하이폼데크 공법

The Method of Hi-Form Deck System

장극관* *Kug-Kwan Chang* 신운식** *Woon-Sik Shin* 심원보*** *Won-Bo Shim* 송성용**** *Sung-Yong Song* 이강석***** *Kang-Seok Lee*

1. 기술개발 배경

최근 국내 건설시장은 숙련공의 부족에 따른 공사비 상승과 공기가 늘어남으로써 콘크리트 공사의 경제성과 안전성에 많은 문제점이 발생되고 있어 숙련공 부족을 해소하고 시공 중의 안전성 향상에 기여할 수 있는 효과적인 거푸집 시스템의 개발이 시급히 요구되고 있다.

일반적으로 재래식으로 슬래브와 지하합벽 공사를 할 경우, 거푸집에 동바리등 가설재 설치 및 해체에 따른 인건비와 공기가 증가하는 문제점을 내포하고 있고, 기존의 철판데크를 사용한 슬래브 공사시에는 소음발생과 처짐 등 콘크리트 재료와 시공상의 문제로 균열이 발생되나 외견상 보이지 않기 때문에 하자보수가 불가능하다는 단점을 갖고 있다. 이러한 단점을 개선하여 재래식 슬래브와 지하합벽 공사에서는 동바리를 없애 가설재 설치를 최소화하고 철판데크를 개선하여 철판대신 합판을 사용함으로서 콘크리트의 하자부분에 대응을 할 수 있고 양생된 후 합판을 재사용할 수 있도록 하였다.

본 공법의 특징은 슬래브, 지하합벽, 계단, 내력벽체 부분에 가설재의 설치를 최소화하고, 철근작업을 공장 선제작 및 현장조립을 복합화 하여 〈그림 1〉에 나타내는 것처럼 품질, 원가절감, 시공성(공기단축), 안전성 등을 동시에 향상시킬 수 있는 합리적인 새로운 거푸집공법인 하이폼(Hi-Form) 공법을 개발하였다.

이 공법은 이미 특허를 취득하였고 2006년 6월에 신기술 493호로 지정받았으며, 연구개발과제로 건설교통부의 지정을 받아 진행 중에 있다.

* 정회원, 서울산업대학교 공과대학 건축학부 교수
kkch@snut.ac.kr
** 풍림산업주식회사 상무
*** (주)일호 개발연구소 소장
**** (주)다단안전기술사사무소 소장
***** 정회원, 한양대학교 친환경연구센터 연구조교수

2. 하이폼 공법의 적용

2.1 하이폼의 구성

하이폼 공법은 콘크리트 구조물의 거푸집과 무지주(無支柱)에 의한 현장타설 콘크리트 공법에 관한 것으로 거푸집은 코팅합판, 스냅타이, 웻지핀, 행거로 이루어진다.

현장 타설시 거푸집 내부에 철근트러스를 설치하고 이것을 스냅타이와 연결하여 굳지 않은 콘크리트의 자중을 지지하도록 함으로써 동바리를 사용하지 않는다. 그리고 콘크리트가 경화된 후에는 거푸집만을 해체하므로 시공시 사용된 철근트러스가 구조적인 하중을 받도록 계획하였다. 거푸집인 코팅합판에 작용하는 하중이 행거에 의하여 철근트러스로 전달되므로 거푸집 합판에 조립된 트러스철근이 조이스트 역할을 하여 전달된 하중을 지지하는 원리로서 슬래브의 구성은 〈그림 2, 3〉에, 지하외벽의 구성은 〈그림 3〉에 도시된 바와 같으며 하이폼를 구성하는 부속철물은 〈표 1〉에 나타내었다.

2.2 하이폼 공법의 시공순서 및 방법

하이폼 공법을 지하합벽 구간과 슬래브에 적용시킨 현장을 시공순서대로 정리하여 〈표 2, 3〉에 나타내었다.

