

Global Maestro News Briefing

Design for Safety

Fatal Wake Tech Pedestrian Bridge Collapse due to "Design Flaw"

2014년 11월, 노스캐롤라이나(North Carolina)주 Wake Technical Community College에서 발생한 보행자 전용 다리 붕괴사고 원인이 목조 보의 이음부분에 있던 과도한 틈새 때문이었다는 것으로 밝혀짐에 따라 설계 엔지니어, 설계담당자, 자재공급자가 책임을 피할 수 없게 되었습니다. 이 붕괴사고로 인하여 인부 한 명이 목숨을 잃었습니다.

2015년 4월 발표된 OSHA의 리포트에 의하면 이번 사고의 원인이 "목조 보의 이음부분의 틈새가 다리의 하중을 견디기에는 부적격하게 설계되었으며, 이로 인하여 발생한 횡단 균열이 다리 상판 붕괴 사고로 이어졌다"고 밝혔습니다.

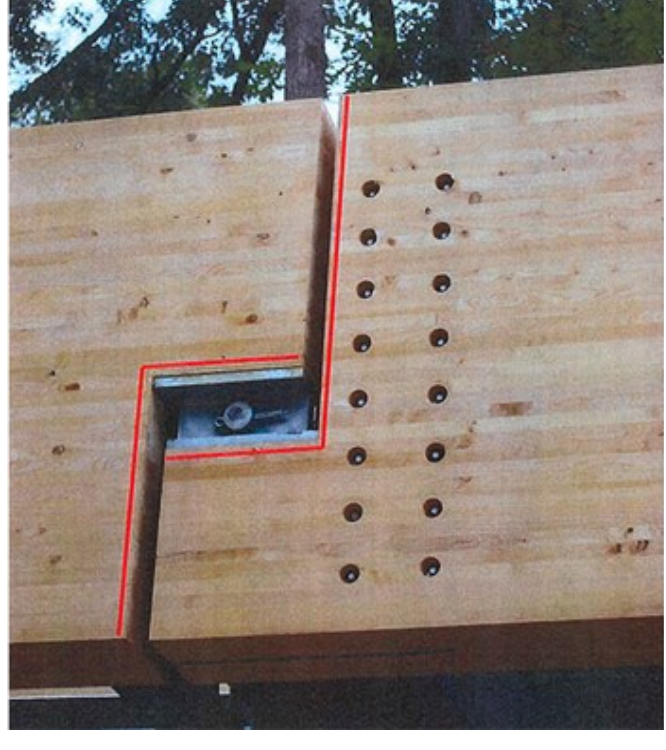
2016년 6월, 노스캐롤라이나 주 엔지니어 조사위원회는 다리의 설계를 맡았던 스튜어트엔지니어링(Steward Engineering) 회사에게 5천 달러의 벌금을 부과하였습니다. 조사위원회는 "부적격한 설계에 대한 아무런 사전 조치를 취하지 않은 점, 기존 이하의 품질관리, QA/QC체크리스트를 문서화하지 않은 것, 디자인과 관련한 우려에 대한 적절한 반응을 보이지 않은 점" 등을 벌금의 근거로 들었습니다. 스튜어트엔지니어링은 아무런 의의 없이 벌금을 납부하였습니다. 또한 엔지니어 조사 위원회는 스튜어트엔지니어링의 전 대표인 Robert T. Macia에게 "부적격한 설계 디자인을 날인 하였으며, 구조 계산을 마치기도 전에 허가도면을 제출하였고, 설계에 대한 우려가 제기 되었을 때에도 이를 해결하지 않았으며, 충분한 QA/QC조치를 취하지 않았다"는 점을 들어 "중과실 또는 업무 태만" 혐의를 제기하였습니다. 만일 혐의가 인정된다면, Macia는 설계 오류에 대한 처벌



을 받으며 설계사 자격 또한 상실하게 됩니다.

OSHA가 이번 사고의 원인을 목재 보 이음부분에서 발견된 설계결함으로 결론지은 만큼 프로젝트에 연관된 다른 관계자들도 책임을 벗어날 순 없었습니다. 피해자의 가족은 다리의 책임설계자와 붕괴된 보를 납품한 공급자에게 법정 소송을 제기하였습니다. 소송을 제시한 원고측은 피고들이 다리 설계에 대해 사전에 제기된 우려들은 묵살하였거나, 설계 자체가 설계규정에 부합하지 못한다는 사전에 숙지하고 있었어야 한다고 주장하고 있습니다.

