

기초 및 바닥층 동시타설 공사의 개선방안 연구

An Improvement of Concurrent Placement of Footing and Slab Concrete

이 동 훈* 최 재 휘** 길 종 일*** 서 덕 석**** 김 선 국*****
 Lee, Dong-Hoon Choi, Jae-Hwi Kill, Jong-Il Seo, Deok-Seok Kim, Sun-Kuk

Abstract

The construction sites of small and medium buildings have small scale groundwork and the depth of excavation is often shallow. In this case, if the groundwork, girders, and ground slabs are built simultaneously by embedded assisting form rather than the existing conventional method to place concrete twice using the general form, we can expect to reduce the frame duration of the basement, resulting in cost savings. The existing embedded assisting form is restricted from use because there are cost problems with materials, labor costs, and with quality depending on the form's type. Therefore, this study is to provide an improved suggestion of building the groundwork, girders, and ground slabs simultaneously with Polystyrene by using the embedded assisting form. It also will compare the technique with existing methods of construction, and will verify its usefulness by evaluating each method of construction.

Keywords : Concrete Work, Concurrent Placement, Time Saving, Expanded Polystyrene

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설현장은 공사기간의 단축을 위하여 공정관리 및 공법 검토 등 다각적으로 노력한다. 모든 공정의 공기 단축을 위한 공법 선정과 관리가 필요하지만 외부 환경의 영향을 상대적으로 많이 받는 지하층 공사에서 그 중요성이 더욱 크다.

중소규모 건설현장의 기초공사와 지하층 골조공사는 일반적으로 기초부분을 먼저 타설·양생한 후, 되메우기, 1층 바닥 슬래브를 타설하는 순서로 진행된다. 그러나 2회에 걸친 타설 작업으로 인하여 공사기간이 길어지고, 기상상태가 좋지 않은 경우 그 영향은 더욱 커질 수 있다. 이런 경우 기초 및 지하층 공사의 되메우기와 1층 바닥 슬래브 완료시간 단축을 위한 공정관리 및 공법선정이 필요하다.

현재 적용 가능한 기초 및 바닥층 동시타설 공법들은 폐거푸집과 리브라스 거푸집을 이용한 매립식 공법¹⁾, 발포폴리스티렌 블록을 이용한 EPS공법²⁾이 있다. 그러나 폐거푸집을 이용한 매립식 공법은 자재수급이 불안하고 거푸집 조립에 의한 인건비 상

승, 다짐이나 되메우기가 불리하여 품질에 이상을 줄 수 있다. 또한 리브라스를 이용한 매립식 공법은 기성품으로 나와 있는 리브라스 거푸집이 없기 때문에 가공·조립하는데 시간과 인건비가 든다. 따라서 실제로는 매트기초에 콘크리트를 나누어 타설하기 위해 사용하는 경우나 옹벽시공 외에는 쓰이는 예가 드물다. EPS공법은 고가의 스티로폼 블록으로 성토해야하므로 자재비가 상승하여 일반 건축공사에서는 거의 사용하지 않는다. 이와 같이 기존의 적용 가능한 동시타설 공법은 공사절차와 시공이 복잡하고 자재비와 인건비 등의 원가가 증가하는 문제점들이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 기초 및 바닥층의 동시타설 공법들을 분석하고 개선방안으로써 발포폴리스티렌(스티로폼)을 매립식 거푸집으로 이용한 동시타설 공법을 제안하는 것이다. 본 공법은 기성의 저가 스티로폼을 이용하여 매립식 거푸집으로 사용하므로 공기단축과 원가절감이 가능하다. 또한 공사절차가 간소하고 시공이 용이하다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 효과적인 연구진행과 객관적인 결과도출을 위해 독립기초 또는 줄기초를 사용하는 일반건축물로 연구범위를 한정한다. 또한 기초와 지하층 골조공사에 적용되는 리브라스 거푸집과 폐거푸집을 이용한 매립식 공법은 스티로폼을 이용한 매립식 공법과 자재만 다를 뿐 공정의 절차가 같다고 가정한다.

* 경희대학교 건축공학과, 석사과정, (donghoon@khu.ac.kr)
 ** 경희대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자 (chjheda@naver.com)
 *** (주)유탑엔지니어링 대표이사
 **** 한라대학교 건축학부 교수, 공학박사
 ***** 경희대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 신원스틸, 리브라스, 2009, blog.naver.com/ryu707
 2) 동아E.P.S, EPS성토공법 시방서, 2009, www.dongaeps.com

본 연구는 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저 기존 공법의 종류를 알아보고 문제점을 도출한다. 그리고 관련문헌고찰을 통해 기존의 공법에 대한 연구를 분석한다. 다음으로 발포폴리스티렌을 매립형 보조거푸집으로 이용한 기초 및 지중보, 지하층 바닥 동시타설 공법을 소개한다. 기초 및 지하층 공사에서 적용 가능한 공법들의 공정 및 원가비교를 통하여 소개하는 공법의 효율성을 파악한다. 이후 공법별로 평가를 실시하여 정량화하고 우선순위를 도출하여 본 연구에서 제안하는 공법의 효율성을 검토한다.

위 연구진행 및 방법을 Flow Chart로 나타내면 다음 그림 1과 같다.