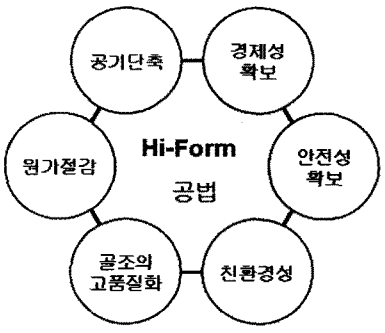


그림 1. 하이폼(Hi-Form) 공법의 특성

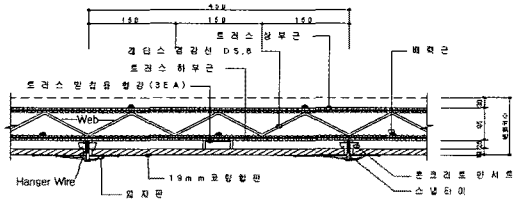


그림 2. 슬래브의 구성

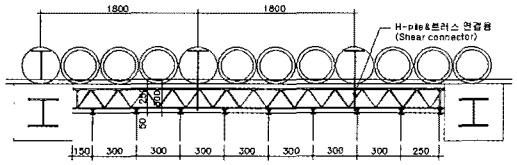


그림 3. 지하외벽의 구성

2.3 하이폼 공법의 사용효과

기존의 거푸집 설치 공법은 가설재를 사용한 지보공 공법으로 인력 및 자재가 모두 현장에 투입되어 시공되므로 공기를 단축시키기 어렵고, 배근된 상부철근 하부에 스페이서를 두어 고정시키지만 작업자의 부주의로 위치가 고정되지 않아서 구조설계자가 의도한 내력이 확보되지 않으므로 공사 목적물의 품질관리에 어려움이 많다. 또한 작업자의 고소작업이 많은 관계로 안전관리에도 많은 어려움이 상존하고 있다. 이에 비해 하이폼 공법은 가설재로 사용되는 코팅합판과 철근트러스가 설계단계를 거쳐 공장에서 가공되어 제작되므로 정확한 치수로 현장에 설치할 수 있으며 작업자로 인해 철근배근이 교란되지 않아 구조설계자가 의도한 내력확보가 용이하여 품질관리에 장점이 있다. 또한 철근트러스가 시공하중을 지지하므로 지보공을 줄여 가설재 사용을 최소화할 수 있으며, 주공정과는 별도로 공장에서 선제작하여 현장에서 조립설치하므로 시공이 매우 단순하며 공사기간을 획기적으로 단축할 수 있다. 환경적으로는 합판을 전용하여 사용 가능하므로 폐자재를 줄일 수 있어 자원 활용효과를 높일 수 있으며, 경제적으로는 자재비를 효과적으로 절감할 수 있다.

2.4 하이폼 공법의 적용사례

하이폼을 적용한 신축현장의 주요내용은 요약하여 〈표 4〉에 나타내었다.

3. 하이폼 공법과 기존 공법의 비교

하이폼 공법에서 슬래브는 많은 적용사례로 인해 자료가 축적되어 재래식 공법과 기존 철상데크 공법과의 비교가 가능하였지만 지하외벽은 적용사례가 많지 않은 관계로 기존 공법과의 비교가 되지 않았다.

