

건축구조물 붕괴위험도 정량화에 관한 연구(I)

Quantification for Collapsion Probability of Building Structures(I)

손 기 상*

Ki-Sang Son

ABSTRACT

The Quantitative analysis for collapsion probability of each construcion work has not been developed, despite of that the one for safety management itself has been reported, up to now.

It is concluded that showing critical check points against structure collapsion due to each work at construction site, and Quantifying those could be useful Quality-assuring tool, not to prevent Quality failure.

Risk classes of each work at construction site, classified by German Builders Mutual-Aid Association (GEBMAS), and by special instruction rates of Korea Insurance Development Institute, are introduced to compare with the results of this study.

As of a study method, total 2,002 sheets of questionwares are distributed directly to new city development areas, which are called, Ilsan 110 points : Pundang 79points and Chungdong 38points, including additional Changwon 125sheets and pusan 60sheets, by four(4) people, for contact with actual site engineers. Total responses of 1,056 sheets, are collected. Interrelationship diagram between experience years of Engrs., and risk rate of responses are also classified, with the criteria of four(4) years. Domestic journals with relation to construction have reported that main building Structure collapsions are mainly shown on apartment buildings and office ones. These two(2) building structures are again classified as five(5) kinds of works. This study takes use of an approach on having the risk rates for each construction work on the above individual construction work.

Additionally, site investigations have been performed to find out any possible unreasonable check items, due to construction method; Reinforced Concret structure, Pre cast Concrete structure, and Steel structure building. Developed Quality Assurance Analysis Form with the Quantitative danger class,

* 산업안전교육원

resulted from this study, are verified as it is able to be a good efficiency tool against collapse of building structures.

1. 서 론

최근들어 구조물 붕괴사고가 큰 재앙을 초래케됨을 심각히 인식 부각되는 경향이다. 이전에 이러한 붕괴사고가 있었음에도 불구하고 새삼 더욱 문제화되고 있는 양상이다. 공개되지 못한 소규모 붕괴사고들까지 들 경우 그 수는 상당할 것으로 보인다.

모든 것은 재산상의 손실과 관련하여 예측되므로 이들 구조물 붕괴사고는 인명의 측면은 논외에 두더라도 상당한 손실을 초래하게 되어 공사진행과정에서 공중별 품질보증은 너무나 당연하고도 중요한 의미를 갖는다.

설계상의 오류나 품질 미비로 인한 구조물의 변위나 변형 발생은 결국 붕괴로 이어지기 때문에 공사 착공전 설계도면조사(여기서는 부지조성공사에서 체크된다)를 해서 만약의 오류를 탐지해내야 하고 동종별 품질체크는 공사 준비상태 점검, 초기점검, 공사중 계속 점검 단계로 시행하는 즉 이중 3중 안전장치(fail safe)를 두어야 한다.

구조물 붕괴사고원인은 대체로 여러가지 조건 즉 오류, 간과, 오해, 무지, 능력부족, 부실시공 등의 중첩에 의해 일어난다¹⁾. 이들을 제거하기 위하여 앞서의 3단계 품질체크는 필수적 이행사항들이다. 어느부분이 구조물 붕괴에 직접영향을 미칠지 예측키 어렵기 때문에 관련사항들을 확장하여 각 단계별로 확인하는 것이다.

지금까지 안전관리 자체에 대한 정량화 연구는 진행²⁾되어 왔으나 각 공중별 품질 오류에 의한 구조물 붕괴 확률인 위험도를 수치로 나타내는 정량화 연구는 없었다.

건설현장에서 공중에 따라 구조물 붕괴에 영향을 미치는 핵심인자들의 체크포인트들을 제시하고 정량화하는 것은 건설현장 품질관리에 획기적 보증기가 될 것으로 판단된다.

독일의 건설공제조합에서 제정한 공중별 위험등급율과 한국보험개발원에서 제정한 특정보험요율서³⁾에 제시된 기본담보 최정율을 본 연구결과에 비교하기 위한 기준으로 도입하였다.

연구방법으로서 실제공사를 진행하고 있는 신도

시 지역 일산 110개소, 분당 79개소, 중동 38개소 총 220개소의 아파트 또는 사무소 건축구조물 신축 공사 현장사무소를 4명의 인원이 설문서를 1개소 10매씩 직접 방문 배포하고 응답방법과 회신장소를 설명하는 방식을 채택하였다. 우편만으로 발송할 경우 회신율이 20%정도에 머물기 때문에 회신율을 높이기 위함이었다. 신도시 지역은 94.1.5~1.7까지로 공사활동이 진행되지 않는 기간을 택하였고 추가로 창원지역 125매, 부산지역 60매를 배포하였다. 결과적으로 배포설문서 총수는 2002매가 되었다. 현장실무를 거친 경험적 엔지니어들로부터의 의견이 중요하기 때문에 현장을 직접방문하여 응답을 받도록 한 것이며, 이는 본 연구의 타당성을 기할 수 있는 중요요소가 되는 것이다. 회신은 총 1,056매가 되었다.

