

거푸집공사 시공안전을 위한 연구

-건축물 거푸집 설계를 중심으로-

1994. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 “94 산업안전연구사업”의 일환으로 수행한 “공업화 거푸집공사 시공안전을 위한 연구(건축물 거푸집 설계를 중심으로)”의 최종보고서로 제출합니다.

1994. 12. 31

주관연구부서 : 산업안전연구원
토목·건축연구실

연구수행자 : 선임연구원 최순주

참여연구자 : 책임연구원 박일철
책임연구원 안홍섭

목 차

제1장 서론	1
1. 연구의 배경과 목적	1
2. 연구기간	3
3. 연구방법 및 범위	3
제2장 거푸집구조와 재료	5
1. 거푸집공법 동향	5
2. 거푸집 구조	7
3. 거푸집 재료	10
4. 거푸집작업 개요서 개선(안)	14
제3장 거푸집 재해사례와 안전실태 및 관련 규정	17
1. 재해사례 분석	17
2. 안전계획 수립 실태	25
3. 안전관련 규정	28
4. 안전계획의 문제와 개선(안)	29
제4장 거푸집구조 설계 기준(안)	32
1. 거푸집재료 규격과 허용응력	32
2. 하중산정 기준	53
3. 거푸집 종류에 따른 구조설계 지침	60
제5장 결 론	66
참고문헌	68
부록1. 유해위험방지계획서 제출서류 실태조사	
부록2. 바닥거푸집 재료 실태조사	
부록3. 현행 거푸집 작업개요서 (17호 서식)	
부록4. '93거푸집공사 재해사례	
부록5. 거푸집설계 예시	

표 목 차

(표-1) 거푸집부재의 구조적 역할	9
(표-2) 분석대상 현장의 시설물 용도	11
(표-3) 작성기준별 제출 현황	12
(표-4) 바닥거푸집 부재의 재료규격과 배치간격	14
(표-5) 유해위험방지계획서 거푸집공사 작업 개요서 일부 발췌	14
(표-6) 작업개요서 개선안	16
(표-7) '93 건설업 중대재해 발생형태 분석	17
(표-8) 직종별 재해자수	18
(표-9) 거푸집공사 단위공정별 재해현황	19
(표-10) 거푸집공사 재해유형	20
(표-11) 작업별 붕괴재해 현황	22
(표-12) 붕괴재해와 기인물	23
(표-13) 분석대상 건축물 구조 형식	26
(표-14) 조립도 작도 실태	27
(표-15) 구조계산서 작성 실태	27
(표-16) 유해위험방지계획서 심사여부에 따른 재해발생 현황	30
(표-17) 거푸집용 합판의 규격 및 치수(mm)	33
(표-18) 거푸집용 합판의 휨강도와 영계수 (kg/cm^2)	33
(표-19) 철재요철판의 규격 및 단면성능	33
(표-20) DECK PLATE의 종류 및 규격	35
(표-21) DECK PLATE의 재료 및 허용응력도(kg/cm^2)	35
(표-22) 합판패널의 길이방향 부재성능	36

(표-23) 표준유리폼의 길이방향 부재성능	37
(표-24) 명에·장선 제재규격	38
(표-25) 미송의 각국 허용응력 (kg/cm^2)	38
(표-26) 강관파이프 규격	39
(표-27) 강관파이프 허용응력	39
(표-28) 지보공 조립형식과 사용장소	41
(표-29) 강관받침기둥 규격 비교	42
(표-30) 강관받침기둥의 허용하중	43
(표-31) 보조기둥의 규격과 허용응력	44
(표-32) 받침기둥 형식과 사용 높이(층고)	45
(표-33) 층고와 바닥 두께에 따른 선정	45
(표-34) 층고와 보의 단면적에 따른 선정	46
(표-35) 하중재하 및 지지조건에 따른 강관틀비계의 허용하중(ton)	48
(표-36) 폼타이 규격 및 허용하중	49
(표-37) 철선의 규격 및 허용하중	50
(표-38) 주밴드의 재질 및 규격	50
(표-39) 못의 허용뽐힘하중(kg)	51
(표-40) 못의 허용수평하중(kg)	51
(표-41) 와이어로우프 허용하중(kg)	52
(표-42) 턴버클 및 턴버클 볼트 허용하중	52
(표-43) 수직하중의 각국 기준 및 기준(안)	54
(표-44) 건축공사 표준시방서 축압 기준	56
(표-45) 콘크리트 표준시방서 축압 기준	56
(표-46) 수평하중에 대한 각국 기준 비교	58

(표-47) 풍하중에 대한 각국 기준 비교	59
(표-48) 보의 공식	61
(표-49) 거푸집종류별 부재 계산순서	62
(표-50) 거푸집 종류별 고려하중과 산정식	63
(표-51) 부재별 하중 및 지지조건의 가정과 검토사항	64
(표-52) 변 형 기 준	65

그 립 목 차

(그림-1) 연구 흐름도	4
(그림-2) RC조의 구체시공에서의 공업화	7
(그림-3) 거푸집공사의 붕괴재해 모형	24
(그림-4) 철재요철판 및 DECK PLATE 형상	34
(그림-5) 조립보 형태	40
(그림-6) LOAD TOWER 형식	46
(그림-7) 강관틀비계의 하중재하 및 지지조건	47
(그림-8) 지보공의 특수형식	48
(그림-9) 구조계산 진행방법	61

제1장 서론

1. 연구의 배경과 목적

가. 연구배경

노동부에서 발간된 「'93 노동재해분석」에 의하면 건설업에 종사하는 근로자들의 직종별 재해분석 결과는 목공, 벽돌공, 기타 직종 근로자들이 재해발생 빈도가 매우 높게 분석되어 이들 직종에 대한 안전대책의 수립이 시급히 요청되고 있는 실정이다.

실제 92년도 건설업종에서 발생한 일반재해가 36,255인의 61.9%에 해당하는 24,450인과 사망재해자 848인 중 56.4%에 해당하는 478인이 이들 직종에서 재해가 발생하였다. 그리고 건축공사 물량의 대부분이 철근콘크리트 구조형식으로 건립되고 있는 점과 철근콘크리트 공사 수행에 있어 공사비중이 크고 주요공정인 거푸집공사에 목공직종 근로자의 투입이 많은 점을 간과하지 않을 수 없다.

따라서 거푸집공사에서 발생하는 재해의 근본원인을 도출하여 이를 근절시킬 수 있는 안전대책의 제시가 요구되었다.

그러나 근로자의 안전과 보건의 유지 및 증진을 목적으로 제정되어(1981. 12. 31) 1차 개정(1990. 1. 13)을 거친 현재의 산업안전보건법(이하 “산안법”이라 한다)은 전반적으로 시공에 관한 규정으로 근원적 안전대책 수립에 필요한 계획단계에서의 거푸집설계에 필요한 구조설계기준(하중, 재료의 규격과 허용응력)에 대한 규정이 미비한 실정에 있다. 또한 거푸집공사는 건설작업에서의 유해위험작업으로 분류(안전기준규칙 제120조 3항)되어 사전안전성심사 대상작업으로 심사시 거푸집지보공 작업개요서를 제출하여 사전안전성 확보를 위

한 심사를 받고 있으나 구조기준 및 설계지침이 전무한 시점에서 작성 제출하여 심사를 받는 건설현장과 제출된 서류를 심사하는 심사자 양측 모두 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이러한 문제해결을 위한 거푸집구조 해석 및 설계지침의 개발이 요구되고 있는 실정이다.

나. 연구의 목적

거푸집공사는 소공정의 반복작업으로 수행되며 투입 근로자의 직종이 다양하여 그 만큼 위험요인이 크기 때문에 적절한 공사계획을 수립한 시공만이 우수한 품질의 보장은 물론 안전시공의 성패까지 좌우하게 된다.

안전시공의 성패와 구조물의 품질을 확보하기 위해서는 공사계획수립 시점에서 거푸집구조에 대한 안전성 검증이 필연적이지만 거푸집은 가설물이라는 이유 등으로 구조설계를 도외시함으로써 현장작업에서 기본이 되는 조립상세도가 미비하거나 작성되지 않은 경우도 있다. 그 결과 공사에 투입된 현장근로자의 경험에 의한 경험시공으로 공사가 진행되고 있는 실정이다. 또한 현장근로자는 안전성이 검증되지 않은 과소단면의 부재, 결함재료, 현장 보유 재료 등을 이용하여 연결재의 부족, 전용철물을 사용하지 않는 등 적당시공함으로써 콘크리트 타설시 하중의 증가에 대응하지 못하여 발생하는 거푸집공사에서의 빈번한 붕괴재해는 전형적인 인재(人災)로서 충분히 예방이 가능한 재해이다.

또한 거푸집공사 붕괴재해의 피해정도는 재해건수보다 많은 인명의 손상과 막대한 경제적 손실이 수반되기 때문에 더욱 심각한 문제이다.

따라서, 본 연구에서는 거푸집공사에서 붕괴재해로 인한 다수의 인명과 경제적 손실을 최소화하기 위하여 재해원인을 규명하고 국내·외 설계기준을 비교 분석하여 거푸집 구조설계에 필요한 설계 기초자료를 제공과 더불어 제시된 설계기준을 적용하여 주요 거푸집 구조 설계사례를 제시함으로써 현장에서 활용을 가능하게 함으로써 거푸집공사에서의 안전시공을 도모하여 건설재해의 예방 및 감소에 기여함을 목적으로 한다.

2. 연구기간

1994. 1. 1 ~ 1994. 12. 31

3. 연구방법 및 범위

가. 연구방법

인명과 경제적 손실의 피해정도가 크고 재해발생 빈도가 높은 거푸집공사에서의 붕괴재해 예방이라는 목적을 달성하기 위하여

첫째, '93년도 거푸집공사 관련 중대재해사례 조사보고서를 분석하여 붕괴재해의 다양한 발생원인중 구조설계에 의한 원인을 도출하였다.

둘째, 건설현장에서 작성 제출한 유해위험방지계획서 실태 분석을 통하여 거푸집 구조설계에서의 문제점 도출과 건축공사 현장에서 범용적으로 사용하는 거푸집재료를 조사하였다.

셋째, 안전관련 규정(산안법)에서의 거푸집 구조설계기준을 분석하여 추가 보완 기준을 검토하였다.

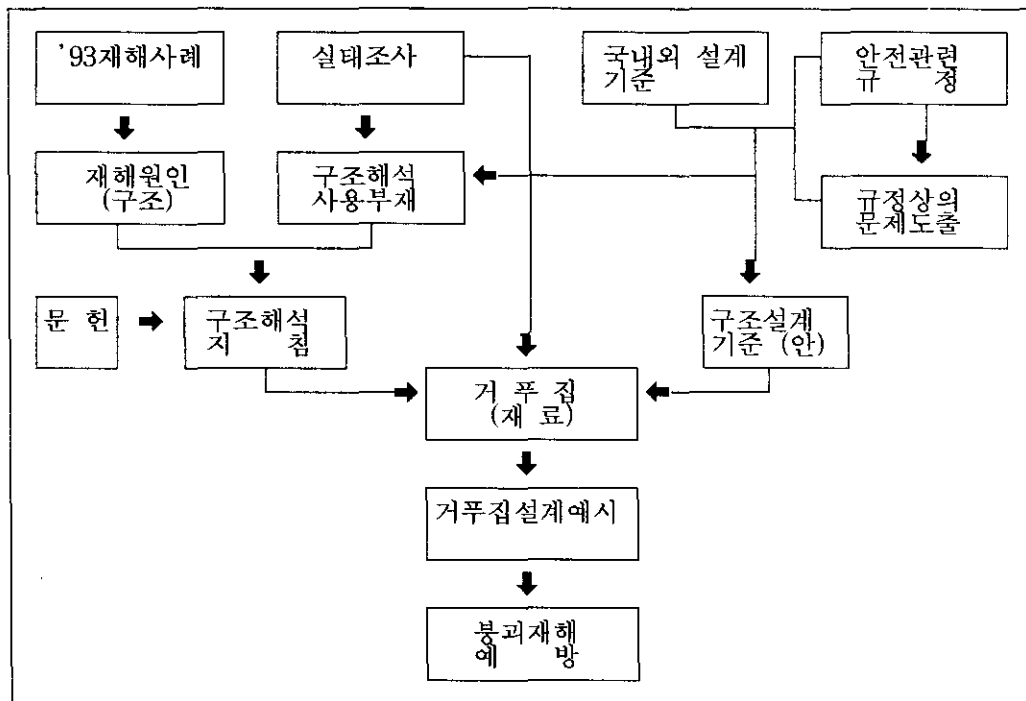
넷째, 실태조사에서 도출된 거푸집 구조설계의 문제를 해결하기 위하여 문헌을 정리하여 구조설계 지침을 제시하였다.

다섯째, 안전관련 기준의 추가 보완 사항과 국내·외 설계기준을 비교 분석하고 정리하여 설계기준(안)을 제시하였다.

여섯째, 제시된 설계지침과 기준(안)을 실태조사된 거푸집재료에 적용하여 적용사례를 예시하였다. 상기의 내용을 요약한 연구흐름도 (그림-1)는 다음과 같다.

나. 연구범위

철근콘크리트 구조물 공사의 주요공정인 거푸집공정에서 빈번히 발생하는 붕괴재해예방을 위하여 본 연구에서는 재해사례에서 규명된 구조적 원인과 거푸집 구조설계 실태분석에서 분석된 해석상의 오류와 문제점 및 현행의 안전 규정분석에서 누락되어 있는 기준을 보완 정리하여 설계지침과 설계기준(안)을 제시하고 제시된 설계지침과 기준(안)을 실태조사에서 조사된 범용적으로 쓰이는 거푸집재료에 적용하여 건축구조물의 슬라브, 보, 벽, 기둥거푸집 설계 적용 사례의 제시까지를 연구의 범위로 설정하였다.



(그림-1) 연구 흐름도

제2장 거푸집구조와 재료

1. 거푸집공법 동향

가. 거푸집 기능

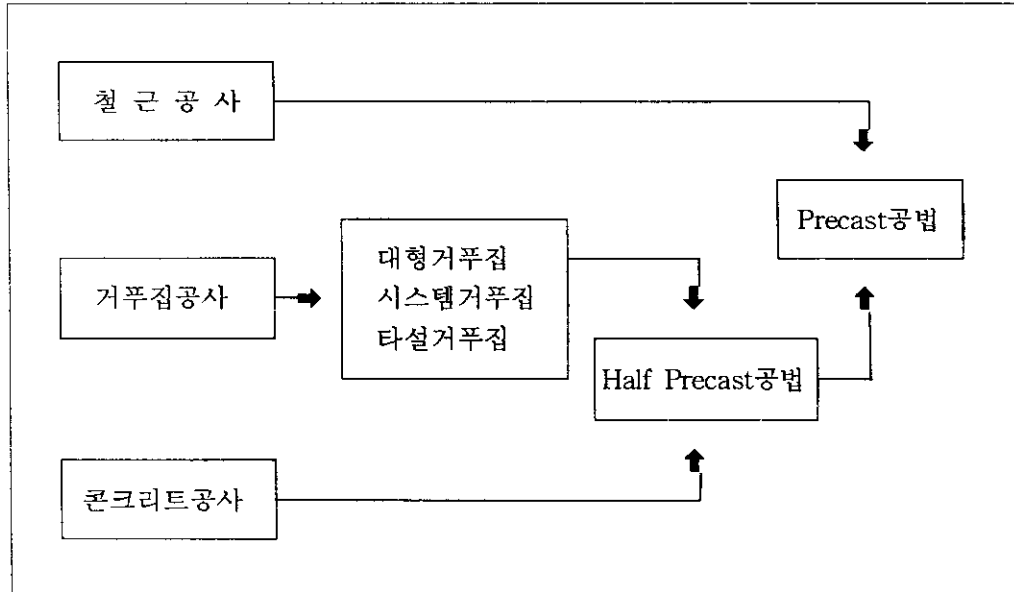
건축물의 구체를 구성하는 구조재료에 있어서 철근콘크리트 구조는 철근과 콘크리트 각각의 장점을 조합한 구조로서, 조형의 다양화에 대응이 용이하고 내구성 및 내화성이 뛰어나고 재료의 구득이 용의하며 가격이 저가하는 많은 장점을 지니고 있다. 그러나 거푸집은 두가지 재료를 임의의 모양으로 성형하기 위해서는 응결하기까지 정확한 형상과 치수를 유지하는 동시에 콘크리트가 경화하여 소정의 강도가 발현되기까지 보호·양생 및 구조체의 정밀도와 철근의 피복두께 확보, 그리고 콘크리트의 표면마무리 등의 주요한 역할을 담당하는 가설물로서 구조체가 준공된 후에는 아무 흔적도 남지 않는다. 그러나 거푸집공사는 설계, 재료 및 공법의 선정 등이 시공자 의사에 따라 결정되며 전체 공정에 막대한 영향을 끼치기 때문에 합리적인 시공계획을 위해서는 재료, 장비, 공법에 대한 충분한 지식과 경험은 물론 우수 기능인력의 확보 그리고 계획단계에서 구조설계에 따른 조립도 작성과 시공시 조립도에 의한 조립 및 관련 안전규정을 준수함으로써 위험성 높은 거푸집공사에서 재해예방을 기대할 수 있다.

나. 거푸집 공법 동향

철근콘크리트 구조물 시공에는 철근공사, 거푸집공사, 콘크리트공사의 3가지 공종으로 대별할 수 있으며, 각각의 공사에서 공업화가 진행되어 왔다. RC조의 구체공사에서의 공업화(그림-2)는 울거미식 패널을 최초로 할 수 있으며, 합판패널이 보급되기까지 상당기간 사용되어 왔다. 그 사이에 금속재

패널을 사용한 Metal Form 공법이 사용되기도 하였으나 부재치수가 다양한 건축구조물 구체의 구축에는 규격품이고 중량물이기 때문에 부적합하여 사용이 부진하였지만 토목구조의 거푸집으로는 아직도 많이 사용되고 있다.

공사량의 증가에 따라 거푸집공사의 합리화를 목적으로 대형거푸집, 시스템 거푸집 등이 개발되었으며 널의 재료도 합판뿐 아니라 알루미늄, 플라스틱 등 다양화 되었다. 또한 구조체의 일부를 프리캐스트화하여 거푸집 겸용으로 사용하여 해체작업의 생략이 가능한 바닥거푸집 공법이 개발되자 기둥, 보, 벽에서도 거푸집 겸용의 Pca판을 외국에서 사용하고 있으며 연구도 활발한 실정이다. 외국과 비교하여 우리나라의 거푸집공업화는 진척속도가 늦어 현재까지도 건축구조물 공사에서 합판을 소재로한 합판과 합판panel 및 Euro Form이 주류를 이루고 있으나 거푸집공사와 콘크리트공사를 조합한 half precast공법이 도입되어 시공중에 있다. 철근과 거푸집 그리고 콘크리트공사를 조합한 precast공법은 건설기능공의 고령화, 숙련기능공 부족의 심화, 다양한 디자인에 의한 모듈화·표준화의 어려움이 있으며, 지구환경보운동에 따라 합판거푸집의 사용에 문제가 제기되고 있다. 따라서 다양한 디자인에 대응이 가능한 시스템거푸집, 전용회수를 증가시킬 수 있는 패널, 해체작업이 생략되는 타설거푸집 등의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 머지않아 국내에서도 일반적인 거푸집공사로 등장할 것이다.



(그림-2) RC조의 구체시공에서의 공업화

2. 거푸집 구조

거푸집 구조는 일반적으로 널, 지보공, 긴결재로 구성된다. 널은 콘크리트와 직접 면하므로 내구성과 의장적 욕구에 부응하여 타설콘크리트의 형상유지와 누출방지, 콘크리트가 경화할 때까지 보호양생을 담당한다. 구조적으로는 상부하 중 또는 측압을 지지하는 부재로서 상부하중을 장선, 멍에, 지보공으로 전달시키며, 측압은 떠장으로 전달시킨다.