표 1. 하이폼의 구성요소

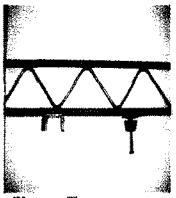
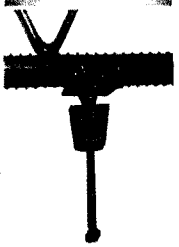
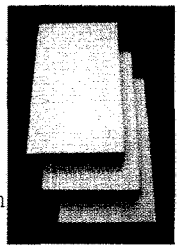
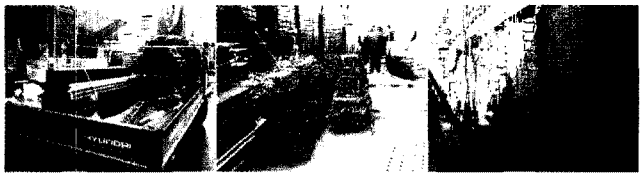
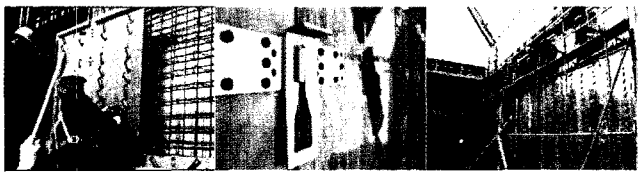
구분		내용	사진
철근트러스	용도	목제시스템 거푸집 공법 슬래브, 계단, 합벽용 철근트러스	
	특성	철근 상,하현재에 래티스 강선을 점용접하여 강성이 뛰어나고 품질이 균일하며, 시공성이 좋다.	
	치수	150 mm 간격 트러스, D5.8 래티스	
스냅타이	용도	철근트러스와 합판을 연결해주는 긴결재로서 세퍼레이터 기능도 있다.	
	특성	부착된 콘크리트 인서트로 합판과의 간격을 유지하면서 합판에 작용한 콘크리트 하중을 철근트러스에 전달하며 해체시 육각렌치를 이용하여 타이제거 후 경량철골천정틀의 지지용 철물로 영구사용	
	치수	Tie : Ø5.8, 콘크리트인서트	
코팅합판	용도	목제시스템 거푸집용, 거푸집 판넬재	
	특성	기존합판에 PET/PP 코팅 처리하여 슬래브면의 품질을 향상시키고 콘크리트와의 박리성이 좋으며 강성이 뛰어나 내구성이 증대되어 자재 전용율이 높다.	
	치수	두께 : 12 mm, 15 mm, 17 mm, 19 mm 규격 : 3′×6′, 4′×8′, 4′×9′, 4′×10′	
웻지핀	용도	긴결재(snap tie) 고정용 철물	
	특성	철근트러스의 스냅타이와 합판을 연결 고정시켜주며 웻지핀의 경사면을 이용하여 유격조정이 가능하며 시공성이 뛰어나다.	
	치수	ㅁ-150×58, 슬로트홀	

