

# 건설안전을 위한 P.S.M. 기법에 관한 연구

이 송<sup>†</sup> · 손기상\* · 최원일\*\* · 오태상\*\*\* · 채점식

서울시립대학교 토목공학과 · \*서울산업대학교 안전공학과 · \*\*한국산업안전공단 · \*\*\*서울시 감사과  
(2000. 8. 14. 접수 / 2000. 12. 22. 채택)

## A Study on the P.S.M. system for the Construction Safety

Song Lee · Gi-Sang Son\* · Won-Il Choi\*\* · Tae-Sang Oh\*\*\* · Jum-Sik Chae

Department of Civil Engineering, University of Seoul

<sup>†</sup>Department of safety Engineering, Seoul National University of Technology

<sup>\*\*</sup>Department of Safety Engineering Research, Korea Occupational Safety & Health Agency

<sup>\*\*\*</sup>Department of Audits & Inspections Division, Seoul Metropolitan Government

(Received August 14, 2000 / Accepted December 22, 2000)

**Abstract :** In order to introduce P.S.M. system adequate to domestic construction first, many cases similar to advanced foreign P.S.M. system have been collected and compared to the domestic situation. Then, the current safety management status of bridges, subways, apartment and office building construction are investigated while visiting interview, using questionnaire at site have being done. The potential hazard and measurement have been investigated for each kind of works, and the domestic introducing method of P.S.M. system is analyzed with expert discussion. In order to represent how to make out P.S.M. plan, the questionnaire is made out using each five place for bridge, subways, apartment and office building. As the weight factor for potential hazard of each work obtained from more than forty site places, is produced and shown. Also, a direction the recommendation is suggested to improve tool in each construction site with work schedule. It is thought that proposed schedule contributed to keeping in safe business administration of each company in decreasing many effort at the construction site.

**Key Words :** process safety management system, potential hazard of each work

### 1. 서 론

현재, 국내 건설공사에서 유해·위험방지계획서 제도를 시행하고 있으나, 기존의 다른 자료를 복사한 내용이 대부분이고, 대규모 공사인 경우는 유해·위험방지계획서 작성 자체도 큰 부담을 갖지 않을 수 없는 현실에서 실질적인 수행이 어려운 실정이다. 그리고, 공사 착공 후 잦은 설계변경과 공법 변화 등에 따른 위험요인에 적절히 대응하지 못하는 문제점이 도출되고 있다. 그러므로, 유해·위험방지계획서 자체심사능력을 향상시키는 노력이 필요하며, 각각의 작업공정 개시전 공정별 작업 안전계획을 수립하여 적기에 능동적이고 유기적인

사전위험요인 제거가 가능한 공정안전관리기법(P.S.M. : Process Safety Management)를 도입하여 시행하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 건설현장에서 구조물 붕괴 등으로 이어지는 핵심공정에 대한 사전 안전성 확보로 재해를 예방하는 P.S.M. 기법의 도입방안을 제시하고자 한다.

먼저, 선진 외국에서 실시하고 있는 P.S.M. 기법과 유사한 적용사례를 연구하여 우리나라 건설공사 안전관리제도와 비교 분석하였다. 그리고 국내의 공사종류별 안전관리 실태를 파악하기 위하여 교량, 지하철, 아파트 및 빌딩 공사현장을 직접 방문 조사하였다. 또한, 각 공사종류별로 작업 공정별 잠재위험요인과 조치 내용을 조사하고, 전문가 자문회의를 실시하여 P.S.M. 기법의 국내 도입 방안을 연구하였다.

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
geosong@uoscc.ac.kr

## 2. P.S.M. 기법

P.S.M. 기법은 화공분야에서 최초로 개발 및 적용된 안전관리제도로 유해·위험설비를 보유한 현장 스스로가 정기적으로 작업공정별로 위험성을 평가하는 방법으로 공정안전관리를 실시하여 근원적인 안전성을 확보함으로써 중대산업사고를 예방하는 방법이다.

선진외국에서는 이러한 P.S.M. 기법을 건설분야에도 적용하여 건설안전관리에 많은 발전을 가져왔다. 그 예로 중동의 H.A.C.P.(Hazard Analysis and Control Programme)와 미국의 A.H.A.(Activity Hazard Analysis)가 대표적이다.

국내의 경우, P.S.M. 기법이 미비되어 건설업체 스스로가 자율적으로 실시했다고 보기는 어렵지만, 이와 유사한 개념인 건설기술관리법상의 공종별 안전관리계획서 제도가 있다.

### 2.1. 국내 공종별 안전관리계획서

국내 건설현장에서 작성하는 공정별 안전관리계획서는 핵심공정에 대한 잠재위험을 점검하도록 되어 있으나, 각 공정별로 나열된 점검사항에 대하여 단순히 점검결과와 조치사항을 기입하도록 되어 있어서 작업공정 개시전 공정별 작업안전계획을 수립하여 적기에 능동적이고 유기적인 사전 위험요인 제거가 어렵다. 그래서, 국내 건설업체중에는 작업을 여러 순서로 구분한 다음 각 작업순서별로 잠재된 위험요소를 파악하여 각각에 적합한 구체적인 사고예방대책을 마련한 사례를 찾아볼 수 있었다. 이러한 사례는 예전부터 업체 스스로 P.S.M. 기법의 필요성을 인식하고 있음을 보여주는 것이다.

### 2.2. 미국의 A.H.A. 기법

미국 A.H.A.의 형식은 Activity, Principal Steps, Potential Hazards, Recommended Controls, Equipment, Inspections Requirements, Training Requirements 등으로 구성되어 있다. 다시 말하면, 각 작업을 몇 가지 주요 공정으로 세분화한 다음, 각 공정별로 발생할 수 있는 잠재위험요인을 기재하고, 이에 해당되는 적절한 사전 조치대책을 제시하고 있다.