장선과 멍에는 바닥과 보거푸집 하부에 위치하는 부재로서 거푸집널을 지지하고 상부하중을 지지하여 멍에는 장선으로 장선은 지보공으로 전달하는 부재이다. 보측판, 벽체, 기둥거푸집에서는 장선과 멍에는 수직과 수평으로 배

치되어 수직띠장, 수평띠장이라 하며 축압을 지지하는 부재로서 장선(수직띠장)과 멩에(수평띠장)는 거푸집 구조의 주요부재이다. 따라서 거푸집널이나 자체부재에 과도한 변형과 응력이 발생하지 않도록 배치하여야 한다.

지보공은 바닥 및 보거푸집 밑판에 배치되는 부재로서 널, 장선, 멩에를 소정의 위치에 고정시키고 상부하중을 지반에 전달하는 수직부재로서 거푸집 공사 붕괴재해를 유발하는 주범이기도 하다. 따라서 조립 및 설치작업에 앞서 구조검토에 의한 조립도 작성은 물론 안전규정을 준수하여 조립함은 물론 신품과 과도한 전용재의 혼용조립, 강관지보공과 목재지보공 등의 이질재료에 의한 조립, 부식되거나 변형이 발생한 지보공에 의한 조립은 금지되어야 한다.

긴결재는 벽채, 기둥거푸집에서 생콘크리트 축압에 저항과 부재의 형상(두께) 유지를 목적으로 사용하는 것을 폼타이라 하며, 기둥의 축압에 저항하는 체결재는 주밴드라 한다. 그리고 거푸집구조에서 전통적으로 많이 사용되는 부재로는 거푸집 전체 구조에 안정과 수평하중에 저항하기 위한 가새와 폼타이 사용이 곤란한 장소에 긴결재인 철선과 임시 또는 부재간의 체결재로 못이 사용된다.

거푸집 구성부재와 구조적 역할 및 사용위치를 정리하면 (표-1)과 같다.

(표-1) 거푸집부재의 구조적 역할

구 분 부 재	구조적 역할	사용위치
널	- 상부하중, 측압지지 - 생콘크리트 형상유지(변형기준대) - 생콘크리트 누출 방지 - 경화시까지 보호양생	바 닥 보 벽 체 기 등
장선 및 멍에	- 상부하중 지지 - 널의 위치 고정	바 닥 보밀판
띠 장	- 측압지지 - 널의 위치 고정	보측판 벽 체 기 등
지보공	- 널, 장선, 멍에 위치 고정 - 상부하중 지지	바 닥 보밀판
가 새	- 수평하중 지지 - 전체 거푸집 안정성 확보	지보공등
긴결재	- 생콘크리트 측압 지지 - 콘크리트 두께 유지	벽 체 기 등
체결재	- 생콘크리트 측압 지지	기 등

3. 거푸집 재료

합리적인 거푸집공사를 수행하고 안전시공의 목적을 달성하기 위해서는 구조설계를 실시한 결과에 따라 조립도를 작성하여 현장에 비치하면 근로자는 조립도에 따라 부재를 조립하여야 한다. 그러나 구조설계에는 거푸집 구성 부재에 대한 재료 규격과 허용응력 및 부재성능이 필요하지만 국내의 규준이 미비하고, 부재성능에 대한 참고자료가 부족한 실정이다. 예를들어 거푸집에서 많이 이용되는 목재의 경우, 제재규격은 산림청 고시 8호에서 규정한 규격과 시장에 유통되는 규격은 상이하다. 또한 부재성능은 수종, 함수율, 전용회수, 등급, 부재규격과 재하기간에 따라 차이가 있으며, 더우기 허용응력기준은 콘크리트 표준시방서와 건축법 구조기준 규칙에서 조차 서로 상이하게 규정하고 있는 실정이다. 따라서 국내에서 생산되고 사용중에 있는 거푸집재료를 중심으로 국내·외 기준을 비교 검토하여 부재성능과 규격등의 정립이 요구된다. 따라서 국내 건설현장에서 거푸집조립 부재로 사용하고 있는 재료를 조사하여, 조사된 재료를 중심으로 재료기준(제4장)을 제안하고 거푸집종류에 따른 단면, 부재규격, 배치간격등을 조사하여 현장과 동일한 조건으로 거푸집 설계방법을 예시하기 위하여 42건이 유해위험방지계획서를 조사분석 하였다.

가. 분석대상 현장과 분석방법

현재 건설현장에서 사용되고 있는 거푸집 재료를 조사하기 위하여 수도권 지역 건설현장에서 제출한 42건의 건축현장 유해위험방지계획서를 대상으로 조사 분석(부록-1, 2) 하였다. 조사분석의 목적은 거푸집 재료에 대한 재료규격과 구조설계에 필요한 허용응력 등의 기준 정립에 필요성과 구조계산 적용예시를 위한 기초자료 발굴에 목적을 두었다. 42개 분석대상 현장의 시설물 용도(표-2)는 주거용인 아파트가 25개 주거 및 상가, 사무실, 종교, 의료 용도

의 건축물 이었다.

(표-2) 분석대상 현장의 시설물 용도

구 분	계	아파트	주상복합	사무실	교 회	병 원
현장수	42	25	4	11	1	1
백분률	100	59.5	9.5	26.2	2.4	2.4

분석방법은 유해위험방지계획서의 거푸집 작업에 관련된 첨부서류 및 작성기준(노동부 고시 1992-48호)에 따라 첨부서류인 거푸집 지보공 작업 개요서(별지 17호 서식)와 작성기준으로 예시된 대상구조물의 거푸집 지보공 조립 표준상세도, 지보공구조의 재질·설치간격·버팀구조, 주요 수직구조물의 콘크리트 타설 측압계산서를 세부적으로 분석하였다. 그러나 건축물은 구조형식에 따라 거푸집구조의 안전성이 검토되어야 한다. 일반적으로 벽식구조인 경우에는 바닥과 벽체거푸집에 관하여 검토하고, 라아멘구조인 경우에는 바닥, 보, 벽체, 기둥거푸집을 검토하여야 한다. 따라서 본 연구에서의 분석대상 건축현장은 건축구조 형식상 벽식구조인 아파트와 라아멘 구조인 기타 건축물로 분류됨에 따라 실제 거푸집 부재에 대한 제출서류에 근본적으로 차이가 있다. 또한 본연구의 목적이 특정 구조형식에 한정된 거푸집 재료 조사가 아니므로 첨부서류와 작성기준에서 파악이 가능한 모든 것을 조사하였다.

나. 유해위험방지계획서 분석

(1) 작업개요서

작업개요서는 (부록-3) 반드시 작성하여 제출하여야 하는 첨부서류이나 42개 조사대상 건설현장에서 2개현장의 작업개요서가 없었다. 그러나 유해위험방지계획서 제출시 부터 개요서가 없이 제출되었는지는 확인이 불가능하였으나, 서류심사 및 보관과정에서 유실된 것으로 사료된다.

작업개요서는 유해위험방지계획서의 첨부서류이므로 제시된 작성기준의 내용이 표현되어야 한다. 그러나 서식에 한계가 있어 개요서만으로는 작성기준에서 예시된 사항을 나타낼 수 없는 단점이 있으며, 또한 재질·치수의 표기란은 어느 거푸집 부재를 대상으로 하고 있는지 애매모호하다. 그러나 현장에서는 바닥거푸집을 주대상으로 작성하고 있어 바닥거푸집에 대한 개요는 어느정도 파악이 가능하지만, 보, 벽, 기둥거푸집 구조에 대한 파악은 전혀 불가능하다. 따라서 심사자는 바닥거푸집 이외의 사항은 건설현장에서 부수적으로 제출한 표준상세도 또는 구조계산서를 검토하여야 하는 등의 문제가 있어 개요서만으로 심사가 가능하도록 변경하든가, 상세도로 대체하는 등에 관한 연구가 요망된다.

(2) 작성기준 분석

상세도, 지보공의 구조·재질·간격·버팀구조, 측압계산서를 작성하도록 작성기준은 제시하고 있다. 제출서류를 분석한 결과(표-3) 바닥거푸집은 비교적 파악이 가능하였으나 그 외의 거푸집은 도저히 불가능하였다. 결국 건설현장에서 아직도 유해위험방지계획서를 부실하게 작성하여 제출함으로써 심사자는 많은 시간을 투입하게 되어 심사효율이 떨어지고, 보완서류를 요구하여만 심사가 가능한 경우도 있다. 따라서 향후 작성에 관한 전문교육의 실시는 물론 제출서류의 보완 및 심사효율을 증대시킬수 있는 연구가 요구된다.

(표-3) 작성기준별 제출 현황

구 분	상 세 도				지 보 공 구 조			구 조 계 산 서			
	바닥	보	벽	기둥	재질	규격	버팀구조	바닥	보	벽	기둥
현장 수	31	4	8	4	35	29	19	16	2	5	3

(표-3)에 나타나듯이 대부분 건설현장에서 바닥거푸집에 대해서는 비교적 안전성 확보를 위한 노력을 하고 있으나 기타 거푸집에 관해서는 안전성검토를 하지 않는 것으로 조사되었다. 분석대상 42개 건설현장 중 벽식구조인 아파트 건축물 25개 현장은 바닥과 벽(측벽과 내벽) 거푸집 상세도를 작성 제출하여야 하며, 라아멘 구조인 기타 건축물 17개현장은 바닥, 보, 벽, 기둥거푸집 상세도를 제출하여야 한다.

그러므로 보, 벽, 기둥 거푸집은 사전안전성심사 없이 공사가 진행되어 재해발생의 가능성이 높다. 또한 건설현장에서는 안전심사를 받은 서류에 따라 공사를 진척시켜야 함에도 설계변경 등의 다양한 이유로 계획서와는 무관하게 공사를 수행하고 있어 근원적 안전시공 도모를 위해 도입 시행중인 심사제도가 공염불에 그칠 우려가 있다. 실제 '93년도 발생한 건설중대재해중 한국산업안전공단에서 조사한 361건중 59건이 거푸집공사에서 발생하고 있어 우려가 사실로 확인되고 있다.

다. 거푸집 재료

(표-3)에서 본 바와 같이 건축물의 주요구조부에 대한 거푸집 재료 및 부재의 사용 실태파악에는 문제가 있어 바닥거푸집에 한정하여 분석하였다. 바닥거푸집의 구성부재인 널, 장선, 멍에, 지보공 부재를 재질, 규격, 배치간격에 대하여 조사한 결과(표-4) 널재의 재질은 목재로서 규격은 900mm x 1800mm, 두께 12mm 합판을 대부분 사용하고 있으며 장선과 멍에의 재질과 규격은 목재로서 90mm x 90mm 각재를 장선은 450mm, 멍에는 900mm 간격으로 조립하고 있으며, 지보공의 재질과 치수는 강재로서 $\phi 48.6$, H=4200 의 pipe support를 900~1200간격으로 조립하고 있다.

(표-4) 바닥거푸집 부재의 재료규격과 배치간격

널			장 선			명 에			지 보 공		
재질	규격	두께	재질	규격	간격	재질	규격	간격	재질	규격	간격
합판	900x1800	12	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	$\phi 48.6$ H=4200	900~1200

4. 거푸집작업 개요서 개선(안)

건설현장에서 작성 제출하는 유해위험방지계획서의 내용이 부실하여 심사
에 고충을 덜어주기 위하여 개선(안)을 제안하고자 한다. 작업개요서(부록-3)
는 기본적으로 각각의 현장에 거푸집공사 개요를 파악하기 위해 작성되는 것
으로 작업개요서, 지보공종류, 재질·치수, 수평버팀대의 형식, 스펠, 설계하중,
기타로 구성되어 있다. 여기서 거푸집의 기본적 구조와 부재규격, 배치간격
등의 개요를 알 수 있는 부분은 재질치수(표-5)이다.

(표-5) 유해위험방지계획서 거푸집공사 작업 개요서 일부 발췌

재 질 치 수	거푸집		지 주	
	장 선		수평연결재	
	띠 장		사 재	

(노동부 고시 1992-48호 17호 서식의 일부)

3절에서 전술한 바와 같이 건축구조물은 구조형식에 따라 골조가 서로 다
르기 때문에 거푸집 종류도 다르다. 벽식구조에서는 기둥과 보가 없이 바닥
과 벽체로 조합된 구조이며, 라아멘구조는 바닥, 보, 벽, 기둥이 조합된 구조이
다. 따라서 상기 표-5는 기준층에만 적용한다 하더라도 4개이상의 표가 필요

하다. 또한 거푸집에 따라 부재명칭도 상이하다. 즉 바닥거푸집에는 장선, 멍에 부재가 있지만 벽과 기둥거푸집에는 장선과 멍에 부재는 없으며 띠장이 있으므로 정확한 부재명칭을 사용하여야 한다. 그러나 현행 사용중인 작업개요서는 바닥거푸집 구성부재를 기록하는 것인지 벽 또는 기둥 거푸집 부재의 개요를 나타내는 것인지 분명하지 않다. 장선은 바닥거푸집 구성부재이며, 띠장은 벽체, 기둥, 보의 측판 거푸집 구성부재이기 때문에 애매모호 하다.

따라서 거푸집종류에 따라 정확한 부재명칭을 사용함으로써 건설현장에서 대상거푸집에 대한 오류가 발생하지 않도록 개요서는 개선되어야 한다. 그리고 재질과 치수로 되어 있어 재질은 단면을 보면 보통은 알 수 있지만 치수는 단면규격(가로, 세로, 두께등)과 간격을 나타내야 함에도 배치간격이나 두께 등을 누락시키고 있어 이들을 기록할 수 있도록 개선이 필요하다.

지보공의 종류는 대부분 강재인 pipe support를 사용 설치하고 있으며 재질과 치수에서 파악이 가능하므로 삭제되어도 관계없다고 사료된다. 그리고 수평버팀대의 형식과 스펠에서는 표준상세도의 첨부 유무에 대한 확인만 하고 있으므로 상세도를 반드시 제출하도록 하는 것이 바람직하다.

상기와 같은 문제점을 반영하여 작업개요서 개선(안) (표-6)을 제시하였으며, 구조설계 결과에 따라 상세도가 작도되므로 심사시 상세도가 부적절하다고 판단한 경우 등에 한정하여 구조계산 근거를 요구하는 것이 바람직하다고 사료된다. 상세도는 건축구조형식에 따라 벽식구조는 바닥과 벽(측벽과 내벽), 라아멘 구조는 바닥, 보, 벽, 기둥 거푸집을 모두 작도하여 제출하게 하고, 기준층과 크기나 높이 등이 상이한 것은 해당건축물의 최대단면을 추가 제출하도록 하여야 한다.

따라서 작업개요서 개선안과 상세도(기준층과 필요층)를 기본서류로 하고

필요에 따라 구조계산 근거를 요구할 수 있도록 제안한다.

(표-6) 작업개요서 개선안

거푸집지보 공 작업개요		구조형식				기준충고			
		기 준 충 공사기간	조 립	일		해 체	일		
		최대단면 크 기	바 닥			보			
			벽			기 둥			
거푸집종류		구 분 부재명	재질	규격	두께, 간격	구 분 부재명	재질	규격	두께, 간격
바 닥		널				지보공			
		장선				수평연결			
		명에				가새			
보	밑판	널				지보공			
		장선				수평연결			
		명에				가새			
	측판	널				수평띠장			
		수직띠장				긴결재			
벽	측벽	널				수평띠장			
		수직띠장				긴결재			
	내벽	널				수평띠장			
		수직띠장				긴결재			
기 둥		널				수평띠장			
		수직띠장				긴결재 체결재			
첨부서류		조립도	바닥, 보, 벽, 기둥			구 조 계산서	바닥, 보 , 벽, 기둥		

* 구조계산서는 필요시 제출

제 3장 거꾸집 재해사례와 안전실태 및 관련 규정

1. 재해사례 분석

가. 중대재해 발생 형태

'93년도 우리나라 건설현장에서 발생한 중대재해는 636건이 발생하였으며 한국산업안전공단에서는 636건중 361건(56.8%)의 중대재해를 직접 조사하여 시공사 및 건설재해예방과 관련된 유관기관 및 단체에 재해사례 속보를 발송하여 건설재해를 감소하고자 부단히 노력하였다. 건설중대재해의 발생형태에 따라 분석한(표-7) '93산업재해분석과 한국산업안전공단 자료에 따르면 추락재해 형태가 50% 남짓 점유하고 있으며 낙하·비래, 붕괴 도괴재해의 순으로 발생하고 있다.

(표-7) '93 건설업 중대재해 발생형태 분석

구 분	총 계	추 락	낙하·비래	붕괴·도괴	전 도	충 들	협 착	기 타
노동부	636	317	41	37	24	36	35	146
구성비	100	49.8	6.4	5.8	3.8	5.7	5.7	5.5
공 단	361	177	36	35	9	11	31	62
구성비	100	48.9	9.9	9.7	2.5	3.3	8.6	17.2

나. 직종별 재해자수

한국산업안전공단에서 직접 조사한 361건의 중대재해에서 480인의 재해자가 발생하였으며 재해자의 직종에 따라 분석(표-8)한 결과 특정기술이 없는 보통인부가 88인(18%)으로 가장 많이 재해를 당하는 것으로 분석되었다. 이는 특정한 기술이 없는 관계로 건설현장의 여건과 필요에 따라 다양한 공종에 보통인부가 투입되는 결과이다. 또한 골조공사에 주로 투입되는 직종(목공, 철근공, 콘크리트공, 철골공)에서 130(27.1%)인의 재해자가 발생한 것으로 분

석되어 건설공사에 있어 골조 공종이 타공정과 비교하여 상대적으로 위험요인이 많으며 따라서 재해발생 빈도가 높은 것이다.

(표-8) 직종별 재해자수

구 분	계	보통 인부	목공	콘크리 트공	철골공	철근공	미장공	도장공	방수공	타일공
재해자수	480	88	80	23	17	10	18	14	8	11
비율(%)	100	18	17	5	3	2	4	3	2	2
구 분		비계공	설비공	전공	중기 운전공	착암공	기계 설치공	조적공	기타	
재해자수		37	36	34	21	18	12	7	46	
비율(%)		8	8	7	5	4	2	1	9	

결국 직종별 재해자수를 분석한 결과는 골조 공종 투입 근로자에 대한 안전문제를 제기하는 것이다. 철근콘크리트 구조와 철골 철근콘크리트 구조의 구체공사의 가장 주요 공정인 거푸집공사는 이들 직종이 주로 투입되는 공종이다. 한국산업안전공단에서 조사한 '93년도 361건의 중대재해중 거푸집공사 관련 재해 59건에 대하여 소단위 공정작업 재해발생경위, 재해유형, 재해발생의 주요원인 및 재해자수를 분석(부록-4)하였으며, 분석 결과는 다음과 같다.

분석한 결과 거푸집공사에서만 62인 (17%)의 사망자와 중상자 45인 도합 107인의 재해자가 발생하여 심각한 문제를 제기하고 있다.

다. 단위 공정별 재해분석

거푸집공사 단위공정별 재해건수와 재해자수(표-9) 분석 결과, 작업별 재해건수는 조립작업, 해체작업, 콘크리트 타설작업 순서로 재해가 발생하고 있으나 재해자수(중상재해자 포함)는 콘크리트 타설작업에서 51인(47.7%)의 재해자가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 조립과 해체 작업순이었

다. 더우기 59건의 재해건수에 비해 107인의 재해자가 발생하여 재해건수 대비 1.8인의 재해자가 발생하여 더욱 심각한 문제가 아닐수 없다.

거푸집공사에서 상기와 같이 심각한 문제를 해결하기 위해서는 재료반입에서 해체정리까지의 작업단계별 안전대책의 제시('93연구보고서:최순주)는 물론 철근공사 콘크리트공사와 연계한 안전대책이 제시되어야 한다.

(표-9) 거푸집공사 단위공정별 재해현황

작업명	재해건수	구성비	재 해 자 수			구성비
			사 망	중 상	계	
운 반	3	5.1	3	-	3	2.8
조 립	24	40.7	25	2	27	25.2
콘크리트타설	14	23.7	16	35	51	47.7
해 체	16	27.1	16	8	24	22.4
이 동	2	3.4	2	-	2	1.9
계	59	100	62	45	107	100

이러한 안전대책은 공사계획 단계에서 거푸집을 구성하는 각각의 부재와 전체적인 거푸집 구조에 대하여 안전성을 검토하여 조립도를 작성하고 조립도에 의한 시공이 가장 중요하며, 안전시설의 설치, 보호구착용, 관리감독 철저가 수반되어야만 비로서 가능해 진다.