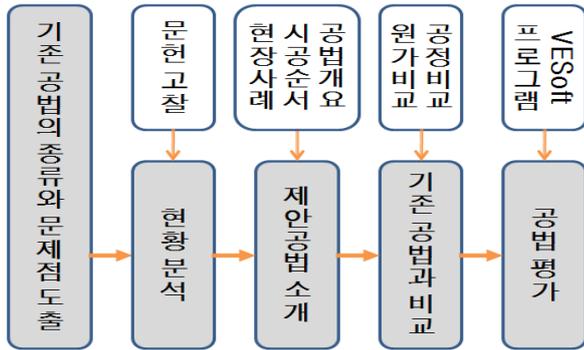


그림 1. 연구의 방법 및 절차

2. 현황분석 및 이론적 고찰

2.1 기존 공법의 종류와 문제점

그림 2에서 보는 것과 같이 기존의 공법은 콘크리트 타설 횡수에 따라 독립기초 및 지중보와 슬래브를 분리하여 타설하는 재래식 공법과 동시타설 공법으로 나눌 수 있다. 동시타설 공법에는 매립형 거푸집의 종류에 따라 리브라스 거푸집 매립공법과 폐거푸집 매립공법 그리고 EPS공법이 있다.



그림 2. 기존 공법의 종류

재래식 공법은 기초 타설 이후 양생하고 거푸집을 해체한 뒤 다시 콘크리트를 타설하므로 시공이 번거롭고 동시타설 공법에 비해 상대적으로 시간이 오래 걸린다. 또한 콘크리트 굳어짐기에 따라 이음부의 일체화가 저해되어 품질이 떨어진다.

동시타설 공법은 기초와 슬래브를 1회에 타설하기 때문에 양생 기간 등을 줄여 공사기간의 단축을 기대할 수 있다. 그러나 각 공법은 매립형 거푸집으로 사용되는 자재의 종류에 따라 다음과 같은 단점을 가지게 된다.

우선 리브라스를 매립형 거푸집으로 사용하는 경우 거푸집의 현장가공, 조립, 고정 및 설치 등에 숙련공이 필요하며 부자재 비용 및 단위단가가 높다. 또한 리브라스 거푸집의 특성상 콘크리트 타설시 가장자리 다짐작업에 숙련도가 요구된다는 단점이 있다.

폐거푸집을 사용하는 경우에는 자재의 수급이 원활하지 못할 수 있다. 폐거푸집을 취급하는 전문 업체가 없으므로 다른 현장에서 물건을 구해야 하고 비용이 발생할 수 있다. 거푸집 상태에 따라 보수작업이 필요하며 거푸집 조립에 따른 품의 과다지출 우려가 있다. 또한 거푸집 안쪽 면의 틀로 인하여 기초부분 쪽으로 틀이 있는 경우 콘크리트 타설 시 다짐이 불리하고, 기초부분 바깥 쪽으로 틀이 있는 경우 흙의 되메우기 에 어려움이 있다.

EPS공법의 경우 자재의 가공이 용이하고 수급이 쉬운 반면 기초와 지중보 뿐 아니라 슬래브의 아래에도 대형 스티로폼을 설치하기 때문에 스티로폼의 과다 투입으로 자재비가 상승하며 콘크리트 타설시 스티로폼의 부상에 의한 품질저하가 우려된다.

다음 표 1은 각 거푸집 매립식공법의 단점을 분석하여 간단히 비교한 것이다.

표 1. 기존 공법의 특징

구분	폐거푸집	EPS	리브라스	재래식
공기 단축	1회 타설로 공기단축	1회 타설로 공기단축	1회 타설로 공기단축	2회 타설
품질	거푸집 안쪽 면의 틀로 인한 다짐 불리	스티로폼 부상에 의한 품질저하 우려	가공, 설치, 콘크리트 다짐작업 숙련요구	이음부의 품질저하
원가	거푸집 조립에 따른 인건비 상승	스티로폼 자재비 상승	부자재 비용 고가	양호
안전성	양호	양호	양호	양호
Risk	자재수급 불안	보통	양호	양호

2.2 관련연구동향

기초공사에서 매립식 거푸집에 대한 연구가 소수 진행되었으나 대부분의 연구는 골조공사에서 시스템 거푸집의 활용방안에 대한 것이다.

남정민³⁾은 매립하여 사용할 수 있는 리브라스 거푸집에 대해 언급하고 있지만 페이스트 유출 경향의 파악과 방열 특성의 우수성에 초점을 맞추고 있다. 이기홍⁴⁾은 발포폴리스티렌을 이용한 EPS 성토공법을 제안한다. 그러나 고가교 시점부 Ramp 옹벽에 적용 가능한 공법들을 비교하며 EPS 공법을 언급하고 있으므로, 일반 건축물에 적용 시 공법의 특성을 알 수가 없다. 유담엔지니어링 사무소의 신기술 지정 제386호 관련 보호기간연장신청서(부록)⁵⁾에는 자사가 개발하여 특허를 낸 기성의 저가 스티로폼을 매립형 보조거푸집으로 이용한 기초 및 지중보 동시타설 공법에 대해 소개하고 있다. 그러나 매립식 거푸집으로 사용 가능한 폐거푸집 이용에 관한 비교가 없다. 또한 현장 공법 적용 시 관리자들의 평가를 정량적으로 분석한 내용은 없다. 전남대학교 토목공학과 지반공학 연구실의 보고서⁶⁾에서는 건축구조물의 기초 타설 시 스티로폼을 이용한 공법의 구조적인 타당성에 초점을 두어 검토하고 있다.