또한, 각 작업단계마다 필요한 장비, 사전에 필요한 조사 및 교육 등이 기재되어있으며, 공사전체 공정표에 제시된 Event와 연계번호를 검토 및 기록

하도록 되어 있어 좀더 유기적인 활동을 펼칠 수 있게 한 것이 특징이다.

### 2.3. 중동의 H.A.C.P. 기법

중동의 H.A.C.P.는 공사종류를 크게 10개로 구분하고 35개의 작업내용으로 세분화한 것으로, 주요 구성은 Activity, Hazards, Control Measures들로 되어 있다. 즉, 각 작업공정마다 발생 가능한 위험요인을 나열한 다음, 사전의 조치내용을 기입하여 작업전에 위험요인을 제거하도록 되어 있다.

## 3. 공종별 작업공정 실태조사

본 연구에서는 국내 건설현장에서 주로 이루어지는 핵심 공사에 대한 공정별 작업내용을 설문 및 현장 방문조사를 통하여 파악하였다. 공사종류는 크게 지하철, 교량, 아파트 및 빌딩으로 구분한 다음, 대형 건설업체 시공현장을 중심으로 공종별 작업공정을 조사하였다.

### 3.1. 교량 및 지하철공사

교량의 경우는 교량상부 공사방식에 따라 많이

표 1. 교량공사의 주요 작업공정

공종	방식	개착식	코드구분
교량 (B)	Steel Box (S)	1)가 Bent 기초콘크리트타설(BF)	BSBF
		2)가 Bent 설치(BI)	BSBI
		3)런칭트러스 이동/크레인 거치(TC)	BSTC
		4)Box 인양/설치(PI)	BSPI
		5)Paint up(PU)	BSPU
		6)낙하물방지망/브라켓 가설(PB)	BSPB
		7)상판거푸집 설치(UF)	BSUF
		8)철근가공/조립(SA)	BSSA
		9)콘크리트 타설(CW)	BSCW
		10)브라켓/상판거푸집/낙하물방지망 해체(DM)	BSDM
교량 (B)	P.S.C Box (P)	1)Full Staging 가설(ST)	BPST
		2)외관 거푸집 조립(OF)	BPOF
		3)철근조립(SA)	BPSA
		4)위스관배치(SL)	BPSL
		5)내측거푸집 조립(IF)	BPIF
		6)콘크리트타설(CW)	BPCW
		7)인장강선 삽입/긴장작업(TB)	BPTB
		8)Full Staging 해체(SD)	BPSD
		9)거푸집 해체(FD)	BPFD

표 2. 지하철공사의 주요 작업공정

공종	방식	개착식	코드구분
지하철 (S)	개착식 (O)	1)H-Pile 항타/차수벽(HB)	SOHB
		2)토공/가시설(SR)	SOSR
		3)구조물/방수(SW)	SOSW
		4)가시설해체/퇴메우기(DB)	SODB
		5)계단/출입통로/에스컬레이터/포장(SE)	SOSE
	터널식 (T)	1)입출구 공사(DS)	SODS
		2)발파(BP)	SOBP
		3)상반굴착(TH)	SOTH
		4)하반굴착(BD)	SOBD
		5)방수/바다콘크리트(WC)	SOWC
		6)보강그라우팅(RG)	SORG
		7)라이닝콘크리트(LC)	SOLC

시공되고 있는 Steel Box식과 P.S.C Box식으로 구분하여 각각 5개 현장을 조사하였다. 그 결과, 표 1과 같이 Steel Box식의 경우는 총 10개 작업공정으로 나타났으며, P.S.C Box식 교량공사는 총 9개 중요공정으로 구분되었다.

한편, P.S.M. 제안양식을 향후 컴퓨터 프로그램화하여 쉽게 활용하도록 각 공사종류에 대한 작업공정별 잠재위험요인을 코드화하였다. 여기서, 첫문자는 공사종류, 두 번째 문자는 공사방식, 셋째와 넷째 문자는 작업공정을 의미한다.

한편, 지하철의 경우는 공사방식을 크게 개착식과 터널식으로 구분한 다음, 각각 5개 현장을 방문 조사하여 중요작업공정을 표 2와 같이 개착식은 5개 작업공정, 터널식의 경우는 7개 작업공정으로 구분하였다.

### 3.2. 아파트 및 빌딩공사

아파트와 빌딩 공사현장 각 8개소를 직접 방문

표 3. 아파트공사의 주요 작업공정

공종	작업공정	코드구분
아파트 (A)	1)가설(TI)	ATI
	2)토공/흙막이(SR)	ASR
	3)파일(PW)	APW
	4)철근콘크리트(CW)	ACW
	5)조적(MW)	AMW
	6)미장/방수/타일(WT)	AWT
	7)창호/유리(DG)	ADG
	8)금속/잡공(TM)	AMT
	9)설비(FW)	AFW
	10)전기(EW)	AEW
	11)정화조(CL)	ACL
	12)옥외(OW)	AOW
	13)부대(AW)	AAW

표 4. 빌딩공사의 주요 작업공정

공종	작업공정	코드구분
빌딩 (O)	1)가설(TI)	OTI
	2)기초/토공(FS)	OFS
	3)철근콘크리트(CW)	OCW
	4)철골가공/세우기(FW)	OFW
	5)조적(MW)	OMW
	6)방수/타일(WT)	OWT
	7)석공/목공/금속(RM)	ORM
	8)미장/도장(PP)	OPP
	9)창호/유리(DG)	ODG
	10)수장(CE)	OCE
	11)외장(OW)	OOW
	12)잡공/정화조(EC)	OEC

하여 작업공정별 현장실태조사를 실시한 결과, 표 3 및 4와 같이 아파트공사는 13개 작업, 빌딩공사는 12개 작업공정으로 구분되었다.

