

강교량 설치 가설공사의 최적화설계 지원시스템 개발

Development of Design Support System to Optimize the Temporary Work

조 훈 희* · 박 재 우** · 김 정 열** · 조 문 영***

Cho, Hun-Hee · Park Jae-Woo · Kim, Jung-Yeol · Cho, Moon-Young

요 약

강교량 가설공사의 설계는 그동안 과거유사사업의 자료를 토대로 설계자의 경험에 의존하여 진행되어 왔다. 이로 인해 실제 현장에서 소요되는 가벤트에 대하여 과대설계 논란이 있으며, 시공단계에 불필요한 설계변경을 야기하고 있다. 본 연구에서는 강교의 설계작업 과정에서 생성되는 설계 자료와 가설공사의 수행에 필요한 자원에 대한 데이터베이스를 구축하여 강교 설치 가설공사의 최적화설계 지원 시스템을 개발하였다. 이를 통하여 가설시설물에 대한 설계를 최적화하며, 설계변경을 줄이는 데에 기여할 뿐만 아니라 설계정보를 시공단계에 활용하게 함으로써 업무의 효율성과 정확성을 제고하였다.

키워드 : 가설공사, 가벤트, 크레인 선정, 최적화, 정보관리

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

강교량 설치를 위한 가설공사의 공법선정과 그에 따른 설계도서의 작성은 그동안 현장여건 및 대안 공법에 대한 분석에 근거하지 않은 채, 기존 유사사업의 경험을 토대로 수행되어 왔다. 이로 인하여 가설공사의 최적화 설계가 이루어지지 못하게 되며, 현장 여건과 시공자의 공사수행 지식을 토대로 공법이 재선정되어 공사가 수행되는 비효율성이 문제점으로 제기되고 있다. 가변적이고 한시적이라는 가설공사의 특성을 감안한다 하더라도 현장작업에 대한 고려가 없는 경험 의존적인 설계는 시공을 위한 설계가 아닌 단순히 성과품의 제작을 위한 형식적인 설계가 되며, 이는 설계기술력의 저하와 시공단계의 설계변경을 필

연적으로 수반하게 됨으로써 결국 해당 사업의 생산효율성을 저하시키고 발주자와 시공자간 분쟁소지를 제공 할 수 있다.

설계단계에 현장의 여건이 고려된 시공성이 반영된다면 설계 품질도 향상될 수 있을 뿐 아니라, 시공자의 공사계획 등에도 유용한 기초자료로 활용될 수 있는 장점이 있다.

특히 강교의 경우 타 시설물에 비해 비교적 표준화가 용이한 부재가 사용되고 공장작업 비중이 크기 때문에 설계업무를 자동화하기 위한 노력이 진행되어 왔으며 그 성과물의 활용을 통하여 상당한 효율성 향상이 보고되고 있다.¹⁾

그러나 가설공사의 경우 앞서 언급한 특성들로 인하여 타 기능에 비하여 설계 자동화 수준이 매우 미흡하며 이로 인하여 전반적인 강교 설계 자동화 시스템의 효율을 저하시키고 있다.

이에 본 연구에서는 강교의 설계 작업과정에서 생성되는 상부구조의 설계 자료와 가설공사의 수행에 필요한 자원의 데이터베이스를 구축한 후, 강교 설치에 소요되는 가설시설물(가설벤트)의 구조적 해석과 크레인의 기중 및 위치선정을 지원하는 시스템을 개발함으로써 강교량 설계업무의 자동화 효율성을 제고하고자 한다.

