

# 재해 위험도가 높은 가설구조물의 설계변경에 관한 연구

오태근 · 김용곤\* · 이명구\*\* · 백신원\* · 우인성 · 송창근†

인천대학교 안전공학과, \*한경대학교 토목안전환경공학과, \*\*을지대학교 보건환경안전학과  
(2013. 12. 23. 접수 / 2014. 2. 20. 채택)

## A Study on the Design Change of High-Risk Temporary Structures

T. K. Oh · Y. G. Kim\* · M. G. Lee\*\* · S. W. Paik\* · I. S. Woo · C. G. Song†

Department of Safety Engineering, Incheon National University

\*Department of Civil, Safety & Environmental Engineering, Hankyong National University

\*\*Department of Environmental Health and Safety, Eulji University

(Received December 23, 2013 / Accepted February 20, 2014)

**Abstract :** Article 29(3) of Occupational Safety And Health Act, which states a contractor can request a design change to an employer of businesses under the risk condition of construction of temporary structure, was established. Accordingly, in this study, recent fatal accidents caused by temporary structures were analyzed, and the level of inclusion of temporary structures in the design document were examined, and high risk temporary structures were classified. In addition, the requirements of design change of temporary structures were presented, and the qualifications of expert to certify the design change were proposed.

**Key Words :** temporary structure, Occupational Safety And Health Act, design change, design document, qualification of expert

### 1. 서론

최근의 건설구조물은 대형화, 고층화, 복잡화, 지하공간의 다양한 이용 등으로 인해 고소작업이 많아지고, 다양한 공법을 적용해야 하며, 작업조건이 까다로운 특성을 가지고 있다. 특히 가설공사 및 가설 구조물의 경우는 다른 구조물과는 다르게 공사를 진행하는 동안 설치했다가 필요에 의해 해체를 하는 구조물로서 다른 공종에 비해 많은 재해가 발생하고 있는 실정이다<sup>1)</sup>. 안전한 시공과 구조물의 품질을 확보하기 위해서는 공사계획수립 시점에서 가설 구조물에 대한 안전성 검증이 필연적이지만 가설 구조물의 중요성을 인식하지 못하여 구조 계산서 및 도면작업을 도외시하고 그 동안의 경험에 의존하여 공사가 진행될 뿐만 아니라 가설 구조물 공사 시 현장근로자는 안전성이 검증되지 않은 과소단면의 부재, 결합재료, 현장 보유 재료 등을 이용하여 시공함으로써 빈번한 재해가 발생하고 있다. 가설 구조물공사는 구조물의 품질과 안전에 직접적인 영향을 미치기 때문에 본 구조물의 설계와 마찬가지로 확실한 안전성을 확보할 수 있도록 설계기준에 의한 구조계산이 선행되어야 한다<sup>2)</sup>. 이와 같은 점에서 건설공사 중 가설구조물의 붕괴 등 재해발생 위험이 높다고 판단되는 경우 수급인이 발주 도급인에게 설계변경을 요청할 수 있는 제도인 산업안전보건법 제29조의3 제1항이 신설되었다. 본 연구에서는 가설구조물 관련 최근 중대 재해사례를

분석하고, 가설구조물의 설계도서 반영실태를 조사하였으며, 재해위험도가 높은 가설구조물을 분류하였다. 또한 가설구조물의 설계 변경 전제조건을 제시하고, 설계변경 검토 전문가의 자격요건을 제안하였다.

### 2. 본론

#### 2.1. 가설구조물 관련 중대 재해

한국산업안전보건공단에서 분기별로 집계하는 ‘건설 중대재해 사례와 대책<sup>3)</sup>’을 바탕으로 2011년부터 2013년 3분기까지 최근 3년간 가설구조물과 관련하여 발생한 중대 재해를 조사하였다. 최근 3년간 비계, 거푸집 등바리, 거푸집 및 흙막이 지보공 등의 가설구조물에 의해 발생한 재해 건수는 총 677건이었으며 Fig. 1과 같이 비계에 의해 발생한 건수가 44%로 가장 높았고, 거푸집에 의해 발생한 재해도 221건으로 16%를 차지하였다. Table 1은 가설구조물 관련 중대재해의 발생 형태를 나타낸 것으로 추락에 의해 발생한 재해가 전체의 71% 이상을 차지하였다. 흙막이 지보공의 경우에는 전체 재해의 절반이 붕괴·도괴에 의해 발생하였다.