## 4. 작업공정별 잠재위험요인 및 조치내용 조사

앞서 조사한 공종별 작업공정자료를 토대로 각 공정별로 잠재하는 위험요인과 조치내용에 관한 설문서를 제작하여 국내 건설현장에 설문을 실시함으로써 실제로 국내 건설현장 여건에 적합한 P.S.M. 기법을 도입하는 방안을 연구하였다. 이를 위하여 현재 공사중인 교량공사 현장 40개소, 지하철공사 현장 60개소, 그리고 아파트 및 빌딩공사 현장 40개소에 대해서 방문 및 설문조사를 실시하여 공종별 잠재위험요인과 조치내용을 분석하였다.

### 4.1. 교량공사시 공정별 잠재위험요인/조치내용

#### 4.1.1. Steel Box 교량공사

국내 Steel Box 교량공사는 10가지 작업공정으로 구분하여 28개소 공사현장을 대상으로 방문 및 설문조사한 결과, 표 5와 같이 콘크리트 타설작업과 Steel Box 인양 및 설치작업에서 가장 많은 잠재위험요인을 존재하였으며, 브라켓 및 상판거푸집, 낙하물방지망 해체작업과 가설작업 순으로 잠재위험요인이 많이 나타났다.

표 6은 가 Bent 기초 콘크리트 타설작업시 조사된 잠재위험요인으로 가 Bent 공사시 부등침하로 인한 전도사고가 가장 많이 발생하는 것으로 나타

표 5. Steel Box 교량공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순위
BSBF	8	37	8.1	9
BSBI	8	35	7.6	10
BSTC	7	38	8.3	7
BSPi	10	62	13.5	2
BSPU	5	44	9.6	5
BSPB	6	48	10.5	4
BSUF	7	42	9.2	6
BSSA	5	38	8.3	7
BSCW	10	63	13.8	1
BSDM	5	51	11.1	3
합 계	71	458	100	

표 7. Steel Box 교량공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험 요인	빈도수	비율 (%)
BSBF	부동침하로 인한 전도	9	24
BSBI		14	40
BSTC	지반침하로 인한 크레인 전도	15	39
BSPi	lifting lug의 절단, wire 파단	16	26
BSPU	박스내부에서 작업중 질식사고	14	32
BSPB	작업중 추락사고	25	52
BSUF		13	31
BSSA		14	37
BSCW	콘크리트 타설시 거푸집 붕괴	17	27
BSDM	해체작업중 추락사고	19	37

표 6. BSBF 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드 구분	빈도	비율 (%)	순위
1)부동침하로 인한 전도	BSBF01	9	24	1
2)침목기초 설치시 구조물 충격에 의한 수평하중으로 전도	BSBF02	8	22	2
3)지지력 부족에 의한 처짐 발생	BSBF03	7	19	3
4)편심하중 작용에 따른 위험	BSBF04	5	14	4
5)기초이동시 중량에 의한 사고	BSBF05	3	8	5
6)세굴에 의한 기초 파괴	BSBF06	2	5	6
7)콘크리트 펌프카 등 장비 전도	BSBF07	2	5	6
8)거푸집 이완해체	BSBF08	1	3	8
합 계		37	100	

났다. 그 다음으로 침목기초 설치시 구조물 충격에 의한 수평하중으로 전도되는 사고와 지지력 부족에 의한 처짐발생도 주의해야 할 위험으로 나타났다.

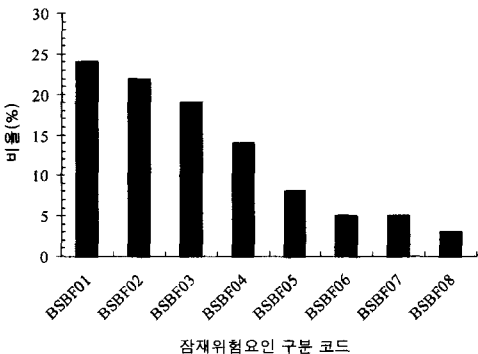


그림 1. BSBF 작업공정시 잠재위험요인 분포도

본 논문에서는 지면사정상 각 공사종류별로 1가 지 작업공정에 대한 잠재위험요인을 분석결과를 나타내었으며, 나머지 작업공정에 대해서는 표 7 과 같이 각 작업공정별 1순위 잠재위험요인만 나타 내었다.

먼저, 가 Bent 작업공정에서는 부동침하로 인한 전도사고가 가장 많이 나타나므로, 공사전 다짐을 충분히 실시하고 반드시 반력시험을 통해 지지력을 확인하는 조치가 필요하였다. 그리고, 런칭 트러스 이동 및 크레인 거치작업공정에서는 크레인의 전도사고가 위험하므로 크레인 작업위치에 지지 매트 및 침목을 설치하는 방법이 조치방법으로 제시되었다. 또한, 작업중 런칭 트러스의 전도, 처짐, 탈선 그리고, 인양작업중 하중초과로 인한 낙하 등 도 주의해야 할 잠재위험요인으로 분석되었다.

