

## 재래식 철근콘크리트 공법과 조립식 콘크리트 공법에서의 사고 분석에 관한 조사 연구

### A Study on the Analysis of Accidents for Reinforced Concrete Method and Pre-cast Concrete Method

박 종 근\*  
Jong-Keun Park

#### ABSTRACT

In order to apply to analysis methods of mechanism and cross tabulation methods for the influence factors by the accident types to the object of accidents which occurred in R.C and P.C methods among the accidents in construction work sites, the latent hazards in P.C method are evaluated from the data of accidents in H Company from Jan. 1, 1993 to Dec. 31, 1993. The relationship between accident types and unsafe acts, unsafe conditions are recognized and the hazards of R.C method and P.C method are compared from the data acquired by the analysis of causes for a kind of occurrence mechanism.

In conclusions, the items such as causes of accidents, accidents types, occurrence time, and the characteristics, are concentrated on one side in the P.C method, which is quite different from R.C method. Therefore the control method for the accident causes is easily established with a lot of effective advantages. The frequency and severity of accidents in P.C method are so low in comparison with R.C method.

#### 1. 서 론

우리나라가 경제계획을 수립하여 시행하기 시작 하였던 1960년대의 산업화 이후 약 260만명의 산업 재해자와 3만2천여명의 사망자 등 귀중한 인명 손 실이 있었다<sup>1)</sup>.

특히, 건설 공사에서는 3D현상에 영향을 받아 숙련된 근로자의 건설 공사장 이탈 등으로 인하여 재해는 더욱더 증가 추세에 있다. 이에 따라 건설 공사도 새로운 공법의 채용이 불가피하게 되었고, 최근 들어 아파트 및 고층건물의 건축에 조립식 콘 크리트 공법이 많이 사용되고 있으나, 그 공법이

\* 백성전문대학 건설안전과

갖고 있는 잠재위험(Hazard)들과 위험성(Risk)은 알 수 없는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 주택건설 공사 현장의 R.C공법과 P.C공법에서 발생한 재해를 조사하여 Mechanism분석방법과 Cross tabulation방법 등을 적용시켜 두 공법의 위험성을 비교·분석하고자 한다.

## 2. 주택건설의 R.C공법과 P.C공법 이론적 고찰

철근 콘크리트(reinforced concrete, R.C)란 철근을 콘크리트에 묻어 넣어서 두 재료가 일체로 되어 외력에 저항하도록 한 것을 철근 콘크리트라고 하며 현장에서 직접 타설하는 재래식 공법을 의미한다<sup>2)</sup>.

현대 건축에서 조립식 건축공법은 확대 보급되어 가는 추세이다. 일반적으로 공업화 건축은 프리패브(prefab)건축이라고 하며 프리패브(prefab)건축이란 공장에서 생산되는 부재를 가지고 건설되는 건축물을 말한다.

조립식 콘크리트(precaster concrete, P.C)공법은 공업화 건축 중 Prefab건축의 일종으로서 공장에서 대량 생산된 콘크리트 부재를 현장에서 조립하여 건축물을 구성하는 공법을 말하며 이는 양질의 건축물을 저렴하게 공급하는 것을 목적으로 한다<sup>3)</sup>.

## 3. 주택건설의 R.C공법과 P.C공법의 재해발생 비교 분석

### 3.1 발생 Mechanism의 Model화

재해가 발생하기까지의 에너지원에 따른 재해의 구조 분류를 기초로 하여 다음의 Fig. 1은 재해 발생의 메카니즘을 현상 면에서 물질측면과 인적측면으로 나누어 가장 간단하게 나타낸 Model이다.

위 그림의 재해 발생 기본 모델은 물(物)이 인간에 직접 접촉하는 현상으로 인간이 작업을 하던 중 재해를 유발하는 인간 인자가 유해환경하에 폭로되는 현상하에 나타낸 것이다. 물질과 인간의 접촉현상을 물(物)과 인간의 조합으로 표현하였다.