#### 2.2. 가설구조물의 설계도서 반영실태

본 연구에서는 가설구조물의 설계도서 반영실태를 조사하기 위하여 시공사의 공사 감독자, 안전관리자, 설계사

† Corresponding Author : Chang Geun Song, Tel : +82-32-835-8291, E-mail : baybreeze119@incheon.ac.kr  
Department of Safety Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Korea

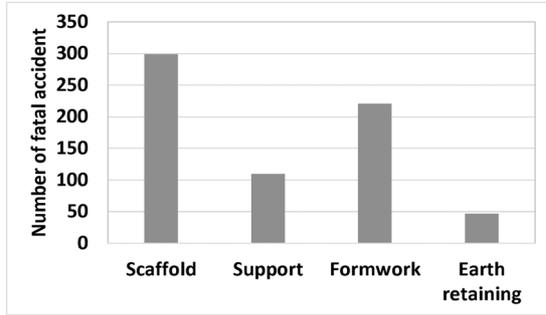


Fig. 1. The number of fatal accident related to temporary structures (Since 2011)

및 감리사를 대상으로 설문조사를 수행하였다. 설문조사는 2013년 9월 24일부터 11월 11일까지 이루어 졌으며, 총 157건의 설문 응답지를 회수하였고 복수 응답을 허용하였다.

Fig. 2는 여섯 종류의 가설구조물별 설계도면 및 구조

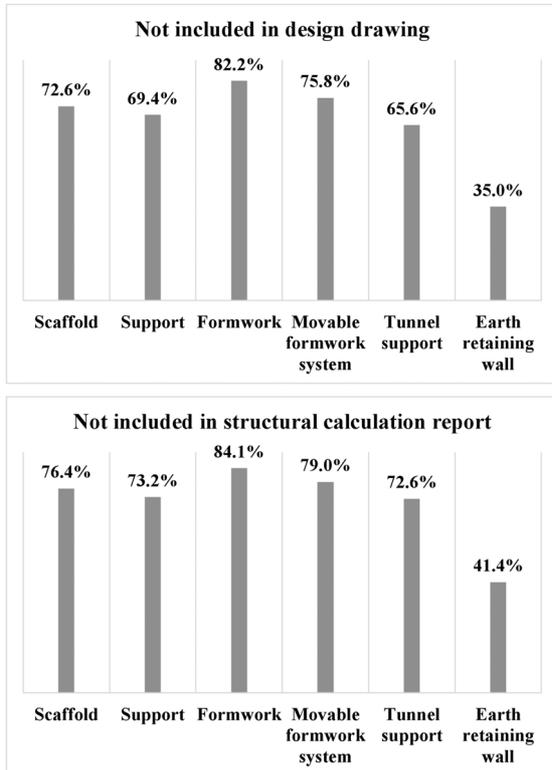


Fig. 2. The ratio of temporary structures not included in design drawing and structural calculation report

Table 1. Classification of fatal accident by causes (Since 2011)

| Temporary structures | Total | Falling | Colli-sion | narrow-ness | Collapse | Dropping | Slip | Electric shock | Fire/Explo-sion | etc. |
|----------------------|-------|---------|------------|-------------|----------|----------|------|----------------|-----------------|------|
| Scaffold             | 299   | 262     | 9          | 5           | 17       | 2        | 0    | 2              | 0               | 2    |
| Support              | 110   | 64      | 1          | 2           | 31       | 5        | 4    | 1              | 0               | 2    |
| Formwork             | 221   | 154     | 4          | 4           | 6        | 15       | 24   | 3              | 3               | 4    |
| Earth retaining wall | 47    | 3       | 5          | 0           | 23       | 13       | 0    | 0              | 1               | 2    |

계산서 미반영 비율을 도시한 그림으로 흙막이 지보공을 제외한 나머지 가설구조물은 설계도면에 표시되어 있지 않다고 응답한 비율이 65%를 초과하였으며, 특히 거푸집이 설계도면에 표시되어 있지 않다고 응답한 비율이 82.2%로 가장 높았다. 구조계산서에 미반영된 가설구조물 비율도 설계도면과 유사한 양상을 보였으며, 미반영율이 설계도면에 비해 2%에서 5% 높게 나타났다.