4.1.2. P.S.C Box 교량공사

P.S.C Box 교량공사는 12개소 공사현장을 대상으로 설문조사한 결과, 표 8과 같이 콘크리트 타설 작업과 외측거푸집 조립작업이 가장 많은 잠재위험 종류수를 나타냈다. 하지만, 잠재위험요인 빈도 수 면에서는 콘크리트 타설작업과 Full Staging 가설작업공정에서 가장 많은 잠재위험요인이 있음을 알았다.

표 9는 Full Staging 가설작업시 조사된 5가지의 잠재위험요인을 나타낸 것이다. 그 중에서 기초지반의 침하로 인한 사고가 가장 위험한 것으로 조사 되었으며. 그 밖에 Staging의 전도 비틀림, 휨과 같은 변형에 의한 사고와 가설구조물의 붕괴사고가

표 8. P.S.C Box 교량공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순위
BPST	5	32	14.6	2
BPOF	7	25	11.4	4
BPSA	4	17	7.8	8
BPSL	4	19	8.6	7
BPIF	7	26	11.9	3
BPCW	9	35	16.0	1
BPTB	6	25	11.4	4
BPSD	5	23	10.5	6
BPFD	4	17	7.8	8
합 계	51	219	100	

표 9. BPST 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드 구분	빈도	비율(%)	순위
1)기초지반 침하	BPST01	11	34	1
2)Staging 전도, 비틀림, 휨	BPST02	8	25	2
3)가설구조물 붕괴	BPST03	6	19	3
4)작업중 추락사고	BPST04	4	13	4
5)가설 철제류 낙하	BPST05	3	9	5
합 계		32	100	

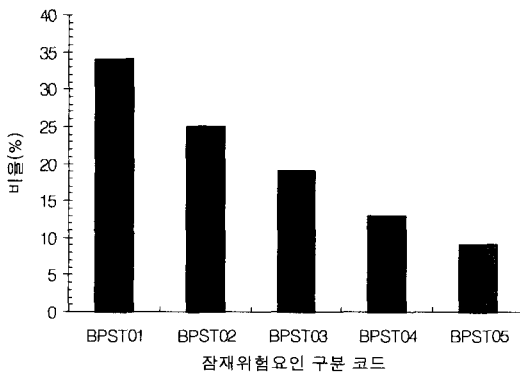


그림 2. BPST 작업공정시 잠재위험 분포도

주의해야 할 위험요인으로 나타났다.

작업공정별 주요 잠재위험요인은 작업중 추락 사고가 여러 작업공정에서 공통적인 잠재위험요인으로 나타났다. 특히, 콘크리트 타설작업공정에서 무리한 콘크리트 타설로 인한 거푸집의 이완 및 탈락이 가장 위험하므로, 타설속도를 조절하여 거

표 10. P.S.C Box 교량공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험 요인	빈도수	비율(%)
BPST	기초지반의 침하	11	34
BPOF	작업중 추락사고	7	28
BPSA	자재운반시 철근낙하	8	47
BPSL	쉬스관 운반시 작업원 추락	7	37
BPIF	작업중 추락사고	7	27
BPCW	거푸집 이완 및 탈락	11	31
BPTB	긴장도중 강선 파단	9	36
BPSD	작업중 추락사고	10	44
BPFD	구조물 붕괴	6	35

푸집 측압을 저하시키고 작업중에는 응급보수팀을 현장에 배치하여 이상이 발견되면 즉시 보강조치하는 현장의 기발한 준비성도 돋보였다.

## 4.2. 지하철공사시 공정별 잠재위험요인/조치내용

### 4.2.1 개착식 지하철공사

개착식 지하철 공사현장 35개소를 대상으로 조사하여 분석한 결과, 표 9와 같이 구조물 및 방수작업에서 가장 많은 잠재위험요인이 존재하는 것으로 나타났다. 그러나, 각 작업공정별 잠재하는 위험요인의 종류수와 빈도수 모두 대체적으로 균등한 분포를 보였다.

표 12는 계단, 출입통로 및 에스컬레이터 작업시 잠재하는 9가지의 위험요인을 나타낸 것으로, 이 중에서 작업시 추락사고가 차지하는 비율이 49%로 가장 많이 존재하는 것으로 나타났다. 그리고, 작업중 도로변에서의 교통사고도 많이 발생하므로 이에 대한 사전대책이 절실한 것으로 나타났다.

표 11. 개착식 지하철공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순위
SOHB	13	108	21.7	2
SOSR	12	106	21.3	3
SOSW	12	119	24.0	1
SODB	13	91	18.3	4
SOSE	9	73	14.7	5
합 계	59	497	100	

표 12. SOSE 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드구분	빈도	비율(%)	순위
1)작업시 추락사고	SOSE01	36	49	1
2)작업중 교통사고	SOSE02	17	23	2
3)계단실 경사면 전도사고	SOSE03	5	7	3
4)낙하물에 의한 작업자 상해	SOSE04	4	5	4
5)통행자 재해	SOSE05	3	4	5
6)파손된 지장물 복구시 위험	SOSE06	3	4	5
7)유입수에 의한 침수	SOSE07	2	3	7
8)시공장비 시운전시 사고	SOSE08	2	3	7
9)포장장비 등에 의한 협착사고	SOSE09	1	2	7
합 계		73	100	