응답 엔지니어들의 경험년수가 결과에 미치는 중요요소가 될수 있기 때문에 그 기준을 4년미만과 4년이상으로 구분한 상관관계도를 구하였다. 이는 4년이면 아파트건축물이나 사무소 건물 1개씩을 준공하는 경험을 갖게 되는 기본 기간으로 보았기 때문이다.

설문구성은 아파트건물을 RC식과 PC식으로, 사무소건물을 RC조, SRC조, S조로서 구조물 축조방식 5가지로 나누어 응답하도록 하였다. 같은 아파트 건물일지라도 RC식과 PC식은 품질보증을 위한 핵심체크포인트가 다르기 때문이다. 여기서 건축구조물로서 아파트 건물과 사무소 건물 두가지만 선정한 것은 건축학회 보고서⁴⁾에서 구조물 붕괴 주체가 이들 두가지를 주요대상으로 제시되었기 때문이다.

이상과 같은 5가지 구조물 방식을 다시 각 방식마다 오류시 구조물 붕괴를 초래할 수 있는 핵심공종인 가설공사, 부지조성공사, 기초공사, 콘크리트공사, 철골공사, 방수공사 6가지로 나누었다. 이때 가설공사는 비계 및 가설 양중설비를 포함한 의미이고, 부지조성공사는 현지조사를 포함한 설계도면의 오류탐지까지를 체크하는 것으로, 기초공사는 굴착, 말뚝, 기초, 계측관리를, 콘크리트공사는 거푸집, 철근, 타설공사를 PC식 아파트와 RC식 아파트 구조물에서의 철골공사는 없는 조건으로 설문

되었다.

각공종의 위험도 확률 등급은 100분율로 환산되었고, 대표적으로 콘크리트공사의 경우 사무소 건물 RC조일때 26으로 거푸집, 철근, 타설공사를 나누어 품질보증평가서의 항목으로 정하므로 이 값 26을 3등분하여 거푸집공사 9, 철근공사 8, 타설공사 9로 분배된다. 같은 사무소 건물일지라도 RC조에서는 콘크리트공사가, SRC조와 S조에서는 철골공사가 핵심부분이므로 그 확률 등급이 높고, 아파트 건물 RC식에서는 콘크리트공사가, PC식에서는 콘크리트, 프리캐스트공사 등급이 가장 높게 배분되었다.

2. 본 론

2.1 위험도 평가방법

위험이 하나의 양태로 발생하고 난 후의 통제는 불가능하며 사전해석에 의해 분석된 결과로부터 얻어진 문제도출을 통해 특정공정상의 위험도에 대한 집중통제가 요구된다. 이러한 통제는 위험도의 수준평가의 체계화를 통해 위험도의 인지가 가능할 때 이루어질 수 있으며 이를 위해서는 위험도에 대한 정량화 작업이 요구된다.

또한 어느정도가 허용가능한 위험도의 수준으로 정의할 것인가, 또는 공사의 공종별 단계에 있어

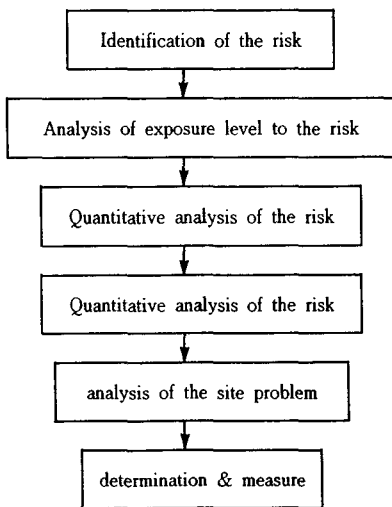


Fig. 1 flow chart for analyzing of the risk intensity

전면적 재검토가 요구되는 수준인가를 제시할 정량적 검토가 요구된다.

위험도수준 평가방법을 흐름도로 나타내면 다음 Fig. 1과 같다. 본 연구의 핵심은 이들 정량적 검토를 위한 공종별 정량치 제시를 하는 것이다.

2.2 품질보증평가의 정량화

정량화된 위험도의 등급은 오랜 자료의 축적과 각 공사유형별 공사관리 자료등을 통하여 마련되어야 하며, 이러한 자료의 속성은 반드시 기간의 흐름에 따라 등급의 수정 보완 또는 새로운 항목의 추가등의 작업을 거쳐야 한다. 독일의 건설업협동조합의 위험등급에 의하면, 예를들어 콘크리트 공사의 경우 위험도가 8.5, 철골공사 8.5등으로, 핵심공종에는 8.5로, 기타의 공사의 경우 5.0 등으로 분류를 하고 있다. 이러한 위험도의 정량적 표현은 오랜기간 동안 수집된 자료의 분석을 통하여 전체공사 또는 단위공정의 실패 또는 결함 등에 의해 발생하는 공기의 지연, 인명피해, 재산의 손실 등 유무형의 피해와 또한 공종의 난이도 등을 정량화한 것이다. 즉,

$$\text{부과지수} = \frac{\text{신 부과-산업별 보상급부} \times 1000}{\text{준수기간내 산업별 총보험료}}$$

로 계산하여 위험등급을 산정한다. 주1) RC사무소의 경우 가설공사 13, 부지조성공사 10, 기초공사 29, 콘크리트공사 40, 방수공사 8로 표기하는 것이다.