### 3. 재해위험도가 높은 가설구조물 분류

건설공사 중 가설구조물의 붕괴 등 재해발생 위험이 높다고 판단되는 경우 수급인이 발주 도급인에게 설계변경을 요청할 수 있게 하는 산업안전보건법 제29조의3 제1항이 2013년 6월 12일 신설되어 2014년 3월 13일부터 시행될 예정이다. 따라서 가설구조물의 붕괴 등의 재해발생 위험이 높고 대형사고의 위험이 큰 가설구조물을 다음과 같이 분류하여 설계변경 검토가 필요한 가설구조물의 지정사유 및 관련 근거를 조사하였다.

#### 3.1. 비계

지상으로부터 높이가 31 m 이상인 건축물 등의 건설공사 또는 해체 공사 시에는 유해위험방지계획서를 제출하도록 의무화되어 있고, 31 m 이상의 비계는 구조적으로 붕괴 위험이 높아 산업안전보건기준에 관한 규칙 제60조에서도 비계기둥의 제일 윗부분으로부터 31 m 되는 지점 밑부분의 비계기둥은 2개의 강관으로 묶도록 규정하고 있다. 따라서 산업안전보건법에 ‘붕괴 등의 위험이 있는 높이 31 m 이상인 비계의 경우’로 제시되어 있다. 참고로 미국의 경우 38 m 초과 시에는 전문 기술자가 설계하고 있으며, 싱가포르의 높이 30 m 초과 시 전문 기술자가 설계하도록 규정하고 있으며, 설치 후 COS (Certificate of Supervision) 승인을 필해야 한다.

#### 3.2 거푸집 동바리

층고가 6 m 이상인 경우 강관을 1단 설치하고 그 위에 각재를 직교하여 깔고, 다시 강관을 설치하는 2단 조립에 의해 콘크리트타설 중 편심이 작용하여 붕괴재해가 빈번하게 발생하고 있다. 실제로 거푸집동바리 높이별 붕괴재해 (1996-2006)에 따르면 재해의 77%가 높이 6 m 이상에서 발생하였으므로, 산업안전보건법에 ‘붕괴 등의 위험이 있는 높이 6 m 이상인 거푸집 동바리’로 제시되어 있다. 따라서 층고가 6 m를 초과하는 경우 하중을 지지할 수 있

는 시스템 동바리를 의무적으로 사용해야 한다.

### 3.3 흙막이 지보공

깊이 2 m 이상의 지반굴착공사나 흙막이 지보공의 설치, 보강, 해체 작업은 특별안전교육을 이수한 안전담당자를 지정하고, 사전조사 및 작업계획서를 의무적으로 작성하여야 한다. 또한 높이 2 m 이상의 흙막이 지보공의 경우 토압이 크게 작용하여 붕괴 위험의 발생도가 높아 안전대 등의 보호구를 필히 착용하여야 하며 한다. 따라서 산업안전보건법에 ‘붕괴 등의 위험이 있는 높이 2 m 이상인 흙막이 지보공’로 제시되어 있다.