라. 재해유형 분석

거푸집공사 재해를 발생유형에 따라 재해건수와 재해자수를 분석한 결과 (표-10) 붕괴로 인한 추락, 매몰 및 협착, 충돌로 이어진 재해는 29건(49.2%)이며, 재해자수는 75인(70.1%)이며, 단순 추락재해는 22건(37.3%)이 발생하여 21인(19.6%)의 재해자가 발생하였다.

추락재해는 붕괴, 전도, 충돌의 1차적인 원인이 제공되므로써 추락으로 이

어지는 2차재해라는 것을 표-10은 증명하고 있다. 그러나 대부분의 재해통계는 재해발생의 1차적원인은 도외시하고 재해결과를 중시한 통계처리를 하고 있다. 또한 현재의 모든 재해관련 통계자료를 보면 추락으로 인한 재해가 전체건설재해의 50%남짓한 것으로 제시되고 있기 때문에 건설재해예방은 곧 추락재해예방이라는 등식의 사고를 초래하여 추락재해를 예방하기 위한 많은 연구와 노력이 지속되어 왔으나 건설업 재해예방 활동이 타산업에 비하여 효과적으로 수행되지 못하고 있는 원인이기도 하다.

따라서 거푸집공사에서의 재해를 예방하기 위해서는 재해발생의 근본적 원인이 되고 있는 붕괴재해를 억제하여야 하며, 붕괴재해예방을 위해서는 반드시 계획단계에서 거푸집 구조의 안정성을 검토하여, 산안법에서 규정하고 있는 조립도를 작성하여 조립도에 의한 거푸집시공을 하여야 한다. 그리고 건설현장에서는 근원적 안전확보를 위해 작성 제출하여 안전성을 심사받은 위해위험방지계획서에 따라 시공함은 물론 행정적 조치로서 각종 안전점검시 제출하여 심사받은 계획서에 따른 시공여부에 대하여 철저한 감독만이 거푸집공사에서의 재해예방효과를 극대화시킬 수 있다.

(표-10) 거푸집공사 재해유형

재해유형 구 분	계	붕 괴			추락	낙하·비래	충돌	낙하·비래	감전
		추락	매몰·협착	충돌	추락	추락	추락	충돌	감전
재해건수	59	21	7	1	21	1	1	4	3
구 성 비	100	35.6	11.9	1.7	35.6	1.7	1.7	6.7	5.1
재해자수	107	59	15	1	22	1	1	4	4
구 성 비	100	55	14	1	20	1	1	4	4

마. 붕괴재해 현황과 원인분석

거푸집공사 재해 59건(재해자수 107인)중 근원적 원인이 붕괴에 있는 29건(재해자수:75인)에 대하여 단위 작업별 재해건수와 재해자수를 분석(표-11)한 결과 콘크리트타설 작업에서 14건(48.3%)이 발생하여 51인(68%)의 재해자가 발생하여 재해건수 대비 3.6인의 재해자가 발생하였다. 콘크리트 타설작업에서의 상기와 같은 현상은 다양한 직종의 근로자가 동시에 투입되기 때문이다. 또한 재해건수가 많은 이유는 콘크리트 타설로 인한 고정하중 및 작업하중이 급격히 증가됨에 따라 거푸집 구성 부재중의 가장 취약한 부재에 변형이 발생됨으로써 상부하중 지지의 한계에 도달한 전체거푸집 구조가 붕괴되므로써 막대한 인적, 경제적 손실을 초래하게 된다. 이러한 붕괴재해를 예방하기 위해서는 공사계획단계에서 거푸집의 재료와 전체구조에 대한 충분한 안전성 검토를 하여야 한다.

따라서 안전성 검토에 필요한 설계기준 즉, 재료기준, 하중산정기준, 해석방법, 재료별 허용응력 기준 등의 제시가 요구된다.

또한 사전안전성 심사제도 재해예방에 기여한 것이 사실이나, 건설공사 특성상 거푸집공사는 하도급에 의한 하청업체에서 수행하기 때문에 원청에서 계획하고 작성하여 사전안전성을 심사받은 유해위험방지계획서와 상관없이 하청업체에서 재료를 선정하여 시공하는 문제가 많아 이에 대한 제도적 보완이 요청된다.

(표-11) 작업별 붕괴재해 현황

구 분 작업명	재해사례 연번 (부록 - 4)	재해건수 (구성비)	재해자수 (구성비)
조 립	6, 10, 13, 21, 30, 38, 51, 52	8 (27.6)	9 (12)
콘크리트타설	1, 4, 7, 9, 11, 16, 22, 26, 37, 39, 47, 54, 57, 58	14 (48.3)	51 (68)
해 체	3, 8, 14, 17, 48, 53, 59	7 (24.1)	15 (20)
총 계		29 (100)	75 (100)

바. 붕괴재해 기인물

작업별 붕괴재해 기인물 분포를 분석한 결과(표-12) 기인물은 구조체, 거푸집, 구성부재, 지보공, 거푸집 인양철물 그리고 작업발판 등에 기인하고 있다. 29건의 붕괴재해중 27건(93%)의 재해가 상부하중 증가에 따른 가설구조물에 변형이 발생하여 거푸집 구성부재와 작업발판 자체의 구조적 결함에 있다. 기능공의 조립불량으로 콘크리트 누출에 의한 하중증가와 해체작업에서의 해체거푸집을 과다적치 하중의 증가에 의한 작업발판의 구조적 결함에 기인하고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 거푸집공사에서의 붕괴재해는 거푸집구조의 안전성확보가 재해예방의 첩경이 될 수 있으며, 기인물이 작업발판인 붕괴재해는 조립불량과 자재의 과다적치에 기인하고 있으므로 작업방법 불량, 관리감독 소홀, 안전시설 미설치, 개인보호구 미착용 등을 재해원인으로 해석할 수도 있다. 그러나 근본적으로 거푸집공사에서 콘크리트 누출은 흔히 발생하는 일로서 결국 상부하중 산정의 오류에 그 원인이 있으며, 엘리베이터 피트 내부에서의 해체작업시 작업이 편의성 때문에 내부작업발판 위에 해체거

푸집을 적치하는 것은 충분히 예견할 수 있는 일이기 때문에 작업발판 설계시 상부하중 산정의 오류이거나 적절한 안전률을 반영시키지 못한 결과이다.

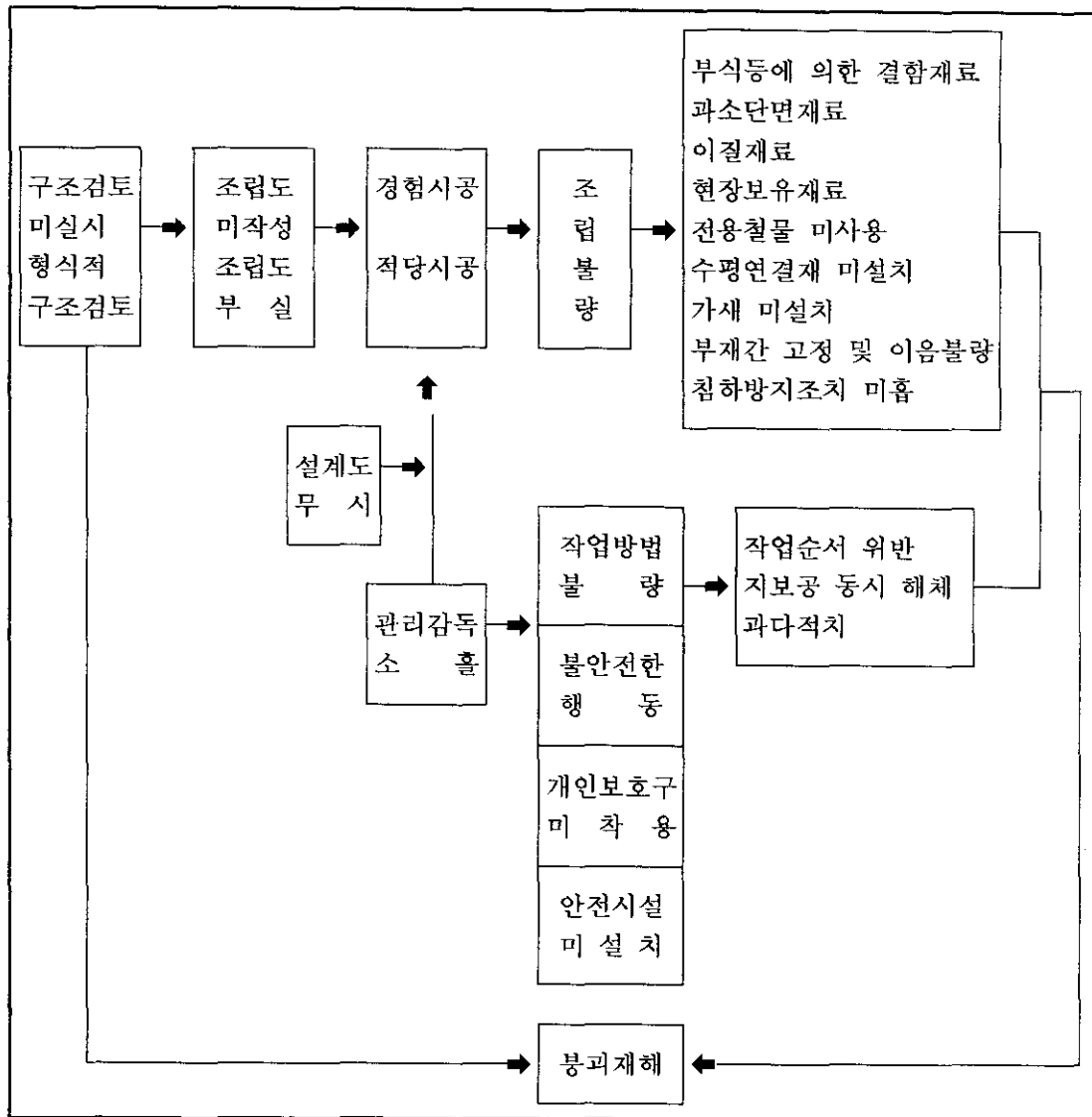
따라서 거푸집 재료에 대한 적절한 하중산정의 기준안과 안전률이 반영된 재료의 허용응력 기준의 정립이 요구된다.

(표-12) 붕괴재해와 기인물

기인물 사례연번 작업	구조체	거푸집 거푸집부재 지보공	거푸집 인양철물	작업발판	개구부 토사
조립	-	10, 13, 51	30, 38	6	21, 52
콘크리트	1,11,16,22, 39,47,57,58	4, 9	-	7, 37, 54	-
해체	17, 59	14, 48	53	3, 8	-
계	11	7	3	7	2

사. 거푸집공사 붕괴재해 모형

거푸집공사 붕괴재해 원인 분석 결과, 근원적 원인은 건설현장에서 거푸집 구조에 안전성을 검토하지 않거나 형식적으로 검토가 이루어져 조립도를 작성하지 않으므로써 근로자는 자신의 경험에 의해 시공하거나 적당히 시공하게 된다. 그리고 관리감독을 소홀히 함으로써 근로자는 설계도서를 무시하고 시공하거나, 작업의 편의성을 추구하기 위해 근로자 임의로 작업방법을 결정하여 과다적치, 동시해체작업을 자행하는데 원인이 있다. 그러나 거푸집공사 붕괴재해 모형(그림-3)이 보여주듯이 궁극적 원인은 계획단계에서의 거푸집 구조부재의 안전성 검토 문제에 귀착하고 있다.



(그림-3) 거푸집 공사의 붕괴재해 모형

2. 안전계획 수립 실태

산안법에서 유해위험작업으로 분류되어 있는 거푸집공사 수행에 따른 건설현장의 안전계획 수립 실태를 파악하기 위하여 수도권 지역과 강원도 지역의 42개 건축공사현장에서 '94년도에 제출한 유해위험방지계획서를 조사하여 분석하였다.

분석대상을 건축현장으로 한정 한 이유는 토목구조물은 건축구조물에 비하여 구조체의 단면이 크기 때문에 설계단계에서 거푸집구조에 대한 안전성 검토를 하는 것이 일반적이다. 또한 교량이나 고가도로의 경우에는 동일 단면에 높이가 일정한 교각이 연속적으로 배치되므로, 동일한 거푸집을 전용하여 작업하기 때문에 전용회수의 증가를 목적으로 한 강재거푸집을 공장에 주문생산하여 조립하는 방식을 채택하고 있어 건축현장에 비해 거푸집공사 안전에 신뢰도가 높다는 판단때문이다. 실제 '93 거푸집공사 재해사례 59건중 47건(79.7%)이 건축현장에서 발생한 사실도 이를 입증하고 있다.

분석방법은 유해위험방지계획서 첨부서류인 개요서와 작성기준에 따라 건설현장에서 제출한 조립도와 구조계산서를 면밀히 검토하여 최근 건설현장에서 의 거푸집공사 안전계획 수립실태를 조사 분석 하였다.

가. 건축구조형식 분류

분석대상인 42개 건설현장의 건축물 구조형식(표-13)을 분류한 결과 벽식 구조인 주거용 건축물과 라아멘 구조인 office, 병원, 주상복합 건축물, 심사대상 건축물의 구조형식은 비교적 균등하게 분포하고 있다.

(표-13) 분석대상 건축물 구조 형식

구 분	벽 식	라 아 멘				계
	아파트	주상복합	office	교 회	병 원	
현장수	25	4	11	1	1	42
구성비	59.5	9.5	26.2	2.4	2.4	100

나. 조립도 작도 실태

건축구조형식에 따라 거푸집 구조의 안전성 검토 대상은 달라진다. 즉 벽식구조인 경우에는 보와 기둥부재가 없으므로 바닥과 벽체에 대해 검토하며, 라아멘구조에서는 일반적으로 보와 기둥 거푸집이 추가된다. 또한 건축물은 동일 건축물이라도 단면의 크기가 서로 다른 부재가 혼재하고 있으므로 해당 건축물의 부재중 최대단면, 즉 당해건축물의 기둥중 단면이 가장 크고 가장 높은 기둥부재에 대하여 안전성의 검토가 반드시 수행되어야 한다.

그러나 건설현장에서 계획한 유해위험방지계획서(이하 “계획서”라 한다)에 근거하여 건축구조형식에 따라 기본적인 검토대상 부재의 조립도 작성도 실태를 분석한 결과 (표-14) 총 25개 벽식구조 건설현장에서 바닥거푸집 조립도는 18개(72%) 현장, 벽거푸집은 4개(16%) 현장에서 제출하고 있었다. 또한 총17개 라아멘구조 건설현장에서는 바닥은 13개(76.5%)현장에서 제출하였으며, 보, 벽, 기둥은 4개(23.5%)현장이 조립도를 제출 하였다. 이는 현장에서 기본적인 검토대상 거푸집조차 안전성을 검토하지 않으므로써 결국 근로자의 경험 시공 및 적당시공을 부추기고 있으며, 이러한 시공은 결국 붕괴재해라는 재앙을 스스로 자초하는 결과로 나타나, 많은 인명과 경제적 손실을 초래하고 있는 것으로 분석되었다.

(표-14) 조립도 작도 실태

조립도 구 조	계	바 닥	보	벽	기 등
벽 식	25	18 (72%)	-	4 (16%)	-
라아멘	7	13 (76.5%)	4 (23.5%)	4 (23.5%)	4 (23.5%)

다. 구조계산서 작성 실태

구조계산서 역시 검토대상 부재는 구조형식에 따라 차이가 있으며, 작성실태를 분석한 결과(표-15) 바닥거푸집의 검토현장은 벽식구조에서는 10개(45%), 라아멘 구조에서는 6개(35.3%)만이 작성하고 있다. 전자에서는 검토하여야 할 벽체의 구조계산을 전혀 검토하고 있지 않으며, 후자도 역시 보, 벽, 기둥 거푸집을 거의 검토하지 않고 있다. 이는 건축현장에서 거푸집의 안전성 확보와 안전시공을 도모하기 위한 자주적 노력이 부족하거나, 구조계산 수행능력이 부족한 결과로 사료된다.

따라서 근본적인 거푸집공사의 안전시공을 도모하기 위해서는 구조검토 결과에 따라 거푸집 부재의 배치간격등에 대한 조립도 작성은 물론 재질 및 단면규격 등에 대한 개요서 작성이 가능하기 때문에 거푸집 구조 계산방법의 예시가 요구되고 있다.

(표-15) 구조계산서 작성 실태

구 분	계	바 닥	보	벽	기 등
벽 식	25	10 (45%)	-	0 (0%)	-
라아멘	17	6 (35.5%)	2 (12%)	5 (29%)	3 (17.6%)

3. 안전관련 규정

거푸집공사에 관련된 안전규정은 산안법 제23조(안전상의 조치)에 근거하고 있으며 제14조(관리감독자등) ②항의 규정에 따라 시행령 제11조(안전담당자의 지정등)에서 거푸집지보공 조립 및 해체작업은 안전담당자를 지정하여야 할 작업으로 규정되어 있다.

실질적 안전규정은 안전기준규칙 제6편 제1장(제359조~제367조)에서 규정하고 있으며, 건설현장에서는 노동부 고시 제1994-2호(콘크리트공사 표준안전작업지침)를 주로 활용하고 있다. 그러나 기준규칙이나 노동부 고시 모두 근원적 안전을 확보하기에는 미흡한 실정이다. 산업안전기준 규칙의 내용을 요약하면 제1절 재료등에서는 거푸집의 재료는 변형 부식 또는 심하게 손상된 것을 사용해서는 아니된다고 규정하고 있으며, 강재의 사용기준에서는 강재종류와 인장강도, 인장 강도별 신장률만을 규정하였고, 구조는 거푸집형상 및 콘크리트 타설방법등에 따른 견고한 구조일 것이라 규정되어 있다.

그리고 제2절 조립등에서는 조립도를 작성하고 당해 조립도에 의하여 조립하도록 규정하고 있으며 안전조치에서 침하방지조치, 개구부 상부에 조립시 받침대를 견고히 할 것, 상하 고정 및 미끄러짐 방지조치 그리고 하중지지상태 유지, 지주의 이음방법과 동일재료 사용, 강재 접속부 전용철물 사용, 곡면 거푸집 부상방지조치, 지주종류의 높이에 따른 수평연결재 설치에 관한 규정, 콘크리트 타설 작업에서의 점검과 감시자 배치, 작업에서의 준수사항으로 출입금지, 악천후시 작업중지, 재료, 기구 및 공구 인양 및 하역작업시 달줄 달포대 사용에 관하여 규정하고 있다. 상기의 규정내용중 조립도를 작성하고 조립도에 따라 조립해야 한다는 규정은 곧 거푸집을 구조 검토하여 조립도를 작성하라는 의미가 함축되어 있기는 하나 구체적 표현이 없으며, 거푸집 구조

계산에 필요한 실질적 규정은 전무하다.

구조계산을 하기 위해서는 우선 거푸집 구성부재들에 대한 규격기준과 규격에 따른 용력기준 및 설계시 고려해야할 하중 등에 대한 기초자료가 필수적이다. 물론 KS와 가설기자재 성능검정규격, 건축구조기준규칙, 건축공사 표준시방서, 제조업체의 카타로그 및 기타 외국의 기준등을 참고한다면 구조검토는 가능하나 상기의 규격이나 기준 일부 또는 전부를 검토하지 않으면 구조계산에 어려운 문제가 있다. 이러한 문제해결을 위해서는 이들 자료에 대한 정리작업 및 그 규격과 기준에 대한 검증에 관한 연구가 지속적으로 수행되어 거푸집 구조 설계기준과 지침이 제시되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 2장 3절에서 현재 우리나라 건설현장에서 거푸집 부재로 사용되는 재료와 향후 사용의 증가가 예상되는 재료를 중심으로 재료의 규격과 허용용력기준을 국내의 기준과 연구보고서 및 외국의 유명 거푸집 전문업체의 카타로그 등을 검토하여 제안하고자 한다.