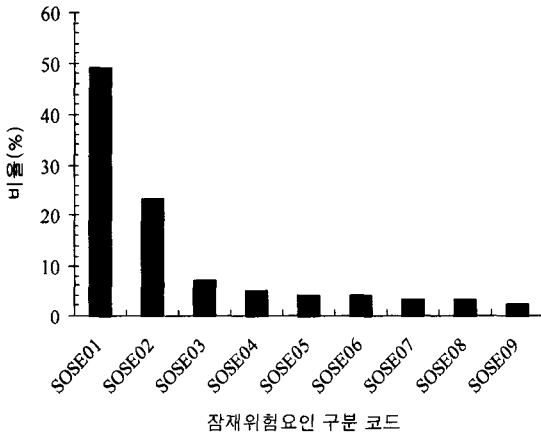


그림 3. SOSE 작업공정시 잠재위험요인 분포도

표 13. 개착식 지하철공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험요인	빈도수	비율 (%)
SOHB	지하매설물 파손에 의한 위험	24	22
SOSR	굴착도중 토사 및 사면 붕괴	23	22
SOSW	작업도중 추락사고	32	27
SODB	가시설 해체작업중 추락사고	19	21
SOSE	작업중 추락사고	36	49

작업공정별 주요 잠재위험요인을 살펴보면, 표 13과 같이 구조물 및 방수작업, 계단, 출입통로 및 에스켈레이터작업, 그리고 가시설 해체 및 되메우기 작업에서는 공통적으로 추락사고를 주요 잠재위험요인으로 조사되어 작업전 추락방지시설 완

비가 필수적인 것으로 나타났다. 한편, H-Pile 항타 및 차수벽 작업공정에서는 지하매설물 파손에 의한 위험이 가장 많이 발생하는 것으로 조사되었다. 그러므로, 매설물 현황도를 사전에 조사하여 매설물 주변은 반드시 인력 줄파기를 실시하여 지장물을 확인하는 것이 필요하였다. 그리고, 토공 및 가시설 작업공정의 경우는 굴착도중 토사 및 사면의 붕괴가 가장 위험하다고 지적하였는데, 이는 대형사고와 연관되므로 사전에 반드시 적절한 조치가 필요하다는 것으로 나타났다.

4.3.1. 터널식 지하철공사

터널식 지하철 공사현장 25개소를 대상으로 조사한 결과, 표 14와 같이 발파작업이 가장 많은 잠재위험요인을 포함하였으며, 그 다음으로 방수 및 바닥콘크리트 작업, 입출구 작업 순으로 나타났다.

표 15는 라이닝 콘크리트작업시 잠재하는 위험요인을 나타낸 것으로, 분석결과 총 9가지의 위험요인 중에서 작업대차에서 추락사고가 가장 많은 비율을 차지하였으며, 콘크리트 타설시 라이닝폼의 파열이나 감진재해도 많은 것으로 조사되었다.

작업공정별로 주요 잠재위험요인을 살펴보면, 방수 및 바닥콘크리트작업, 라이닝콘크리트작업, 그리고 보강 그라우팅작업 등에서 공통적으로 작업대차에서의 추락사고가 가장 흔한 잠재위험요인으로 나타났다. 그러므로 이를 막기 위해서는 작업발판의 안전조치가 무엇보다 우선되어야 한다고 지적하였다.

그 밖에 입출구작업과 상반 및 하반굴착작업 등은 터널붕괴를 가장 빈번한 위험요인으로 지적하였으며, 조치내용으로 설계규정에 따라 굴진장을

표 14. 터널식 지하철공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순 위
STDS	15	54	14.1	3
STBP	11	82	21.5	1
STTH	6	52	13.6	5
STBD	5	38	10.0	6
STWC	11	67	17.5	2
STRG	12	36	9.4	7
STLC	8	53	13.9	4
합 계	68	382	100	

표 15. STLC 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드 구분	빈도	비율 (%)	순위
1)작업대차에서 추락	STLC01	17	32	1
2)콘크리트타설시 라이닝폼 파열	STLC02	10	19	2
3)감전재해	STLC03	9	16	3
4)콘크리트 압송배관의 파열	STLC04	6	11	4
5)낙하물에 의한 상해	STLC05	4	8	5
6)Steel Form 이동시 유압장치에 의한 상해	STLC06	4	8	5
7)설치된 Steel Form의 전도사고	STLC07	2	4	7
8)Sliding Form에 대한 브러쉬 및 그라인더 작업시 상해	STLC08	1	2	8
합 계		53	100	

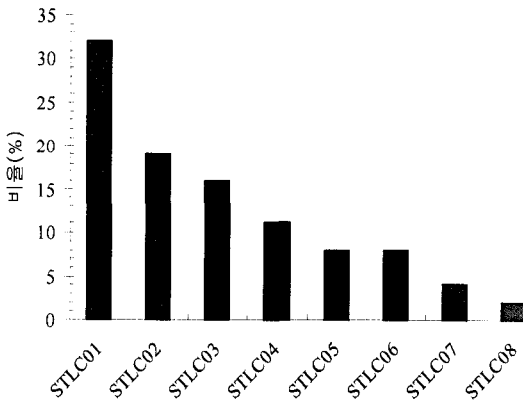


그림 4. STLC 작업공정시 잠재위험 분포도

표 16. 터널식 지하철공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험 요인	빈도수	비율 (%)
STDS	터널막장의 붕락	16	30
STBP	발파작업 미숙에 의한 재해	18	22
STTH	막장면 붕괴 사고	24	46
STBD	터널붕괴 사고	18	47
STWC	작업대차에서의 추락사고	21	32
STRG		9	25
STLC		17	32

준수하고, 막장내의 용수는 신속히 처리하며, 계측 관리를 철저히 하자는 방법들이 추천되었다.

### 4.3. 아파트공사시 공정별 잠재위험요인/조치내용

30개소의 아파트 공사현장을 대상으로 공정별 잠재위험요인을 조사한 결과, 표 17과 같이 나타났다.