이와 같이 건설 현장에서의 안전사고가 설계자의 분명한 잘못으로 발생하는 경우도 있습니다. 하지만 시공성을 고려하지 않은 설계는 시공을 복잡하고 어렵게 만들며, 이로 인한 안전사고의 확률 또한 높게 됩니다. **단순히 규정(Codes)에 따르는 수동적인 안전 사고 방지 방식을 넘어, 능동적으로 설계 (Design and Engineering) 단계부터 현장 안전을 고려하는 것이 필요합니다.**



<http://www.newsobserver.com/news/local/counties/wake-county/article115621953.html>

Guidelines on Design for Safety in Buildings and Structures —using GUIDE Principle

시공현장의 안전에 위협이 될 수 있는 시공방법 그 자체를 제거하는 것은 안전한 건설 현장을 운영하는 하나의 방법입니다. **OSHA를 중심으로 진행되고 있는 Design for Safety는 시공 중에 발생할 수 있는 안전사고를 대비하여 미리 설계에 반영하려는 시도입니다.**

설계과정에서 시공이나 운영 단계에서 나타날 수 있는 위험(Hazard)를 근본부터 차단하는 Design for Safety는 강력한 해결책이지만, 현재까지는 설계규정이나 법에 의해 요구되는 사항은 아닌 하나의 제안사항에 그칩니다. 설계단계에서부터 Design for Safety를 고려하여 설계하는 것이 선량한 관리자의 의무를 지닌 설계자에게 당연한 일일겠지만, 만일의 경우 법적 책임을 질 수 있다는 리스크 때문에, 설계 및 공사 사항에만 맞으면 Design for Safety에 대한 부분을 계약도서(회의, 도면, 시방서 등)에 포함시키지 않는 것이 일반적입니다.

그러나 CM은 설계와 시공 모두를 관리해야 하는 입장입니다. **시공단계에서 위협이 될 수 있는 요소를 조기에 발견하여 안전한 현장 운영이 가능할 수 있도록 하는 것은 CM 의무 중 하나일 것입니다.** CM은 Design for safety가 설계에 반영될 수 있도록 적극적인 조언을 아끼지 않아야 합니다.

Design for safety를 위해서는 안전한 현장운영을 위한 일종의 설계검토가 필요합니다. 이 설계검토를 Design Review Process라 합니다. Design Review Process는 프로젝트의 이해당사자로 구성된 Safety and Health Review Committee를 꾸리는 것으로 시작되는데, 여기에는 발주자, 설계사, 시공사, CM사, 협력업체 등이 포함됩니다. Design Review Process를 진행할 때에는 GUIDE원칙에 따라 설계를 검토하고 최종 결과물로 안전한 시공성이 검토된 안전한 설계도면을 만들어내게 됩니다.

https://www.wshc.sg/files/wshc/upload/cms/file/2014/DFS_Guidelines_Revised_July2011.pdf

G roup	Safety and Health Review Committee가 모여 Design Review Process를 시작한다.
U nderstand	설계도면을 보고, 디자인과 시공방법을 이해한다.
I dentify	설계와 시공성에 있는 잠재적인 리스크를 파악하고, 이들이 어떻게 관리될 수 있는지 토의한다.
D esign	리스크를 제거하거나 완화시키기 위하여 다시 설계한다.
E nter	모든 정보를 기록한다.

설계검토는 Concept Design Review, Detailed Design Review, Pre-construction Design Review 중 3회 이루어지며, 아래의 사항을 중점으로 검토합니다.

- Concept Design Review: 프로젝트 위치, 교통 및 현장 차량 운영 계획, 프로젝트 타임, 일관적인 계약사항
- Detailed Design Review: 건축 및 구조 시공 안전성 검토, 건물 운영 및 유지계획 안전성 검토
- Pre-construction Design Review: 가설계획 안전성 검토, 협력업체들의 시공 안전성 검토

건설 선진국인 미국의 건설 현장 안전을 위한 이 같은 시도는 당시에 큰 시사점이 있습니다. 한미글로벌은 안전이 두 번째 핵심가치로 선정 할 정도로 안전을 중요하게 생각합니다. 건설 선진화를 추구하는 기업으로서, 발생 가능한 안전 리스크를 사전에 예방하여 건설 안전 문화 확산에 이바지 해야 할 것입니다.