다음 표 2는 본 연구에 참고가 되는 관련 국내연구문헌을 정리한 것이다.²⁾

표 2. 관련 연구동향 분석

연구자	내용	비고
유담 엔지니어링 건축사 사무소 (2006)	스티로폼을 매립형 보조거푸집으로 이용한 기초 및 지중보 동시타설 공법을 소개	폐거푸집 이용에 관한 비교와 현장 공법 적용 시 관리자들의 평가를 정량적으로 분석한 내용은 없음
남정민 외 3인 (2004)	실험을 통하여 리브라스 거푸집 적용의 효용성을 검토	페이스트 유출 경향의 파악과 방열 특성의 우수성에 초점
전남대학교 토목공학과 지반공학 연구실 (2002)	건축구조물의 기초 콘크리트 타설 시 스티로폼을 이용한 공법에 대한 타당성 검토	구조적인 관점에서 검토
이기홍 (1996)	Ramp 옹벽의 기초에 발포폴리스티렌(EPS)을 이용한 초경량 성토공법의 적용을 검토	일반 건축물에 적용 시 공법의 특성 파악이 어려움

이와 같이 지금까지의 연구에서는 기초 및 지중보와 바닥슬래

브 동시타설에 관한 공법의 정량적인 사후 평가와 평가결과에 의하여 효용성을 검토한 연구가 없다.

따라서 본 연구는 기성의 저가 스티로폼을 이용한 기초 및 지중보와 바닥슬래브 동시타설 공법의 효용성에 대한 정량적인 데이터를 제공하고 실제현장에서 유용하게 활용하는데 기여할 것으로 예상된다.

2.3 발포 폴리스티렌의 성질

비드법 발포폴리스티렌은 국내에서 스티로폼으로 명명하고 있으며, 단위체적중량이 일반 토사의 약 1/100인 초경량재료이므로 취급과 시공성이 용이하다.

스티로폼은 합성수지의 발포제로 독립기포를 내장한 집합체이며, 그 기포 내에 물이 침투하지 못하므로 물의 흡수에 따른 재료 특성의 변화는 발생하지 않는다.

일반적으로 사용되는 거푸집의 원재료인 삼나무, 육송의 압축강도는 약 40N/mm², 44N/mm²이고, 휨강도는 약 57.6N/mm², 70.3N/mm²이다(건축재료학⁷⁾). 이는 스티로폼에 비하여 훨씬 크다. 그러나 전남대학교 토목공학과 지반공학 연구실의 연구 결과에 따르면 콘크리트를 타설하고 임시로 대어 놓은 거푸집을 해체한 후 토압에 견딜 수 있는 스티로폼에 의한 자립높이는 1.33m까지 가능하다. 되메우기 작업 시 충분한 다짐작업으로 되메우기 시료가 자립높이를 유지하고, 버팀대 지지간격을 1.4~1.5m, 임시거푸집 해체 후 바로 버팀대를 다시 설치한다면 스티로폼 자체의 압축강도가 있으므로 토압을 지지한다. 실험 결과, 스티로폼으로 보강된 성토지반의 높이가 1m 이내인 경우 약 6mm 이내의 변형이 발생하여 효과적인 시공이 가능하다고 말한다. 이상의 결과를 고려한 사용 가능한 스티로폼 재질의 기준은 두께 50mm, 밀도 20 kg/m³(비중 0.02) 이상이다.

표 3. 스티로폼의 물성비교표⁸⁾

항목	종류	비드법	비드법	비드법	비드법
		스티로폼 1호	스티로폼 2호	스티로폼 3호	스티로폼 4호
밀도(kg/m ³)		30 이상	25 이상	20 이상	15 이상
열전도율 (W/mk)	비드법 1중	0.036 이하	0.037 이하	0.040 이하	0.043 이하
	비드법 2중	0.031 이하	0.032 이하	0.033 이하	0.034 이하
굽힘강도 (N/mm ²)		0.35 이상	0.30 이상	0.22 이상	0.15 이상
압축강도(N/mm ²)		0.16 이상	0.12 이상	0.08 이상	0.05 이상
흡수량 (g/100cm ²)		1 이하			1.5 이하
연소성		3초 이내에 불꽃이 꺼져서 찌꺼기가 없고, 연소 한계지시선을 연소하지 아니할 것			

3) 남정민, 박우영, 이영도, 정상진, 리브라스 거푸집의 적용을 위한 실험적 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제4권 제4호, 한국건축시공학회, pp.103~108, 2004.12

4) 이기홍, 발포폴리스티렌(EPS)을 이용한 초경량 성토공법, 건설기술/쌍용, 제5권, 여름호, 쌍용건설기술연구소, pp.6~25, 1996.6

5) 유담엔지니어링건축사 사무소, 보호기간연장신청서(부록), 명칭: 발포 폴리스티렌(스티로폼)을 매립형 보조거푸집으로 이용한 건축구조물의 기초 및 지중보와 바닥슬래브 콘크리트 동시타설공법, 신기술지정 제386호, pp.1~161, 2006.6

6) 전남대학교 토목공학과, 발포 폴리스티렌(스티로폼)을 가 토류벽으로 이용한 건축구조물의 기초 및 지중보와 바닥 Slab Concrete 동시 타설 공법 연구보고서, pp113~212, 2002.10

7) 박도경, 건축재료학, 도서출판 서우, pp.421 발췌, 2006.7

8) KS 표준검색, 발포 폴리스티렌(PS) 단열재, 표준번호 KS M 3808, www.standard.go.kr

위의 표 3은 한국산업규격의 스티로폼 단열재 물성비교표로 밀도, 굽힘강도 및 압축강도 등을 나타내고 있다.