표 2. 하이폼덱 공법의 지하외벽 시공순서



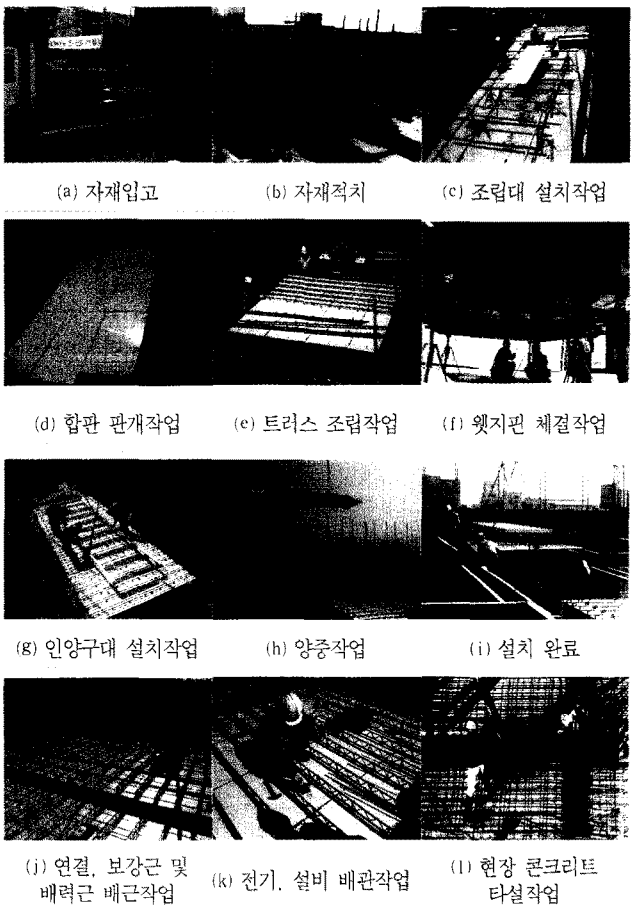
(a) 자재입고 (b) 자재적치 (c) 트러스근 설치를 위한 연결근설치

(d) 트러스근 조립 (e)수직철근 조립 (f) 트러스근 및 수직근 배근완료



(g) 벽체형틀 조립 (h)벽체형틀-클립접합 (i) 벽체형틀 완료 후 콘크리트 타설

표 3. 하이폼 공법의 슬래브 시공순서



(a) 자재입고 (b) 자재적치 (c) 조립대 설치작업

(d) 합판 판개작업 (e) 트러스 조립작업 (f) 웻지핀 체결작업

(g) 인양구대 설치작업 (h) 양중작업 (i) 설치 완료

(j) 연결, 보강근 및 배력근 배근작업 (k) 전기, 설비 배관작업 (l) 현장 콘크리트 타설작업

표 4. 하이폼덱 공법의 적용사례

No	위치	시공사	연면적	건물규모	구조	적용부위
1	강동구 암사동 414-2호 외 6필지	롯데 건설	1,131,210 m^2	지상 24 ~ 34층, 40개동 3,226세대	RC	지하1, 2층 및 지상1 ~ 5층, 옥탑층
2	영등포구 양평동 3가 46외 2필지	벽산 건설	52,277 m^2	지하 2층 지상 14층	RC	지하1층 및 지상1층 ~ 14층
3	구로구 구로동 197-5번지	삼성 중공업	46,628 m^2	지하 1층 지상 4층	RC	지하(1층), 지상(층)
4	종로구 사직동 54번지	풍림 산업	203,947 m^2	지하 4층 지상 14층	SRC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
5	부천시 오정구 삼정동 36-1번지	쌍용 건설	330,282 m^2	지하 1층 지상 13층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
6	대구광역시 북구 복현동 573-13번지	삼성 중공업	22,358 m^2	지하 2층 지상 11층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
7	강남구 역삼동 701-1번지	삼환 기업	21,505 m^2	지하 7층 지상 17층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
8	성남시 중원구 상대원동 190-1번지	SK 건설	196,562 m^2	지하 4층 지상 15층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
9	성동구 성수동2가 273-10	풍림 산업	8,362 m^2	지하 2층 지상 8층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 전체
10	구로구 구로동 197-28번지	벽산 건설	32,925 m^2	지하 2층 지상 13층	RC	지상층 : 전체 지하층 : 일부

3.1 공법간의 항목별 공사비 비교

하이폼 공법은 재래식 공법보다 거푸집 단가 및 설치손료 등이 추가되어 재료비가 약 46% 증가하는 것으로 산정되었으나, 철근 가공 조립의 불필요 등에 기인하여 전체 공사비 대비 약 29.2%가 절감되는 것으로 나타났다. 철상 데크인 슈퍼데크 및 페로데크과 같은 기존 공법에 대해서는 강재의 사용량이 감소함에 따라 재료비에서는 목제시스템 거푸집 대비 9 ~ 10% 절감되는 것으로 산정되었으며, 데크 플레이트 절단 및 설치 등과 같은 가공에 소요되는 인건비가 감소하는 것으로 산정되어 하이폼 공법의 적용시 10%정도의 공사비 절감 효과를 가져 올 것으로 판단된다. 하이폼 공법과 기존의 재래식 공법, 철상데크인 슈퍼데크 및 페로데크 공법 대한 공사비 비교결과는 〈표 5〉에 나타난 바와 같으며, 공사비 산출근거는 1 m^2당 단가로써 철근콘크리트 슬래브 두께는 150 mm 기준으로 하였으며, 거푸집 존치기간으로 인한 추가 간접비용(공기지연 등)은 고려하지 않았다.