* 종신회원, 한국해양대학교해양공간건축학부전임강사, 공학박사, hhcho@bada.hhu.ac.kr

** 일반회원, 한국건설기술연구원건설관리연구부연구원(교신저자), jrkim@kict.re.kr

*** 종신회원, 한국건설기술연구원 건설관리연구부 연구위원, 공학박사, mycho@kict.re.kr

본 논문은 2002년 건설핵심기술연구개발사업(02산학연 A01-06)의 지원에 의한 결과물의 일부임

1) 한길아이티 외(2003)

1.2 연구의 범위 및 방법

강교량의 설치에 사용되는 가설공사의 공법은 현장여건에 따라 다양하게 적용될 수 있지만, 가벤투 및 크레인을 이용한 공법이 플레이트거더, 소수주형교 등 일반적인 강교량에 가장 널리 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 우선적으로 이를 연구의 범위로 한정하여 다음과 같은 방법과 절차로 연구를 진행하였다.

우선 문헌분석을 통하여 가설공법의 기술동향을 분석해 본 후, 현장방문 및 전문가 자문을 통하여 강교의 가설 프로세스 및 공사방법을 분석하였다. 다음으로 강교 현장의 공사수행절차 분석결과 가설공사 설계시의 가장 큰 문제점을 가벤투에 대한 적정 구조해석 부재와 체계화되지 않은 크레인의 위치 및 기중선정으로 도출하였다.

마지막으로 이를 토대로 가벤투의 구조해석과 크레인의 기중 및 위치선정 최적화를 위한 기능개발을 중심으로 가설공사 최적화설계 지원 시스템을 개발하였다. 또한 설계과정에서 공통적으로 사용되는 데이터베이스를 토대로 가설공사에 소요되는 주요 자원의 물량을 자동으로 산출하는 알고리즘을 개발·구현하였다(그림 1).

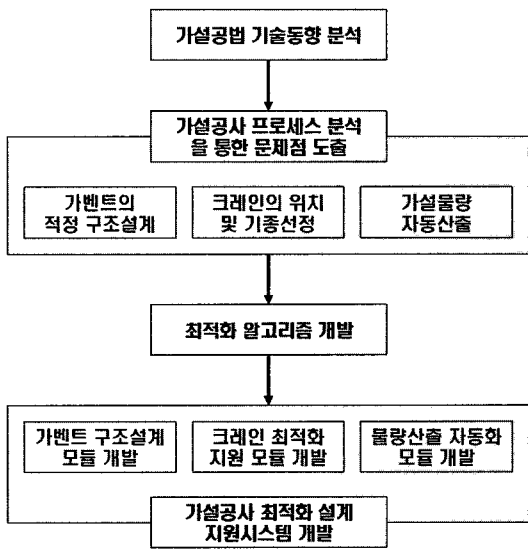


그림 1. 연구의 내용 및 절차

2. 강교 가설공법 및 설계자동화 기술 분석

2.1 강교설치 가설공법의 종류

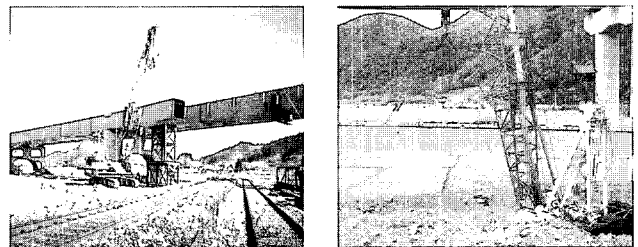
(1) 크레인과 벤투 조합 공법

벤투식 조합 공법은 이음을 완성할 때까지 상부 부재의 하단을 가벤투에 의해 직접 지지하면서 교량거더를 조립하는 방법이다. 벤투의 설치개소는 교량형식이나 가설지점 지형 등의 조건

에 따라 이음 또는 격점을 모두 지지하는 경우와, 지상 조립한 부재를 소수의 벤투로 지지하는 경우가 있다.

벤투의 위치는 거더교량의 경우는 현장이음 부근에 트러스교에서는 격점부로 하는 것이 보통이다. 벤투식 공사시, 벤투높이가 커지면 바람에 의한 횡방향력에 저항시키기 위해 파일기초와 지지줄 설치가 필요한 자립식벤투가 사용되기도 한다. 그러나 최근에 들어서는 크레인 용량의 확대로 인해 가벤투를 사용하지 않고 크레인 단독으로 거치하는 경우가 늘어나고 있는 추세이며, 일반적으로 크레인 기중은 상부박스의 무게와 교각의 높이에 따라 선정한다(그림 2).

