

PF/R 공법의 문제점 분석을 통한 개선방안에 관한 연구

A Study on the Improvement of the Prefab Form Re-Bar Method

최형규^{*}, 서요셉^{*}, 박근준^{**}, 조영준^{***}
Choi, Hyoung-Kyu, Suh, Joseph, Park, Keun-Joon, Cho, Young-Jun

요약

거푸집공사는 전체 건설공사에서 매우 큰 비중을 차지하고 있는 공종이다. 해외에서는 거푸집 공법과 관련하여 연구 개발이 활발히 이루어지고 있고, 다양한 공법도 개발되고 공사비 절감노력이 이루어지고 있으며, 국내에서도 다양한 시도가 이루어지고 있다. 그러나 새로운 거푸집 공법에 대한 체계적인 연구가 부족하여 현장적용에 어려움이 있고, 특히 거푸집 공법의 일종인 PF/R 공법이 건설현장에서 적용되고 있으나, 일부 문제점들이 지적되고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 PF/R과 기존의 거푸집 공법과의 비교분석을 통해 문제점을 도출하고 해결방안을 제시하였다.

키워드: PF/R, 거푸집 공법, 공사기간, 시공량

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라 공동주택 건축비는 영국·미국과 비교했을 때 각각 1.2배, 1.1배가 되는 것으로 나타났다. 또한 거푸집 공사 부분은 전체 건축공사비의 1/10, 전체 골조공사비의 1/3 이상, 그리고 전체공기의 1/4을 차지하는 것으로 조사된 바 있다. 전체 공사의 큰 비중을 차지하고 있는 거푸집 공법의 개발을 통해 공사비 절감을 위한 노력이 불가피한 상황이다. 외국의 경우 새로운 공법을 개발을 위한 연구와 개발이 활발히 이루어지고 있는 반면 우리나라에서는 새로운 거푸집공법에 대한 연구가 부족한 실정이다.

Prefab Form Re-bar(이하 PF/R) 공법은 건설현장에서 진행되는 대부분의 공정을 공장 또는 건설현장에서 미리 조립하는 선 조립(Prefab) 공법이라 할 수 있다.

본 연구에서는 PF/R과 기존의 거푸집 공법과의 비교분석을 통해 문제점을 도출하고 PF/R 공법의 개선방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 거푸집 공법의 일종인 PF/R 공법에 한정하여 연구를 진행한다.

본 연구는 다음과 같이 진행한다.

PF/R 공법의 기초적 지식의 습득을 위해 개념 및 특징을 이해하고 시공순서를 통한 시공방법 및 공사단계의 주요내용을 검토한다. 또한 타공법과의 특성, 공사기간, 공사비, 시공량을 비교한 후 현장조사를 통한 PF/R 공법의 문제점 및 개선사항을 도출해낸다. 문헌조사는 거푸집 공사 관련 문헌과 PF/R 관련 문헌, 시방서, 공개된 자료 등을 토대로 개선방안을 제시한다.

2 이론적 고찰

2.1 PF/R 공법의 개념 및 특징

작업현장에서 진행되는 대부분의 형틀 작업과 철근배근 작업 등 대부분의 공정을 공장에서 미리 제작하는 선 조립 공법으로 기존공법과 다르게 철근 배근과 거푸집용 합판을 일체화시켜 공장에 주문해 제작하는 신개념 공법이다.

현장작업의 최소화로 인한 효율적 인원관리 및 작업능률 향상으로 인한 안전관리의 용이, 공업화·자동화 생산에 따른 다단계 검수과정에 인한 품질관리의 용이, 효율적인 공정 관리에 의한 공기단축 그리고 설치·해체가 간단해 공기·인건비의 절감으로 인한 원가절감 등의 큰 특징이 있다.