또한 유탑엔지니어링의 신기술 지정 제 386호 보호기간연장신청서에 따르면 스티로폼은 생물화학적으로 비독성, 비활성이기 때문에 매우 안정적이다. 발포제로 프레온가스가 아닌 탄화수소를 사용하기 때문에 오존층 파괴 등 환경에 대한 악영향이 적다. 그리고 토양 속에 매립시 안정적이기 때문에 메탄가스나 유기화합물의 발생이 없어 지하수에 의한 오염의 우려가 없다. 파쇄된 스티로폼은 토양과 섞여 배수와 통기가 좋아져 식물의 성장에 도움을 준다. 이러한 성질 때문에 퇴비나 원예용 토양에 첨가제로 사용하기도 한다. 따라서 스티로폼의 매립은 환경위해 위험이 없다고 판단된다.

3. 공법 소개

3.1 공법의 개요

본 공법은 발포 폴리스티렌(스티로폼)을 매립형 거푸집으로 사용하여 독립기초 및 지중보와 바닥슬래브를 동시에 타설하는 공법이다.

이는 종래의 독립기초와 지중보를 형성하기 위한 콘크리트 작업을 생략한 상태에서 되메우기 작업을 할 수 있으며 기초와 슬래브를 2회에 나누어 타설 했던 것을 동시에 타설하여 동일한 작업의 반복을 피할 수 있으므로 공기단축이 가능하다. 또한 기성의 저가 스티로폼을 이용하므로 자재 수급과 시공의 용이함, 자재비 절약의 이점을 가지고 있다. 그러나 스티로폼의 강도가 기존의 거푸집들에 비해 상대적으로 약하여 독립기초, 지중보 및 슬래브 바닥의 버림콘크리트를 타설하고 임시로 대어 놓는 거푸집을 해체하였을 때 토압에 의한 파괴가 발생할 수 있다. 따라서 유탑엔지니어링은 스티로폼 매립형 공법은 적용 가능한 기초 및 지하층 높이를 안전성과 스티로폼의 물성을 고려하여 1.2m로 제한하였다. 다음 그림 3은 스티로폼 매립형 공법을 도시한 것이다.

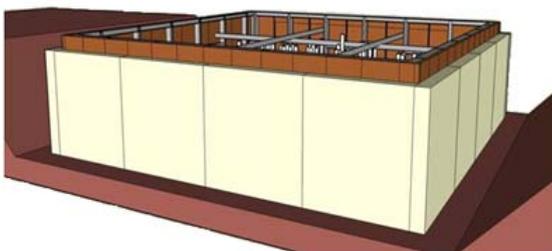


그림 3. 스티로폼 매립식 공법

3.2 시공 순서

발포 폴리스티렌(스티로폼)을 매립형 거푸집으로 사용하여 독립기초 및 지중보와 바닥 슬래브를 동시에 타설하는 공법은 다음과 같은 순서로 시공되고 이를 도시한 것은 그림 4와 같다.

- ① 터파기, 파일 항타 그리고 파일의 두부정리 등 선행공정을 실시한다.
- ② 스티로폼 설치위치 안쪽 바닥에 벽돌을 설치한다.
- ③ 벽돌위에 스티로폼 설치를 위한 거푸집을 설치한다.
- ④ 거푸집 지지대를 설치한다.
- ⑤ 스티로폼을 설치한다.
- ⑥ 되메우기를 실시한다.
- ⑦ 독립기초와 줄기초 및 슬래브의 버림콘크리트를 타설 후 거푸집을 해체한다.
- ⑧ 독립기초 및 지중보와 슬래브의 철근을 배근하고 외부거푸집을 조립한 후 동시에 타설한다.

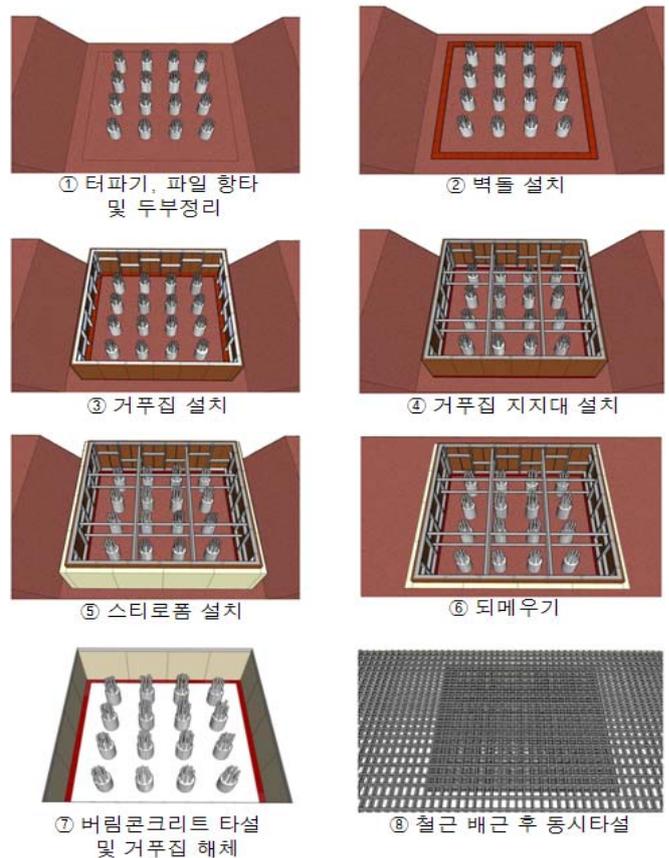


그림 4. 시공 순서도

3.3 현장 적용 사례

개선공법의 적용 현장은 약 50억 규모의 철근콘크리트조 7층 건물의 신축현장이다. 본 현장에서는 총 9개의 독립기초에 스티로폼을 매립형 거푸집으로 사용한 공법을 적용하였으며 독립기초

의 높이는 0.6m이다. 스티로폼의 가공성이 좋아 손쉽게 설치할 수 있었으며 버림콘크리트 타설 후 매립형 스티로폼 거푸집이 변형되거나 파괴되는 현상은 볼 수 없었다.