표에서 보듯이 잠재하는 위험 종류수는 가설 작업 및 철근콘크리트 작업공정에서 가장 많이 잠재하는 것으로 나타났다. 한편, 총 빈도수에서는 철근콘크리트 작업공정에서 가장 많이 존재하였으며, 그 다음으로 조적작업, 토공 및 흙막이 작업순으로 나타났다.

표 17. 아파트공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순위
ATI	14	50	8.6	6
ASR	10	60	10.3	3
APW	8	41	7.0	7
ACW	14	71	12.2	1
AMW	9	63	10.8	2
AWT	10	58	9.9	5
ADG	6	25	4.3	13
AMT	9	39	6.7	8
AFW	8	59	10.1	4
AEW	4	35	6.0	9
ACL	4	27	4.6	11
AOW	8	29	5.0	10
AAW	6	26	4.5	12
합 계	110	583	100	

표 18. APW 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드구분	빈도	비율 (%)	순위
1)파일운반중 낙하	APW01	10	24	1
2)천공작업시 장비/파일의 전도	APW02	8	20	2
3)적재된 파일의 붕괴	APW03	7	17	3
4)파일작업시 협착 위험	APW04	6	15	4
5)항타시 파손으로 인한 재해	APW05	4	10	5
6)지하매설물 파손	APW06	3	7	5
7)파일사이 발빠짐 사고	APW07	2	5	7
8)장비사용시 감전재해	APW08	1	2	8
합 계		41	100	

표 18은 아파트 공사중 파일작업시 잠재하는 위험요인을 조사한 것으로, 분석결과 총 8가지의 위험요인 중에서 파일운반중 낙하사고가 가장 많은 비율을 차지하였다. 그리고, 천공작업시 장비 및 파일의 전도사고와 작업장에 적재된 파일의 붕괴위험도 많이 잠재하는 것으로 나타났다.

각 공정별 주요 잠재위험요인을 살펴보면, 표 19와 같이 철근콘크리트 작업공정에서는 장비에 의한 협착 및 충돌로 나타났으며, 토공 및 흙막이 작업의 경우는 지하매설물 파괴위험이 가장 흔한 것으로 나타났다. 또한, 미장, 방수 및 타일, 가설, 옥외, 부대, 그리고, 창호 및 유리 작업에서는 공통적

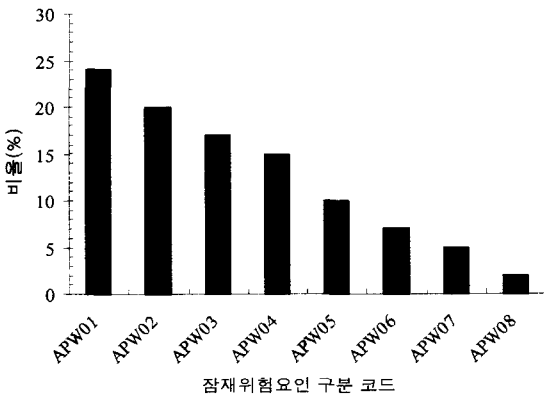


그림 5. APW 작업공정시 잠재위험 분포도

표 19. 아파트공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험요인	빈도수	비율 (%)
ATI	가설비계 설치/해체시 추락	16	32
ASR	지하매설물 파괴 위험	12	20
APW	운반중 파일 낙하	10	24
ACW	장비에 의한 협착 및 충돌	13	19
AMW	추락사고	20	31
AWT	고소작업시 추락사고	16	28
ADG	추락사고	8	32
AMT	감전사고	13	33
AFW		20	34
AEW		22	63
ACL	질식사고	14	52
AOW	추락사고	8	28
AAW		11	42

으로 추락이 주요 잠재위험요인이었다. 한편, 금속 및 잡공, 전기, 설비작업공정의 경우는 감전이 공통적인 주요 잠재위험요인으로 조사되어 작업전에 대한 철저한 안전대책을 마련하거나 안전교육을 실시하는 것이 절실한 것으로 나타났다.

#### 4.4. 빌딩공사시 공정별 잠재위험요인/조치 내용

빌딩공사의 경우는 공사중인 10개 현장에 대하여 우편 및 방문조사를 실시한 결과, 표 20에서 보듯이 가설작업공정에서 가장 많은 위험요인이 존재하였으며, 그 다음으로 철공가공 및 철골세우기 작업, 석공 및 목공 그리고, 금속작업, 기초 및 토공 작업 순으로 나타났다.

표 21은 빌딩공사에서 기초 및 토공작업시 잠재하는 위험요인을 나타낸 것으로, 가시설로 시공된 흙막이 토류벽의 변형에 의해 유발되는 지반 침하 및 붕괴가 가장 많은 비율을 차지하였다. 그리고, 중장비작업시 작업반경내의 작업자가 접근하여 충돌하는 사고도 많이 발생하는 것으로 조사되었다.

한편, 표 22와 같이 가설작업과 창호 및 유리작업에서는 감전이 주요 잠재위험요인이었으며, 철공가공 및 철골세우기 작업, 잡공 및 정화조작업, 그리고 조적작업의 경우는 공통적으로 추락이 주요 잠재위험으로 나타났다.