이와 같은 방법으로 각 해당공종에 상기의 위험도를 정하고 이것의 총합계를 백분율로 환산하여 품질확보정도를 정량화할 수 있다. 또 국내 건설현장의 경험적 엔지니어들에게 이들 공종별 위험도 부과에 대한 설문을 조사하여 독일의 위험도 정량값과 비교하여 본 연구의 위험도를 제시하는 방법을 채택하였다.

본 연구에서의 위험도 평가단계는 다음과 같다.

- (1) 공종의 세분화
- (2) 공종별 위험도 분석
- (3) 외국의 자료
- (4) 공종별 risk등급의 산정
- (5) 설문조사 분석결과에 의한 등급의 수정
- (6) 현장 예비적용에 의한 등급의 수정
- (7) 동일 공정내에서의 등급 배분

- ① 공사준비상태 점검
- ② 초기점검
- ③ 시동중 계속점검
- (8) 전체공종의 risk 등급의 합이 100이 되도록 환산하여 제시
- (1) 가설공사

2.3 공종별 사고사례 비교

국내의 사고사례는 외국의 경우와 같이 정확한 보고서가 작성되지 못하는 사정으로 상세자료는 미비하나, 일부는 공종별 사고 원인비교에 도입되었다^{4,5)}.

사고종류	사 고 명	사 고 원 인
거푸집사고		- 콘크리트의 타설속도가 너무 빨라서 발생 - 거푸집설치가 어려운 공간 - 2단거푸집지주 보강미비 - 세장한 지주, 지주 좌굴
	가설관람석 붕괴	- 불량 목재 사용 지주에 가새 설치 없음 - 조인트 부분 파괴 - 지주가 연약지반으로 파고들어가 도괴

- (2) 부지 조성공사
지반침하, 설계도면과 현장조건과 불일치.

- (3) 기초공사

사고종류	사 고 명	사 고 원 인
안전지지 조건 의 파 괴	1926, 일리노이주 건물 30cm 침하 1960, 뉴욕 5층 아파트 도괴 1924, 뉴욕주, 버팔로 라파이에트호텔 침하	- 지지력 저하로 인한 인접벽하부 굴착 - 벽기초 가까이의 굴착으로 인한 지지력 저하 - 벽기초 가까이의 굴착으로 인한 지지력 저하
지 반 의 침 하 와 상 승 부지조성	1942, 영국 런던 극장벽 붕괴 1960, 아칸사스주 법무관계건물 침하 1945, 뉴욕주 버팔로 4층 건물 침하 1909, 뉴욕주 형사관저빌딩 침하	- 포플러나무의 수분흡수로 인한 흙의 수축 → 부동침하 - 지하수 위의 저하 → 전단수축 - 60cm 떨어진 곳의 하수구 공사 - 부근의 지하철공사로 인해 통기초 침하

- (4) 철골·철근 콘크리트 공사

사고종류	사 고 명	사 고 원 인
압축파괴	1901, 스위스 바젤, 5층 호텔, 기둥파괴 붕괴 1910, 오하이오주 헨크빌딩 붕괴 1964, 브라질 15층 빌딩의 붕괴 1965, 이탈리아 8층 아파트 붕괴	- 휨응력 고려없음 - 부주의한 시공 시멘트량부족 기술관리 부족 - 기둥의 하중 초과(5층층축 강행) - 기둥의 하중 초과

주 1) 독일 Frankfurt BG에서 작성한 자료임

- ① 신 부과 : 준수기간에 발생한 산업재해의 보상급부
- ② 준수기간 : 위험등급을 정하기 위해 설정한 산업별 보상 및 총 지출금액 산정기간으로 통상 5~10년을 말한다.

사고종류	사 고 명	사 고 원 인
빙 결	1906, 뉴저지주 목욕탕 붕괴 1924, 미시간주 벤튼항 7층 호텔 붕괴 1925, 이리노이주 4층 호텔 붕괴	- 콘크리트 동결로 작은보와 기둥 및 바닥과 큰 보가 상태 분리 - 콘크리트 동결 - 콘크리트 동결
변형과 균 열		- 비틀림, 휨에 대한 변형 - 수분량의 변화에 따른 지반의 움직임 - 불리딩에 의한 침하 수축 - 수면락이 있는 상태에서의 점성 수축 - 건조수축 - 콘크리트 구성성분의 화학반응 - 이물질의 유입 - 응력 집중