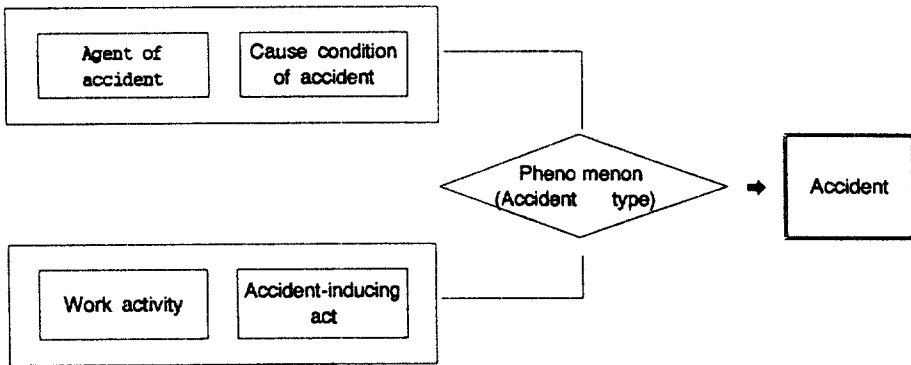


Fig. 1 The basic model of occurrence of accident

### 3.2 재해 평가항목의 분류 및 평가방법

Model화한 재해발생 Mechanism을 분석하기 위해서 1993년부터 H사에서 사용하고 있는 재해발생 보고서를 분석하여 분류한 19개 항목을 취급하였으며, 이들 중에서 직접 숫자를 입력한 4항목과 Code로 변환하여 입력한 15개 항목은 다음과 같다.

- ㉑ Field name ㉒ Construction cost
- ㉓ Occurrence date ㉔ Occurrence time
- ㉕ Occurrence day ㉖ ID No ㉗ Occupation type
- ㉘ Employment day ㉙ Position
- ㉚ Academic background ㉛ Kind of injury
- ㉜ Injury part ㉝ Medical treatment days
- ㉞ Occurrence type ㉟ Work location

- ㉔ Agent of accident
  - ㉕ Cause condition of accident ㉖ Injurer activity
  - ㉗ Injury-inducing act ㉘ Occurrence cause
- 앞에서 설정한 기본 Model을 분류 항목에 따라 Code화 하여 분류해 보면 각 항목 인자는 Table 1

과 같이 된다. 본 연구에서는 그 5가지 항목이 갖고 있는 각각의 인자와의 상관관계를 나타내기 위한 접근 방법을 R.C공법과 F.C공법으로 분류하여 평가를 시도하였으며 아울러 14가지 항목에 대해서는 Cross tabulation방법으로 분석하였다.

Table 1 The factor of each item by basic model

Agent of accident	Cause condition of accident	Work activity	Accident-inducing act	Occurrence type
00 Cylindrical device	0 Static condition	0 Operation of machinery equipment	0 Under static condition	00 Falling
01 Machine for timber processing	1 Abnormal operation		1 When touching with car	01 Overturn
02 Machine for construction		1 Operation of equipment		02 Collision
03 General motor machine	2 Static condition		2 When stretching out or pulling	03 Descending
04 Other machines		2 Operation of hand tool		04 Collapse
10 Power crane	3 Falling		3 Sudden movement of body	05 Narrowness
11 Power conveyer		3 Self-moving		06 Pierced
12 Car load	4 Rolling or slipping		4 Careless act	07 Abnormal temperature
20 Pressure container		4 Hand carrying (vertical)		08 Touch with hazardous article
21 Chemical facility	5 Flowing, electric leakage		5 Voluntary act	09 Electric shock
22 Welding equipment		5 Hand carrying (horizontal)		10 Fire, explosion
23 Furnace	6 Vibration etc.		6 When touching or grasping	11 Bursting
24 Electric facility		6 Assembling, dismantlement, repair etc.		12 Bodily
25 Manpower mechanical tool	7 Judgement impossible		7 Normal body functioning	13 Compulsory
26 Tool	8 Electric control combination		8 Ignorant of accident danger	14 Sunk
29 Other facility		7 Supervision, inspection and signalling		15 Disease
30 Architecture, structure	9 Classification impossible		9 Classification	99 Others
40 Dangerous article		8 Rest, sleep		
41 Hazardous article				
42 Materials		9 Classification impossible		
50 Load				
60 Environment				
90 Other causes				
99 Classification impossible				

### 3.3 Data의 수집, 처리 및 분석

R.C와 P.C공법의 재해 특성을 파악하고자 Mechanism 분석방법, Cross tabulation 등을 실제로 적용하여 재해를 유발시키는 원인에 대한 근본적인 인과관계를 비교분석하였다.