표 20. 빌딩공사 공정별 잠재위험요인

공정	위험종류수	빈도수	비율	순위
BTI	6	17	12.3	1
BFS	5	13	9.4	4
BCW	4	8	5.8	11
BFW	6	16	11.6	2
BMW	4	10	7.2	7
BWT	6	10	7.2	7
BRM	7	14	10.1	3
BPP	4	10	7.2	7
BDG	5	12	8.8	5
BCE	4	9	6.5	10
BOW	4	7	5.1	12
BEC	5	12	8.8	5
합계	60	138	100	



표 21. BFS 작업공정시 잠재위험요인 설문결과

잠재 위험 요인	코드구분	빈도	비율(%)	순위
1)흙막이 토류벽의 변형에 의한 지반침하 및 붕괴	BFS01	4	31	1
2)장비작업시 작업반경내의 충돌	BFS02	3	23	2
3)굴착지에 추락 위험	BFS03	3	23	2
4)굴착사면 붕괴	BFS04	2	15	4
5)지하매설물 파괴	BFS05	1	8	5
합 계		13	100	

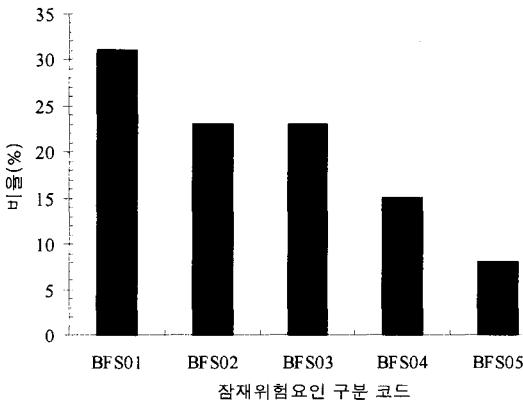


그림 6. BFS 작업공정시 잠재위험 분포도

표 22. 빌딩공사 각 공정별 1순위 잠재위험

공정	1순위 잠재위험요인	빈도수	비율(%)
BTI	가설전기 설치시 감전	16	32
BFS	고소작업시 추락	12	20
BCW	절단작업시 상해	10	24
BFW	흙막이 토류벽의 변형에 의한 지반침하, 붕괴	13	19
BMW	용접기 사용시 감전	20	31
BWT	고소작업시 추락	16	28
BRM		8	32
BPP	에폭시공법으로 작업시 질식	13	33
BDG	유성페인트 사용시 화재	20	34
BCE	작업시 슬래브/보에 머리협착	22	63
BOW	양중시 낙하	14	52
BEC	추락, 낙하, 붕괴로 인한 인근 주민상해	8	28

## 5. 국내 P.S.M. 기법 제안 양식

본 연구에서는 앞에서 조사한 여러 가지 설문자료를 바탕으로 각 작업공정별로 잠재하는 위험요인을 몇 가지로 구분한 다음 각 현장에서 지적인 공통적인 빈도수를 구하였다. 그런 다음, 각 작업공정별 잠재위험요인에 대한 가중치를 구하였다. 여기서, 가중치는 설문결과로 얻어진 해당 작업공정의 전체 잠재위험요인 빈도수에 대한 특정 잠재위험요인의 빈도수가 차지하는 비율을 이용하여 산정하였다.

또한, P.S.M. 제안양식을 향후 컴퓨터 프로그램화하여 쉽게 활용하도록 각 공사종류에 대한 작업공정별 잠재위험요인을 코드화하였다.

이상과 같은 본 연구에서 얻어진 P.S.M. 제안양식을 공사종류별 나타내면, 표 17, 18, 그리고 표 19와 같다. 이는 현장에서 적용이 가능한 공정표에 “잠재위험요인”과 “조치내용” 칸을 만들고 각각에 해당되는 내용을 기재한 양식으로 작업공정별로 사전에 위험요인을 한눈에 파악할 수 있으며, 신속하게 적절한 조치를 취할 수 있다

## 6. 결론

본 연구에서는 기존 유해·위험방지구획서와 달리 건설현장에서 구조물 붕괴 등으로 이어지는 핵심작업공정에 대하여 사전에 작업공정별 잠재위험요인을 파악하고 적절한 안전대책을 수립함으로써 적기에 능동적이고 유기적인 위험요인을 제거하여 건설재해를 예방하는 P.S.M. 기법의 도입방안을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

지금까지의 유해·위험방지 계획서 심사제도는 당해 공사 전체를 수행하는데 필요한 안전관리계획을 작성하고, 노동부의 승인을 받으면 모든 것이 완료되는 것으로 인식되어 공정 중심으로 진행됨으로써 공사에 기반이 된 실제 안전대책이나 계획으로 접목되지 못한 문제점이 있었다. 그러나, P.S.M. 기법을 적용하면 공종별로 각 공정에 따른 협력업체나 작업자들이 자신의 전문분야에 대한 의견이나 경험을 충분히 표출해 가면서 자율적인 안전관리와 더불어 품질 및 공정관리와 유기적으

표 23. 지하철공사시 P.S.M. 제안양식 예

종류	공사		공사 기간	잠재 위험 요인	조치 내용	컴퓨터 코드	가중치
	방식	공정					
지 하 철 (S)	개 착 식 (O)	H·Pile 항타 / 차수벽 작업 (HB)		1)지하매설물 파손	→매설물 현황도로 사전조사 →인력출파기 실시, 유관기관 입회조치 →배면의 매설물들은 별도 침하방지 시설설치 →접촉가능 시설물들은 사전에 이설조치 →배관탐지기로 확인된 지하매설물은 표시 →매설물의 시, 종점부에 긴급 차단밸브 설치 →배면에 지표침하계 등 계측장비 설치	SOHB01	22
				2)장비의 전도	→Out trigger 설치와 받침대의 지지력 확보 →지반다짐도의 균일성 확인후 장비선정 →파일천공시 붐을 세우고 이동금지 →장비의 수직도 유지	SOHB02	16
				3)항타시 진동, 소음에 인한 위험	→사전조사, 관련기관 협의, 진동 최소화 작업 →방음벽 설치 및 주간작업	SOHB03	11
				4)그라우팅작업시 슬라임 이 지하매설물에 유입	→침전조, 유입방지벽 설치, →수질관리상태 정기 및 수시관리	SOHB04	10
				5)천공장비 및 크랩엘에 의 한 사고	→작업반경내 접근금지, 안전교육 실시 →신호수 배치, 적절한 버력량 조절	SOHB05	8