Risk Management and Project Control

Risk Management and Project Control



대다수의 건설회사들은 문제가 발생한 이후에나 대처방안과 해결방안을 모색하기 시작합니다. 이는 Risk Management 이 아니라 Damage Control 에 가깝습니다. PriceWaterhouseCoopers (PWC) 는 산업 전반에 걸친 Risk Management서비스를 제공하는 회사로, Risk Management가 건설 프로젝트에 어떻게 적용될 수 있는지 보여줍니다.

프로젝트 Risk Management는 품질과 안전, 원가관리, 공정관리, 설계변경관리, 계약관리, 인력관리, 정보관리, 외부영향 등을 포함합니다. 프로젝트 리스크가 잘 관리되지 않는다면, 가격이 올라가고, 수익은 낮아지며, 기업 이미지가 하락하게 되는 등 비즈니스에 큰 타격을 입게 됩니다. 프로젝트 리스크는 Identification(리스크 발견), Assessment/Quantification(리스크 영향 정량화), Reduction(리스크 감소), Implementation(리스크 감소방안 실행), Monitoring(지속적인 관리감독) 등의 단계에 따라 관리합니다. 발견된 리스크는 회사의 경영방침, 사내문화, 조직, 각종 도구 및 기술, 여러 자원 등을 적절히 조절하여 관리합니다.

<http://www.pwc.co.uk/assets/pdf/pwc-cps-risk-construction.pdf>

프로젝트 단계 시 발생할 수 있는 리스크를 정의하고, 발견된 리스크를 관리하기 위한 절차와, 지속적인 모니터링 및 관리방안들을 확정에 나가는 방법 중 하나에는 프로젝트컨트롤(Project Control)이 있습니다.

프로젝트 컨트롤은 효율적인 협업과 조정, 모니터링, 그리고 매니지먼트를 위한 Policies and procedures(운영 원칙 및 절차)를 의미합니다. 프로젝트 컨트롤은 프로젝트 곳곳에 산재하는 리스크를 비용(Cost), 공정관리(Time), 자재(Material) 등의 자원을 투입하여 통합적으로 관리하는 것입니다. 프로젝트 컨트롤을 할 때에는 각각의 리스크관리 뿐만 아니라 Roles and Responsibility(역할과 책임), Communication(소통방식) 또한 고려해야 합니다.

리스크는 프로젝트의 생애주기동안 계속해서 바뀌며, 이에 따라 리스크를 관리하는 방법도 바뀌게 됩니다. 리스크는 기회와 위기를 모두 발생시키는 만큼, 프로젝트 컨트롤을 이용한 철저한 리스크관리를 통해 건설 산업에서의 기회를 극대화 시키는 것이 요구됩니다.

The Ultimate Guide to Construction Risk Management

Define Risks	프로젝트 중 발생가능 한 리스크는 다음과 같다. •Occupational risk: 시공 중 작업자에게 발생할 수 있는 리스크 •Financial risk: 회계 상 예상치 못한 리스크 •Contractual risk: 공기 지연에 따른 리스크 •Project risk: 프로젝트 품질 저하에 따른 리스크 •Stakeholder risk: 의사소통의 문제, 오해나 잘못된 전달 등 •Natural risks: 자연재해 •Competition: 가격경쟁 등의 경쟁을 통하여 발생하는 리스크
Prioritize	두 가지 기준에 의해 리스크를 정량화하여 평가한다. •리스크가 저사에 미치는 피해 정도 •리스크가 실현될 확률
Implement	리스크를 축소하거나 제거하는 과정을 말하며, 아래의 방법이 있다. 어떤 방법을 선택 할 지는 리스크에 수반되는 보상의 정도를 고려하여 선택해야 한다. •리스크 회피: 고 위험 프로젝트는 받지 않는다. •리스크 전가: 하청 또는 보증을 통하여 리스크를 줄인다. •자체적인 리스크 완화: 사내 안전교육 강화 등을 통하여 리스크를 줄인다. •리스크 수용: 날씨 등 자연재해와 같이 예상 불가능한 리스크는 수용하도록 한다.
Tools	조직 내 리스크관리 프로세스를 도입하기 위해서는 회사 정책, 문화, 조직, 자원 등을 위의 단계 맞추어 각종 Tool과 Technique을 개발하는 것이 필요하다. •소프트웨어 •교육 •회계 장부 투명하게 해 놓기 •보험 •다른 회사로부터의 조언: 법적 컨설팅, 계약 보증금 받기 •신기술 도입 등으로 리스크 줄이기: Prefabrication, BIM
Internalize	끊임없는 반복으로 전 구성원들이 Risk Management 사고가 습관화되도록 내재화한다.