3.2 공법간의 공사기간 및 노무인력 비교

하이폼 공법을 타 공법과 비교한 결과 재래식 공법에 비해 조립, 설치 기간 및 배근에 소요되는 기간 이 감소함에 기인하여 약 3일의 공사기간이 단축되는 것으로 측정되었으며, 기존 철상데크 공법에 비하여 용접 및 마구리면 부속자재 작업 공정이 없어 약 0.2일의 공기 절약 효과가 나타났다. 또한, 1인 8시간 작업을 기준으로 작업인력을 비교한 결과 필요 작업인력은 기존 철상 데크 공법과 유사한 것으로 나타났으나, 재래식 공법 대비 29 ~ 50% 이상의 인력 절감의 효과와 약 43 %의 공기절감 효과가 있음을 입증하였다. 공법간의 공사기간 및 작업인력의 비교는 〈표 6〉에 표시된 바와 같다.

4. 계단에 대한 하이폼 공법개발

계단에 대한 하이폼 공법은 슬래브 방식과 유사한 구조적 특성을 갖는 일방향 스래브 구조로 제작하여 계단참과 계단경사면을 동시에 시공할 수 있도록 절곡형 철근트러스 뿐만 아니라 계단의 챌판 및 옆판을 지상에서 동시에 조립하여 양중장비를 이용해 설치하는 시스템으로 현장에서 시공되는 순서를 〈표 7〉에 나타내었다.

5. 하이폼 공법의 전망

최근 국내의 건설현장은 3D 기피현상에 따른 고급 기능 인력 및 현장 노무 인력의 부족 및 노령화로 인해 공사 목적물의 품질

표 5. 공사비 산출근거

단위 : (원)

	품명	목제 거푸집 하이폼 단위	수량	단가	금액	재래식 수량	단가	금액
재료비	거푸집(3회)	m^2	1	29,608	29,608	1	1,249	1,249
	설치손료	식	1	300	300			
	동바리(3개월)	m^2	0.3	1,249	375			
	거푸집합판(3회)	m^2				1	5,723	5,723
	철근(보통철근)	m^2				1	13,723	13,723
	소 계			30,283			20,695	
인건비	거푸집 조립, 설치	식	1	3,915	3,915			
	거푸집 해체	식	1	4,570	4,570			
	동바리 설치	m^2	0.3	4,766	1,430	1	4,766	4,766
	철근가공조립	m^2				1	12,002	12,002
	거푸집	m^2				1	19,311	19,311
	소 계			9,915			36,079	
	합 계			40,198			56,774	
	대 비			70.8%			100%	
	적용사항	· 전용회수는 최소 3회를 기준으로 적용 · 강관동바리는 재래식공사의 30% 적용				· 철근량은 슬래브 1 m^2당 약 25 kg으로 산정		

	품명	철상 데크 슈퍼 데크 단위	수량	단가	금액	폐로 데크 수량	단가	금액
재료비	철상데크(할증5 %)	m^2	1.05	29,000	30,450	1.05	28,800	30,240
	배력철근(D 10, D 13)	kg	5	527	2,635	5	527	2,635
	절단자재	kg	5	527	2,635	0.025	2,443	61
	설치손료	식	1	259	259	1	259	259
	동바리(3개월)	m^2	0.3	1,249	375	0.3	1,249	375
	소 계			33,780			33,570	
인건비	데크 플래이트 절단	m^2	0.025	14,935	375	0.025	14,935	373
	데크 플래이트 설치	m^2	1	8,868	8,868	1	8,868	8,868
	동바리 설치	m^2	0.3	4,766	1,430	0.3	4,766	1,430
	소 계			10,671			10,671	
	합 계			44,451			44,241	
	대 비			78.3%			77.9%	
	적용사항	· 1000 m^2를 시공명적 기준으로 절단길이 250 m로 계상 → m^2 당 0.25로 적용 · 강관동바리는 재래식 공사의 30% 적용						