### 3.4 터널 지보공

안전보건공단 중대재해조사(2002-2004)<sup>4)</sup>에 따르면 터널공사에서 11건(사망 11명, 부상 2명)의 사고가 발생하였으며 이 가운데 64%가 천공 및 발파 작업 시 터널지보공의 붕괴로 발생하였다. 터널은 발파 작업 등이 수반되며 구조적으로 막장 토사의 붕괴 위험이 높으므로 지보공이 취약할 경우에는 대형사고의 위험이 높다. 터널 지보공의 보강작업 또는 보수작업을 하고 있는 장소로서 낙반 또는 낙석 등에 의하여 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소는 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 있으며, 터널굴착작업은 근로자의 위험을 방지하기 위하여 사전조사 및 작업계획서 작성을 의무화 하고 있다. 따라서 산업안전보건법에 ‘붕괴 등의 위험이 있는 터널지보공’으로 제시되어 있다.

### 3.5 특수거푸집

동력을 이용하여 움직이는 PSC 박스 거더교의 특수교량 거푸집은 가설 방법에 따라 FSM, ILM, MSS, FCM, PSM 등으로 구분된다. 교량용 특수 거푸집은 현장 조건에 따라 적용 기준이 다양하고 획일화된 설계 변경 기준을 도출하기 어려우므로 공사현장의 제반 여건과 설계도서에서 정하고 있는 작업 단계별 작업방법이 부합하고 공사용 장비 적용상의 문제가 없는지 검토한 후 구체적인 작업계획을 수립하여 감리원의 승인을 받아야 한다. 산업안전보건법에는 ‘동력을 이용하여 움직이는 가설 구조물로 붕괴·낙하 등의 위험이 있는 가설 구조물’로 제시되어 있다.

## 4. 가설구조물의 설계변경 전제조건

설계도서는 대부분 목적구조물에 대한 사항을 중심으로 작성되고 있으며, 목적구조물을 공사함에 있어 부수적으로 요구되는 가설공사에 대한 내용은 미흡한 실정이다. 흙막이 지보공과 같이 설계도서에 반드시 반영하지 않고는 수급인이 스스로 안전한 공사를 수행할 수 없거나 공법의 차등적용으로 인하여 발주자와 공사금액 등 공사 관련 논란이 될 가능성이 높은 것을 제외하고는 가설공사에 대한 설계도서는 불비한 경우가 대부분이다.

일반적으로 비계, 거푸집지보공 등의 가설구조물에 대한 설계는 매우 미흡하며, 교량의 특수가설공법 또는 초고층공사의 특수가설공법을 제외하고는 가설공사에 대한 구조검토, 도면작성 등이 매우 부족한 실정이다. 공공기관이 발주자인 경우에는 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 또는 「지방자치단체를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」에 따라 입찰참가자에게 설계서를 제공하고 있으나, 민간기관인 경우에는 법률에서 정한 설계서를 제공받지 못하는 경우가 많고, 때에 따라서는 설계도서가 완비되지 않은 상태에서 공사를 진행하는 경우도 종종 발생한다. 설계변경은 발주자가 제공한 설계서(공사시방서, 설계도면, 현장설명서, 물량내역서 등)에 표현된 내용이 불안정하다고 판단될 때에 가능한 것이므로 반드시 설계도면에 표현된 것만을 기준으로 설계변경을 수행할 수 있다고 단정할 수 없다. 다만, 가설구조물인 경우에는 목적구조물에 비하여 설계도면이 소홀이 작성될 수 있고, 현장설명서 및 공사시방서도 비교적 등한시되는 경향이 있으며 물량내역서가 제공되지 않는 경우에는 불안정한 구조 여부를 판단하기가 곤란할 수 있다. 그러한 때에는 입찰서를 작성하기 전에 입찰참가자는 발주자에게 가설구조물의 설계상태(견적조건)를 질의하고 이에 대한 답변을 받는 것이 중요하다. 예를 들면 거푸집동바리의 설계가 파이프 서포트 지주인지 시스템동바리인지를 질의하여 답변을 들을 필요가 있으며, 내·외부 비계인 경우에도 강관비계인지 틀조립 비계인지의 여부를 질의하여 답변을 들을 필요가 있다. 견적조건에 따라 공사금액 산출액이 상당부분 차이가 날 수 있으며, 가설구조물을 안전하게 설치하고자 시스템비계 등 안전한 가설구조물로 공사하는 것으로 견적을 낸 경우에는 오히려 낙찰자로 선정됨에 있어 불이익을 당할 우려가 있기 때문이다. 입찰참가자가 발주자에게 질의하여 회신된 내용은 곧 입찰조건이 되며 계약조건도 될 수 있다. 설계도면에는 명확히 표현되어 있지 않지만, 물량내역서나 현장설명서 등 발주자로부터 제공받은 설계서에서 가설구조물에 대한 설계상태를 확인할 수 있는 경우에는 설계서에 준하여 견적내역을 작성하여야 할 것으로 사료된다. 입찰참가자가 안전한 공사를 위하여 설계서에서 정한 가설공법 보다 상위의 가설공법을 적용한 산출내역서를 작성하고 입찰서를 제출한다면 바람직하나 그로 인한 설계변경증액을 받을 수는 없을 것으로 판단된다.