4. 안전계획의 문제와 개선(안)

건설재해 발생유형은 보통 2가지 이상의 유형을 갖는 복합형태임에도 모든 재해통계는 초기형태와 중간형태를 제시하지 않고 단순히 결과만을 통계처리함으로써 재해예방 효과의 극대화 실현에 문제가 있다. 즉 붕괴에 의해 추락하였다면 이는 붕괴를 근절하지 않으면 추락재해를 감소시킬수 없음에도 재해통계는 재해발생형태를 추락으로 통계처리하고 있어 근본적인 안전대책 제시는 불가능하게 된다. 따라서 건설재해의 분석기법에 관한 연구와 재해분석 전문가 양성이 시급히 이루어져야 한다.

거푸집공사에서의 붕괴재해는 재해건수와 재해자수 각각 49.2%와 70%를 점유하고 있어 붕괴에 기인한 재해의 심각성을 더하고 있으나, 관련 안전규정

이 미비하고, 제도상의 허점이 있다. 또한 건설현장에서는 가장 먼저 선행되어야만 하는 구조적 측면에서의 안전계획 수립실태는 일부 바닥거푸집을 제외한 타거푸집에 대해서는 검토하지 않고 있어, 결국 근로자에 의한 적당시공, 경험시공으로 붕괴재해가 반복되는 문제가 있다. 또한 거푸집구조에 대해 안전성을 검토하고자 하여도 작성기준에 대해서는 구조계산 지침과 하중기준, 재료의 규격과 허용응력등에 대한 참고자료가 없어 여러 종류의 문헌과 제조업체의 카탈로그에 의존하여야 하는 문제가 있다. 이를 개선하기 위해서는 재료기준과 허용응력기준 거푸집구조에 따라 고려해야할 하중 및 구조계산 지침이 제시되어 건설현장의 유해위험방지계획서 작성시 활용을 유도하여야 한다.

유해위험방지계획서의 작성상의 문제로는 대부분의 건설현장에서 바닥거푸집 구조에 한정하여 계획서를 제출하고 있는 문제가 있어 향후 건축물 구조형식에 따른 거푸집 부재에 안전계획 수립을 유도하여야 하며, 이를 위해서는 개요서의 서식이 2장에서 제시된 양식으로의 개선이 요청된다. 또한 계획서 심사 비대상 건설현장에서도 붕괴재해가 '93년도 38.33%가 발생하였으며, 심사

(표-16) 유해위험방지계획서 심사여부에 따른 재해발생 현황

구 분 심사여부	구 성 비	재해발생건수
심 사 필	53.33	32
심 사 미 필	8.33	23
심 사 제 외	38.33	5
계	100	60

대상이나 심사미필 건설현장에서 8.33%의 재해가 발생하고 있다(표-16). 따라서 심사미필 건설현장과 심사대상 제외 현장에 대한 제도적 개선이 연구

과제로 대두된다.

그리고 건설업 특성상 계획서 작성자는 원청사에서 작성하나 실질적인 시공은 하청회사에서 수행하므로써 심사시의 계획과는 별개의 시공방법을 채택하므로써 사전안전성심사의 목적이 퇴색되는 제도적 보완의 문제가 발생하고 있다.

제4장 거푸집구조 설계 기준(안)

1. 거푸집재료 규격과 허용응력

제2장에서 조사된 현장 사용재료를 중심으로 거푸집재료의 규격과 허용응력의 기준을 제안하고자 하였으나, 바닥거푸집의 사용재료는 조사가 가능하였으나, 기타 거푸집 재료는 자료의 부족으로 조사가 곤란하였다.

따라서, 조사된 거푸집 재료를 중심으로 국내 건설현장에서 사용중인 재료 및 사용이 예상되는 재료에 대하여 문헌과 국내의 기준을 참고하여 거푸집 재료규격과 허용응력등의 단면성능의 제계수에 대한 기준을 제시하고자 한다.

가. 거푸집 널

널은 모든 부재에 사용하는 합판, 철판조 바닥에 사용하는 DECK PLATE 그리고 신재료 개발, 공업화 추세 및 환경보존 문제 등으로 플라스틱을 소재로한 널과 FERRO DECK 등이 사용되고 있다.

(1) 합판

거푸집 널재는 합판과 전용회수 증가를 목적으로한 TEGO합판이 주로 사용되고 있다. 성능은 KS F 3110(콘크리트 형틀용 합판)과 KS F 3113(구조용 합판)에서 정한 기준을 준용할 수 있으며 콘크리트 형틀용 합판 규격에는 일정하중에 대한 처짐량만 규정되어 있으나 휨강도에 대한 규격은 없다. 그러나 집중하중이 작용하는 단순보로 가정한 처짐공식을 이용하면 변형량으로 영계수 산정은 가능하다. 그러나 널재는 항상 습윤상태에 있으므로 강도저하에 따라 가감하여야 하는 등의 문제가 있으며, JASS 5 철근콘크리트편에서 제시한 80%를 취한다 하더라도 계산상의 어려움이 있다.

따라서 구조용 합판에서 정하고 있는 영계수와 실제 널재료로 사용이 많

은 두께 12mm와 15mm 1급 구조합판에서 정한 휨강도를 기준하여 합판규격 및 치수(표-17)와 합판의 허용 휨응력과 휨영계수(표-18)로 하였다.

(표-17) 거푸집용 합판의 규격 및 치수(mm)

두께	단판겹수	나비	길이	허용치			대각선 길이차
				두께	나비	길이	
12 15	7이상	900 1200	1800 2400	$\pm 3\%$	+10~0	+10~0	+15~0

(표-18) 거푸집용 합판의 휨강도와 영계수 (kg/cm^2)

구분 두께(mm)	휨강도		영계수	
	0°	90°	0°	90°
12	260	200	55000	35000
15	240	200	50000	40000

* 0° 는 합판의 섬유방향 * 90° 는 합판의 직각방향

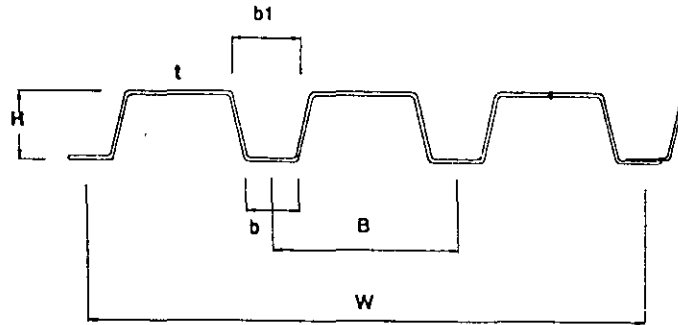
(2) 철재요철판

철재요판은 아파트 외벽의 널재(그림-4)로 합판 또는 목재 등의 띠장재와 일체화하여 사용되나 표준규격은 없으며 대한주택공사의 표준상세도를 이용 철재요철판의 규격 및 단면성능(표-19)으로 정하였다.

(표-19) 철재요철판의 규격 및 단면성능

표준단면치수(mm)						단면성능	
H	w	B	b	bl	t	I	Z
20	900	150	50	70	1.0	8.1	9.8
					1.2	9.5	11.5

단, I, Z값은 1m당



(그림-4) 철재요철판 및 DECK PLATE 형상

(3) DECK PLATE

DECK PLATE는 철골 또는 철골철근콘크리트 구조에서 철골보 위에 걸쳐 거푸집대용이나 구조체의 일부로 사용한다. DECK PLATE의 종류 및 규격은 KS D 3602(강재갑판)에서 여러종류를 규정하고 있으나 거푸집공사용으로는 1종이 주로 사용되며 재료의 인장강도는 3000kg/cm^2 이상, 항복강도는 2100kg/cm^2 이상이므로 이 값을 기준한다. 그러나 강재의 허용응력도는 단기 허용응력도의 1.5배를 인정하고 있으며 DECK PLATE는 신품으로 재사용이 불가능한 1회용 재료이므로 단기허용응력(항복강도)을 기준할 수 있다. 또한 변형기준은 처짐기준($1/100$)을 스펠에 적용하면 되겠으나 처짐량이 너무 크다고 사료되어 향후 기준제정시 재검토가 요망된다. 따라서 DECK PLATE의 단면치수 기준(표-20)과 재료별 허용응력(표-21)은 KS D 3602를 준용하였다.

(표-20) DECK PLATE의 종류 및 규격

기 호	표준단면치수 (mm)						무 계		단면성능	
	H	W	B	b	bl	t	kg/m	kg/m ²	1m당 I (cm ⁴)	1m당 Z (cm ³)
SDP-ALC 12 16	50	614	205	40	60	1.2	8.22	13.40	61.1	17.9
						1.6	10.90	17.80	79.4	23.3
SDP-ALL 12 16	75	690	230	88	95	1.2	10.70	15.50	186.0	44.0
						1.6	14.20	20.58	243.0	57.6
SDP-ALH 12 16	75	600	200	58	65	1.2	9.85	16.40	180.0	39.1
						1.6	13.00	21.74	235.0	51.0

(표-21) DECK PLATE의 재료 및 허용응력도(kg/cm²)

종류	기호	재 료	인장강도	항복강도 (허용응력도)
1 종	SDP 1	KS D 3501(열간압연연강판 및 강대)의 1 종 및 KS D 3512(냉간압연강판 및 강대) 의 1종	3000 이상	2100 이상
2 종	SDP 2	KS D 3503(일반구조용압연강대)의 2종 (SS41)	4100 이상	2400 이상

(4) 합성패널

합성패널은 기둥과 벽체와 같이 측압에 영향을 받는 거푸집 널재로 사용
하고 있으며 하중에 대한 저항능력을 향상시키기 위해 널재와 장선재를 일체
화하여 단면성능을 증대시킨 부재로서 합판 pannel과 Euro Form이 있다.

(가) 합판패널

합판패널은 거푸집의 조립·해체 및 이동이 간편하고 전용회수를 증대시킬

수 있으며 합판과 각재를 일체화 한 것이다. 합판은 통상적으로 3' x 6' 또는 4' x 8' 크기의 합판을 사용하고 있으며 장선은 건설현장에서 자체적으로 조립하므로 부재성능을 결정하기에 어려운 점이 있다. 쌍용기술연구소에서는 합판패널을 합성부재로 보아 합판을 목재에 대한 등가단면적으로 치환하여 단면 2차모멘트와 단면계수를 산정하였다. 그리고 제작오차등에 따른 안전율(1.5)을 고려하여 합판패널의 길이방향 부재성능(표-22)을 제시하여 그 기준을 준용 하였다.

(표-22) 합판패널의 길이방향 부재성능

크기 및 구성부재 (mm)	판넬폭당 I (cm ⁴)	판넬폭당 Z (cm ³)	허용응력도 fb (kg/cm ²)
900 x 1800 x 12 45 x 60, 4개	600	135	60
1200 x 2400 x 12 45 x 60, 5개	770	170	60

(나) Euro Form

Euro Form은 코팅합판과 강재틀로 구성되며 평타이, 웹지핀, 후크 등을 이용 조립하는 거푸집 널재로서 현재 가장 많이 사용되는 거푸집 널재이다. 현재 사용중인 유러폼의 규정은 KS F 8006(금속재 거푸집패널)에서 사용면판을 규정하고 있으며 주로 코팅합판이 사용되고 있다. 합판은 KS F 3110(콘크리트 형틀용 합판)의 규격에 규정되어 있으며 보강재료는 KS D 3512(기계구조용 탄소강재)에서 SM 45C(항복강도 4400t/cm²)이상으로 규정하고 있지만 부재성능에 대한 규정은 없다. 쌍용기술연구소에서는 유러폼의 부재성능을 보강재와 합판을 합성부재로 가정하고 등가단면적으로 치환하여 단면 2차모멘트와 단면계수를 산정하였다. 그리고 제작 오차등에 따른 안전율(1.5)를 고려

하여 표준유리폼의 길이방향 부재성능(표-22)을 제안하여 그 기준을 준용하였다.

(표-23) 표준유리폼의 길이방향 부재성능

크기 및 구성부재 (mm)	판넬폭당 I (cm ⁴)	판넬폭당 Z (cm ³)	허용응력도 (kg/cm ²)
600 x 1200 x 12 4 x 63.5, 강재2개	45.2	11.7	3600

(5) 기타 거푸집 널

기타 거푸집 널은 전용회수의 증가 및 잔재처리의 문제등을 보완하기 위하여 개발되어 사용중이며 향후 사용가능성이 있는 재료는 합성수지판, 절곡형 철판거푸집, 매립거푸집용 보강시멘트판, GRC, CFRC, 라스거푸집 등이 있다. 또한 Ferro Deck, 중공슬래브, Half PC 등은 그 자체가 거푸집 역할과 구조체 역할을 하므로 지보공작업과 해체 및 이동 운반작업의 생략이 가능하여 공업화의 일환으로 사용되고 있다. 이들의 규격 및 성능 규정은 제조업체마다 서로 상이하므로 성능과 규격기준을 단일화하는 것이 곤란하므로 제조회사에서 제시하는 사양등을 참조.

나. 멩에·장선

멩에·장선재는 주로 목재가 사용되고 있으며 강관파이프, 각형강관, 철판트러스, 알루미늄보, 합성보 등도 사용되고 있다.

(1) 목재

멩에와 장선재로 사용되는 목재의 수종은 주로 미송이며 제재규격은 산림청 고시 제8호에서 정하고 있으나, 실제 사용 및 유통되는 멩에 및 장선재의 제재 규격과는 상이하여 현장실태조사를 통하여 멩에 및 장선재의 제재규격

(표-24)으로 하였다. 그러나 향후 기준 제정시에는 제재규격과 등급기준에 대한 검증이 필요하다. 왜냐하면 90x90 각재의 실체치수는 90x90과 84x84로 유통되고 있어 단면성능에 문제가 있기 때문이다.

(표-24) 명에·장선 제재규격

구 분	45	60	90	105
45	○	○	○	○
60	○		○	
90	○	○	○	
105	○			

부재성능은 수종 및 함수율 등에 따라 허용응력은 크게 차이가 나며, 국내의 콘크리트 표준시방서와 건축법 구조기준규칙의 기준이 상이함은 물론 각국의 기준(표-25)에 큰 편차를 보이고 있어 향후 실험을 통한 기준의 정립이 요구되고 있다. 그러나 명에 및 장선재는 전용과 습윤상태 그리고 용이등에 의한 강도저하 요소를 고려하여야 하므로 ACI기준을 준용하여 목재의 허용응력과 영계수로 기준하였다.

(표-25) 미송의 각국 허용응력 (kg/cm²)

국명	기 준	휨	압 축	전 단	영계수
한국	콘크리트 표준시방서	135	120	10.5	-
	건축법 구조기준 규칙	90	80	7.0	-
미국	ACI	60	65	8.0	80,000
일본	건축기준법 시행령	95	75	8.0	-
	노동안전위생규칙	135	120	10.5	70,000
영국	BS	60	25	13.1	47,000

목재의 좌굴응력은 콘크리트 표준시방서에 제시된 오메가법을 근거한 식 등을 이용하여 압축력을 받는 지지길이에 따라 양단 회전단으로 가정하여 산출이 가능하다.

(2) 강관파이프

강관파이프는 부재성능이 균일하고 강성이 좋기 때문에 주용도는 비계용이나 거푸집의 멍에와 장선 그리고 떠장재로 많이 사용되고 있다. KS F 8002(강관비계)에서 강관파이프의 규격(표-26)과 허용응력(표-27)을 규정하고 있으므로 그 규정을 준용하여 허용응력도에 1.25배 하였다.

(표-26) 강관파이프 규격

구 분 종 류	외경 (mm)	두께 (mm)	중량 (mm)	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Y (cm)	Z (cm ³)
4종	48.6	2.4	2.73	3.4	9.34	1.64	3.83

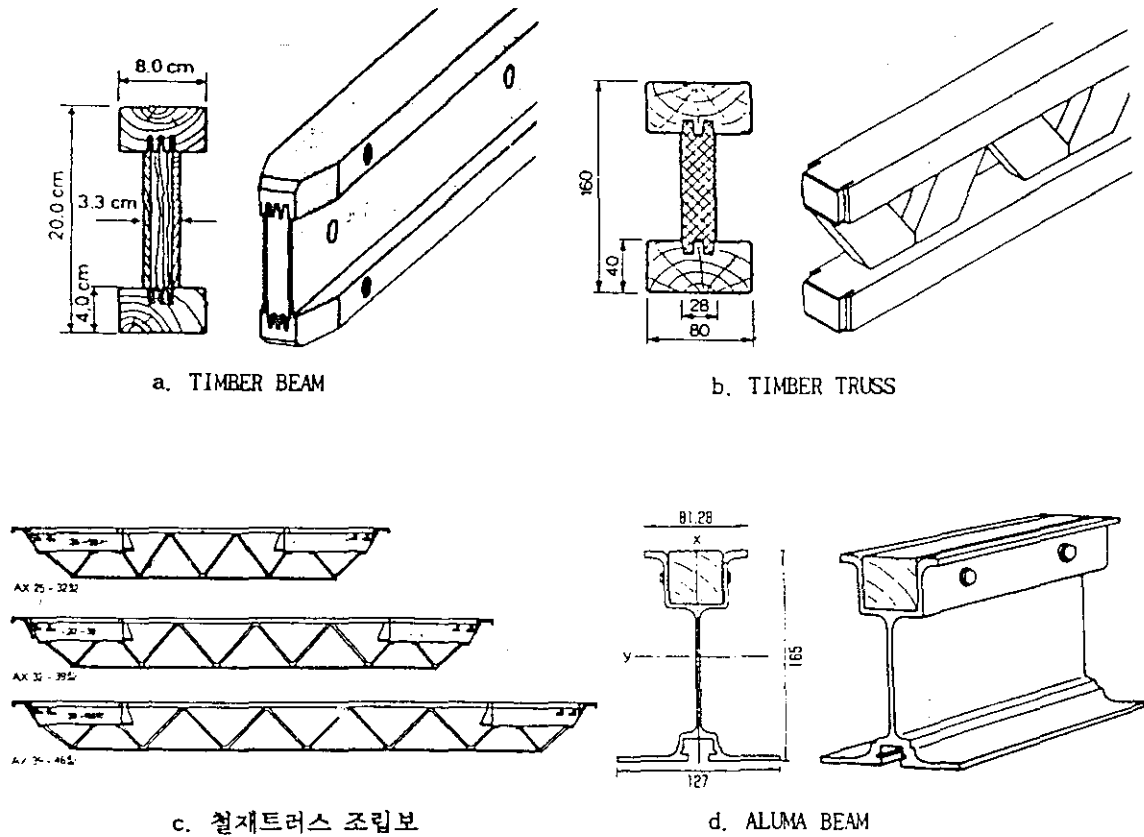
(표-27) 강관파이프 허용응력

응 력	인장강도	항복강도	장기허용 응 력	거 푸 집 공 사 용			
				인 장	압 축	전 단	휨
4종	5100	3800	2400	3000	3000	1500	2370

(3) 기타

멍에 및 장선부재로 근래 사용이 증가되고 있는 부재로는 각형강관과 조립보(그림-5)가 있다. 각형 강관의 규격 및 허용응력은 KS D 3508(일반구조용 각형강관)로 규정되어 있다. 그러나 거푸집 전문 생산업체에서 목재, 철재, 알루미늄의 소재를 이용하여 조립 제작한 것으로 제조회사마다 각각의 형태와 성능이 다양하므로 기준을 설정하기에는 문제가 있어 생산업체의 규격과 성능

에 의존할 수 밖에 없는 문제가 있다.



(그림-5) 조립보 형태

다. 지보공

지보공은 거푸집공사 붕괴사고중 주요 기인물로서 구조적으로는 수직하중과 횡력을 하부로 전달하는 압축부재이다. 가설기자재 성능검정 규정에 적합한 제품을 사용하고 구조는 산업안전기준에 관한 규칙 제363조(거푸집 지보공

의 안전조치)규정에 따라 조립하여야 하며, 재료의 변형과 부식등 결함의 유무를 반드시 검사하여야 한다. 일반적으로 지보공 조립형식에 따라 사용장소(표-28)를 구분할 수 있다.