본 연구에서 적용한 자료는 H사의 '93.1.1 ~ '93.12.31 사이에 H사 소속 현장에서 발생하여 본사로 보고된 226건의 재해자료를 사용하였으며, 분석처리를 위해서는 PC를 이용한 Data-base system을 사용하였다.

Fig. 2는 본 연구의 적용 절차 및 실행 순서를

보여주고 있다.

수집된 재해에 대해서는 각 사례별로 분류표에 의하여 data sheet를 작성하게 된다. 여기서 A, B, C, D는 실제적 메카니즘 분석에 필요한 재해분류 요소의 항목으로서 기인물, 기인상태, 작업활동, 재해유발행위를 나타낸다. 각 요소는 code분류방법에 의하여 값을 가지게 된다.

메카니즘 분석에는 주로 A, B, C, D의 항목이 사용되지만 종합적인 재해분석 및 통계관리를 위하여 생년월일, 나이, 재해발생일(요일), 피재자 근무경력 등 다른 항목도 조사되었다. Table 2는

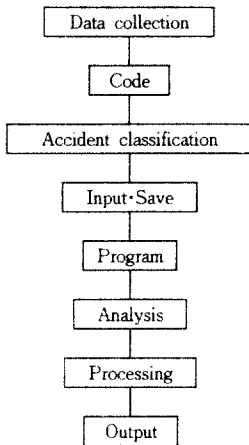


Fig. 2 Input-output flow sheet

입력 data sheet 양식이고, Table 3은 분석 항목별 구조를 나타낸 것이다.

Table 2 The format of input data sheet

No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R

- A : Occurrence type
- B : Occurrence place
- C : Occurrence activity
- D : Agent of accident
- E : Cause condition of accident
- F : Inducing act
- G : Accident cause
- H : Birth date
- I : Occupation type
- J : Medical treatment days
- K : Occurrence date
- L : Occurrence time
- M : Occurrence day
- N : PROCESS
- O : Position
- P : Career
- Q : Injury part
- R : Construction cost

Computer Data Base에 저장될 자료의 각 항목별 기본구조(Structure)는 아래와 같다. 각 단위별로 가지는 값의 최대치는 "0"에서 "9"까지 이다.

본 연구에서는 사용한 Computer Program은 재해 분석의 일반적인 통계로부터 mechanism에 의한 재해 분석까지 통합적으로 처리하도록 System으로 이루어져 있다<sup>4)</sup>.

- ① 입력, 분류 프로그램
- ② 메커니즘 분석 프로그램, 크로스 분석 프로그램

램

③ 출력 관리 프로그램

Table 3 The composition by item of analysis

No	Field name	Type	Width
1	Construction method	Character	2
2	Field name	Character	2
3	Occurrence type	Character	3
4	Occurrence place	Character	3
5	Work activity	Character	2
6	Agent of accident	Character	3
7	Cause condition of accident	Character	1
8	Inducing act	Character	2
9	Accident cause	Character	3
10	Birth date	Date	8
11	Occupation type	Character	2
12	Medical treatment days	Numeric	6
13	Occurrence date	Date	8
14	Occurrence time	Character	4
15	Occurrence day	Character	1
16	Employment day	Date	8
17	Position	Character	1
18	Career	Character	1
19	Injury part	Character	2
20	Construction cost	Numeric	8

3.4 분석 결과

3.4.1 발생 형태별 분석

발생 형태별로 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 추락이 8건, 낙하·비레가 7건 그리고 무리한 행위가 4건의 순으로 발생하였다. 또한 R.C공법에 의한 재해는 낙하·비레가 56건으로 가장 많이 발생하였으며, 추락이 44건, 협착이 17건 등의 순서로 발생하였다. 특히, P.C 공법에서는 추락이 27%로 가장 많이 발생하였으나 R.C공법에서는 낙하·비레가 28%로 가장 많이 발생하였다.