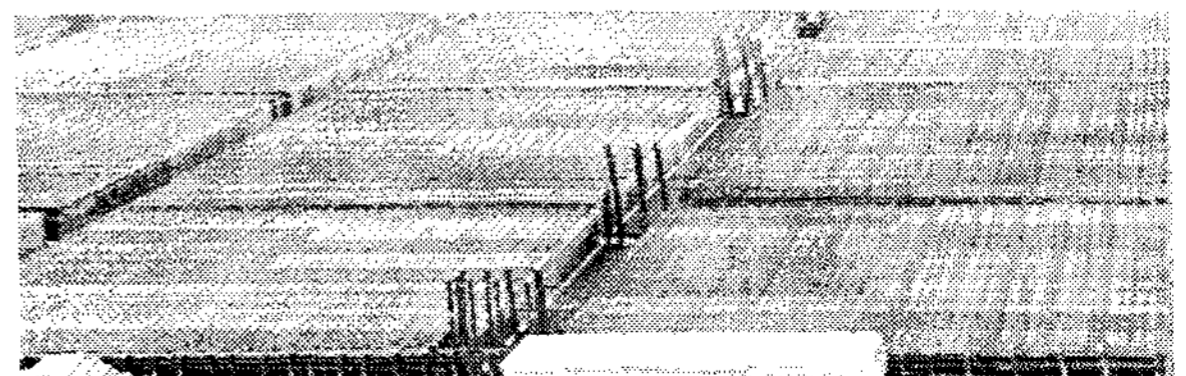


그림 1. PF/R 공법 시공모습

* 학생회원, 호서대학교 건축공학과, 4학년, pinanee@naver.com, soguril@hotmail.com
**일반회원, 호서대학교 건축공학과 교수, 공학박사, jjsus@office.hoseo.ac.kr
*** 중신회원, 중부대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신저자), claimz@hanmail.net

2.2 PF/R 공법의 시공

건축, 구조 관련 설계도서 및 구조계산 등을 자재 현장반입 최소 3주전에 수령해 구조계산, 생산 계획 및 물량을 산출해 의뢰서 작성 후 제품생산, 품질검사 그리고 현장시공에 맞게 제품을 출하하게 되며, 그 흐름도를 살펴보면 그림 2와 같다.

시공계획에 의해 현장에 제품을 반입하게 되고 타워크레인을 이용해 양중 후 고정못 작업 및 연결근 작업을 실시한다. 콘크리트 타설, 양생한 후 볼트 워셔를 제거해 거푸집 탈형을 실시하며 그림 3과 같다. 해체면에 남은 연결부 구멍은 차후 달대용 인서트로 활용할 수 있다.