그림 5는 적용현장의 시공사진이다. 그림 a) 및 b)는 거푸집을 대고 스티로폼 설치를 완료한 모습이고 그림 c) 및 d)는 버림콘크리트 타설 후 거푸집을 해체한 모습이다.

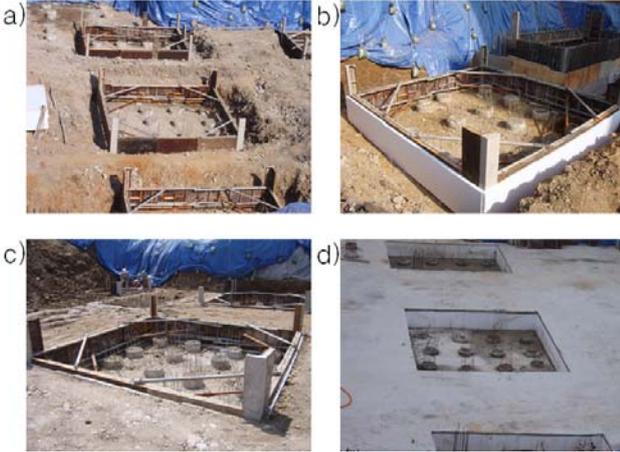


그림 5. 적용현장의 시공사진

거푸집 해체 후 스티로폼과 버림콘크리트가 견고하게 부착되었으며 기초 및 슬래브의 치수를 측정한 결과 오차 없이 시공된 것을 확인할 수 있었다.

4. 기존 공법과 비교

4.1 적용 가능 공법의 공정 비교

적용가능 공법의 공정비교에서는 공기단축 효과를 분석하기 위하여 각 공법의 공정 절차 차이점을 검토하였다. 크게 나누면 타설 횟수에 따라 동시타설과 분리타설에 의한 공기의 차이가 있다. 동시타설이 가능한 공법 중 EPS공법은 스티로폼 블록으로 성토하는 특성상 공정의 절차가 다른 공법과 달라 따로 분리하지만, 나머지 폐거푸집, 리브라스, 스티로폼을 이용한 매립식 거푸집 공법들은 자재만 다를 뿐 공정 절차의 차이가 없다. 다만 리브라스 거푸집은 사전에 미리 제작되었다고 가정한다. 따라서 적용가능 공법은 기존의 일반거푸집을 이용한 재래식공법에 의한 공정, EPS공법에 의한 공정, 그리고 폐거푸집, 리브라스 거푸집, 스티로폼을 이용한 매립식 공법에 의한 공정으로 나누어 생각해 볼 수 있다.

현장에서 적용 가능한 공법 적용시의 공정표를 그림 6과 같이 비교한다.

그림에서 알 수 있듯이 기존 재래식공법 적용 시 공사기간은

총 20일이 소요되며, 폐거푸집, 리브라스 거푸집, 스티로폼을 이용한 매립식 공법을 적용하였을 경우 16일이 소요되어 재래식 공법에 비해 4일을 단축할 수 있다. EPS공법은 성토 깊이가 얇은 본 현장의 특성상 스티로폼 블록들이 1층만 설치되면 되고, 가공 및 설치가 용이하므로 15일 만에 공사를 완료할 수 있다. 즉 동시타설공법 적용 시 공사기간은 분리타설 적용시의 75~80%수준으로 공기 저감효과가 있었다.

재래식(일반거푸집) 공법	
슬래브 콘크리트 타설	19~20
외부거푸집 조립	18~19
철근배근	17~18
슬래브 버림콘크리트 타설	16~17
되매우기	15~16
거푸집해체	14~15
양생	13~14
기초 콘크리트 타설	12~13
철근배근	11~12
기초 거푸집 설치	10~11
버림콘크리트 타설 (20일 소요)	1~10

EPS 공법	
기초/슬래브 콘크리트 타설	19~20
외부거푸집조립	18~19
철근배근	17~18
최상층 단차 보강 EPS 설치	16~17
연결편의 설치	15~16
인접 EPS 설치	14~15
제1층 EPS 설치	13~14
LEVELING 층의 바닥면 정리	12~13
LEVEL 검토, 설치위치 표시	11~12
(15일 소요)	1~11

스티로폼, 리브라스, 폐거푸집 매립식 공법	
기초/슬래브 콘크리트 타설	19~20
외부거푸집조립	18~19
철근배근	17~18
거푸집해체	16~17
기초/슬래브 버림콘크리트 타설	15~16
되매우기	14~15
자재 부착	13~14
기초 거푸집 설치	12~13
벽돌설치	11~12
(16일 소요)	1~11

그림 6. 적용가능 공법의 공정 비교

4.2 적용 가능 공법의 원가 비교

적용가능 공법의 원가비교에서는 기존의 재래식 공법에 들어가는 비용을 기준으로 하여 적용가능 공법들에 추가되는 비용을 알아보고, 원가를 비교하였다.