(표-28) 지보공 조립형식과 사용장소

형 식	사 용 장 소
받침기둥	충고가 낮고 하중이 적은 곳
LOAD TOWER	충고가 높고 하중이 큰 보하부등
스테이지	하중이 크고 충고가 높으며 지지면적이 넓을 경우
강관 + 받침기둥 조합	충고가 높은 지하기계실 또는 1층 부분

(1) 받침기둥

받침기둥의 재질을 분류하면 목재와 강재로 구분할 수 있으며, 목재받침기둥의 규격은 명에·장선재 규격을 준용하고 허용하중 역학적 방법에 의해 산출이 가능하다. 강관받침기둥은 KS F 8001(강관받침기둥)의 규격과 가설기자재 성능검정 규격이 있으며, 이를 비교해 보면 (표-29) 후자규정이 좀 더 강하게 규정되어 있다. 이는 가설공사에 사용되는 재료로서 전용동에 의한 강도저하 요소가 많기 때문이라 사료되어 후자의 규격을 기준하는 것이 바람직하다.

그러나 가설기자재 성능검정규격은 강관받침기둥과 보조기둥의 허용하중에 대해 언급이 없기 때문에 제조업체에서 제시하는 자료를 활용할 수 있다.

그러나 성능검정규격과 동일한 JIS A 8651에 근거하여 작성한 일건리스 종합가설재 카다로그의 허용하중(표-30)의 준용도 가능하다. 추후 실험에 의해 국내 생산품에 대한 검증이 요구된다.

또한 보조기둥은 국내에서 거의 사용하지 않고 있으며, 실제 생산도 부진

한 실정이다. 그러나 강관받침기둥에 연결해 사용하면 유용한 부재이고 향후 사용이 예상되므로 가설기자재 성능검정규격을 기준으로 하며, 허용하중은 일 건리스에서는 허용하중으로 750kg으로 한정하고 있으며 높이 2m이내마다 수평연결재를 2방향 설치하는 경우에는 2000kg으로 제시하고 있다.

(표-29) 강관받침기둥 규격 비교

구 분		KS F 8001	가설기자재 성능검정규격	비 고
1. 재 료		내관, 외관:SPS 500 그외재료:SB330, SB400	내관:SPS 500 외관:SPS 400 받이판,바닥판:SS 330	
2. 길 이		줄였을 때 2.3m 이하 늘였을 때 3.4m 이상	최대사용길이 4m이하	
3.외 관	길 이	-	최대사용길이의 50%이상	
	지름(외경)	60.5mm (±0.5)	외경 60.2mm 이상	
	두께	2.3mm (±0.3)	두께 2.0mm 이상	
4.내 관	지름(외경)	48.6mm (±0.25)	외경 48.3mm 이상	
	두께	2.4mm (±0.3)	두께 2.2mm 이상	
5. 지지편의 지름			φ 11mm 이상	
6.바닥판	규 격	140 x 140mm	140 x 140 mm	
	두께	6mm 이상	5.4 mm 이상	

7. 허용진폭	6cm 이하	최대사용길이의 1/55이하	
8. 겹침길이	28cm	28cm	
9. 지지하중	3.4m에서 나이프에지: 1.7t 이상 수 압 면: 1.7t 이상	나이프 에지: $P=1.82 \times 10^6 \times (146 - 0.15L) / L^2$ 수압면 : 3.5m 에서 3.6 t 이상	L의 단위는 cm이고 14를 더한 수치임.

(표-30) 강관받침기둥의 허용하중

강관받침기둥의 사용길이 (m)	수평연결재가 없는 경우		수평연결재가 있는 경우 (kg)
	상하부가 목재등의 부재에 지지된 경우 (kg)	하부가 평평한 지지상태일 때 (kg)	
3.4	1000	1500	2000
3.3	1100	1550	
3.2	1200	1600	
3.1	1300	1650	
3.0	1400	1700	
2.9	1500	1750	
2.8	1600	1800	
2.7	1700	1850	
2.6	1800	1900	
2.5	1900	1950	
2.4 이하	2000	2000	

(표-31) 보조기둥의 규격과 허용응력

구 분		가설기자재 성능검정규격	비 고
1. 재 료		주 관: SPS 51 삼입관: KS D 3507의 SPP 받이판, 바닥판: SS 34	허용하중: 750 kg 수평연결재 조립(2m마다 2방향) 허용하중: 2000kg
2. 길 이		최대사용길이 1.8m 이하	
3. 주 관		48.3 mm 이상	
		2.2 mm 이상	
4. 받이판		140 x 140 mm	못구멍(4mm 이상)이 2개 있을 것
		5.4 mm 이상	
5. 바닥판		받이판과 동일	볼트구멍(12mm이상) 4개 와 못구멍 2개가 있을 것
6. 삼입길이(겹침 길이)		20cm 이상	
7. 지지하중		나이프 에지: $P=1.74 \times 10^8 \times (1-1/3 \sin(116/L))/L^2$	L의 단위는 cm이고 44를 더한 수치임.

또한 일본의 大林組(오바야시구미)의 거푸집 지보공 기준집에서는 받침기둥 형식을 분류(표-32) 하였으며 형식의 선정은 층고와 바닥두께(표-33) 및 층고와 보의 단면적(표-34)에 대한 상관관계를 제시하고 있다.

(표-32) 받침기둥 형식과 사용 높이(층고)

기호	형 식	주 구성부재	층 고	수평연결재
a	목재받침기둥	좌 동	2.0m 미만	유
b	목재받침기둥	“	2.0m 미만	무
c	표준 강관받침기둥	“	2.0m이상 3.5m미만	유
d	표준 강관받침기둥	“	2.0m이상 3.5m미만	무
e	긴 강관받침기둥	“	3.5m이상 5.5m미만	유
f	연결 강관받침기둥	표준강관받침기 둥+표준강관받침 기둥	5.5m 이상 7.0m미만	유

* 긴 강관받침기둥은 4m 이상 5.5m 이하의 받침기둥을 말한다.

(표-33) 층고와 바닥 두께에 따른 선정

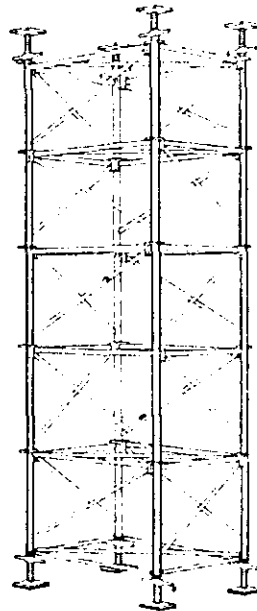
슬래브두께(cm) 층고(m)	$d \leq 25$	$25 < d \leq 60$	$60 < d$
$h \leq 2.0$	a, b	a, b	a
$2.0 < h \leq 3.5$	c, d	c	
$3.5 < h \leq 5.5$	e, f	e	
$5.5 < h \leq 7.0$	f	받침기둥	사용금지

(표-34) 층고와 보의 단면적에 따른 선정

보의 단면적(m ²) 층고(m)	$A \leq 0.5$	$0.5 < A \leq 1.0$	$1.0 < A \leq 1.5$
$h \leq 2.0$	a, b	a, b	a
$2.0 < h \leq 3.5$	c, d	c, d	c
$3.5 < h \leq 5.5$	e, f	e	
$5.5 < h \leq 7.0$	f	받침기둥	사용금지

(2) LOAD TOWER 방식

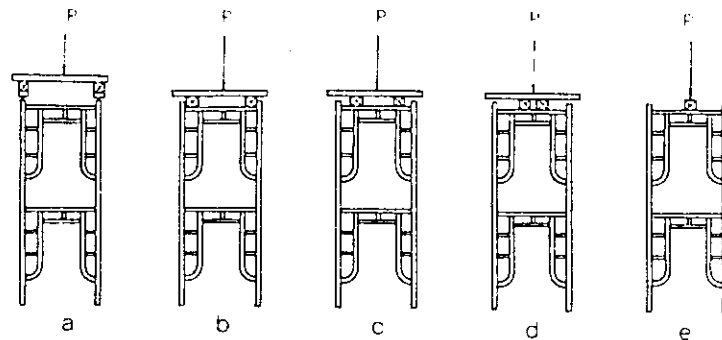
LOAD TOWER형식(그림-6)은 강관을 조립하여 타워형태로 조립한 방식으로 국내에서도 생산되어 현장에서 사용되고 있다. 그러나 가설기자재 성능검정규격 등의 규정이 없으므로 제조업체에서 제시한 허용하중은 따라야 하며 향후 시험을 통하여 기준제시가 요구된다.



(그림-6) LOAD TOWER 형식

(3) 스테이지 형식

스테이지 형식은 강관틀비계를 이용 조립하는 방법과 체결형 강관비계를 조립하는 방법, 강관파이프를 이용하여 조립하는 방법이 있다. 국내건설현장에서는 강관틀 비계를 이용하는 방법을 주로 사용하고 있으며, 체결형 강관비계를 조립하는 방법의 경우 현재로서는 허용하중의 기준 제시가 불가능하여 향후 시험을 통한 기준제시가 요구된다. 강관파이프를 이용한 스테이지 형식의 경우에는 규격은 강관파이프와 동일하며 허용하중의 산출은 가능하다. 강관틀비계를 이용 조립하는 경우에는 KS F 8003(강관틀 비계)과 가설기자재 성능검정규격을 준용하되 최대하중은 성능검정규격에서 7.5t/틀 이상의 규정을 따른다. 그러나 하중재하조건과 지지조건에 따라 허용하중에 차이 있는 점을 고려한 일본의 일건리스의 Catalog에서는 하중재하 및 지지조건 형태(그림-7)에 따라 허용하중(표-35)을 제시하고 있으므로 조건에 따라 준용한다.



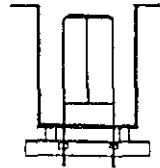
(그림-7) 강관틀비계의 하중재하 및 지지조건

(표-35) 하중재하 및 지지조건에 따른 강관틀비계의 허용하중(ton)

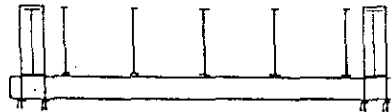
하 중 형 태	a	b	c	d	e
틀당 허용하중	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5

(4) 기타 특수방식

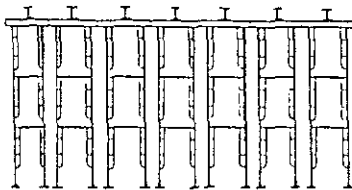
기타 지보공의 특수형식(그림-8)은 하중이 대단히 크대거나, 하부에 작업 공간 및 통로가 필요한 경우에 설치하는 방식이다.



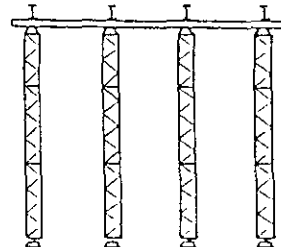
a. 행거(Hanger)방식,



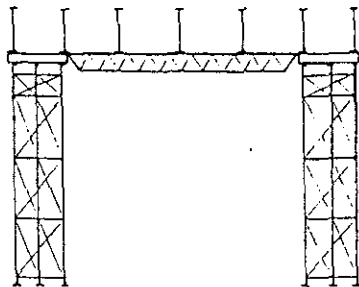
b. 행거 + 큰보 + 강관 받침기둥 방식,



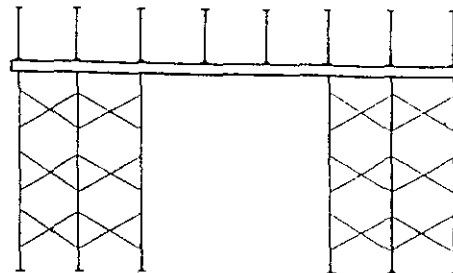
c. 스테이지 + 큰보 방식,



d. 조립강주 + 큰보 방식,



e. 조립강주 + 큰보 + 강관받침기둥 방식,



f. 스테이지 + 큰보 + 강관받침기둥 방식

(그림-8) 지보공의 특수형식

라. 긴결재

긴결재는 폼타이, 철선 및 못이 주로 사용되고 있다. 폼타이는 관통형과 매립형이 있으며 Euro Form에서 주로 사용하는 평타이와 합성형도 있다. 평타이의 최대하중은 KS F 8006(금속재 거푸집 패널)에서 3.5t 이상으로 규정하고 있다. 또한 쌍용기술연구소에서 폼타이 규격 및 허용하중(표-36)에 관하여 건설현장에서 통상적으로 사용되는 폼타이의 재질 및 규격을 기준하여, 평타이가 1회용 자재인 점을 고려하여 장기허용응력도의 1.5배 즉 항복강도를 허용하중으로 제안하고 있어 향후 실험에 대한 검증이 요구된다.

(표-36) 폼타이 규격 및 허용하중

구 분	재 질	규 격	단면적 (cm ²)	허용응력도 (kg/cm ²)	허용 하중 (kg)	길 이
관통형 및 매립형	SS 400	φ 12mm(1/2")	1.0	2000	2000	관통형: 100-2000mm 매립형: 100-500mm
		φ 16mm(5/8")	2.0	2000	4000	
평타이	SS 400	19mm x 4mm	0.5 (노칭 제외)	2400	1200	100-1000mm

철선은 폼타이 사용이 곤란한 경우와 폼타이의 보조재료이며, 허용하중은 보통 인장강도의 40%를 허용하중으로 정하고 있으므로 건설현장에서 주로 사용되는 철선을 대상으로 규격과 허용하중(표-37)을 산출할 수 있다.

(표-37) 철선의 규격 및 허용하중

구 분	직 경	단 면 적	인장강도	본당 허용하중
# 8	4.0 mm	0.137 cm ²	330 kg	130 kg
# 10	3.2 mm	0.091 cm ²	220 kg	90 kg

마. 체결재

기둥의 측압에 저항 역할을 하는 체결재는 주로 주밴드와 못이 이용되고 있다. 주밴드는 평형밴드, 각형밴드, 채널형 등이 있으나 국내에서는 대부분 평형밴드가 유통되고 있는 실정이다. 주밴드의 규격 및 재질에 대해서는 근거할 규준이 없어 쌍용기술연구소에서 제시한 주밴드의 재질 및 규격(표-38)을 기준으로 한다.

(표-38) 주밴드의 재질 및 규격

구 분	재 질	규 격	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	길 이
평형밴드	SS 340 (허용응력도: 1.75t/cm ²) SS 400 (허용응력도: 2.00t/cm ²)	폭: 65mm 두께: 6mm	13.7	4.2	700-1500
		폭: 75mm 두께: 6mm	21.1	5.6	1600-2000
각형밴드		75x25x6t	24.5	5.4	500-1200
채널형밴드		75x40x5x7t	75.9	20.2	

못은 거푸집공사에서 부재간 임시체결 또는 부재간의 일체화작업에 가장 많이 사용되는 체결재로서, 내력은 뽐힘하중과 수평하중으로 분류할 수 있으며 못의 지름, 투입깊이, 모재의 강도에 영향을 받는다. 또한 못의 내력은 목재의 섬유방향에 직각방향으로 박힌 것이 크다. ACI에서는 못의 허용뽐힘하중(표-39)과 수평하중(표-40)을 규정하고 있으며, 내력에 대한 안전율은 6이다. 수평하중의 경우에는 결합부분이 0.4mm를 한계로 하고 있으며, 안전율은 3.5로 규정하고 있다.

(표-39) 못의 허용뽐힘하중(kg)

나무종류	못 의 크 기(mm)								
	50	65	75	82.5	90	100	115	130	140
삼나무	6	7	8	8	8.5	10	11	12	13
가문비나무	9	10	11	11	12	15	16	17	18
미송	11	12	14	14	15	18	19	21	23
전나무	13	15	17	17	19	22	24	26	29
소나무	16	18	21	21	23	27	29	32	34

(표-40) 못의 허용수평하중(kg)

나무종류	못 의 크 기(mm)								
	50	65	75	82.5	90	100	115	130	140
삼나무	19	23	28	28	32	41	46	52	59
가문비나무 미송	23	29	35	35	40	52	58	65	74
전나무 소나무	29	35	43	43	49	63	70	80	90

바. 와이어로우프와 턴버클

거푸집공사에서 수평하중에 저항 및 거푸집 전체 구조의 안전성을 유지하기 위하여 가새, 버팀재 등으로 사용되는 인장저항재이다. 와이어로우프 규격은 KS D 4513(와이어로우프)에서 정하고 있으나 실제 거푸집에 사용되는 로우프는 1호품(7본선 6꼬임 중심섬유), 3호품(19본선 6꼬임 중심섬유)이 많이 사용된다.

턴버클의 규격은 KS F 4513(건축용 턴버클 몸체) 및 KS D 4512(건축용 턴버클 볼트)에서 정하고 있다. 허용하중은 KS 절단하중의 50%를 기준으로 하여 와이어로우프의 허용하중(표-41)으로 제시하였으며, 턴버클 및 턴버클 볼트의 허용하중(표-42)으로 제시하고 있다.

(표-41) 와이어로우프 허용하중(kg)

와이어로우프 의 지름(mm)	3.15	4.0	5.0	6.3	8.0	9.0	10.0	11.2	12.5	14.0	16.0
1호품 6x7	265	425	670	1060	1710	2165	2670	3350	4170	5250	6850
3호품 6x19	-	405	635	1005	1620	2055	2535	3180	3960	4965	6500

(표-42) 턴버클 및 턴버클 볼트 허용하중

호 칭	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33
축지름(mm)	5.2	7.0	8.8	10.6	12.5	14.5	16.1	18.1	20.1	21.7	24.8	27.4	30.4
턴버클 및 볼트의 허용 하중(kg)	510	930	1460	2140	2930	3940	4890	6180	7620	8940	11600	14200	17500

2. 하중산정 기준

거푸집공사에서의 시공안전을 도모하기 위해서는 경험과 습관에 의한 시공을 배제하고 구조계산을 통하여 안전성을 확인한 다음 조립도를 작성하여 그에 따라 조립하여야 한다. 따라서 본 절에서는 구조계산에 기초자료인 거푸집에 작용하는 하중의 종류와 하중의 범위를 각국의 기준과 문헌을 기초하여 제시하고자 한다.

하중의 종류는 거푸집과 같은 가설구조물에는 많은 변수가 있으나 수직하중과 수평하중으로 대별하여 하중산정 기준을 제시한다.

가. 수직하중

수직하중으로는 콘크리트와 철근의 자체 중량인 고정하중과 작업에 필요한 근로자 및 작업에 필요한 장비나 도구등에 해당하는 적재하중 그리고 콘크리트 타설작업에서 콘크리트가 낙하하는 충격에 의한 충격하중과 자재적치와 장비 및 교통에 의한 동하중 등이 있다. 이러한 수직하중은 재료의 중량, 업체의 Catalog, 연구결과에 의한 각종 도표 및 각국의 규준을 통하여 산출할 수 있다.

따라서 각국의 하중산정 기준을 비교(표-43)한 결과 보통 콘크리트의 단위중량은 2400kg/m^3 , 철근의 단위중량은 150kg/m^3 이나 고정하중은 2400kg/m^3 에 거푸집 자체 중량 50kg/m^2 를 추가한다. 그러나 재질이 강재이거나 중량거푸집의 경우에는 제조업체의 Catalog등을 이용하여 그 값을 달리하여야 한다.

또한 적재하중은 콘크리트 타설시 고려해야 하는 근로자, 소형장비 그리고 콘크리트 압송관 등의 작업에 필요한 작업하중으로 일본의 노동안전위생규칙과 BS에서는 150kg/m^2 로 규정하고 있으며, ACI는 250kg/m^2 , 콘크리트 표준시방서에서는 충격하중을 포함하여 250kg/m^2 를 규정하고 있으나 150kg/m^2 로 정

할 수 있다.

충격하중은 일정한 기준치의 제시가 어려우나 가설구조물 해설(일본)에서는 고정하중(D)의 크기를 기준하여 $0.1D \sim 0.5D$ 를 제시하고 있으며 일건리스공업 주식회사(일본)와 쌍용기술연구소(한국)에서는 그 중간값인 $0.25D$ 를 제안하고 있다. 그러나 널, 장선, 명예의 조합으로 구성된 거푸집이 아닌 단일부재로 사용되는 공업화(합리화)거푸집은 하중의 분산효과가 거의 없으며, 콘크리트 타설시 일시적으로 쌓이는 콘크리트 하중을 부담하여야 하며, 콘크리트가 쌓이는 한계를 $1m'$ 이상의 넓이에서 바닥두께의 3배 이내로 BS에서 규정하고 있는 점을 들어 이 하중이 전 span에 분산된 것으로 가정하며 충격하중을 $1D$ 로 제안하고 있다.