그러나 크레인을 주로 사용하는 경우에도 크레인의 설치가 불가능한 지형 및 지반조건이 발생할 수 있으므로 가벤투 설치가 고려되어야 한다.



a) 가벤투+크레인 조합 공법

b) 크레인만을 이용한 공법

그림 2. 강교설치작업의 주요 가설공법

(2) 케이블 일렉션 공법

이 공법은 깊은 골짜기나 하천 등의 지형과 같이 교량 상부 구조물(거더)의 하부공간을 이용할 수 없는 경우 사용하는 공법이다.

이 공법에서는 양 연안에 가설철탐을 세우고 철탐을 설치하여 케이블에 교재의 일부분 또는 전량의 중량을 맡기게 된다. 적용 교량형식으로는 아치 또는 트러스계가 있는데, 철탐기초를 설치할때는 그 지점의 지질이나 지내력 등을 면밀히 검토하여야 하며, 타공법에 비해 가설구조물이 대형으로 되고 공기도 장기간으로 되므로 경제성 측면에서는 바람직하지 못한 가설공법이다.

(3) 캔틸레버식 공법

캔틸레버식 공법은 가설된 측경간의 거더를 앵커로 해서 캔틸레버식으로 부재를 조립해 가는 방법이다. 적용교량형식은 평형현 트러스 형식이며, 근래에는 박스거더에도 응용되고 있다. 캔틸레버식 공법은 거더밑 공간이 높아 벤투식 공법을 채용할 수 없는 장소에서 항로상에 가설하는 경우에 적합하며, 교량의 가설지점까지 트럭 크레인 등이 진입할 수 없을때 사용된다. 캔틸레버식 공법의 특징은 가설중의 구조계가 완성후의 구조계와 다르므로 가설중의 응력이나 변형에 대해 설계시부터 검토할 필요

가 있고, 캔틸레버 가설의 각 단계마다 응력 및 처짐의 산정과 폐합직전의 온도차에 의한 캠버와 휨량을 조사해서 조정장치를 준비해야 한다.

(4) 송출공법

이 공법은 가설지점의 인접장소에서 교량거더의 부분 또는 전체를 조립하고, 교량거더를 소정의 위치에 송출하여 거치하는 공법으로, 도로, 철도, 하천 등을 횡단하는 장소에서 벤트식 공법을 사용할 수 없는 경우에 적합하다. 이 공법은 비교적 단기간에 끝나므로 가설시의 장애가 적고 안전하지만, 지상 조립 부지가 필요하다.

(5) 가설 거더 공법

이 공법은 가설장소가 교통이 혼잡한 도로상이나 수상 등으로 벤트가 설치될 수 없는 장소에 사용가능하다. 곡선 거더의 가설에 유리하며 응용범위가 비교적 넓은 공법이다. 그러나 기계설비에 상당한 비용이 발생하는 단점이 있다. 일반적으로 가설 거더의 길이는 55m 정도, 매달기 능력은 30ton까지 가능하다. 가설 거더는 일반적으로 이음 등에서 축심에 변화가 발생하거나 불필요한 구멍이 부재에 발생하므로, 현장에서 조립된 상태로 재계산해서 내력을 확보할 필요가 있으며, 작업도중 교체 캠버 등의 영향으로 예상 밖의 하중이 작용하는 경우가 있으므로 충분한 검토가 필요하다.

2.2 교량 및 가설공사 설계자동화 기술 분석

현재 국내외에 다양한 교량설계 자동화 지원 프로그램들이 개발되어 활용되고 있다. 이들 프로그램들이 제공하고 있는 기능은 구조기준 등 설계기준에 맞도록 2D, 3D로 자동화 설계가 가능하도록 하는 기본기능과 물량산출, 보고서 산출과 같은 부수적인 기능이다. 이들 프로그램 중 대표적인 것들은 다음의 표 1과 같다.