단, EPS 블록을 이용한 공법은 리브라스 거푸집, 폐거푸집, 스티로폼을 이용한 공법과 공정이 확연하게 달라 단순 비교가 어렵다. 또한 현장의 바닥면적 300m²에 기본규격(900×1800×600)의 EPS 블록만으로 비용을 산출한 결과, 블록의 추가 재료비(부자재 및 노무비 미포함)가 약 8,333,333원으로 다른 공법들에서 추가되는 품목들의 총 비용(스티로폼 거푸집 매립식 공법: 720,019원, 리브라스 거푸집 매립식 공법: 2,572,257원, 폐거푸집 매립식 공법:

2,606,116원)보다 월등히 크다. 따라서 EPS 블록을 이용한 공법은 제외하고 스티로폼, 리브라스, 폐거푸집을 이용한 공법들에 추가되는 품목들의 총비용을 비교하여 상대적인 원가 차이를 검토하였다.

다음 표 4는 스티로폼, 리브라스, 폐거푸집을 이용한 매립식 거푸집 적용 시 기존의 재래식 거푸집에 비해 추가로 들어가는 품목에 따른 비용을 산출한 것이다.

표 4. 재래식 공법에 비해 추가되는 비용

공법	품명	수량	금액	비고
스티로폼	벽돌	603	30,150	벽체 스티로폼 넣기 (단열재)기준
	스티로폼	64.8	299,246	
	보통인부	3,888	390,623	
금액총계			720,019	
리브라스	벽돌	603	30,150	합판 거푸집 기준 (설치·해체 포함)
	리브라스	54	243,000	
	각재	256	334,080	
	못	14.4	14,688	
	형틀목공	14.256	1,432,286	
	보통인부	7,776	518,053	
금액총계			2,572,257	
폐거푸집	벽돌	603	30,150	폐합판 사용으로 거푸집 비용 제외
	폐합판	51.39288	0	
	각재	1,896.048	593,480	
	철선	18.792	20,483	
	못	12.96	11,664	
	형틀목공	14.256	1,432,286	
	보통인부	7,776	518,053	
금액총계			2,606,116	

(할증율 및 경비는 고려치 않음)

3m×3m×0.6m 규격의 독립기초 9개에 각 공법 적용 시 추가 거푸집비용을 산출한다. 품과 부·자재는 대한건설협회의 08년 1월 표준품셈을 근거로, 자재 및 인건비 단가는 09년 8월 물가자료를 참고하여 작성한다. 리브라스거푸집과 합판거푸집의 인건비는 합판거푸집조립 인건비를 적용하며, 해체포함 단가를 적용한다. 해체작업이 필요 없으나 기초와 터파기 사면의 좁은 틈 사이에서의 작업을 고려하여 해체작업이 포함된 인건비를 적용한다. 스티로폼 설치도 인건비의 2배를 적용한다. 스티로폼 매립식공법의 거푸집 설치비용(720,019원)은 리브라스 매립식공법(2,572,257원)과 폐거푸집 매립식공법(2,606,116원)의 약 30% 수준으로 상대적으로 저렴한 것을 알 수 있다.

그림 7은 그림 6을 보기 쉽게 그래프로 표현한 것이다.

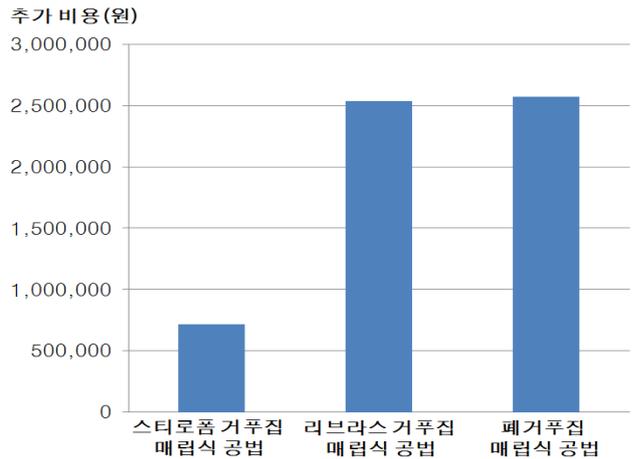


그림 7. 재래식 공법에 비해 추가되는 비용 비교

표 4, 그림 7을 통하여 스티로폼을 이용한 매립식 공법이 재래식 공법에 비해서 약 720,019원 만큼 비용이 더 들지만 리브라스와 폐거푸집을 이용한 매립식 공법에 비해서는 원가를 상당히 절감할 수 있음을 알 수 있다.

5. 공법별 종합평가

5.1 평가항목과 가중치 도출

평가항목과 가중치 도출에서는 보다 정량적인 공법의 평가를 위하여 VESoft 프로그램을 활용하였다. 우선 평가를 위한 항목을 도출하였으며 평가항목은 경제성, 시공성, 환경성, 내구성, 공기단축 및 안전성으로 기초 및 슬래브 거푸집의 필요요구 성능을 고려한 것이다.

자재비, 노무비, 경비 등 투입원가와 관련된 것은 경제성으로 작업 난이도, 숙련공 필요여부, 자재의 가공성 등은 시공성으로 통합하여 항목 간 중복되는 부분을 최소화 한다.

본 연구에서 제시하는 공법을 적용한 시공현장을 직접 관리한 전문가 10명이 5가지 항목별 중요도를 평가한다. 전문가는 소장급 5명, 과장급 2명, 대리급 3명인 총 10명으로 이루어져 있고, 표 5와 같이 점수를 19단계로 나누어 5가지 항목 중 두 가지씩 비교하여 체크한다.