3.4.2 기인물별 분석

재해 발생에 기여한 기인물에 대하여 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 건축재료가 16건으로 53%를 차지하고 있으며, 그밖에 인력기계공구, 건설용기계, 가설건축구조물 등의 순으로 넓게 분포되어 발생하였다. 그리고 R.C공법에 대한 재해는 P.C공법의 재해와 같이 건축재료에서 49%로 가장 많이 발생하였으며, 가설건축구조물이 30건이었고, 동력 크레인이 25건 등의 순서로

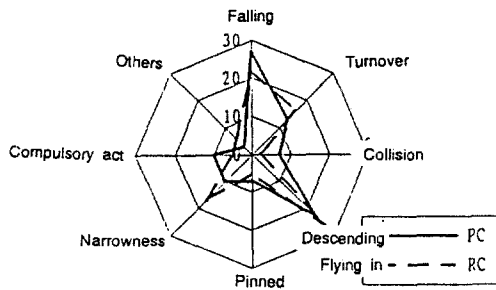


Fig. 3 Comparison by type of occurrence

발생하였다. 또한, P.C공법에서는 일반동력기계에서 발생한 반면에 R.C공법에서는 원동기, 목재가공용기계, 동력크레인, 승물, 용접장치, 전기설비 등에서 발생하였다.

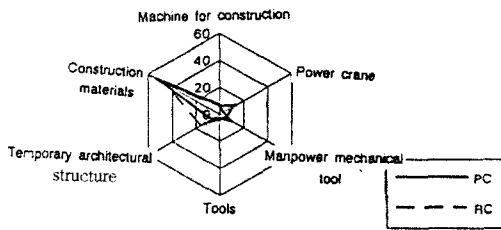


Fig. 4 Comparison by input materials

3.4.3 발생 원인별 분석

발생 원인별로 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 위험한 방법이 27%, 발디딤 또는 주변상황에 대한 부주의가 20%로 주요 발생 원인으로 나타났으며, R.C공법 또한 위험한 방법이 25%, 발

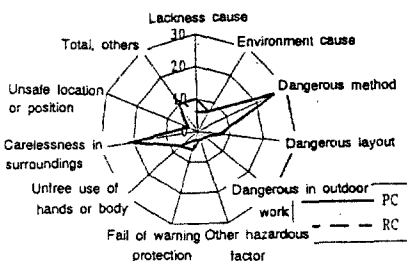


Fig. 5 Comparison by cause of occurrence

디딤 또는 주변상황에 부주의가 21%로 P.C공법에서와 같이 주요 발생 원인으로 나타났다. 그리고 나머지 원인들은 넓게 산재되어 골고루 분포되었다.

3.4.4 요양일별 분석

재해자의 부상 정도로 재해의 강도를 알 수 있는 요양일별로 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 4주에서 6주의 요양을 요하는 재해가 37%로 가장 많이 발생하였으며, 3개월에서 1년 정도를 요하는 재해가 30%, 2주에서 4주 이하의 요양 재해가 20% 순으로 나타났다. R.C공법에 의한 재해는 3개월에서 1년의 요양을 요하는 재해가 41%로 가장 많이 발생하였으며, 4주에서 6주 이하의 요양을 요하는 재해가 29%, 2주에서 4주 이하의 요양을 요하는 재해가 21% 등의 순서로 발생하였으며, 특히 P.C공법을 사용한 현장에서는 1명이 사망하였으며, R.C공법을 사용한 현장에서는 8명이 사망하였다.

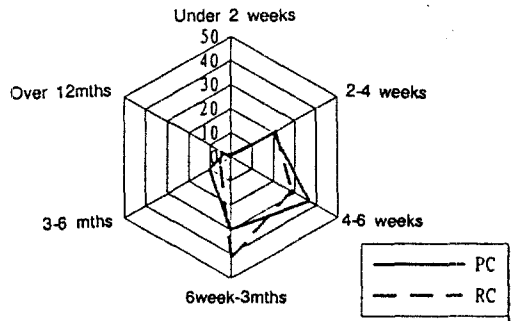


Fig. 6 Comparison by medical treatment period

3.4.5 상해 부위별 분석

재해자가 상해를 당한 부위별로 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 다리가 27%, 척추가 17%, 손이 10% 그리고 발 등의 순으로 나타났으며, R.C공법에 재해는 손가락이 15%, 손과 척추가 각각 10% 그리고 발 등의 순으로 발생하였다.

특히 P.C방법을 이용한 현장에서는 목, 어깨, 발가락, 전신 등은 발생하지 않았다. 공통적으로 두 방법에 따른 재해자의 상해 부위가 넓게 분산되어 발생하였다.