(5) 철골공사

사고종류	사 고 명	사 고 원 인
철 골 새우기	1937, 캘리포니아주 지붕트러스 붕괴 1955, 동부로스엔젤레스 1956, 크리브랜드 기중 및 붕괴 2966, 스코틀랜드 7층 건물 붕괴	- 버팀로프가 헐거워져 발생 - 비틀림에 의해 발생 - 크레인의 붐이 보의 한쪽을 건드렸음 - 기중, 보 집합에 문제
수평가새	1911, 버팔로 버터가 펌프장 지붕 붕괴 1913, 뉴욕주 오희극장의 발코니붕괴 1915, 뉴욕 오스웨고 창고의 철골트러스전도	- 철골의 두께가 3mm가 얇고 가새보강 안함 - 춤이 긴 기둥의 가새 불충분 - 상현재는 영구적 가새 안함
크레인과 타 위	1958, 온타리오, 크레인 붐의 전도 1959, 맨해탄 크레인 붐의 전도 1961, 뉴멕시코주 크레인 전도 1964, 샌프란시스코 금문교의 크레인 전도	- 철골을 내려놓다가 균형을 잃음 - 좌굴 발생 - 조정 설명서의 잘못 - 타격하는 장치의 진동이 붐에 영향
호이스트와 비 계	1956, 캐나다 알버타주 오피스 호이스트 전도 1955, 뉴욕 빌딩의 호이스트 돌출 1960, 브록클린 호이스트타워 파괴 1965, 잉글랜드 강관비계 붕괴	- 버팀로프 없음 - 건물에 대한 연결없음 - 하중초과에 의해 발생 - 하중초과에 의해 발생 - 하중초과에 의해 발생
용 접	1937, 벨기에 하세르트 페어렌딜 트레스 용접스팬 붕괴 1962, 오스트레일리아 멜버른 킹스교량 사고	- 높은 응력집중과 저온으로 인한 취성균열 발생 - 소홀한 시공관리, 제조에서의 부주의
부 식	1965, 뉴욕 브록클린 슈퍼마켓 붕괴	- 습기로 인한 강재의 심한 부식

(6) 프리캐스트, 프리스트레스트 콘크리트

이상의 사고사례 원인조사를 통해서 붕괴예측관점에서의 핵심공종은 가설공사, 부지조성공사(설계 및 현지조사), 기초공사, 콘크리트공사(프리캐스트 포함), 철골공사 등임을 알 수 있다. 이들 원인은 각 공종별, 체크 항목에 도입되어 품질보증평가서의 각 항에 포함될 수 있다.

2.4 품질실패 순위도 결정

(1) 재해예방단계에 대한 의견 분석

설문결과를 분석한 결과 건축종사자들이 느끼는 재해예방의 가장 중요한 단계는 다음의 그림과 같다.

산업안전교육원 건설안전관리자 과정에 입교한 각 건설현장 건축담당자들로부터 120매의 설문응답결과이다.

위의 결과에서 알 수 있듯이 모든 경우에 있어서 공단계가 가장 중요한 재해예방의 원인 및 단계라

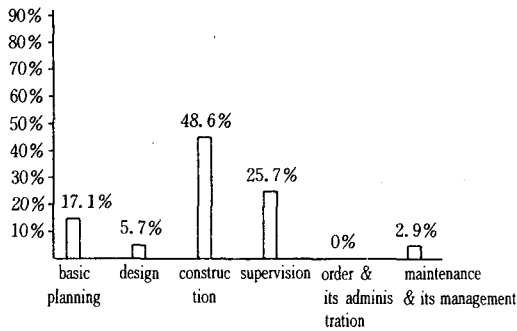


Fig. 2 The most important stage for prevention of structural collapse

는 인식이 뚜렷함을 알 수 있었다. 본사의 인원들은 70~80%정도가 재해예방에는 시공이 가장 중요하다고 생각하고 있는 것으로 나타났으며 두번째로 발주 및 행정에 관한 실패가 재해의 원인으로 인식하고 있음을 알 수 있다.

현장 종사자의 경우도 거의 유사한 결과를 보이고 있으며 건축의 경우는 역시 시공단계에 대한 지적이 90%에 달하였으며, 두번째가 12.5%인 발주 및 행정단계였다.

(2) 재해의 원인에 대한 의견 분석

재해의 원인에 대한 항목을 중요도순으로 5가지씩 선정하여 이를 가중치를 도입하여 각 모집단별로 분석한 결과를 아래의 도표로 분석하였다. 도표

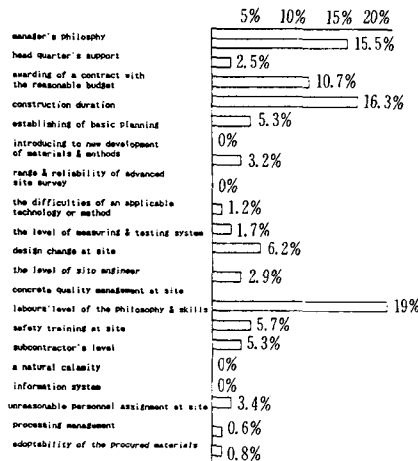


Fig. 3 Analysis of the reasons for collapse of the structures

를 종합적으로 분석하면 재해를 유발시킬 수 있는 가장 중요한 요인은 ① 근로자의 의식과 기술, ② 발주자의 의식과 공사기간, ③ 입찰제도와 공사비, ④ 협력업체의 선정과 기술수준, ⑤ 현장기술자의 기술수준, ⑥ 기본계획의 미흡, ⑦ 경영자의 의식 등이라고 할 수 있다. 따라서 이러한 내용들이 진단모델의 개발에 반영되는 것이 필요할 것이다.