중요도 평가를 통하여 표 6과 같은 가중치를 구하였다. 경제성이 35.2%로 가장 큰 가중치를 가지며 다음으로 공기단축, 시공성, 내구성, 환경성, 안전성 순으로 나타났다. 현장 실무를 맡고 있는 전문가들은 기초 및 슬래브 타설을 위한 공법의 경제성과 공기단축 효과를 가장 중요시 하고 있는 것으로 판단할 수 있다.

표 5. 항목별 유도 평가

평가항목	절대적중요		상당히중요		패 중요		약간중요		동등			약간중요		패 중요		상당히중요		절대적중요		평가항목
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
경제성					1		3	4	1		1									시공성
경제성				1	1	2	4	1			1									환경성
경제성						3	2	2	2			1								내구성
경제성						2	1	2	2	1	1	1								공기단축
경제성			1	2	3		1		1		1		1							안전성
시공성						2	2	2	1	1	1			1						환경성
시공성				2		1		1	1	2	1		1							내구성
시공성					1				1		3	2		1	1	1				공기단축
시공성			1		1	1			3	2		1	1							안전성
환경성							1	1		1		2	1	2	1					내구성
환경성								1	1	1		1	1	2	1					공기단축
환경성			1			2		2	2	1		1		1						안전성
내구성						1	1					1		2	3					공기단축
내구성				1		1	2	1	1	2		1	1							안전성
공기단축		1	1		2	1			1		1	1	1							안전성

표 6. 평가항목별 가중치

NO	평가항목	가중치
1	경제성	35.2 %
2	공기단축	24.9 %
3	시공성	14.4 %
4	내구성	11.0 %
5	환경성	8.1 %
6	안전성	6.6 %
R	계	100 %

5.2 평가항목별 결과

5가지 적용가능공법의 평가를 실시하도록 한다. 각 평가항목별 점수를 최저 1에서 최고 10까지로 하여 설문을 통해 평가하며, 평가점수의 평균을 산출하여 등급을 부여한다. 성능점수는 VESoft의 산출법을 이용하며, 가중치에 평가등급을

곱하여 10으로 나눈 값이다. 모든 항목의 평가 점수가 10인 경우 성능점수의 계는 100이 된다.

표 7과 같이 각 공법의 성능평가 결과 스티로폼 거푸집 매립식 동시타설공법이 82.1점으로 가장 높고, EPS 성토공법이 70.4점으로 다음을 차지하고 있다. 스티로폼 거푸집 매립식 공법은 경제성과 공기단축 항목으로 인하여 성능점수가 높음을 알 수 있다. 재래식공법의 경우 65.4점으로 가장 낮은 성능점수를 가진다. 이는 공기단축 항목에서 평가등급 4로 낮은 점수를 받은 것이 원인이다.

표 7. 항목별 평가

항목	평가등급[1~10] (성능점수)				
	스티로폼	EPS	리브라스	폐거푸집	재래식
경제성	9 (31.6)	6 (21.1)	6 (21.1)	6 (21.1)	8 (28.1)
시공성	8 (11.5)	8 (11.5)	5 (7.2)	7 (10.1)	6 (8.6)
환경성	8 (6.5)	7 (5.6)	8 (6.5)	5 (4.0)	8 (6.5)
내구성	5 (5.5)	7 (7.7)	9 (9.9)	8 (8.8)	7 (7.7)
공기단축	9 (22.4)	8 (19.9)	7 (17.4)	7 (17.4)	4 (9.9)
안전성	7 (4.6)	7 (4.6)	9 (5.9)	9 (5.9)	7 (4.6)
계	46 (82.1)	43 (70.4)	44 (67.9)	42 (67.3)	40 (65.4)

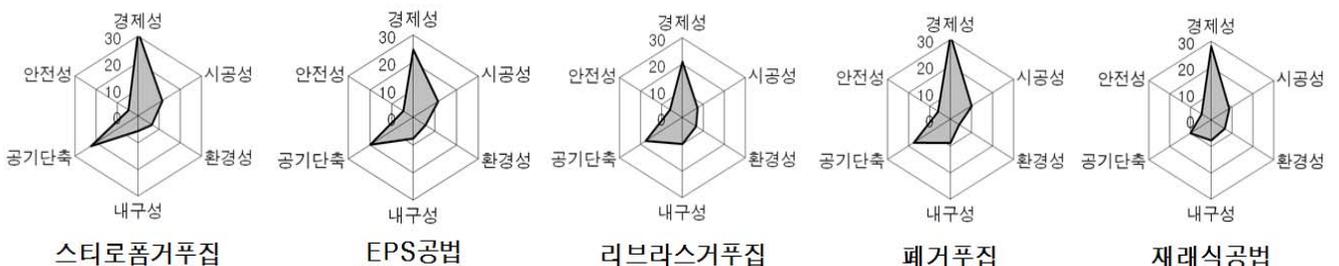


그림 8. 공법 평가 다이어그램

그림 8은 표 7에서 보이는 결과를 다이어그램으로 표현한 것이다. 육각형의 각 꼭지점에는 6개의 평가항목을 나타내고 있으며 육각형의 각 모서리는 10단위로 점수가 표기되어 있다. 평가항목 별로 각 점수에 해당되는 점을 이어서 그려진 다각형으로 각각의 공법을 평가한다.

다이어그램 결과를 보면 스티로폼을 매립형 거푸집으로 이용한 동시타설공법이 경제성, 공기단축, 시공성에서 다른 공법보다 우수하다는 것을 알 수 있다.

