability Assessment, *Proceeding of Korea Concrete Institute*, KCI, 32(1), 395-396.
4. Kim, T. H., Joo, J. K., and Kim, S. K. (2000), Proposal of Plan for the Deck Plate Slab Construction on Productivity Improvement, *Journal of Architectural Institute of Korea*, AIK, 16(12), 175-182
5. Jung, H. S., Son, D. H. and Choi, C. S. (2018), A Study on the Improvement of Performance and Workability of Long Span Deck Plate, *Proceeding of Korea Concrete Institute*, KCI, 30(2), 713-714.
6. Kim, J. Y., Choi, G. J., Park, S. K., Shin, Y. S., and Kim, B. J. (2021), Comparison of the Perception of Each Participant on Quality Control Factor of Form Work, *Journal of Korea Academy Industrial Cooperation Society*, KAIC, 22(4), 520-528.

Received : 09/24/2021

Revised : 10/18/2021

Accepted : 10/25/2021

요 지 : 최근 기존 재래식 거푸집 시스템의 다양한 문제를 해결하기 위하여, 데크플레이트를 거푸집으로 활용하는 방법이 개발되어 사용되고 있다. 이러한 데크플레이트 거푸집 시스템은 대부분 데크플레이트를 부재에 매립하여 영구 존치 시키는 방법으로 기존 거푸집 시스템에 비해 경제적이면서 시공성이 높다. 그러나 매립형 데크플레이트 거푸집 시스템의 경우 폭이 좁고 철근 배근이 복잡한 보와 같은 부재에 대해서는 콘크리트의 충진을 확인하기 어렵고 데크플레이트의 부식 등 시공 및 유지관리 측면에서 다양한 문제점이 있음이 보고되고 있다. 이에 본 연구에서는 보 부재 제작 시 콘크리트 양생 후 데크플레이트를 제거할 수 있는 탈형 보-데크 거푸집 시스템을 개발하고자 하였다. 본 시스템은 거푸집 역할을 수행할 수 있는 데크플레이트 모듈과 콘크리트 측압에 의한 변형을 막아주는 프레임과 선 배근되는 철망 그리고 이를 결합하는 접합부로 구성되어 있다. 연구결과 개발 시스템의 경우 시공성이 우수하고 콘크리트의 측압에 의한 변형을 효율적으로 막아주며, 손쉽게 제거가 가능함을 확인하였다.

핵심용어 : 거푸집 공법, 데크플레이트, 콘크리트 측압, 해체