3. 공종별 위험도 분석

3.1 건축공사 공정별 등급

(1) 등급별 공종 유형

Table 1 Intensity of risks due to the work types

등급	types of work
3	simple earth work
5	fabricated housing and building
6	earth work
8	concrete work, grouting, retaining wall
8.5	<ul style="list-style-type: none"> • general bldg. • concrete & reinforced concrete work • erection of steel structure • form work

※ the above are briefed only with relation to this study from the data selected by GEBMAS

(2) 중요 공종별 정량치 설정

Table 2 Intensity of risks for office building structures (German)

work kinds	Intensity of Risks		
	RC	SRC	S
temporary work	8.5	8.5	8.5
grading, backfilling	8.5	8.5	8.5
foundation work	10.5	10.5	10.5
concrete work	42.0	42.0	25.5
steel erection	-	8.5	8.5
water-proofing	5.0	5.0	5.0

※ the above criteria refer to the German one
 ※ concrete work includes of forming, re-bar, concreteplac-ing and precast fabrication
 ※ foundation work includes of excavating, piling, and measuring

Table 3 Intensity of risks for apartment building structure(Germany)

work kinds	Intensity of Risks	
	RC	PC
temporary work	8.5	8.5
grading, backfilling	8.5	8.5
foundation work	10.0	10.0
concrete work	34.0	34.0
steel erection	-	-
water-proofing	5.0	5.0

※ the above criteria refer to the German one
 ※ concrete work includes of forming, re-bar, concreteplac-ing and precast fabrication
 ※ foundation work includes of excavating, piling, and measuring

Table 4 Comparison of control group rates and site engineers fates; office building structure

work kinds	RC		SRC		S	
	A	B	A	B	A	B
temporary work	21	19	17	14	17	13
grading, backfilling	15	13	11	9	11	9
foundation work	28	29	23	22	22	21
concrete work	26	23	20	15	20	15
steel erection	0	0	21	28	23	31
water proofing	10	16	8	11	7	11
Total	100	100	100	100	100	100

한국보험개발원에서 제정한 특종보험요율서의 건설공사별 요율³⁾에서는 토공 0.22(정지, 굴착, 매립작업), 주거용 건물 0.245(지하 2~3층, 지상 5층 이하의 주택, 6층이상 17층까지 매층당 0.006),

Table 5 Comparison of control group rates(=A) and site engineers rates(B); apartment building structure

work kinds	RC		PC	
	A	B	A	B
temporary work	21	19	20	21
grading, backfilling	14	13	14	12
foundation work	29	30	28	29
concrete work	27	23	27	21
steel erection	0	0	0	0
water proofing	9	15	11	17
Total	100	100	100	100

A : Number of Questionwares : responses 106 as a control group
 B : Number of Questionwares : taken from new city development area Ilsan, pundang, Chung dong, including Changwon and Pusan

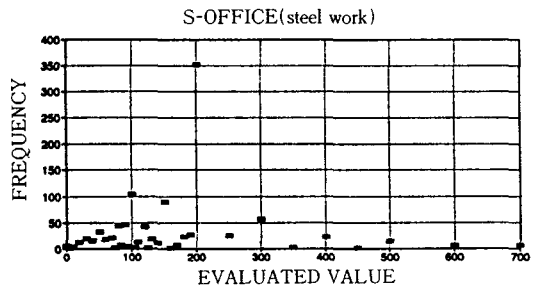


Fig. 4 Scatterness of the evaluated value on steel work-S

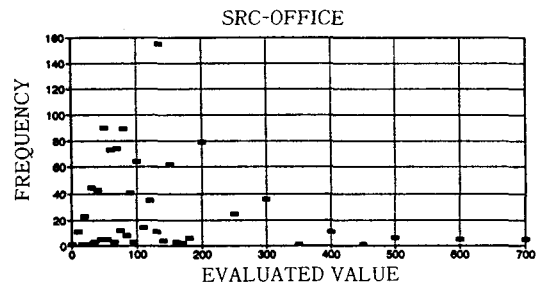


Fig. 5 Scatterness of the evaluated value on foundation work-SRC

고층건물 0.255(지하 2~3층, 지상 5층이하의 사무실, 은행 : 6층이상 17층까지 매층당 0.008)로 제시되어 있다. 본 연구에서의 각 공종별 위험도 분배에는 무리가 따른다. 고려될 수 있는 한 방법으로

서 토공사 0.22를 부지조성공사 0.22로 하고, 0.245를 기준 그룹이 될 수 있는 독일 위험등급에 따른 비율로 환산 도입하고 이를 다시 "100"으로 분배하는 방법이다.

여기서는 상기의 주거용 주택, 사무소로만 구분된 요율을 공종별 요율표로 제시함에 있어 본 연구 결과가 유용하도록 하는 것이다.