<http://blog.capterra.com/the-ultimate-guide-to-construction-risk-management/>



모든 건설 프로젝트에는 리스크가 따르며, 리스크 관리는 건설 회사의 생존과 성장을 위하여 필수적인 요소입니다. 효과적인 Risk Management를 하기 위한 가장 좋은 방법은 Risk Management프로세스를 내재화하여 업무 프로세스 자체를 향상시키는 것입니다. 이렇게 향상된 프로세스는 탄탄하고, 따르기가 쉬우며, 올바른 결정을 내리는데 도움이 됩니다. Risk Management 사고방식은 좌측의 5개 단계를 따라야 합니다.

모든 리스크가 부정적인 것은 아닙니다. 한 고객과의 프로젝트가 성공적으로 끝났을 경우, 그 고객의 다음 프로젝트를 맡을 가능성이 높아지는 긍정적 효과 또한 존재합니다. 최근에는, Chapman과 Ward에 의해 개발된 BIARS (Balanced Incentive And Risk Sharing) 통해 프로젝트의 이익과 리스크를 발주자와 건설사가 공유하는 방식 등을 통해 리스크를 관리하는 계약방식), IPD (Integrated Project Delivery)등 프로젝트 참가자들이 리스크를 공유함으로써 리스크 관리 방식이 유행하고 있습니다.

적절한 소프트웨어들과 훈련, 파이낸싱 등을 이용하여 긍정적/부정적 리스크를 관리하면 다양한 비즈니스 기회들을 잡을 수 있을 것입니다.

Building Science

Concrete as a "Carbon Sink"

시멘트는 제조과정에서 많은 양의 이산화탄소가 발생하기 때문에 기후변화의 주범 중 하나라고 여겨졌습니다. 하지만 세계적으로 권위 있는 학회지인 Nature Geoscience에 발표된 연구를 통해, **콘크리트가 생애 주기에 걸쳐 이산화탄소를 흡수하며, 그 양은 시멘트 제조과정에서 배출되는 이산화탄소 양보다 더 많다는 사실이 정량적으로 증명되어 화제를 모으고 있습니다.**

시멘트 제조 시 이산화탄소는 크게 두 부분에서 발생합니다. 하나는 시멘트의 원료가 되는 석회석을 가열하면서 석회석에서 배출되는 공정이산화탄소입니다. 다른 하나는 시멘트를 가열하기 위해 석탄이나 천연가스를 연소하는



과정에서 발생하는 연소이산화탄소입니다. 공정이산화탄소와 연소이산화탄소의 배출량은 약 5:5 정도입니다. 시멘트 제조과정에서 발생하는 총 이산화탄소 양은 통상 제조산업 전체 이산화탄소 배출량의 5%로 측정되고 있습니다 (전 세계 이산화탄소 배출량의 1.05%).

콘크리트가 이산화탄소를 흡수한다는 것은 이미 많은 토목공학자들에게 알려졌었지만, 정량적인 양을 밝혀낸 것은 이번 연구가 처음입니다. 이번 연구에 의하면, 1930년부터 2013년까지 시멘트 제조과정에서 배출된 것으로 예상되는 총 76.2조 톤의 이산화탄소 중, 공정 이산화탄소의 43% 정도는 콘크리트에 의해 다시 흡수 된 것으로 밝혀졌으며, 남은 이산화탄소 또한 콘크리트가 생애주기동안 지속적으로 흡수 될 것으로 예상됩니다.

그러나 콘크리트가 이산화탄소를 흡수하는 것이 마냥 긍정적인 효과만 있는 것은 아닙니다. 콘크리트가 이산화탄소를 흡수하는 과정에서 콘크리트구조물의 산도(pH)가 상승하게 되고, 이는 철강 구조물의 부식을 촉진시키는 결과를 낳기 때문입니다.

이번 연구의 결과로 시멘트 사용량이 많은 건설산업이 기후변화를 가속화시키는 주범이 아닌, 탄소저장소의 역할을 하는 친환경적 산업으로 재평가 받을 것으로 기대되고 있습니다.

<http://www.enr.com/articles/41069-we-knew-concrete-was-a-carbon-sinknew-study-tells-how-much?v=preview>

기사제공: 재미연간건설관리학회

편집 & 디자인: 김수덕(Suduck Kim)