(표-43) 수직하중의 각국 기준 및 기준(안)

국 명		한 국	일 본	미 국	영 국	기준(안)
하중종류		콘크리트 표준시방서	가설구조물 해 설	ACI Commit 347	BS 5975	
고정 하중	철근 콘크리트	2.55 t/m'	2.4 t/m'	2.4 t/m'	2.5 t/m'	2.4 t/m'
	* 거푸집	-	-	49 kg/m'	50 kg/m'	50 kg/m'
적재하중 (작업하중)		250 kg/m' (적재 및 충격하중)	150 kg/m' - 노동안전 위생규칙 150 kg/m'	244 kg/m'	147 kg/m'	150 kg/m'
충격 하중	일반 거푸집	250 kg/m' (적재 및 충격하중) - 쌍용기술 연구소 0.25D	- 일건리스 공업(주) 0.25D	-	-	0.25D
	단일부재 거푸집	-쌍용기술 연구소 D	-	-	-	D

* 중량거푸집인 경우 에는 제조업체의 단위중량을 쓴다.

(표-43)의 기준(안) 이외에 철근등의 자재적치, 장비에 의한 동하중 및 교통 문제 등에 의한 추가요인이 발생하는 경우에는 추가하여야 한다.

나. 수평하중

수평하중의 종류에는 콘크리트 타설시 벽, 기둥, 보 측판에 발생하는 측압이 있으며, 콘크리트 타설시 발생하는 편심과 기계류의 충격 등에 의한 수평하중 그리고 바람에 의한 풍하중으로 구분할 수 있다.

(1) 측압

콘크리트 측압은 벽, 기둥, 보의 측판에서 콘크리트 타설시 발생하며, 측압의 변수로는 콘크리트의 배합비, 타설속도, 높이, 온도, 혼화재의 종류, 다짐방법 등이 있다. 측압을 산정하기 위한 노력은 각 나라마다 연구를 지속하여 산정방법을 각기 제안하고 있으며, 일반적으로 실험에 의존하고 있어 측압산정의 변수와 범위는 각기 다르다. 우리나라에서는 건축공사 표준시방서(표-44)와 콘크리트 표준시방서(표-45)에서 측압규정을 하고 있으며 전자는 JASS 5(일본), 후자는 ACI(미국) 기준과 동일하다. 또한 국내 건설현장의 콘크리트 공사는 일반적으로 타설속도가 빠르고 슬럼프 값이 크며, 혼화재 사용으로 유동성이 크고, 측압 변수의 하나인 콘크리트 내부 온도의 결정 등에 대한 무리가 있다. 향후 연구가 활발히 진행되어 국내현장여건을 감안한 기준이 제시되기까지는 어느 규정을 준용해도 큰 문제는 없을 것이다. 그러나 콘크리트공사 표준시방서의 경우 콘크리트 내부 온도를 계획 당시에 추정하기에는 어려움이 있으므로 건축공사 표준시방서 측압기준으로 사용하는 것이 간편하다.

(표-44) 건축공사 표준시방서 측압 기준

타설속도(m/h)		10 이하		10초과 20이하		20초과
H(m)		1.5이하	1.5 ~ 4.0	2.0이하	2.0 ~ 4.0	4.0 이하
부 재						
기 등			$1.5W_o+0.6W_o \times (H-1.5)$		$2.0W_o+0.8W_o \times (H-2.0)$	
벽	길이 3m이하	W _o H	$1.5W_o+0.6W_o \times (H-1.5)$	W _o H	$2.0W_o+0.4W_o \times (H-2.0)$	W _o H
	길이 3m초과		1.5W _o		2.0W _o	

W_o : 굳지않은 콘크리트의 단위용적 중량

H : 굳지않은 콘크리트의 타설 높이

(표-45) 콘크리트 표준시방서 측압 기준

- 보통 포틀랜드시멘트(단위중량 2.4t/m³)
- 슬럼프는 10cm 이하로서 내부진동기 사용

a. 기등의 경우

$$P = 0.8 + \frac{80R}{(T+20)} \leq 15(t/m^2) \text{ 또는 } 2.4H(t/m^2)$$

b. 벽의 경우

R ≤ 2m/hr 일때

$$P = 0.8 + \frac{80R}{(T+20)} \leq 10(t/m^2) \text{ 또는 } 2.4H(t/m^2)$$

R > 2m/hr 일때

$$P = 0.8 + \frac{120+25R}{(T+20)} \leq 10(t/m^2) \text{ 또는 } 2.4H(t/m^2)$$

여기서 P : 측압 (t/m²)

R : 타설 속도 (m/hr)

T : 거푸집 안에 있는 콘크리트의 온도 (℃)

H : 콘크리트 최대높이 (m)

(2) 수평하중

거푸집공사중의 붕괴 원인의 하나는 바닥 상부 거푸집에 작용하는 편심하중에 의해 수평력 또는 거푸집의 부상에 의한 것이다. 이와 같은 현상은 수평하중의 크기와 발생빈도를 예상하기 어렵고 거푸집 조립시 수평하중에 대한 안전조치인 가새, 수평연결재 등의 역할을 과소평가하여 조립하지 않은 결과이다.

콘크리트 타설작업에서 발생하는 수평하중은 편심하중, 기계류의 시동, 정지, 주행에 의한 수평력과 거푸집에 작용하는 바람에 의한 풍하중 등에 기인하고 있다. 그러나 설계용 수평하중을 가정하는 것은 쉽지 않다. 각국의 수평하중 비교(표-46)에서 보면 각국이 큰 차이가 없으므로 콘크리트공사 표준시방서의 권장치를 기준으로 정하여도 무리가 없을 것이다. 따라서 고정하중의 2% 또는 150 kg/m²중 큰 값을 기준으로 하며, 조립시에는 거푸집 지보공의 안전조치 규정(산업안전기준에 관한 규칙 제363조)에 따라 조립하여야 한다.

(표-46) 수평하중에 대한 각국 기준 비교

한 국	일 본	미 국	영 국
- 건축공사 표준시방서 수평하중은 풍압, 콘크리트타설시 의 편심하중, 기계 류의 시동·정지· 운전등에 의하고 거푸집의수평방 향의외력 으로서 작용하는 것을 대 상으로 하며, 그 값은 실정에 따라 정한다. -콘크리트공사 표준 시방서 사하중의 2% 이 상 또는 동바리 상단의 단위길이 당 150kg/m 이상 중에서 큰 쪽의 하중이 동바리 정 부에 수평방향으 로 작용하는 것으 로 가정해도 좋다.	- JASS 5 콘크리트시공시 수평하중은 풍압, 콘크리트 타설시의 편심하중, 기계류 의 시동·정지·주행 등에 의해 거푸집 에 수평하중의 외 력으로 가해지는 것을 대상으로 하 고, 그 값은 실정 에 따라 정한다 현장조립으로 받 침기둥을 조립하는 경우 연직하중의 5% 적용, 공장제 작과 같은 정밀도 로 지보공을 조립 하는 경우 연직하 중의 2.5% 적용한 다.	-ACI Committee347 동바리 및 가새는 발생가능한 수평하 중 즉, 지진하중, 풍 하중, CABLE TE- NSION, 기울어진 지지, 콘크리트의 낙하, 장비의 움직 임 등에 저항할 수 있도록 설계되어야 한다. 상기의수평하중은 한층의단부에서 작용하는 100lb/ ft(150 kg/m), 또는 총 고정하중의 2% 중 큰 값.	- BS 5975 Lateral stability를 확보하기위하여 다 음 두 항중 큰 값 에 저항할 수 있도 록 설계하여야 한 다. ①수직하중의2.5%, 이 하중은 수직하 중과 supporting 이 만나는 지점에 작 용한다. ② 풍하중, 경사하 중, 콘크리트 등의 충격에 의해 발생 하는 수평하중

(3) 풍하중

수직으로 넓게 설치되는 벽거푸집 등은 수직하중보다 수평하중에 지배되는 경우가 있으므로 그 크기를 비교하여 큰 값을 설계하중으로 결정한다. 각국의 풍하중 기준 비교(표-47)은 각기 차이가 있으며, 이는 동일 국가내에서도 지역에 따라 차이가 있어 지역실정을 고려하여야 한다. 또한 산안법상에는 돌풍등의 악천후시 모든 작업에 대하여 금지규정이 있으므로 당시 상황을 고려하여야 한다.

(표-47) 풍하중에 대한 각국 기준 비교

한 국	일 본	미 국	영 국
콘크리트공사 표준시방서	JASS 5	ACI Committee 347	BS 5975
옹벽과 같은 거푸집의 경우는 거푸집 측면에 대하여 50kg/m ² 이상의 횡방향 하중이 작용하는 것으로 본다. 바람이나 유수의 영향을 크게 받을 때는 이들을 생각해야 한다.	수평하중에 포함	벽 거푸집 가새는 ANSI A58.1의 요구 최소풍하중에 맞게 설계되어야 한다. 노출된 벽 거푸집에 대한 설계 풍하중은 15PSF(75kg/m ²)이상으로 한다. 벽 거푸집의 가새는 벽길이당 최소 150kg/m의 수평하중을 벽의 상부에서 받는 것으로 설계한다.	풍속을 기본으로 지형효과, 건물의 높이, 확률계수 등을 적용하여 풍압을 구한다. 가설물이 존재하는 동안 바람부는 방향에 가해지는 최대하중은 다음 식에서 얻는다. $W_m = q A_e C_f \eta$ 여기서 q : 풍하중 A_e : 바람방향의 유효정면 면적 C_f : 모양에 따른 힘의 계수 η : shielding factor

3. 거푸집 종류에 따른 구조설계 지침

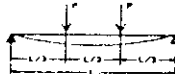
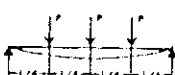
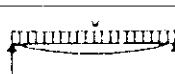
거푸집 구조설계는 일반적인 구조물과 큰 차이는 없으며 거푸집은 콘크리트를 타설하여 소정의 형상으로 성형되는 과정에서의 콘크리트가 충분한 강도를 발현할 수 있도록 보호 양생하는 가설구조물이다. 그러므로 거푸집에 작용하는 외력에 대한 안전과 변형을 최소화하여 최적의 품질과 안전을 구현하여야 한다. 그러나 거푸집을 구성하는 조립 부재는 일반적으로 흡수에 따른 강도저하와 신폼보다는 전용재료를 이용한 조립에 따라 강도저하의 요인이 항상 존재한다. 그러나 전용재료는 강도에 관한 실험치나 추정에 관한 이론이 전혀 없는 실정이다.

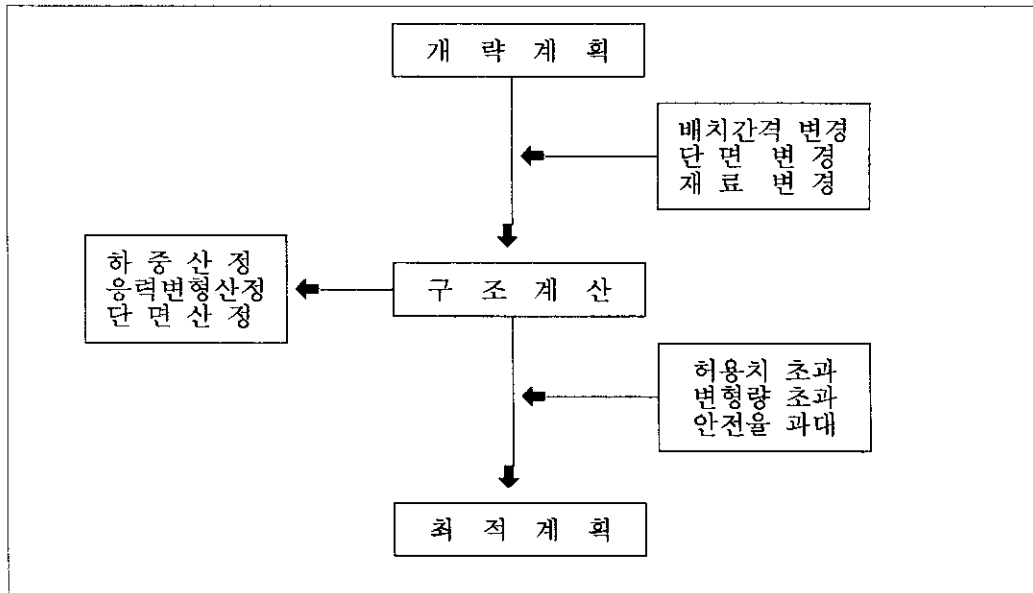
따라서 거푸집설계는 신뢰도 확인이 불가능한 부재성능과 하중산정시의 가정, 기능인력의 숙련도 차이, 시공상의 오차 등으로 정확성만을 추구한다면 안전성 확보에 많은 문제가 야기될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 거푸집 구조해석의 이론은 충분한 안전률이 반영된 탄성이론에 의한 허용응력도 설계법을 적용하여야 한다. 또한 거푸집은 부재에 따라 하중상태와 지지조건에 따라 보의 공식(표-48)을 이용하는 것이 바람직하며 경우에 따라 경제적이고 실용적인 근사식을 이용하는 것도 바람직하다.

거푸집 구조의 계산 순서(그림-9)는 구조계산에 앞서 설계자 자신의 경험을 바탕으로 사용부재, 부재단면, 배치간격 등에 대한 개략적인 계획을 수립한 다음 하중을 산정하고 응력을 산정하여 부재에 생기는 응력과 변형에 대해 안전한 단면을 산정한다.

구체적 수행방법은 구조역학, 각종 계산기준, 법적기준 등에 의해 계산하거나 계산상의 편의성을 도모하기 위해서는 필요한 각종 도표 등을 이용할 수 있다.

(표-48) 보의 공식

하중상태	단 순 보		양단고정보		근 사 식 / (단순보와 양단보의 중간)		
	최대 휨모멘트	최대처짐	최대 휨모멘트	최대처짐	최대 휨모멘트	최대처짐	최대 전단력
	$M_c = \frac{PL}{4}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{48EI}$	$M_c = \frac{PL}{8}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{192EI}$	$M_c = \frac{PL}{6}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{96EI}$	$V_{MAX} = \frac{P}{2}$
	$M_c = \frac{PL}{3}$	$\delta_c = \frac{23PL^3}{648EI}$	$M_c = \frac{PL}{9}$	$\delta_c = \frac{5PL^3}{648EI}$	$M_c = \frac{2PL}{9}$	$\delta_c = \frac{14PL^3}{648EI}$	$V_{MAX} = P$
	$M_c = \frac{PL}{2}$	$\delta_c = \frac{19PL^3}{384EI}$	$M_c = \frac{3PL}{16}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{96EI}$	$M_c = \frac{3PL}{8}$	$\delta_c = \frac{PL^3}{32EI}$	$V_{MAX} = \frac{3P}{2}$
	$M_c = \frac{WL^2}{8}$	$\delta_c = \frac{5WL^4}{384EI}$	$M_c = \frac{WL^2}{24}$	$\delta_c = \frac{5WL^4}{384EI}$	$M_c = \frac{WL^2}{12}$	$\delta_c = \frac{WL^4}{128EI}$	$V_{MAX} = \frac{WL}{2}$



(그림-9) 구조계산 진행방법

가. 계산순서

거푸집 종류(바닥, 보, 벽, 기둥)에 따라 부재를 계산하는 순서(표-49)는 거푸집 구성부재의 상부에서 하부로 또는 내측에서 외측의 순서를 갖는다.

즉 바닥과 보 밀판 거푸집은 널, 장선, 멍에, 동바리 순으로 산정하며 벽, 보측판, 기둥거푸집은 널, 띠장, 긴결재 또는 체결제 순으로 산정하여야 한다.

(표-49) 거푸집 종류별 부재 계산 순서

구 분		계 산 순 서
바 닥		널 → 장선 → 멍에 → 동바리
보	밀 판	널 → 장선 → 동바리
	측 판	널 → 띠장 → 긴결재
벽 체		널 → 띠장(수직재, 수평재) → 긴결재
기 둥		널 → 띠장(수직재, 수평재) → 긴결재

나. 하중산정

하중산정시 거푸집 종류에 따라 고려하여야 하는 하중과 산정식(표-50)은 바닥과 보밀판에서는 수직하중(고정하중, 충격하중, 작업하중)을 고려하며, 보측판, 벽, 기둥 거푸집은 측압을 고려하여 산정한다. 그 이유는 거푸집 종류에 따라 고려한 하중이 해당 거푸집에 크게 작용하여 지배하기 때문이다. 그러나 벽체의 하중 산정시에는 해당현장의 위치에 따라 바람이 영향을 많이 받는 지역인 경우에는 지역적 특성을 고려한 풍하중을 고려 하여야 한다.

하중크기의 산정은 수직하중의 경우 철근콘크리트의 단위중량과 거푸집 자체 중량의 합인 고정하중은 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트의 경우에는 2400kg/m^3 으로 하며, 충격하중은 일반적인 경우 고정하중의 0.25배, 작

업하중은 150kg/m²로 한다. 그러나 중량거푸집을 사용하는 경우에는 고정하중과 충격하중을 달리 산정하여야 한다. 수평하중인 측압의 산정은 콘크리트 타설속도, 기둥높이, 벽의 길이만 알면 쉽게 산정할 수 있는 콘크리트 표준시방서의 제안식(표-45)을 이용 산출한다.

(표-50) 거푸집 종류별 고려하중과 산정식

구 분	종 류	바 닥	보		벽	기 둥
			밀 판	측 판		
하중방향		수 직 방 향	수 평 방 향			
고려하중		고 정 하 중 충 격 하 중 작 업 하 중	측 압			
산 정 식		W=1.25rt +150	W=1.25rH +150	(표-) 참 조		

W : 설계하중 (kg/m²)

r : 철근콘크리트 단위중량 (kg/m³)

t : 바닥두께 (m)

H : 바닥두께를 포함한 보 높이(m)

다. 부재별 하중 및 지지조건과 검토사항

거푸집을 구성하고 있는 각각의 부재는 외력에 저항하기 위해서 부재내부에 응력이 발생하며, 응력의 크기는 하중조건, 지지조건 그리고 부재단면 크기에 따라 차이가 있다. 따라서 각각의 부재에 대한 하중과 지지조건의 단순화가 필요하며, 단순화된 보의 공식을 이용하여 응력을 산정하고 이 응력으로 응력도를 산출하여 허용응력과 비교하여 안전성을 판단한다. 또한 변형의 크기도 하중과 지지조건에 따라 차이가 있으므로 절대변형량에 대해 안전한가를

확인하여야 한다. 그러나 부재에 생기는 모든 응력을 검토할 필요는 없다. 왜냐하면 거푸집을 구성하고 있는 부재가 휨재라면 휨모멘트, 압축재이면 압축력만의 응력을 계산하여 구해진 응력도가 허용응력보다 적으면 안전하기 때문이다. 변형에 대해서는 일반적인 절대처짐량(=0.3cm)이나 마무리 정도가 요구되는 경우의 처짐량(=0.1cm)에 대하여 안전여부를 검토 한다. 따라서 거푸집을 구성하고 있는 각각의 부재에 대해 하중조건과 지지조건 그리고 검토되어야 할 응력을 정리하면 표-51과 같다.

(표-51) 부재별 하중 및 지지조건의 가정과 검토사항

구 분 부 재	하중조건	지지조건	검토사항	비 고
널, 장선, 명에, 띠장	등분포하중	단순보	휨모멘트 처 짐	널을 제외한 부재로 목재사용시 전 단력 검토
동 바 리	수직하중	-	압 축 력	
긴 결 재	-	-	인 장 력	

(표-51)에서 하중과 지지조건을 모든 부재에 일률적으로 등분포하중이 작용하는 단순보로 가정하였으나 단순보 보다는 연속보로 가정하는 것이 실질적인 지지조건과 경제적 측면에서 유리할 수 있다. 그러나 거푸집부재는 전용에 의한 손상, 습윤상태, 시공오차 등에 의한 강도저하 요인을 보정하고, 하중조건과 지지조건을 단순화 함으로써 설계자의 편의를 도모하기 위함이다. 실제 단순보로 가정하는 것이 휨모멘트는 1.25배, 처짐은 1.67배 정도의 보정이 된다.