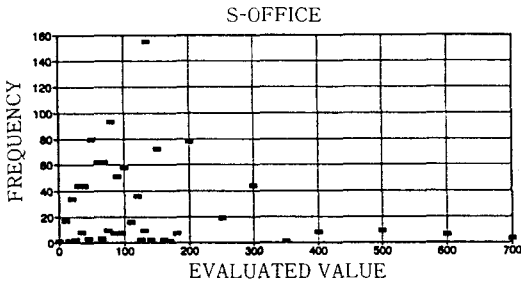


Fig. 6 Scatterness of the evaluated value on foundation work-S

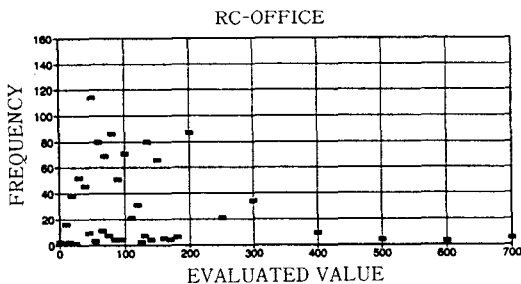


Fig. 7 Scatterness of the evaluated value on foundation work-RC

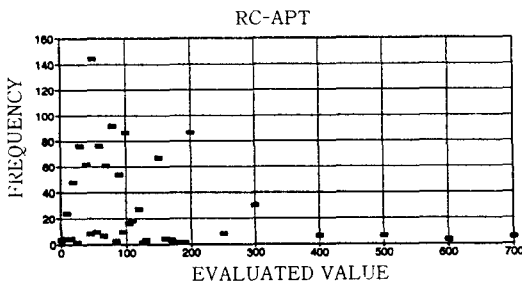


Fig. 8 Scatterness of the evaluated value on foundation work-RC

4. 건축공사의 진단모형도출

4.1 RC조 사무소건물

독일의 건설업협동조합의 위험등급에 의하면 콘크리트공사 8.5로서 핵심공정에는 8.5를 정하고, 기타의 경우는 5.0등으로 분류하고 있다. 이것은 정량적 표현을 위해 오랜기간 수집된 자료(재해율, 비용)분석을 하여 제시된 것이다. 이것을 더욱 뒷바침하기 위하여 국내 건축시공엔지니어들로부터 설문조사를 실시하여 대분류 공정인 가설공사, 부지조성공사, 기초공사, 콘크리트공사, 철골공사, 방수공사의 구조물붕괴 기여도(=위험도)를 콘크리트공사 "100"기준으로 상대적 값을 답하도록 하였다.

RC조에서는 콘크리트공사가 대부분이므로 위험도가 높고, 철골공사는 거의 없으므로 위험도가 없다.

work kinds	Intensity of risk			remarks
	German risk	Questionware result	this study	
temporary work	5	21	13	
grading, backfilling	5	15	10	
foundation work	30	28	29	
concrete work	55	26	40	
steel erection	.	.	.	
water proofing	5	10	8	
total	100	100	100	

* the above number is to be changed from the risk intensity on chapter 3 to percentile

3장의 공종별 위험도 분석에 제시된 "독일의 건축공사 등급별 유형분류"와 이를 근거로 한 사무소 건물(RC조, SRC조, S조), 아파트건물(RC식, PC식)의 공종별(가설공사, 부지조성공사, 기초공사, 콘크리트공사, 철골공사, 방수공사)위험등급을 설정하기 위하여 설문조사(100분율로 환산)분석을 통해 독일위험도와 비교하여, 본 연구의 핵심인 품질보증평가서의 정량값이 되는 본연구위험도(설문조사등급과 독일위험도의 평균값)를 제시하였다.

예를 들어 콘크리트공사 본 연구위험도 "40"은 거푸집공사, 철근공사, 타설공사, 프리캐스트공사,

프리스트레스트공사를 포함한 것이므로 품질관리 평가서에 분류된 5개 항목, 즉 거푸집, 철근, 타설, 프리캐스트, 프리스트레스트공사로 나누어 콘크리트공사(거푸집) “8”, 콘크리트공사(철근) “8”, 콘크리트공사(타설) “8”, 콘크리트공사(프리캐스트) “8”, 콘크리트공사(프리스트레스트) “8”로 균등히 분배하였다.

4.2 RC조 아파트건물

독일건설조합의 위험등급에 의하면 콘크리트공사 8.5, 철골공사 8.5로서 핵심공종에는 8.5를 채용하고, 기타 경우 5.0 등으로 분류하고 있다.

RC식 아파트건물에서는 콘크리트공사가 핵심이고 철골공사는 없다. 독일건설조합의 위험도 콘크리트공사를 가장 높은 8.5로 한 것은 타당하지만 국내 시공담당 경험적 엔지니어들에게 가설공사, 부지조성공사, 기초공사, 콘크리트공사, 방수공사를 콘크리트 “100”에 대한 상대적 수치로 표현토록 요구한 설문을 실시하였다.

work kinds	Intensity of risk			remarks
	German risk	Questionware result	this study	
temporary work	7.5	21	14	
grading, backfilling	7.5	14	11	
foundation work	30	29	29	
concrete work	48	27	38	
steel erection	-	-	-	
water proofing	7	9	8	
total	100	100	100	

* the above number is to be changed from the risk intensity on chapter 3 to percentile.