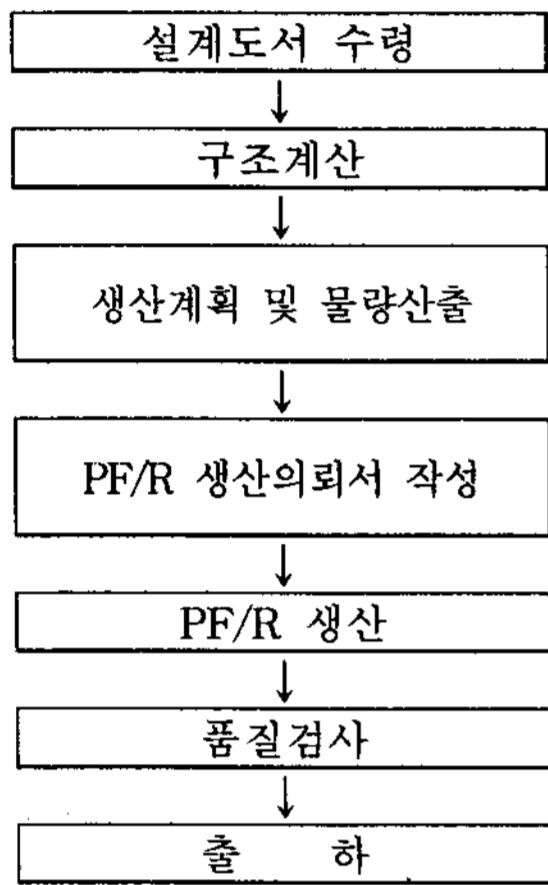


그림 2. PF/R 슬래브 제작 흐름도

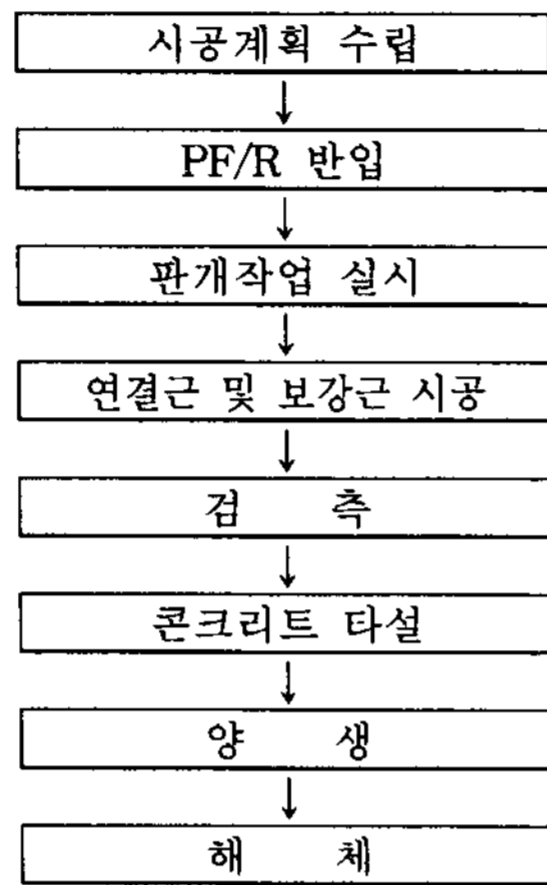


그림 3. PF/R 슬래브 시공흐름도

2.3 PF/R 공법의 문제점

거푸집 판개 후 시공성의 저하를 야기할 수 있는 합판간 단차의 발생, 시간이 지남에 따라 부식, 파손되어 재사용에 제한이 있는 기존 내수합판, 공장 제작에 있어 작업 인부에 의한 수동적 생산, 타워크레인 사용의 전용시간 확보, 일정 규격 이상의 판재에 있어서 운반비의 상승 등의 문제점 및 개선되어야 할 사항이 발생하게 되는데 위 문제점에 대한 사항은 개선방안에서 언급하도록 한다.

3. 기존공법과의 비교

3.1 PF/R 공법 & 일체형 DECK

3.1.1 특성

표 1과 같이 PF/R 공법의 경우 공장 선 조립 완제품으로써 현장 반입 후 단순 연결근 작업만을 요구함으로써 시공속도가 빠른 반면, 일체형 DECK의 경우 주근트러스 및 하판의 반제품으로서 현장 반입 후 연결근 및 배력근 작업을 필요로 한다는 차이점이 있다. PF/R공법은 별도의 하판 탈형 작업을 필요로 하고 일체형 DECK는 하판 해체 작업이 필요하지 않다는 장점이 있지만 배력근 작업으로 인한 공

사기간의 차이를 감할 수 있는 정도의 기간은 아니다. 또한 전자의 경우 거푸집 하판의 탈형 후 기존의 너트 구멍을 달대용 인서트로 활용할 수 있다는 장점이 있는 반면 슬래브의 규모가 커질 경우 운반비가 상승한다는 단점이 있다.

표 1. PF/R & 일체형 DECK 특성비교

구분	PF/R	일체형 DECK
제작	공장 선 조립 완제품	주근트러스 및 하판의 반제품
양중 / 설치	1스팬 일체형구조 반입과 동시 설치	양중 후 판개
현장철근	단순 연결근 작업	연결근 및 배력근 작업
장단점	하판 탈형 후 너트를 달대용 인서트 활용	데크 아연판의 변형 및 하자 발생 우려

3.1.2 공기

PF/R과 일체형 DECK의 공기비교로서 표 2와 같이 PF/R의 경우 양중과 동시에 설치가 이루어지는 반면 일체형 DECK의 경우 양중, 판개 및 임시용접을 행해야 한다.

현장에서 단순 연결근 작업만을 요구하는 PF/R 공법에 비하여 일체형 DECK는 연결근 및 배력근 작업을 반드시 필요로 한다.

전체 공정을 비교해 보았을 때 PF/R 공법이 일체형 DECK 보다 2일, 약 22%의 공기가 단축된다.