라. 변형량 검토사항

거푸집 구조물은 응력계산에 대하여 충분히 안전하다 할지라도 거푸집의 변형이 문제가 되는 경우가 있다. 따라서 거푸집 설계시 필요한 거푸집 변형 기준을 마감종류에 따라 변형기준(표-52)이하가 되어야 한다.

(표-52) 변 형 기 준

구 분		변형기준	비 고
거푸집널 설계시	노출콘크리트 마감 전출마감	0.15 cm	총처짐량의 기준길이는 긴결재와 긴결재사이 또는 받침기둥과 받침기둥 사이의 대각선 길이로 한다.
	미장등 마감	0.30 cm	
	강재갑판 사용시	1.50 cm	
총처짐량 검토시	노출콘크리트 마감 전출마감	1/430	
	마감두께가 6mm이하	1/300	
	미장등 마감	1/100	
	영구매립 부분	1/60	

제5장 결 론

건설현장에서의 전반적인 거푸집공사 안전계획수립 실태를 조사하기 위하여 유해위험방지계획서의 거푸집 작업계획 수립 실태를 조사 분석하였다. 그 결과 현행 사용중인 개요서(17호 서식) 서식은 거푸집종류(바닥, 보, 벽, 기둥)에 따른 구성부재의 개요(재질, 규격, 부재간격 등) 파악에 문제가 도출되었으며, 건설현장에서는 바닥거푸집에 대한 개요서, 조립도 그리고 일부 현장에서 구조계산서를 제출하고 있는 현실과 그 계획 수립내용이 사전안전성 확보라는 본래의 목적에 부합하지 못하는 문제가 있었다.

거푸집공사 붕괴재해를 예방하기 위해서는 거푸집종류에 따라 구조계산을 수행한 결과에 의해 조립도를 작성하여 조립도에 따라 조립하여야 한다. 그러나 구조계산에 이용이 가능한 거푸집 재료들에 관한 재료 규격과 허용응력 기준 및 부재 성능기준과 하중산정기준 등이 미비하며 건설현장에서 이용하기 쉬운 구조계산 지침이 부족한 실정이다.

따라서 상기와 같은 제반문제를 해결하고자 본 논문에서는

1. 거푸집 재료 기준(안)과 하중산정 기준(안)을 제시하였다.

바닥과 보 밀판 거푸집에 작용하는 고정하중의 산정식으로

$$W=1.25rt(H)+150 \text{ Kg/Cm}^2 \text{으로 할 것을 제안하였다.}$$

2. 거푸집종류와 부재에 따라 하중조건과 지지조건은 동분포하중이 작용하는 단순보로 단순화할 것을 제안하였다.

3. 유해위험방지계획서 거푸집지보공 작업개요서 서식(제17호)의 개선(안)을 제시 하였다.

4. 바닥·보·벽·기둥 거푸집의 구조계산 진행과정을 예시하였으며 거푸집 검토용 도표를 작성 제시하였다.

거푸집공사 중대재해사례를 분석한 결과 재해발생 형태가 붕괴에 기인하고 있었다. 그러나 각종 재해통계는 재해결과를 중시한 나머지 재해의 근본원인은 무시하고 2차 또는 3차 재해의 성격을 갖는 추락재해로 간주하고 있는 경향이 있다. 재해통계는 재해예방에서의 가장 기초적인 자료로 이용되므로 재해예방의 방향을 오도하는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 재해통계는 재해를 유발시킨 근본원인을 중시하여야 하며, 재해분석은 분석자의 주관적 판단에 좌우되는 경향이 크므로 재해분석기법의 개발 연구 및 재해분석 전문가의 양성이 요청된다.

참고문헌

1. ———, “산업안전보건법”
2. 노동부, “산업재해분석”, 1993~1994.
3. ———, “건축법”
4. 건설부, “건축구조 설계기준”
5. 건설부, “콘크리트공사 표준시방서”
6. 대한건축학회, “건축공사 표준시방서”, 1989.
7. 대한공업진흥청, “한국공업규격”
8. 산림청, “원목 및 제재규격”, 1986.
9. 일본, “노동안전위생규칙”
10. 일본, “산업안전위생규칙”
11. 일본건축학회, “건축공사 표준시방서·동해설 JASS 5 철근콘크리트 공사”, 1986.
12. ACI Commit 347, “Guide to Formwork for Concrete” ACI Structural Journal Sep-Oct '88.
13. BS 5975 : 1982, “Code of practice for Falsework”, BSI.
14. Schmitt, Schaltechnik in Ortbetonbau 2.Auflage, 1993.
15. 大林組, “型わく支保工 基準集”
16. 일본건설업노동재해방지협회, “型わく支保工 安全技術指針”, 평성5년. 5.
17. 한국산업안전공단, “93년도 중대재해속보”
18. 산업안전연구원, “건설용 가설기자재 성능검정기준 개발에 관한 연구”, 1993.
19. 쌍용건설기술연구소, “거푸집설계 및 시공지침안”, 1994. 2.

20. 武井一夫외 3인/ 김상곤외 1인 공역, “가설구조물의 해설”, 명문사, 1989. 1.
21. 이만호, “거푸집공사의 중대재해예방에 관한 연구”, 1994. 12.
22. 최순주, “거푸집공사 안전작업에 관한 연구”, 1993. 12.

여 백

부 록

부록1. 유해위험방지계획서 제출서류 실태조사

부록2. 바닥거푸집 재료 실태조사

부록3. 현행 거푸집 작업개요서(17호 서식)

부록4. '93거푸집공사 재해사례

부록5. 거푸집설계 예시

여 백

부록1. 유해위험방지계획서 제출서류 실태조사

연번	구조형식		개요서	조 립 도				구 조 계 산 서			
	벽식	리아멘		바닥	보	벽	기둥	바닥	보	벽	기둥
1	○		○	○							
2	○		○	○		○		○			
3	○		○	○				○			
4	○		○	○				○			
5		○	○	○		○	○	○		○	
6	○		○	○				○			
7		○	○					○	○	○	○
8	○		○								
9	○		○	○							
10		○	○								
11		○	○	○	○	○	○				
12		○	○	○							
13	○		○	○							
14	○		○					○			
15		○	○					○			
16		○	○					○	○	○	○
17	○		○			○					
18	○		○	○							
19		○	○	○							
20	○			○							
21		○	○	○							
22		○		○				○			
23		○	○	○							
24	○			○							
25	○		○	○				○			
26		○	○	○							
27		○	○	○	○	○					
28		○	○	○							
29	○		○	○							
30	○		○	○				○			
31	○		○								
32	○		○	○							
33		○	○	○							
34	○		○								
35	○		○								
36	○		○	○		○		○			
37	○		○	○							
38	○		○	○							
39		○	○	○	○		○	○		○	
40		○	○	○	○	○	○			○	○
41	○		○	○		○		○			
42	○							○			
계	25	17	39	31	4	8	4	16	2	5	3

부록2. 바닥거푸집 재료 실태조사

(단위:mm)

연 번	널			장			명			에			지 보 공			가 새	수 평 연 결
	재질 재료	규격	두께	재질 재료	규격	간격	재질 재료	규격	간격	재질 재료	규격	간격	재질 재료	규격	간격		
1	철재 합판	-	-	각재	80x80	-	각재	80x80	-	P.S	-	900	○	-	-	-	-
2	합판	900x 1800	12	각재	90x90	300	각재	90x90	450	P.S	4200	450	-	-	-	-	○
3	-	600x 1200	-	각재	90x90	400	각재	90x90	900	P.S	2600	900	○	-	-	-	-
4	-	600x 1200	12,18	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	4200	900	○	-	-	-	○
5	합판	910x 1820	12	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	-	-	○	-	-	-	○
6	합판	-	12	□형강	45x45 x2.5	400	각재	90x90	900	P.S	4200	900	-	-	-	-	-
7	합판	900x 1800	12	각재	85x 150	-	각재	90x90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	900x 1800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	목재	pan- nel	-	wire	-	-	강재 강관	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○
10	-	600x 1200	-	강관	φ 45	-	강관	φ 45	-	-	-	260	○	-	-	-	-
11	합판	900x 1800	12	-	90x90	-	-	90x90	-	-	-	-	○	-	-	-	○
12	철재 목재	-	12,18	각재	90x90	-	각재	90x90	-	-	-	-	○	-	-	-	○
13	합판	900x 1800	12	각재	90x90	400	각재	90x90	900	P.S	7000	900	-	-	-	-	○
14	-	600x 1200	12	강관	φ 48.6	300	각재	90x90	900	P.S	-	900	○	-	-	-	○
15	합판	900x 1800	-	강관	φ 4.86	-	각재	10.5x 10.5	-	P.S	φ 4.86	900	-	-	-	-	○
16	합판	900x 1800	12	강관	φ 4.86	300	각재	10.5x 10.5	900	P.S	-	1200	-	-	-	-	-
17	합판	900x 1800	12	각재	90x90	450	각재	90x90	1200	P.S	-	1200	-	-	-	-	-
18	유로폼 합판	-	-	각재	90x90	-	강관	φ 50	-	P.S	-	-	-	-	-	-	○
19	합판	900x 1800	-	각재	105x 105	-	각재	105x 105	-	P.S	-	900	-	-	-	-	○
20	-	-	12,18	각재	90x90	400	각재	90x90	500	P.S 강관	φ 48.6	1200	-	-	-	-	-

(단위:mm)

21	-	1200x 2400	12	각재	90x90	-	각재	90x90	-	P.S	-	-	○	○
22	-	-	12	각재	90x90	-	각재	90x90	-	-	ϕ 48.6	1200	○	○
23	-	900x 1200	-	각재	90x90	260	각재	90x90	240	P.S 강관	-	1200	○	-
24	유로폼	-	12	각재	90x90	-	각재	90x90	-	P.S	-	-	○	-
25	합판	-	12	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	-	900	○	-
26	합판	900x 1800	-	각재	45x90	-	각재	45x90	-	P.S	-	-	○	○
27	합판	900x 1800	-	강관	ϕ 48.6	450	각재	90x90	900	-	-	-	-	-
28	-	-	12	각재	90x90	-	각재	90x90	-	강관	-	-	-	-
29	-	600x 1200	-	각재	90x90	-	각재	90x90	-	강관	-	900	-	○
30	-	-	12	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	-	900	○	○
31	-	600x 1200	-	각재	90x90	-	강관	ϕ 50	600	P.S	-	100	-	○
32	-	900x 1200	-	각재	90x90	-	각재	90x90	-	P.S	-	900	-	○
33	-	900x 1800	12	-	-	180	-	-	240	P.S 강관	-	2000~ 3500	-	-
34	-	600x 1200	-	-	-	-	-	-	-	P.S	-	2310	-	-
35	-	600x 1200	-	-	-	200	-	-	400	P.S	-	200	○	○
36	-	900x 1800	-	각재	90x90	450	각재	90x90	900	P.S	2200~ 4200	9000	-	-
37	-	900x 1800	-	-	-	180	-	-	240	P.S	-	200~ 350	○	○
38	-	900x 1200	-	각재	90x90	-	각재	90x90	-	P.S	ϕ 48.6	900	-	○
39	-	900x 1800	-	각재	90x90	-	각재	90x90	-	-	3600	1150	-	○
40	유로폼	600x 900	-	강관	-	-	각재	-	-	-	-	900	-	-
41	합판	900x 1800	12,18	각재	90x90	240	각재	90x90	260	P.S	2400~ 3900	-	-	○
42	합판	900x 1800	12	각재	90x90	-	각재	90x90	600	P.S	ϕ 6.35	600	○	○

부록3. 현행 거푸집 작업개요서(17호 서식)

거푸집지보공 작업개요서	거푸집·수량		콘크리트 물량	
	지주의 높이	표준	최고	
	표준공사기간	조립		
		해체		
지보공의 종류 (해당항목에 ○ 표)	1) 파이프썸포트 () 2) 임시포트 () 3) 단관 () 4) 조립강주 () 5) 형틀조 () 6) 목재지주 () 7) 기 타 ()			
재질 치수	거푸집		지주	
	장선		수평연결재	
	띠장		사재	
수평버팀대의 형식, 스펜				
구분	각부의 구조, 조립 및 보강내용	별첨도면	설계하중 및 허용응력 계산	
각부	활동방지, 침하방지 및 사재의 설치방법			
지주 상단	활동방지를 위한 설치방법			
접속부 연결부	긴결재, 연결재의 설치방법			
수평 연결	부재의 설치방법			
기타 필요에 의해 보강	(1) 개구부의 조립방법 (2) 단상조립의 조치 (지주간의 긴결고정) (3) 곡면형틀에서 지주의 부상방지			

부록4. '93거꾸집공사 재해사례

번호	공사명	작업	재 해 경 위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
1	인천근린 생활시설	콘크리 트타설	콘크리트타설 중 슬라브가 붕괴되어 하부지보공 보강 작업 근로자 매몰(H=3.5M)	붕괴 ↓ 매몰	-구조설계미비 (지보공) -조립구조불량 (지보공지주아음, 고정,수평연결재)	2	-
2	불령장	조립	기존 콘크리트 슬라브 위에 기포 콘크리트타설 작업을 위하여 Slab단부에 합판을 조립중 추락(H=4.6m)	추락	-안전시설 미설 치 (안전난간) -작업방법 불량	1	-
3	해운2차 아파트	해체	E/V pit 내부작업발판 위에 서 벽체거꾸집을 해체하여 적치 작업중 붕괴로 추락 (H=50m)	붕괴 ↓ 추락	-작업발판 구조 불량	1	-
4	수원교회	콘크리 트타설	지하층 SLAB콘크리트타설 도중 지보공이 붕괴되어 추 락(H=10m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비		5
5	○○빌딩	자재 운반	나선형 계단을 통하여 거꾸 집 운반중 추락(H=4.5m)	추락	-안전시설 미설 치 작업 (안전 난간미설치)	1	-
6	금정-사당 과천 (지하철)선	조립	환기구 내부작업 발판에서 작업발판을 해체하기 위해 작업발판 지지철선을 CU- TTER로 절단도중 10개중 5개를 절단하자 작업발판 붕괴로 추락(H=6.9m)	붕괴 ↓ 추락	-안전시설 미설 치 작업방법 불 량	1	-
7	길동 영업소	콘크리 트타설	엘리베이터 샷트 내부 작업 발판에서 벽체 con'c타설 작업시 con'c가 누출되자 보수작업중 붕괴로 추락	붕괴 ↓ 추락	-작업발판구조 불량	1	-
8	여수○○ 아파트	해체	15층 옥탑 ELEVATOR PIT 내부에서 해체 거꾸집 과다적치로 작업발판 붕괴 되며 추락(H=40m)	붕괴 ↓ 추락	-작업발판구조 불량	1	-
9	○○우회 도로교량	콘크리 트타설	교량슬라브 콘크리트타설중 지반침하에 의해 지보공이 붕괴되어 추락(하상에 4.6m 정도 성토후 지보공 조립)	붕괴 ↓ 추락	-지보공 구조설 계 미비	-	4

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
10	교문리 아파트	조립	11층 바닥 먹줄치기 작업후 측면 GANG FORM을 이용 12층 슬라브 거푸집 GANG FORM을 이용 오르다 수직버팀대가 빠지면서 추락(H=28m)	붕괴 ↓ 추락	-작업방법불량 -GANG FORM 수직버팀대 볼트 체결 상태 불량 -안전시설 미설치 (표준안전난간)	1	-
11	청주○○ 아파트	콘크리트타설	옥상바닥 콘크리트타설 작업에서 바닥 CANOPY가 붕괴되며 추락(H=3m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비	2	-
12	황성농협 지부	조립	외벽거푸집 조립중 유로폼 띠장을 밟고 작업중 추락(H=3.5m)	추락	-안전시설 미설치(작업발판) -안전의식 결여(안전통로)	1	-
13	구미○○ 아파트	조립	지보공 조립후 발코니(바닥)거푸집에 올라가 발코니 거푸집과 내부거푸집의 연결용 고임목 제거와 동시에 지보공 붕괴로 추락	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비 -조립불량(지보공 수평 연결)	1	-
14	영동우회 도로축조 및 포장공사(교량)	해체	산익교 상판 거푸집 및 지보공 상하2단을 동시에 해체 하려고 단관파이프로 설치한 가새 및 수평연결재를 상하단 동시에 해체하려다 거푸집지보공의 붕괴로 협착(지보높이 7m)	붕괴 ↓ 협착	-작업방법 불량	1	2
15	근린생활 시설	조립	삼각대와 CHAIN BLOCK을 이용 외벽거푸집을 인양 후 조립중 추락(H=9.5m)	추락	-안전시설 미설치(작업발판) -안전의식 결여(안전대)	1	-
16	신광공업 공장	콘크리트타설	바닥 con'c타설중 SLAB붕괴로 추락 및 매몰(H=5m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비 -작업방법 불량(콘크리트 타설을 1방향으로 타설하여 수평력 발생)	1	12

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
17	개인주택	해체	콘크리트 계단 및 계단참 하부에 받쳐놓은 동바리를 해체하는 순간 계단의 붕괴로 매몰(H=1.4m)	붕괴 ↓ 매몰	-설계변경에 따른 안전성 설계 변경 검토 미비 -조립불량 (본체구조물과 철근연결 혹은 지지벽체 설치 없이 계단 및 참 시공)	1	-
18	덕소우회 도로강변 대교	해체	P.C.BEAM사이의 CROSS BEAM 거푸집 해체작업중 해체거푸집을 P.C.BEAM 상부로 이동중 추락(H=17m)	추락	-안전시설 미설치 (작업통로) -작업방법 불량 (고소운반작업 시 시야 차단 및 돌풍발생시 전도위험)	1	-
19	천호조합 아파트	해체	발코니 난간턱의 거푸집 잔재인 각목을 노루발로 제거하던중 추락(H=23.5m)	추락	-안전시설 미설치(안전난간) -작업방법 불량 (가력방향)	1	-
20	부산라인 웨비리 타운	조립	벽체 거푸집을 인양하기 위해 CHAIN BLOCK 걸이용 삼각대 설치중 지지철선을 SLAB바닥 앵카 철물에 감자 삼각대에 걸린 CHAIN BLOCK의 방향이 돌아가 수정하기 위해 삼각대에 올라가다 추락(H=7.6m)	추락	-불안전한 행동 -안전시설 미설치(작업발판)	1	-
21	안성공단 폐수종말 처리장	조립	슬라브에서 통풍구 위의 작업발판 붕괴되어 개구부로 추락(H=10.5m)	붕괴 ↓ 추락	-안전시설 미설치(작업발판, 개구부덮개, 안전난간)	1	-
22	달성위천 지구 배수 펌프장	콘크리트타설	바닥콘크리트 타설중 슬라브가 붕괴되어 추락하여 매몰(H=6~8m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비	2	1
23	대구 달성학교 신축	조립	기둥거푸집설치 작업을 위해 사다리에 올라가 작업중 추락(H=10.5m)	추락	-안전시설 미설치(작업발판, 방망)	1	-