3장의 공종별 위험도 분석에 제시된 “독일의 건축공사 등급별 유형분류”와 이를 근거로 한 사무소 건물(RC조, SRC조, S조), 아파트건물(RC식, PC식)의 공종별 (가설공사, 부지조성공사, 기초공사, 콘크리트공사, 철골공사, 방수공사) 위험등급을 설정하기 위하여 설문조사(100분율로 환산)분석을 통해 독일위험도와 비교하여, 본 연구의 핵심인 품질관리평가서의 정량값이 되는 본 연구위험도(설문조사등급과 독일위험도의 평균값)을 제시하였다.

예를들어 콘크리트공사 본 연구위험도 “38”은 거

Table 6 Evaluation of 1056 sheets of questionnaires due to structures

Evaluated Values	Frequency				
	Office Bldg.			A. P. T Bldg.	
	RC	SRC	S	RC	PC
0	2	1	1	3	2
5	1			4	3
10	16	11	17	24	18
15	2	1	1	4	3
20	38	23	34	48	37
25	1	1	2	1	4
30	52	45	44	76	60
35		3	8		
40	46	43	44	62	58
45	9	5	3	8	4
50	114	90	80	144	123
55	3	5		9	2
60	80	73	62	76	78
65	11	3	3	6	6
70	69	74	62	61	57
75	7	12	9		
80	86	89	93	92	64
85	4	8	7	2	2
90	51	41	51	54	54
95	4	3	7	9	4
100	71	64	58	87	59
105				16	
110	21	14	16	18	17
120	31	35	36	27	22
125	2		2	1	2
130	7	11	9	3	10
135	80	155	155		142
140	4	4	2		3
150	66	62	72	67	69
160	5	3	2	4	2
170	4	2	1	3	3
180	6	6	7	1	3
190				1	1
200	87	79	78	87	66
250	21	25	19	8	10
300	34	36	44	30	37
350		1	1		4
400	9	11	8	6	12
450		1			
500	4	6	9	6	7
600	3	5	6	3	2
700	5	5	3	5	6

Total samples : 1056

푸집공사, 철근공사, 타설공사, 프리캐스트공사를 포함한 것이므로 품질관리평가서에 분류된 4개 항목, 즉 거푸집, 철근, 타설, 프리캐스트공사로 나누어 콘크리트공사(거푸집) "10", 콘크리트공사(철근) "10", 콘크리트공사(타설) "10", 콘크리트공사(프리캐스트) "8"로 분배하였다.

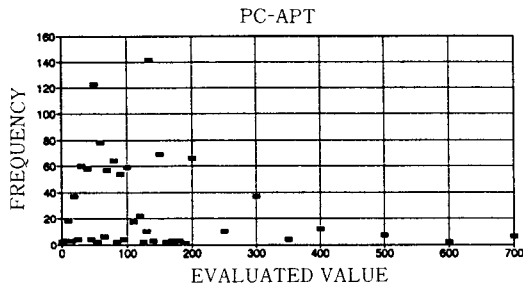
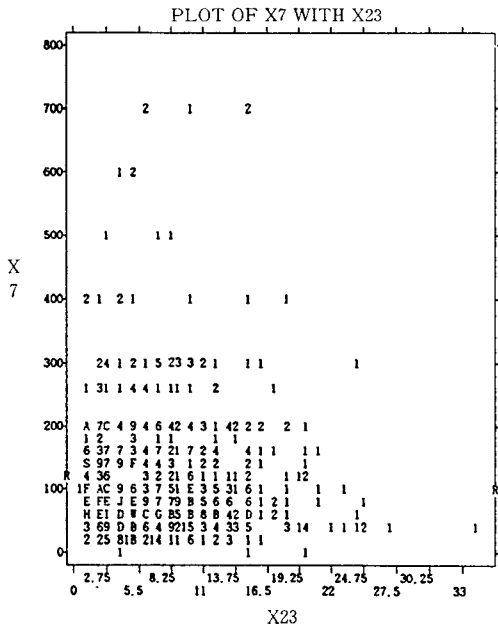
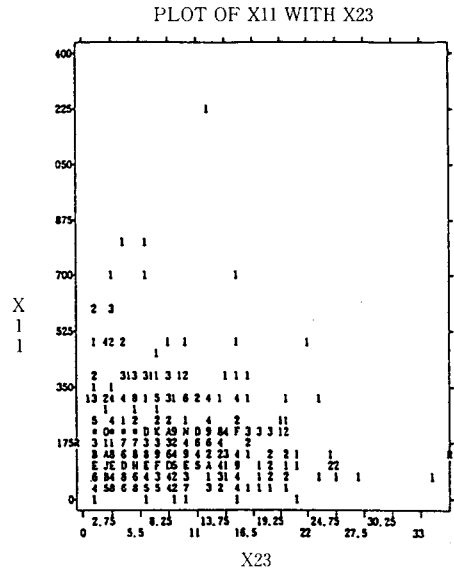