표 2. PF/R 공법과 일체형 DECK의 공기 비교

구분	1일	2일	3일	4일	5일	6일	7일	8일	9일
기둥철근	■								
보형틀		■							
양중, 설치, 판개			■	■					
보철근					■				
연결근, 배력근						■	■		
기계, 전기								■	
콘크리트 타설									■

■ : PF/R 공법 ■ : 일체형 DECK

3.2 PF/R 공법 & 재래식 공법

3.2.1 공사비

대부분의 공정이 공장 또는 건설현장에서 미리 선 조립하는 PF/R 공법은 표 3과 같이 현장 반입 전 전체 공사비용의 90%이상이 소요되며 현장 반입 후에는 단순 연결근 작업 비용만이 소요된다. 이에 비해 재래식 공법은 현장반입 전 거푸집 비용과 현장반입 후 동바리 설치비용 등 공사현장에서의 자재비가 포함되며 전체적 합계로 비교했을 때 PF/R 공법이 재래식 공법보다 약 10%의 공사비가 절감된다.

표 3. PF/R & 재래식 거푸집 공사비 비교

(1,500㎡ 기준)

공정	품명	PF/R			재래식		
		수량	단가(원)	금액(천원)	수량	단가(원)	금액(천원)
현장반입전	선 조립 철근	24,000kg	480	11,520			-
	선 조립철근 조립	24,000kg	180	4,320			-
	거푸집	1,500㎡	15,500	23,250	1,500㎡	16,000	24,000
	소계			39,090			24,000
현장반입후	동바리 설치			-	1,500개	2,000	3,000
	현장조립 철근	6,000kg	480	2,880	28,500kg	480	13,680
	현장조립 철근 조립	6,000kg	220	1,320	28,500kg	220	6,270
	소운반 잡자재 등				1		1,000
소계			4,200			23,950	
합 계				43,290			47,950

○ 면적 1,500㎡ 기준(PF/R 1일 평균 작업량)
○ 철근 단가 480원/kg 기준(2005년 11월 기준)

3.2.2 시공량

3.2.2.1 형틀공사 시공량

표 4와 같이 1,500㎡ 기준 PF/R 공법과 재래식 공법의 형틀공사에 대한 비교로 공장에서의 선 작업을 필요로 하는 PF/R 공법은 합판 제작·보수에 1인이 필요한 반면 재래식 공법은 모든 공정이 공사현장에서 이루어지므로 현장작업 전에 인력을 필요로 하지 않는다. 공사현장의 작업인원에서 PF/R과 재래식은 큰 차이를 갖게 된다. 지그거치원, 판개된 슬래브를 보에 고정시키는 작업인 고정못 작업 등에 13명의 작업인원이 필요로 하는 PF/R 공법과는 달리 모든 자재의 반입과 공정이 현장에서 직접 이루어지는 재래식 공법은 약 30명의 작업인원을 필요로 하게 된다. 이에 1,500㎡의 면적을 작업하는 인원은 PF/R 14명, 재래식 30명을 필요로 하게 되며, 1인시공량 산정 시 각각 107.1㎡, 50㎡로 시공량은 PF/R 공법이 재래식 공법에 비해 두 배 이상이 된다.

표 4. PF/R & 재래식 형틀공사 시공량 비교

(1,500㎡ 기준)

구분	단위	PF/R	재래식 공법
공장작업인원	명	합판 제작 및 보수	1
현장작업인원	명	지그거치원	2
		판개작업원	3
		고정못 작업	4
		합판해체	4
공장+현장	명	14	30
1인 시공량	㎡	107.1(1,500÷14)	50

○ 면적 1,500㎡ 기준(PF/R 1일 평균 작업량)
○ 합판 전용횃수 최소 3회 기준 ○ 합판 제작 및 보수 인원 3명

3.2.2.2 철근공사 시공량

형틀공사와 같은 기준으로 철근공사의 시공량에 관한 비교이다. PF/R의 철근 절곡, 트러스·너트 용접, 트러스와 합판 조립 등의 공장작업에 10인이 1일 3,300㎡를 가공·조립

한다. 1,500㎡ 기준으로 하였을 시 4.55명의 작업인원이 공장 작업에 필요로 하고 현장에서는 단순 연결근 작업으로 동일 기준 면적에 12.5명을 필요로 하므로 공장과 현장작업에서의 총 인원은 17.05명이 되며 1인 시공량은 1일 87.98㎡이다. 재래식 공법의 경우 현장에서의 모든 작업인원은 대략 37.5명이며 1인 시공량은 40㎡로 철근 공사에서의 1인 시공량 또한 PF/R 공법이 재래식 공법의 두 배 이상이 된다.