표 24. 교량공사시 P.S.M. 제안양식 예

종류	공사		공사 기간	잠재 위험 요인	조치 내용	컴퓨터 코드	가중치
	방식	공정					
교 량 (S)	Steel Box (O)	가 Bent 기초 콘크 리트 작업 (BF)		1)부동침하로 인한 전도	→충분한 지반 다지기 →기초 지반반력시험 및 구조검토 →가설용 말뚝항타시 지지력 확인	BSBF01	24
				2)침목기초 설치시 구조물충격 에 의한 수평하중으로 전도	→침목을 콘크리트 기초타설로 대체하여 안전 성확보 →콘크리트와 가 Bent를 볼트로 연결하여 전도 방지	BSBF02	22
				3)지지력 부족에 의한 처짐 발생	→기초바닥치환, 우천시 배수시설 확보 →사전 지지력 검토 및 지반 다짐후 콘크리트 타설	BSBF03	19
				4)편심하중작용에 따른 위험	→충분한 지지력 확보 및 콘크리트 상면의 평 탄성 확보	BSBF04	14
				5)기초이동시 중량에 의한 사고	→가 Bent 기초에 hook 길이 철근을 연결	BSBF05	8

표 25. 아파트 및 빌딩공사시 P.S.M. 제안양식 예

공사		공사 기간	잠재 위험 요인	조치 내용	컴퓨터 코드	가중치
종류	공정					
아 파 트  (A)	가 설  작 업  (TI)		1)가설비계 설치 및 해체시 추락	→안전벨트 착용, 추락방지망 설치, →안전교육 실시, 주변지역 통제	ARTI01	32
			2)가설구조물 전도	→가설구조물기초 부등침하방지 →가새보강 및 연결부위 견고하게 설치,	ARTI02	14
			3)감전	→누전차단제에 전기제품을 연결, →고압케이블 방호캡 설치, 안전교육 실시	ARTI03	8
			4)가설계단, 승강로에 안전시설 미비	→표준 안전난간 설치	ARTI04	6
			5)비계설치시 손상된 자재사용으로 인한 붕괴	→자재의 적격여부 검사, 기성제품을 사용 →노후된 자재는 적절한 교체	ARTI05	6
빌 딩  (O)	가 설  작 업  (TI)		1)가설전기 설치시 감전	→유자격자가 전담, 접근금지 표시 →전선 피복상태 확인 →젖은 손으로 작업금지	OATI01	34
			2)가설건물 설치시 추락	→주위의 개구부는 난간대 설치 →보행자 안전통로설치, 작업반경내 접근금지	OATI02	18
			3)가설전주 및 가설 펜스 파괴에 의한 재해	→신호수 지정 및 구명로프 사용	OATI03	18
			4)Lift 및 Hoist 사용시 추락, 충돌	→양중 5대에 의한 운영체계확립 →전담요원 배치	OATI04	12
			5)중량물 인양시 낙하	→작업전 로프 점검 및 신호수 지정 →적합한 와이어 사용	OATI05	12

로 공사 진행이 가능하다.

P.S.M. 기법은 공정별로 가중치 부여가 가능하여 원 도급 건설사 전체에 대한 정량 평가 또는, 협력 업체별 공정에 따른 정량화가 가능하므로 제 3자가 평가해도 공정하게 순위를 결정할 수 있다.

이러한 P.S.M. 기법을 정량적이고 실질적인 공정에 적용하여 시행하는 것은 국내 건설사의 안전관리능력을 향상시킴으로써 선진 안전확보국들과 동등한 위치에 서게 되어 경쟁력 제고에 크게 기여할 수 있다.

이상과 같이 P.S.M. 기법을 활용한 안전관리제도의 활성화는 국내 건설업체 자율안전관리 정착 및 사전 안전성 확보로 건설현장에서 발생하는 재해예방에 크게 기여할 것으로 판단된다.

향후에는 보다 실질적인 잠재위험요인 가중치 적용을 위해서 기존 작업별 재해율 분석자료를 이용하여 추가적인 가중치를 고려해야 하고, 실무적용에 있어 P.S.M 기법을 정확한 작업공정으로 구분되도록 실제현장에 시험적으로 적용하여 지속적으로 수정해 발전시켜야 한다.

**감사의 글 :** 본 연구는 한국산업안전공단 산업안전보건연구원의 지원으로 이루어진 것으로서, 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

### 참고문헌

- 1) 삼성물산(주) (1999), "대구선 제 2공구 철도 터널공사".
- 2) 삼성물산(주) (1999), "서해안 고속도로 군산-무안간 건설공사 유해·위험방지계획서".
- 3) 한국산업안전공단 산업안전보건연구원(1999), "건설업체 자율안전관리 능력제고에 관한 연구".
- 4) Alex K, W. C. (1998), "Construction Safety Training in Hong Kong", Hong Kong Occupational Safety and Health Association.
- 5) Chug, H. P. (1998), "Activity Hazard Analysis".
- 6) Katsuji, O. (1998), "The Development of Self Regulatory Control in Safety in the Hong Kong Construction Industry", Japan Construction Safety and Health Association, Japan.
- 7) Snamprogetti, "Health safety security and environmental projection plan", 1999.