6. 결 론

본 연구에서는 발포폴리스티렌을 매립형 보조거푸집으로 이용한 기초 및 지중보와 바닥슬래브 콘크리트 동시 타설공법을 제안하였다. 그리고 기존의 공법들과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 공법은 재래식공법을 적용하는 경우보다 공사기간을 단축할 수 있다. 현장적용 결과 20일에서 16일로 4일정도의 공사기간이 단축되는 것을 볼 수 있다. 즉, 동시타설하는 본 공법은 소규모 현장에 적용 시 분리타설하는 재래식 공법보다 약 20%정도의 공기절감 효과를 확인하였다.
- 2) 리브라스거푸집 매립식 공법과 비교하여 가공공정이 없어서 작업이 용이하고, 숙련공이 필요하지 않다. 따라서 시공성이 우수하다. 또한 가공 및 설치 시 추가로 들어가는 비용이 현장적용 결과 리브라스를 이용한 공법에 비해 1,852,238원 더 저렴하기 때문에 경제성에서 우수하다.
- 3) EPS 공법과 비교하여 현장의 바닥면적 300m²에 기본규격(900×1800×600)의 EPS 블록만으로 비용을 산출한 결과, 블록의 추가 재료비(부자재 및 노무비 미포함)가 약 8,333,333원이다. 이는 스티로폼을 거푸집으로 이용한 매립식 공법이 재래식 공법에 비해 추가되는 비용이 720,019원임을 감안하면 월등하게 큰 금액이다. 따라서 본 공법은 EPS 공법과 비교하여 경제성이 우수하다.
- 4) 폐거푸집 매립식 공법에 비해 자재 공급이 용이하고 같은 현장에서 원가를 비교하여 볼 때 1,886,097원의 절감효과가 있다. 이는 폐거푸집 매립식 공법이 거푸집 보수작업과 조립에 따라 폼이 커지기 때문이다. 그리고 스티로폼은 물리·화학적으로 비독성, 비활성이기 때문에 매립 시 유해가스 방출이 없고, 물과 반응 시 용해나 화학적 반응이 없다. 따라서 환경적인 측면에서 볼 때 폐거푸집보다 유리하다.

기성 스티로폼을 이용한 기초 및 지중보와 바닥슬래브 동시타설 공법은 경제성, 시공성, 환경성, 공기단축 등 여러 측면에서

기존의 공법들보다 우수하나 기초의 깊이가 깊은 현장에서는 적용이 불가능하다는 단점이 있다. 그러므로 추후에 지반의 성질, 터파기 깊이, 토압의 영향, 스티로폼의 종류 등을 고려하여 공법의 개선을 위한 연구가 필요하다.

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임.(No.2009-0063383)

참 고 문 헌

1. 건설공사표준품질, 대한건설협회, 2008.1
2. 남정민, 박무영, 이영도, 정상진, 리브라스 거푸집의 적용을 위한 실험적 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제4권 제4호, 한국건축시공학회, pp.103~108, 2004.12
3. 동아E.P.S, EPS성토공법 시방서, 2009, www.dongaeps.com
4. 물가정보, 한국물가정보, 2009.8, www.kpi.or.kr
5. 박도경, 건축재료학, 도서출판 서우, pp.421 발췌, 2006.7
6. 신원스틸, 리브라스, 2009, blog.naver.com/ryu707
7. 유탄엔지니어링건축사 사무소, 보호기간연장신청서(부록), 명칭: 발포 폴리스티렌(스티로폼)을 매립형 보조거푸집으로 이용한 건축구조물의 기초 및 지중보와 바닥슬래브 콘크리트 동시타설공법, 신기술 지정 제386호, pp.1~161, 2006.6
8. 이기홍, 발포폴리스티렌(EPS)을 이용한 초경량 성토공법, 건설기술/쌍용, 제5권, 여름호, 쌍용건설기술연구소, pp.6~25, 1996.6
9. 전남대학교 토목공학과, 발포 폴리스티렌(스티로폼)을 가 토류벽으로 이용한 건축구조물의 기초 및 지중보와 바닥 Slab Concrete 동시 타설 공법 연구보고서, pp.113~212, 2002.10
10. 표준시방서, 대한주택공사, pp.199, 2000
11. KS 표준검색, 발포 폴리스티렌(PS) 단열재, 표준번호 KS M 3808, www.standard.go.kr

(접수 2009. 10. 6, 심사 2009. 11. 20, 게재확정 2009. 11. 27)

요 약

중소규모 건축물의 시공 현장은 기초의 크기가 작고 터파기 깊이가 얇은 경우가 많다. 이런 경우 일반 거푸집을 이용하여 2회에 걸쳐 타설하는 기존의 재래식 공법보다 매립형 보조거푸집을 이용하여 기초 및 지중보와 바닥슬래브를 동시에 타설하는 공법을 사용하면 지하층 골조공기의 단축과 그에 따른 원가절감을 기대 할 수 있다. 기존의 매립형 보조거푸집은 거푸집의 종류에 따라서 자재와 인건비에 따른 원가, 품질상의 문제들이 있기 때문에 사용에 제약이 있다. 따라서 본 연구에서는 개선방안으로써 발포폴리스티렌을 매립형 보조거푸집으로 이용한 기초 및 지중보와 바닥슬래브 콘크리트 동시 타설공법을 제안하고, 기존의 공법들과 비교하며, 공법별 평가를 통하여 효용성을 검증하고자 한다.

키워드 : 콘크리트공사, 동시타설, 공기단축, 발포폴리스티렌