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해지수	
						사망	부상
24	일산2차 아파트	조립	슬라브거푸집 설치후 운반용 보조기구인 C-HOOK (800kg)을 타워크레인으로 제거중 추락(H=16m)	추락	-작업방법불량 (안전대, 신호 방법)	1	-
25	지하철 5-25공구	이동	터널라이닝 콘크리트용 STEEL FORM 제작을 종료하고 STEEL FORM위에서 지면으로 내려오다 추락(H=3m)	추락	-안전통로 미사용(사다리)	1	-
26	남해이동 농협	콘크리트타설	슬라브 콘크리트 타설중 지보공 부설로 슬라브가 붕괴되어 슬라브 하부 점점 및 상부근로자 추락 및 매몰(H=6.2m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비 -사용자재 부적합(이질재료등)	1	5
27	지하철 5-40공구	조립	STEEL FORM 조립중 누전으로 감전	감전	-비정격인입전선 사용(캠타이어 케이블등 사용) -누전차단기회로 미접속	2	-
28	둔산 진달래 아파트	해체	지하층에서 옹벽 거푸집 해체작업중 손상된 인입전선이 투광등에 접촉하여 감전	감전	-투광기 불량 -안전시설 불량(누전차단기)	1	-
29	비전2차 아파트	조립	바닥 단부에서 측벽거푸집 인양기를 설치하던중 삼각대가 전도되어 추락(H=32m)	전도 ↓ 추락	-작업방법 불량 (안전대등)	1	-
30	공주주공 아파트	조립	발코니 거푸집 인양중 삼각 지지대 연결철선이 절단되어 추락(H=34m)	붕괴 ↓ 추락	-부적합한 재료 사용(철선 대신 $\phi 9\text{mm}$ 이상 와이어로프를 사용)	1	-
31	포천클럽 하우스	조립	거푸집 조립을 위한 핸드드릴을 이용 볼트구멍 뚫는 작업중 감전	감전	-핸드드릴 불량	1	-
32	북부 도시고속도로 1공구 (교량)	조립	교각 강재 거푸집 조립중 거푸집의 상단부에서 BO-LT를 중간 높이에서 작업 중인 동료에게 전달하기 위해 내려오다 추락(H=9m)	추락	-안전시설 미설치(승강설비, 작업발판)	1	1

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
33	광주 공무원 연수원	해체	바닥 거푸집 해체작업중 거 푸집의 장선각재가 낙하하 여 재해자 머리에 충돌	낙하·비래 ↓ 충돌	-안전시설 미설 치 (낙하물 방 지망)	1	-
34	지하철 5-49공구	운반	구조물 공사를 위해 굴착면 상부에서 하부로 던져 운반 중 하부에서 정리작업중 충 돌(H=8m)	낙하·비래 ↓ 충돌	-작업방법 불량 (크레인 등 인 양장비 사용)	1	-
35	천안 쌍용동 아파트	조립	발코니 외부 거푸집 조립작 업중 폼타이로 결속하다 추 락(H=12m)	추락	-안전시설 불량 (작업발판, 안전 망 미설치) -작업방법 불량 (안전대 등)	1	-
36	대전 선샤인 프라자	조립	벽체 외부 거푸집을 조립중 비계에서 추락 (H=6.1m)	추락	-안전시설 불량 (안전난간 미설 치, 작업발판 미고정)	1	-
37	맨션	콘크리 트타설	엘리베이터 피트옹벽 상부 에 작업발판을 설치하고 타 설중 발판이 붕괴되어 벽체 추락(H=12m)	붕괴 ↓ 추락	-작업발판 구조 설계 불량 -안전시설 미설 치(안전대 부착 시설)	1	1
38	분당 수공 아파트	조립	측벽 거푸집을 체인블록으 로 인양중 체인블록을 지지 하던 강관이 아래층으로 빠 짐과 동시에 반대편 강관기 둥이 꺾이면서 안면부 강타	붕괴 ↓ 충돌	-거푸집 인양기 부적합(응력부 족) -작업방법 불량 (좌우측 체인블 록 조작속도 불균형)	1	-
39	농업용수 개발 (교량)	콘크리 트타설	저수지 방수로 횡단교량 슬 라브 콘크리트 타설중 슬라 브가 붕괴되어 추락 (H=4~9m 경사지면)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비 - 안전시설 미설 치 (방망)	1	1
40	여관	운반	해체된 거푸집을 상부로 건 물과 외부비계사이 공간 (50cm)으로 전달 운반하다 비계에서 추락(H=10m)	추락	-작업방법 불량 (인양장비 또는 달줄사용, 안 전대)	1	-
41	고려 시멘트 광양공장	해체	SILO 2호기 상판에서 SL- IDING FORM해체작업중 추락(H=52.3m)	추락	-안전시설 미설 치(덮개) -작업방법 불량 (안전대)	1	-

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
42	일산 아파트	이동	HOIST승강기 지상 탑승구 앞에서 대기중 해체된 발코니 거푸집이 낙하하여 충돌 (낙하고 H=49m)	낙하·비래 ↓ 충돌	-작업방법 불량 (적치, 정리정돈) -안전시설 불량 (낙하물 방호선 반의 폭)	1	-
43	광장동 조합 아파트	해체	외벽갱폼 거푸집을 해체 작업중 추락(H=60m)	추락	-작업방법 불량 (안전대) -안전시설 미설치(갱폼을 인양해체하기 위해 갱폼 상부로 올라가 와이어로프걸이 및 갱폼 분리용 안전난간)	1	-
44	둔산 누리 아파트	조립	외벽거푸집을 TOWER CRANE으로 인양중 거푸집에 충돌하여 추락 (H=15m)	충돌 ↓ 추락	-안전시설 미설치(작업발판, 안전대) -작업방법 불량 (출입제한)	1	-
45	조은빌딩	조립	바닥거푸집 설치중 거푸집 단부에서 건물외부로 추락 (H=14m)	추락	-안전시설 미설치(방망) -작업방법 불량 (안전대)	1	-
46	월평타운	해체	지상에서 배수관 부설작업을 감독하던 재해자가 아파트 옥탑거푸집 해체시 낙하하는 단관파이프에 머리를 맞음(낙하고 H=29m)	낙하·비래 ↓ 충돌	-작업방법 불량 (상·하 동시작업 제한) -낙하비래 위험 지역 출입(안전모)	1	-
47	자리산 실록 음성간 도로개수	콘크리트타설	BOX구조물(10mX8m, SL-AB t=0.7m, L=16.5m)의 SLAB 콘크리트 타설중 붕괴로 매몰(H=8m)	붕괴 ↓ 매몰	-구조설계 미비 -거푸집지보공 불량(3.5m이상의 지주 수평연결재 미설치) -작업방법 불량 (상하2층 동시 타설)	3	2

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
48	대불공단 진입로 공사 (교량)	해체	상판 콘크리트 타설용 거푸집의 지지대로 이용했던 레일을 해체하기 위해 브라켓과 레일의 연결볼트를 제거하는 순간 거푸집의 무게로 레일이 파단되면서 추락 (H=9m)	붕괴 ↓ 추락	-작업순서 불량 (거푸집을 완전히 뒤로 이동 후 레일 해체) -안전의식결여(구명동의미착용)	1	-
49	강릉 그린 아파트	조립	슬라브 바닥에서 발코니 벽체거푸집 고정 작업중 추락 (H=9m)	추락	-안전시설 미설치(작업발판, 방망)	1	-
50	일산 아파트	해체	발코니 창고 외부 옹벽거푸집에 체결된 볼트 해체 작업후 이동중 건물벽과 비계사이(60cm)로 추락하여 하부 방망3단 913, 9, 3층)을 뚫고 추락(H=4.3m)	추락	-작업방법 불량 (외줄비계 안전대) -안전시설 불량 (방망)	1	-
51	부산 상수도 확장공사	조립	침사지 벽체 거푸집 조립중 거푸집 선형을 바로잡기 위해 재해자가 철선을 조이다 철선이 끊어져 추락 (H=7.5m)	붕괴 ↓ 추락	-안전시설 설치 불량(작업발판) - 안전의식 결여	1	-
52	통합막사	조립	역T형 옹벽의 후면에서 거푸집조립 작업중 옹벽 후면의 굴착면 상부 토사가 붕괴되어 매몰	붕괴 ↓ 협착	-굴착면의 안전 구배 미준수 -붕괴위험 방지 조치 미실시 (흙막이 지보공 등)	1	1
53	연산동 아파트	해체	인양중인 GANG FORM(3TON)자중에 의해 거푸집 인양용 간이 데릭의 중간부분이 꺾이면서 추락 (H=7.5m)	붕괴 ↓ 추락	-작업방법 불량 (미고정 데릭으로 인양)	1	5
54	하남 신장 아파트	콘크리트타설	엘리베이터 PIT 옥탑층 콘크리트 타설중 PIT WALL 거푸집의 하단부(기존콘크리트와의 접합부)가 벌어지면서 콘크리트가 유출되자 작업을 중지하고 재해자가 PIT내부에서 보수 작업중 작업발판 붕괴로 추락 (H=40m)	붕괴 ↓ 추락	-구조설계 미비 (수평연결재 미설치) -안전의식 결여 (안전대 미착용)	1	-

번호	공사명	작업	재해경위	재해유형	발생원인	재해자수	
						사망	부상
55	행신 임대 아파트	조립	발코니 창고 옹벽 거푸집을 CHAIN BLOCK으로 인양, 거푸집을 철선으로 고정하 다 추락(H=18m)	추락	-안전시설 미설 치(작업발판, 방망) -안전의식결여 (안전대 미착 용)	1	-
56	대구 주택은행	해체	측벽 거푸집 인양을 위해 외부 작업발판에서 거푸집 과 거푸집을 연결한 철선을 절단하다 추락(H=10m)	추락	-안전시설 불량 및 미설치 (작업발판, 안전 난간) -안전의식 결여 (안전대 미착 용)	1	-
57	인천 삼원빌딩	콘크리 트타설	바닥 콘크리트 타설 완료후 붕괴되어 순찰중인 근로자 가 매몰(H=6.9m)	붕괴 ↓ 매몰	-구조설계 미비 -작업방법 불량 (단부연결, 수 평연결 조립) -사용자재의 부 적합(이질재료) -안전시설 불량 (방망)	1	1
58	고령 금림빌딩	콘크리 트타설	주차장 슬라브 콘크리트 타 설 작업중 DRY AREA와 SLAB 테두리보 사이의 콘 크리트 누출부위를 보수작 업중 지보공 이완으로 슬라 브 붕괴 매몰(층고 6M) (H=7.5m)	붕괴 ↓ 매몰	-구조설계 미설 시 -조립 불량 (수평연결재 설 치 불량)	-	3
59	이리 부송 국민학교	해체	옥상 난간부위의 SLAB 거 푸집 해체작업중 켄틸레버 부분의 슬라브가 붕괴되어 하부로 처지면서 복도 외측 옹벽과 붕괴된 슬라브 사이 에 협착	붕괴 ↓ 협착	-설계 무시한 임 의 철근 배근 (슬라브 인장축 철근 제거) -현장관리감독자 의 관리감독 소홀	1	1

부록5. 거푸집설계 예시

바 닥 : 한계 간격 산정방법

벽·기둥 : 간격 산정후 안정성 확인하는 방법으로 예시하였음.

1. 바닥거푸집 (두께:15cm, 층고:300cm)

가. 하중

$$\begin{aligned} W &= 1.25rt+150 \\ &= 600\text{kg/m}^2 \\ &= 0.06\text{kg/cm}^2 \end{aligned}$$

나. 구성부재

널 : 12mm 합판
장 선 : 90x90 각재
명 에 : 90x90 각재
동 바 리 : 강관받침기둥
수평연결 : $\phi 48.6$ 강관파이프 수평연결재

다. 변형기준

1) 설계: $\delta \leq 0.3\text{cm}$ (단, 마무리 정도가 요구되면 0.1cm를 기준으로 한다)

2) 검토: $\delta \leq \frac{1}{100}$

라. 장선간격

$$\delta = \frac{5\omega L^4}{384EI} \leq 0.3, \quad L = \sqrt[4]{\frac{0.3 \times 384 \times E \times I}{\omega}}$$

$$E(\text{널}) = 55,000 \text{ kg/cm}^2, \quad I(\text{널}) = 0.144\text{cm}^4$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{0.3 \times 384 \times 55000 \times 0.144}{5 \times 0.08 \times 1}} = 41\text{cm} \rightarrow 40\text{cm} \text{ 로 한다.}$$

마. 멍에간격

$$\sigma = \frac{M}{Z} < fb, \quad M = \frac{\omega L^2}{8}, \quad L = \sqrt{\frac{fb \times Z \times 8}{\omega}}$$

$$fb(\text{장선}) = 60\text{kg/cm}^2, \quad Z(\text{장선}) = 121\text{cm}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{60 \times 121 \times 8}{0.06 \times 40}} = 155\text{cm} \rightarrow 80\text{cm or } 120\text{cm} \text{ 이하로 한다.}$$

(시공성을 고려하여 장선간격의 배수인 80cm로 하면)

바. 등바리 간격

$$\sigma = \frac{M}{Z} < fb, \quad M = \frac{\omega L^2}{8}, \quad L = \sqrt{\frac{fb \times Z \times 8}{\omega}}$$

$$\text{여기서 } fb(\text{멍에}) = 60\text{kg/cm}^2, \quad Z(\text{멍에}) = 121\text{cm}^2$$

$$L = \sqrt{\frac{60 \times 121 \times 8}{0.06 \times 80}} = 110\text{cm} \rightarrow (\text{멍에 간격 고려하여 } 80\text{cm로 배치})$$

사. 등바리 1본당 부담하중 검토 ($\phi 48.6$ 강관파이프 지지길이 3m인 경우: $P_a = 1700\text{kg}$)

$$P = 80 \times 80 \times 0.06 = 384 < 1700\text{kg} \quad \text{O.K}$$

아. 변형검토(처짐)

$$\text{널} = \frac{0.06 \times 1 \times 40^4}{384 \times 55000 \times 0.144} = 0.05\text{cm}$$

$$\text{장선} = \frac{0.06 \times 40 \times 80^4}{384 \times 80000 \times 546} = 0.006\text{cm}$$

$$\text{명예} = \frac{0.06 \times 80 \times 80^4}{384 \times 80000 \times 546} = 0.012 \text{cm}$$

$$\text{총 처짐} ; 0.05 + 0.006 + 0.012 = 0.068 \text{cm}$$

$$\text{기준길이} ; L = \sqrt{80^2 + 80^2} = 113 \text{cm}$$

$$\text{변형기준} ; \delta = 113 \div 100 = 1.13 \text{cm} > 0.068 \quad \text{O.K}$$

따라서 바닥거푸집 부재 배치간격

널 : 합판 12mm

장 선 : 각재 90x90 @ 400

명 예 : 각재 90x90 @ 800

동바리 : 강관받침기둥 @ 800

2. 벽거푸집 (벽높이:3m, 벽길이:5.4m)

가. 하중산정

$$\omega = 2\omega_o = 2 \times 2.4 \text{t/m}^2 = 48 \text{ t/m}^2$$

나. 구성부재 및 간격 가정

널 : 3' x 6', 12mm 판넬

수직띠장 : 84x84 각재 @ 200

수평띠장 : 84x84 각재 @ 400

폼 타 이 : $\phi \omega \frac{5}{16}$ 둥근세터레이터 @ 400

다. 변형기준

$$\delta = \frac{5\omega L^4}{384EI} < 0.3 \text{cm}$$

라. 수직띠장 간격 검토

- 널재 단면성능

$$I = 0.144\text{cm}^4, \quad Z = 0.24\text{cm}^3, \quad f_b = 260\text{kg/cm}^2, \quad E = 55000\text{kg/cm}^2$$

- 널재 작용하중

$$\omega = 4.8 \text{ t/m}^3 = 0.48 \text{ kg/cm}$$

- 응력 및 변형검토

$$M = \frac{\omega L^2}{8}, \quad \sigma = \frac{M}{Z} \leq f_b, \quad \sigma = \frac{\omega L^2}{8Z} \leq f_b$$

$$\sigma = \frac{0.48 \times (20)^2}{8 \times 0.24} = 100 < 260 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 0.48 \times (30)^4}{384 \times 55000 \times 0.144} = 0.12 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

마. 수평띠장 간격검토

- 수직부재 단면성능

$$I = 414 \text{ cm}^4, \quad Z = 98 \text{ cm}^3, \quad f_b = 60\text{kg/cm}^2, \quad E = 80000 \text{ kg/cm}^2$$

- 수직부재에 작용하중

$$\omega = 0.48 \times 20 = 9.6 \text{ kg/cm}$$

- 응력 및 변형검토

$$\sigma = \frac{9.6 \times (40)^2}{8 \times 98} = 19.59 < 60 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 9.6 \times (40)^4}{384 \times 80000 \times 414} = 0.001 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

바. 폼타이 간격 검토

- 수평부재 단면성능 (수직부재와 동일)

- 수평부재 작용하중

$$\omega = 0.48 \times 40 = 19.2 \text{ kg/cm}$$

- 응력 및 변형검토

$$\sigma = \frac{19.2 \times (50)^2}{8 \times 98} = 61.22 > 60 \quad \text{No}$$

폼타이 간격을 450으로 조절

$$\sigma = \frac{19.2 \times (40)^2}{8 \times 98} = 39 < 60 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 19.2 \times (40)^4}{384 \times 80000 \times 414} = 0.019 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

사. 폼타이 인장력 검토

- 폼타이 1본당 부담하중 (인장력)

$$A = 40 \times 40 = 1600 \text{ cm}^2$$

$$T = 0.48 \times 1600 = 768 < 1400 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{O.K}$$

3. 기둥거푸집 (기둥단면:90x90cm, 높이:3m, 타설속도:15m/h)

가. 하중산정(최대측압)

$$P = W_o H = 2.4 \text{ t/m}^2 \times 3 \text{ m} = 7.2 \text{ t/m}^2$$

나. 구성부재 및 간격 가정

널 : 12mm 합판(세로사용)

수직띠장 : $\phi 48.6$ 강관파이프 @ 200

수평띠장 : $\phi 48.6$ 강관파이프 2본 @ 400

폼 타 이 : $\phi W \frac{5}{16}$ 둥근세터레이터 @ 500

다. 변형기준

$$\delta = \frac{5 \omega L^4}{384 EI} < 0.3 \text{ cm}$$

라. 수직부재 간격 검토

- 널재의 단면성능

$$I = 0.144\text{cm}^4, \quad Z = 0.24\text{cm}^3, \quad fb = 200\text{kg/cm}^2, \quad E = 35000\text{kg/cm}^2$$

- 널재 작용하중 ($\omega = 0.72 \text{ kg/cm}$)

$$M = \frac{\omega L^2}{8}, \quad \sigma = \frac{M}{Z} < fb, \quad \sigma = \frac{\omega L^2}{8Z} < fb,$$

$$\sigma = \frac{0.72 \times (20)^2}{8 \times 0.24} = 150 < 200 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 0.72 \times (20)^4}{384 \times 35000 \times 0.144} = 0.297 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

마. 수평부재 검토

- 수직부재 단면성능

$$I = 9.32 \text{ cm}^4, \quad Z = 3.83 \text{ cm}^3, \quad fb = 2400 \text{ kg/cm}^2, \quad E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

- 수직부재 작용하중

$$\omega = 0.72 \times 20 = 14.4 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma = \frac{14.4 \times (40)^2}{8 \times 3.83} = 752 < 2400 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 14.4 \times (40)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 9.32} = 0.25 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

바. 폼타이 간격 검토

- 수평부재 단면성능

$$I = 9.32 \times 2\text{열} = 18.64\text{cm}^4 \quad Z = 3.83 \times 2 = 7.66\text{cm}^3$$

$$fb = 2400 \text{ kg/cm}^2 \quad E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

- 수평부재 작용하중

$$\omega = 0.72 \times 40\text{cm} = 28.8 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma = \frac{28.8 \times (50)^2}{8 \times 7.66} = 1175 > 2400 \quad \text{O.K}$$

$$\delta = \frac{5 \times 28.8 \times (50)^4}{384 \times 2.1 \times 10^6 \times 18.64} = 0.06 < 0.3 \quad \text{O.K}$$

사. 폼타이 검토

- 폼타이 단면성능

$$F_t = 1400 \text{ kg/본}$$

- 폼타이 1본당 부담면적

$$A = 40 \times 50 = 2000 \text{ cm}^2$$

- 인장력에 대해 검토

$$T = \omega \times A = 0.72 \times 2000 = 1440 > 1400 \quad \text{No}$$

폼타이 간격을 40cm로 조정하면

$$T = 0.72 \times (40 \times 40) = 1152 < 1400 \quad \text{O.K}$$

거푸집공사 시공안전을 위한 연구
-건축물 거푸집 설계를 중심으로-
(연구보고서 토건연 94-3-24)

발행일: 1994. 12. 31

발행인: 원장 徐相學

연구자: 선임연구원 최순주

참여자: 책임연구원 박일철

책임연구원 안홍섭

발행처: 한국산업안전공단

한국산업안전연구원

토목·건축연구실

주 소: 인천직할시 북구 구산동 34-4

전 화: (032) 502-0032

(032) 518-6484~6

<비매품>