기준 : 2005년 표준품셈(건설연구원) 적용

표 6. 공사기간 및 작업인력 비교

공정	공법	하이폼댁 공법	재래식 공법	슈퍼 데크 공법	폐로 데크 공법
거푸집 (설치 + 해체)	1인당 시공량	62 m^2	30 m^2	60 m^2	60 m^2
	공 수 (명)	16.1명 (1000 m^2 ÷ 62 m^2/명)	33.3명	16.7명	16.7명
	공 기 (H)	128.8시간 (16.1명 × 8시간)	266.4기간	133.6시간	133.6시간
철 근	1인당 시공량	70 m^2	50 m^2	70 m^2	70 m^2
	공 수 (명)	14.3 명 (1000 m^2 ÷ 70 m^2/명)	20명	14.3명	14.3명
	공 기 (H)	114.4 시간 (14.3명 × 8시간/명)	160시간	114.4시간	114.4시간
거푸집 + 철근 (설치작업)		243.2 시간 (128.8 + 114.4)	426.4시간	248시간	248시간
1인당 작업량		243.2 ÷ 8 = 30.4 1000 ÷ 30.4명 = 32.9 m^2/명 (거푸집+철근+해체)	18.8 m^2/명 (거푸집+ 철근 + 해체)	32.3 m^2/명 (데크+ 철근)	32.3 m^2/명 (데크+ 철근)
1000 m^2 공사기간 (5인 기준)		6일	10.6일	6.2일	6.2일
공기 비교		57%	100%	58%	58%

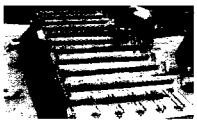
* 1인 8시간 작업 · 면적은 1000m^2, 단층 기준

표 7. 하이폼 공법의 계단 시공순서

(a) 합판과 트러스근 조립

(b) 합판과 트러스근 조립완료

(c) 계단옆판 조립



(d) 계단챌판 조립

(e) 조립된 계단 양중

(f) 계단 설치완료

저하와 인건비 상승이 동시에 나타나고 있으며, 관리측면에서는 현장관리상의 애로점과 안전사고의 문제점이 부각되고 있다. 따라서 가급적 현장작업을 축소해 현장인력을 줄여 안전사고의 위험에 노출되는 것을 막고, 고난이도가 요구되는 작업들을 단순화해 생산성을 향상시켜 공기단축을 할 수 있으며 공사목적물의 품질을 향상시킬 수 있는 기술이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

이러한 요구에 부응한 하이폼 공법은 많은 건설현장에서 사용될 수 있을 것으로 기대되며 특히, 바닥판이 모듈화된 고층빌딩 공사에서 공기단축 및 공사비 절감으로 큰 효과를 발휘할 것으로 본다.

참고문헌

1. 임남기 박신, 정상진, "슬립폼과 데크플레이트를 채용한 벽식 아파트의 적용성에 관한 기초적 연구", 대한건축학회논문집 구조계, Vol.20, No.6, 2004. 6, pp. 107 ~ 114.
2. 한남희, 이중국, 우운택, 박현수, 정란, "흙막이 구조물과 지하외벽 합성용 전단연결재의 단내력", 대한건축학회 학술발표논문집, 2002. 4, pp. 71 ~ 74.
3. 윤광섭, 홍원기, "슬래브형틀설계 표준화를 통한 고층건물의 공기단축공법 연구", 대한건축학회논문집 구조계, Vol.16, 2000. 6.
6. (주)일호, "하이폼데크(HI-FORM DECK)공법 구조설계편람", 대한건축학회, 2005. 6.
7. (주)제일테크노스, "제일트러스 덱크 구조설계편람", 한국강구조학회, 2005. 4.
8. (주)동양구조안전기술, "지프 데크(JIF DECK) 기술자료집", 제욱공업주식회사.
9. (주)해동슈퍼덱크, "슈퍼 데크(Super Deck) 설계편람", 1998.
10. 명화엔지니어링, "폐로 데크(Ferro Deck) 기술자료집"