가설구조물 중 흙막이 지보공, 터널지보공, 특수가설공법 등은 설계도면에 구체적으로 반영되어 있는 경우가 많으나 비계 및 거푸집동바리에 대한 설계는 구체적으로 설계도면에 반영되지 않고 있다. 하지만 설계내역서를 작성하기 위해서는 반드시 물량내역서를 작성하여야 하며, 물량내역서에는 구체적으로 어떠한 가설공법을 적용하여 산출하였는지가 명기되어야 가능할 것이다. 따라서, 설계도면에 구체적인 가설구조물의 시공도가 표현되지 않는 다 하더라도 가설구조물의 재료 및 가설공법에 대해서는 기타 설계서에 명기되어야 할 것이며, 그러하지 않은 경우에는 비합리적인 설계내역서(예정가격서)가 작성될 수

있어 정상적인 입찰이 이루어지지 않을 것으로 판단된다.

## 5. 설계변경 검토 전문가의 자격요건

### 5.1 관련 전문가의 자격기준 검토

가설구조물의 붕괴 위험성을 검토할 수 있는 전문가의 범위를 규정하기 위하여 토목구조기술사, 건축구조기술사, 토질 및 기초기술사, 건설기계기술사의 자격기준과 더불어 건설안전기술사의 자격기준을 검토하였다. 산업안전지도사는 기술적으로 건설안전기술사와 같은 자격에 더하여 산업안전 일반에 관한 지식 및 경영 등 기업진단에 관한 지식을 추가로 필요로 하는 것이므로 건설안전기술사와 같은 정도의 기술적 능력을 갖는 것으로 판단된다.

건축구조기술사의 수행직무는 건축물 및 공작물이 안전한 구조를 갖도록 설계단계부터 구조설계도서, 가설구조물의 구조체 시공상세도의 구조안전을 확인하는 것이다. 토목구조기술사의 수행직무는 토목분야의 설계단계부터 구조설계도서와 가설구조물의 구조체 시공상세도의 구조안전을 확인하는 것이다. 토질 및 기초기술사의 수행직무는 터널, 흙막이 등 토질 및 기초분야의 관련 구조물의 구조안전을 확인하는 것이다. 건설기계기술사의 수행직무는 건설기계에 대한 전문지식과 실무경험을 바탕으로 건설관련 장비의 운영과 유지관리에 대한 사항이다. 건설안전기술사의 수행직무는 건설현장에서 일어나는 안전사고에 대한 예방 및 관리와 재해방지 기법을 적용하여 근로자와 시설물의 안전을 확인하는 것이다.

건축구조기술사는 2000년 이전에 458명이 배출되었으며 2001년 이후 463명으로 현재 총 921명이 배출되었다. 이중 사망자나 업무를 볼 수 없는 인원을 약 10%라고 본다면 800여명 정도의 건축구조기술사가 활동 중일 것으로 추정된다. 토질 및 기초기술사와 토목구조기술사, 건설안전기술사의 누적배출인원은 건축구조기술사보다 약간 많은 것으로 조사되었으며 건설기계기술사는 상대적으로 적은 578명으로 나타났다.