표 1의 국내·외 프로그램 분석결과 기존의 프로그램들은 아직 가설공사에 대한 설계 최적화 기능은 제공하지 않고 있는 것으로 나타나 본 연구에서 개발하고자하는 내용은 학술적, 실무적 측면에서 매우 중요한 의미가 있는 것으로 사료된다.

또한 최근 설계자동화에 대한 효용성이 높아짐에 따라 강교량 설계 자동화 관련 프로그램에서도 설계에서 제작·시공 및 유지보수의 건설전반을 연계하고 정보를 공유하는 시스템 개발의 가속화되고 있다. 따라서 교량 가설 설계자동화 기능을 개발함에 있어 설계 및 제작, 시공, 유지관리 단계에 공통으로 사용할 수 있는 데이터베이스를 공유하는 방식으로 기술이 개발되어야 할 것이다.

표 1. 국외 교량설계 관련 프로그램 개발 동향

프로그램	개발주체	주요 내용
AASHTO Ware Opis	AASHTO	<ul style="list-style-type: none"> 구조해석, 계산 및 시방기준확인 엔진 교량유지관리 시스템과의 연계 기능 자동 보고서 출력 기능
Bridge Desinger II	Interactive Design System	<ul style="list-style-type: none"> PS 콘크리트 교량의 해석 및 설계 기능 시간변화에 따른 구조물의 응력 재분포를 확인할 수 있는 기능
Merlin-DASH	University of Maryland	<ul style="list-style-type: none"> 최소 단면, 무게 및 비용을 고려한 강구조물의 설계 기능 모든 강재 및 철근 콘크리트 부재에 관한 세밀한 시방기준 확인 기능
ACES	ACES Analysis System	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 형태의 Bridge deck (Beam, Grillage, Slab, Frame, 또는 Box Girder) 의 모델링 기능 시각적인 결과 출력 기능
Lusas Bridge	Lusas	<ul style="list-style-type: none"> 모든 종류의 교량구조물의 설계 및 해석 기능 교량 구조물 모델링 마법사 기능 제공 여러 나라의 교량관련 기준을 제시 보고서 출력 마법사 기능 제공
STLBRIDGE	BridgeSoft	<ul style="list-style-type: none"> 강교량의 설계 및 해석 기능 강교량 설계 학습기능 제공 GUI를 통한 설계환경 제공 AASHTO Standard 및 AASHTO LRFD 교량 설계 기준 반영 자동 보고서 출력 기능

3. 크레인 조합 벤트식 공법의 작업 프로세스 분석

3.1 크레인 기중 선정

가벤트를 사용하여 가설을 할 경우 일반적으로 크레인과 같이 조합하여 사용한다. 크레인의 기중 선정을 위해서는 작업장의 규모, 인양될 부재의 최대무게, 크레인의 사용 댓수, 크레인의 작업반경 등이 상호 입체적으로 고려되어야 하는데, 이중 크레인의 인양능력(부재의 최대무게)과 그에 따른 작업범위는 매우 중요하다. 크레인의 인양능력은 기중에 따라 사전에 결정되는 요소이나, 크레인의 작업범위는 주각과 주대의 위치와 지형의 경사도, 지질조건 등에 따라 상이하다.

크레인의 인양능력과 작업범위의 설정을 위한 기초정보들은 설계과정에서 충분히 획득될 수 있는 것임에도 설계단계에 이를 반영하지 않고 단순히 가벤트로만 설계를 하고 있으며, 일부 크레인의 기중 등을 선정하더라도 과거 유사사업의 경험에 의해 선정하고 있는 것으로 나타나 개선의 여지가 있는 것으로 분석되었다.

3.2 가벤트 공법의 프로세스 분석

(1) 개요

가벤트 공법의 프로세스를 분석하기 위하여 국내 강교가설현장을 방문하여 현장 전문가 면담 및 설문조사를 실시 다음의 그

림 3과 같은 흐름도로 프로세스를 정의하였다. 다만 현장조사 결과 가벤트 공법 프로세스는 크레인 선정과 마찬가지로 현장특성에 따라 많은 부분이 공사과정에서 변경될 수 있기 때문에 표준적인 절차로 일반화하는 데에는 다소 한계가 있을 수 있다.