표 5. PF/R & 재래식 철근공사 시공량 비교

(1,500㎡ 기준)

구분	단위	PF/R	재래식 공법
공장작업인원	명	철근 절곡 트러스 용접 너트 용접 트러스+합판 조립	4.55
현장작업인원	명	연결근 작업	12.5
공장+현장	명	17.05	37.5
1인 시공량	㎡	87.98(1,500÷17.05)	40

○ 면적 1,500㎡ 기준(PF/R 1일 평균 작업량)
○ PF/R 공장 10인 1일 3,300㎡ 가공/조립, 1,500㎡ 기준 1:330=X:1500 X=4.55
∴ 1,500㎡ 작업에 공장작업인원 4.55명

3.2.2.3 총 공기

면적 1,500㎡, 1인 1일 8시간 작업한다는 기준 하에 형틀공사와 철근공사의 총 공기에 대한 비교는 표 6과 같은 과정에 의거 재래식 공법이 100%로 산정 시 PF/R 공법은 52.7%로 1/2가량으로 나타났다.

표 6. PF/R & 재래식 철근공사 시공량 비교

(1,500㎡ 기준)

구분	단위	PF/R 공법	재래식 공법
형틀공사	H	112 (14×8H)	240 (30×8H)
철근공사	H	136.4 (17.05×8H)	300 (37.5×8H)
형틀+철근	H	248.4	540
해체	H	100	120
계	H	348.4	660
공기비교	%	52.7%	100%

○ 면적 1,500㎡ 기준(PF/R 1일 평균 작업량) ○ 1인 1일 8시간 작업 기준

4. PF/R 공법의 개선방안

현재 시공되고 있는 PF/R 공법은 합판간 단차가 발생하거나 전용횃수가 줄어들어 등의 문제점이 제기되고 있다. 본 절에서는 개선되어야 할 사항을 다음과 같이 제시하고자 한다.

4.1 합판간 단차 해소

거푸집 판개 후 시공성의 저하를 야기할 수 있는 합판간 단차의 방지를 위하여 그림 4와 같이 기존의 와셔를 확대·고정하여 제품을 생산하는 방법과 합판간 맞댐 부위의 유격발생의 방지를 위해 고정철물을 이용하여 접합하여야 할 것이다.

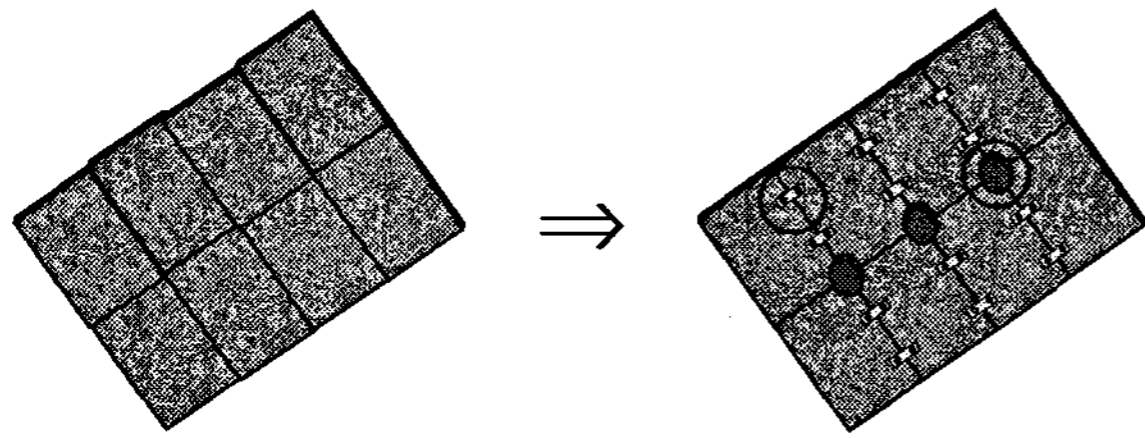


그림 4. 합판간 단차 발생에 따른 개선방안

4.2 플라스틱 합판 적용

기존 내수합판 거푸집의 경우 시간이 지남에 따라 부식, 파손 등으로 인해 약 3~5회 정도 재사용 할 수밖에 없지만 기존의 내수합판을 플라스틱 합판으로 대체한다면 재사용 전용 횟수를 극대화할 수 있을 것이다.