Fig. 9 Scatterness of the evaluated value on foundation work-PC



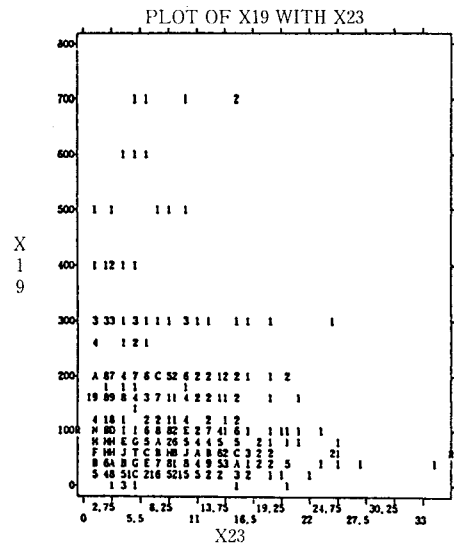
947 cases plotted. Regression statistics of X7 on X23 :
 Correlation-0.03104 R Squared .00091 S. E. of Est 90.93468
 Sig. .3542 Intercept(S. E.) 112.94347(5.02935) Slope(S. E.)
 -.54522(.58819)

a) SRC office bldg. Foundation work



947 cases plotted. Regression statistics of X11 on X23 :
 Correlation-0.4971 R Squared .00247 S. E. of Est 105.87049
 Sig. .1263 Intercept(S. E.) 182.54053(5.85541) Slope(S. E.)
 -1.04786(.68480)

b) S office bldg. steel erection work



947 cases plotted. Regression statistics of X19 on X23 :
 Correlation -.07339 R Squared .00539 S. E. of Est 90.47043
 Sig. .0239 Intercept(S. E.) 106.11735(5.00367) Slope(S. E.)
 -1.32383(.58519)

c) RC Apartment Bldg. Foundation work

Fig. 10 Interrelationship between risk rates and experience years

Table 5는 전체 설문응답결과를 구조물 유형별로 분류된 공종별 정량치 배분의 산포도 값을 총괄적으로 기초공사에 대해서만 대표적으로 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8은 구조형식별로 나누어 산포도 그래프를 제시한 것이다.

기초공사는 어느 골조형식에서나 중요한 부분이 되기때문에 콘크리트공사를 100으로 기준한 경우와의 상관관계에서도 유효한 분석을 할 수 있기 때문이다.

Fig. 4에서 RC(Reinforced Concrete)구조물 사무소에서 고찰해 보면, 현장에서 직접회신된 950매의 분석으로서 위험확률 "100"을 기축으로 집중되어 있음을 알 수 있다.

이를 "콘크리트 공사 100"을 기준으로 했을 때의 설문응답이므로 콘크리트공사와 위험확률이 유사한 것으로 평가되는 것으로 볼 수 있다. 곧 Table 3의 RC조에 있어서 foundation work과 Concrete work은 각기 28, 26으로서 타당성이 있음을 반증하는 것이다.

5. 결 론

이상의 이론 도입, 공종별 위험확률도를 위한 외국에서의 구조물붕괴사고 사례분석을 통한 6개의 핵심공종분류와 이들의 위험확률도 배분에 따른 분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) RC사무소건물의 기초공사 확률은 독일의 경우와 유사하여 본 연구에서 29/100로 확정 제시할 수 있다.

- 2) 확인된 정량치는 품질보증 체크항목 도입에 따라 건설현장 품질확보 수준을 판단하는 단순한 도구 제작기준이 될 수 있다.

- 3) 건설현장 특성에 따라 공종별로 유기적 정량값 배분이 가능하다.

앞으로 보험개발원 요율 제정이 단일공사에 대한 공종별로 적용될 수 있는 기준제시와 Fussy이론도입으로 그 타당성을 검증하는 단계를 연구하는 것은 필수적이라 하겠다.

참 고 문 헌

- 1) 손기상, 건설공사 안전해석론, 기문당, pp.9~11, Apr.1990
- 2) 손기상, 건설안전성 평가의 정량화에 관한 연구, 산업안전학회지, Vol.7, No.3, pp.43~52, Sept. 1992.
- 3) 보험개발원, 특종보험요율서, 통보문예사, pp. 181~202. Aug.1991.
- 4) 주경재, 조철호, 구조 안전진단 건물의 보강과 건물기능에 관한 조사 분석연구, 대한건축학회, Vol.8, No.7, pp.163~175, Jue.1992.
- 5) Robert T.Ratay, Handbook of Temporary Structures in Construction. Mc Graw Hill Book Co., pp.1~7, 1984.
- 6) James J.O'Brien, P.E, Construction Inspection Handbook, 3rd Edition, Van Nostrand Reinhold, pp.201~337, 1989.