### 5.2 설계변경 검토 기술자 자격요건

가설구조물에 대한 구조적 안전성 검토를 위한 직무의 분석과 관련 전문가의 수행직무 및 자격기준을 검토하여 설계변경 검토 기술자의 자격요건을 제안하였다.

비계와 거푸집 및 동바리의 경우 구조해석에 의한 하중을 산정하는 것이 가장 중요한 부분이므로 구조물의 종류에 따라 건축구조기술사 혹은 토목구조기술사의 검토를 받는 것이 합당하다. 터널 지보공과 흙막이 지보공은 토압의 산정과 지질조건에 대한 검토가 필요하며, 지보공의 구조에 대한 정밀한 구조해석 능력이 필요하다. 따라서 토질 및 기초기술사 또는 토목구조기술사의 검토가 필요한 것으로 판단된다. 동력을 이용하여 움직일 수 있는 가설구조물에 대해서는 장비의 운용과 유지관리에 대한 지식을 가진 전문가가 필요하며 대형구조물에서 각 시공단계별 구조해석을 수행해야 하므로 구조물 성격에 따라

건설기계기술사 또는 토목 및 건축 구조분야 기술사의 검토가 필요한 것으로 판단된다.

가설구조물에 대한 설계변경을 신청하는 절차는 산업안전보건법에 따라 마련되었으므로 법령에 대해 잘 알고 있고 안전사고에 대한 관리능력이 있는 건설안전기술사나 건설안전 분야 산업안전지도사의 경우에도 기본적인 안전성 검토는 가능하나 검토기술자로서 정밀한 구조적 검토를 하기 위해서는 관련 구조물 성격에 따른 구조기술사, 토질 및 기초기술사, 건설기계기술사가 구조검토를 하는 것이 바람직하다고 판단된다.

## 6. 결론

건설공사 중 가설구조물의 붕괴 등 재해발생 위험이 높다고 판단되는 경우 수급인이 발주 도급인에게 설계변경을 요청할 수 있는 제도인 산업안전보건법 제29조의3 제1항이 신설되었다. 이에 따라 본 연구에서는 가설구조물 관련 최근 중대 재해사례를 분석하고, 가설구조물의 설계도서 반영실태를 조사하였으며, 재해위험도가 높은 가설구조물을 분류하였다. 또한 가설구조물의 설계 변경 전제조건을 제시하고 설계변경 요청 전문가의 자격요건을 제안하였다. 건설공사에서 위험도가 높은 대표적인 가설구조물은 높이 31 m이상의 비계, 높이 6 m 이상인 거푸집지보공, 작업발판 일체형 거푸집, 굴착깊이 2 m 이상인 흙막이지보공, 터널지보공, 동력을 이용하여 움직이는 가설구조물 등이며, 흙막이지보공, 터널지보공 등은 비교적 설계도면에 반영되어 있으나 상대적으로 비계 및 거푸집지보공은 설계도면에 미반영되어 있는 경우가 많아 공사 중에 수급인이 상세도를 작성하고 발주자의 승인을 얻어 시행하는 경우가 많은 것으로 조사되었다. 건설안전기술사나 건설안전 분야 산업안전지도사의 경우에도 기본적인 안전성 검토는 가능하나 검토기술자로서 정밀한 구조적 검토를 하기 위해서는 관련 구조물 성격에 따른 구조기술사, 토질 및 기초기술사, 건설기계기술사가 설계변경 검토 기술자로 바람직하고 판단된다.

**감사의 글:** 본 연구는 인천대학교 2013년도 자체연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## References

- 1) H. J. Kim, and S. W. Paik, "A Study on the Cause Analysis of Fall Accidents at Temporary Construction Sites", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 25, No. 1, pp. 62-64, 2010.
- 2) S. W. Paik, and S. J. Choi, "A Study on the Collapse Accidents of the Temporary Structures", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 14, No. 4, pp. 142-147, 1999.
- 3) Korea Occupational Safety & Health Agency, "Fatal Accident Cases and Measures in Construction Sites", 2011-2013
- 4) Korea Occupational Safety & Health Agency, "Investigation of Fatal Industrial Accidents", 2002-2004.