표 7. 기존내수 합판과 플라스틱 합판의 전용횟수

(600×1200mm)		
구 분	가 격(원)	전용횟수
기존 내수 합판	4,000	3~5회
플라스틱 합판	10,000~30,000	30~50회

4.3 제작의 자동화

건설 현장에 따른 거푸집 합판 크기의 규격화가 어려운 상황에서 신공법인 PF/R 공법의 거푸집 제작의 경우 공장에서 작업 인부에 의한 수동적 생산의 문제점이 따르게 되는데 기존 기계의 개조, 전용기계의 개발이 이루어진다면 제작시간의 단축, 대량생산의 가속화, 공사비·인건비의 절약이 이루어 질 것이다.

4.4 타워크레인 사용

PF/R 슬래브 양중시 타워크레인의 사용은 필수적이라 할 수 있다. 하지만 타워크레인의 사용을 PF/R 사용에만 집중할 수 없기 때문에 다른 공정에서 사용하지 않는 시간대에 전용적으로 사용하게 되면 더욱 더 빠른 시공을 기대할 수 있으며 공기단축효과를 얻을 수 있다. 현장 상황에 맞춰 체계적인 타워크레인 이용시간을 작성하여 이행하여야 한다.

4.5 플라스틱 너트 적용

기존 철재너트는 녹이 생길 우려가 있기 때문에 차후에 보수문제가 생길 수 있다. 따라서 플라스틱으로 제품을 교체 생산한다면 차후 발생할 수 있는 제품하자를 방지할 수 있다.

5. 결론

PF/R 공법은 선 조립 거푸집 공법으로서 기후, 현장인부의 작업기술 등 환경의 영향이 많은 거푸집 공사에 대한 대안으로 발명된 공법으로 기존 공법에 비해 공정관리, 인력관리, 안전관리, 품질관리 등의 측면에서 유리한 공법이다.

본 연구에서 검토한 결과 PF/R 공법의 경우 공기는 일체형 데크 공법보다 2일이 단축된다. 재래식 공법과 비교할 경우 형틀공사 시공량은 100%정도 많이 할 수 있고 철근공사는 100%정도 많으며 총 공기는 절반정도에 불과한 것으로 나타났다.

그럼에도 불구하고 현재 시공되고 있는 PF/R 공법은 합판간 단차가 발생하거나 전용횟수가 줄어든다는 문제점이 제시되고 있어 본 연구에서는 와셔의 확대와 고정철물의 이용, 플라스틱 합판의 적용, 제작의 자동화, 타워크레인의 사용, 플라스틱 너트의 적용을 제시하였다.

현장 작업인원을 최소화 할 수 있는 PF/R 공법은 거푸집 전용시간의 조절, 너트의 녹발생 방지 장치의 개발, 공장 제작에 있어서의 자동화와 동시에 JIT(Just In Time)실시 유도, 적기의 공장 생산체계 유지 등의 개선사항이 선행된다면 고속화 고충화 되어가는 현대건축에 있어서 큰 과제인 공기단축, 공사비 절감에 큰 효과를 얻을 수 있을 것이다.

본 연구에서는 문제점 분석을 위한 리서치 조사에서 직접 현장방문 및 회사에 자문요청을 하였으나 조사항목이 구체적이지 못해 응답 내용이 단순하였고 비전문적이었다. 추후 정밀한 연구를 위해 보다 많은 현장과 응답자를 대상으로 연구를 실시하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 신현식의 6명, 건축시공학, 문운당, 1997, pp.154-180
2. 거푸집 설계 및 시공 표준안, 쌍용건설주식회사, 1994
3. 가설공사 표준시방서, 가설협회, 2002
4. PF/R 특기시방서, ABM enc, 2007
5. 주) 에이비엠이엔씨, <http://www.abmenc.com>
6. 주) 한국건설공법, <http://www.kct-21.com>

Abstract

Formwork is a very important work in the construction. Various research and development about formwork has been going on, many methods are developed. And the effort to reduce the cost has been progressed at oversea. And a lot of attempts have been in motion in domestic field. But the systematic researches to apply to field are scarced. So, some problems pointed out at the stage of application.

Therefore through comparison analysis of other formwork problems are derived and it's solution were suggested in this study.

Keyword: PF/R, Formwork, Duration, Quantity