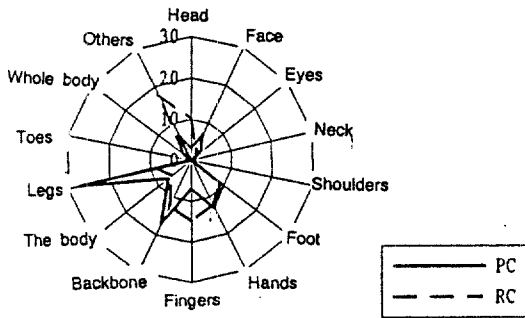


Fig. 7 Comparison by the region of injury

3.4.6 발생 시간대별 분석

발생 시간대별로 비교하여 보면 P.C공법 및 R.C공법에 의한 재해는 모두 오전 8시부터 오전 10시 까지가 전체 재해 중 가장 많이 발생하였으며, 오후 2시부터 오후 4시까지가 23%, 오후 4시부터 오후 6시까지가 20% 순으로 나타났다.

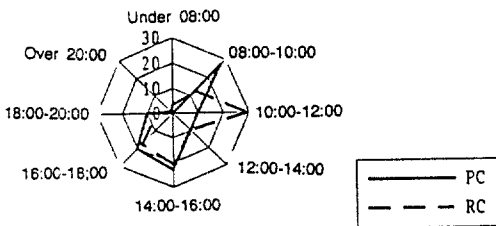


Fig. 8 Comparison by time-zone of occurrence

4. 결 론

본 연구에서 얻어진 data를 사용하여 R.C공법과 P.C공법의 위험성을 분석하여 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 발생 형태와 기인물로 비교한 결과 P.C공법에서는 전체 건설 재해의 발생 추이와 같게 추락으로 인한 재해가 가장 많이 발생하였다. R.C공법에서는 낙하·비래로 인한 재해가 가장 많이 발생하였다. 그리고 두 방법이 건축 재료에서 공통적으로 기인하여 많이 발생하였다. 특히 R.C공법에서는 원동기, 목재가공용기계, 동력크레인, 승물, 용접장치, 전기설비 등 여

러 종류의 위험기계·기구에 대한 방호가 절대적으로 필요한 것으로 나타났다.

- 2) 발생 원인별로 비교하여 보면 P.C공법에 의한 재해는 위험한 방법, 발디딤 또는 주변 상황에 대한 부주의 등이 주요 발생 원인으로 나타났으며, R.C공법 또한 P.C공법에서와 같은 원인이 주요 발생 원인으로 나타났다. 그리고 나머지 원인들은 넓게 산재되어 골고루 분포되었으며, 특이한 점은 P.C공법에 대한 재해는 복잡 불량, 적합치 못한 방호 여건, 주위 산만, 안전장치 기능의 제거, 운전 과실 등 불안정한 행동에 따른 원인은 거의 나타나지 않았다.

- 3) 재해의 강도적 측면에서 비교할 때 P.C공법에 의한 재해는 4주에서 6주의 요양을 요하는 다리, 손 등에 대한 경상의 재해가 가장 많이 발생하였다. 그러나 R.C공법에 의한 재해는 3개월에서 1년의 요양을 요하는 재해가 가장 많이 발생하였다. 특히 P.C공법을 사용한 현장에서는 1명이 사망하였으며, R.C공법을 사용한 현장에서는 8명이 사망하였다. 따라서 비교적 R.C공법에 의하여 발생한 재해가 P.C에 의한 재해보다 더 심각하다는 것을 알 수 있다.

결론적으로 P.C공법은 R.C공법에 의한 재해와는 다르게 재해의 발생 원인, 발생 형태, 기인물, 발생 시점, 재해자의 특성 등에 대한 항목들이 주로 한곳에 밀집되어 나타났다. 따라서 원인 제거를 위한 대책 수립에 있어서 높은 효과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 그리고 특히, 재해의 심각성을 나타내는 재해의 빈도 및 강도에 있어서도 R.C공법에 의한 재해보다 현격히 낮은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) 노동부, 산업재해분석, pp. 5~14, 1994.
- 2) 변동균외 1, 철근 콘크리트, pp. 10~24, 동명사
- 3) 김용교, P.C 건축공법, pp. 10~30, 1985, 건설이공사.
- 4) 백종배, 산업재해중 사망재해의 발생메커니즘 분석에 관한 연구, p. 32, 1991, 한양대학교