(2) 가설벤트 설치 (횡단지점)

가벤트 공법에서 제일 처음 실시하는 작업은 적당한 위치에 가설벤트를 설치하는 것이다. 가벤트가 놓여질 곳의 지반특성을 파악하고, 필요시 기초보강을 하기도 한다. 가설벤트의 설치는 우선 상부세그먼트의 결합부 아래에 우선적으로 설치하고 있다.

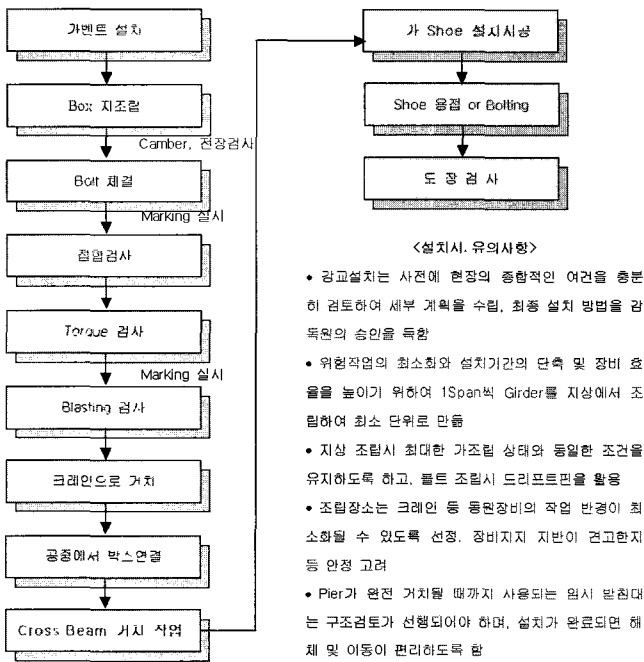
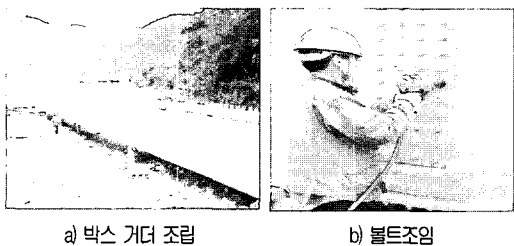


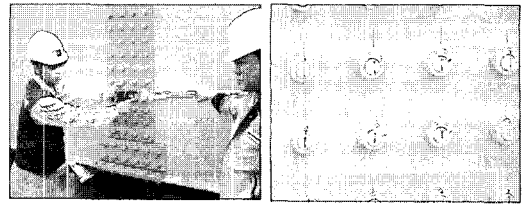
그림 3. 가벤트 공법 절차

이러한 이유는 세그먼트의 결합부에 응력이 집중되기 때문이다. 또한 가설벤트는 상부구조물의 곡선부에 벤트를 설치하는데 그 이유는 곡선부에 벤트를 설치하지 않을 경우 모멘트로 인해서 상부거더의 전복이 발생하기 때문이다. 현장조사 결과 가설벤트의 적절한 구조계산 등은 매우 중요한 사항이나 설계시에는 아직 이를 반영하지 않는 것으로 조사되어 이에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다



a) 박스 거더 조립

b) 볼트조임



a) 볼트 과부하체크

b) 과토크 체크 모습그림

그림 4. 박스 부재 지조립

(3) 박스 부재 지조립(2편연결)

가설벤트의 설치가 끝나면 지상에서는 박스 거더를 조립한다. 이때 보통 박스 거더는 2~3편을 연결하고 그이상은 크레인 제원 및 횡하중의 영향 때문에 연결하지 않는다. 볼트의 조임 작업 시 1차조임이 끝나면 볼트(bolt), 너트(nut), 스플라이스(splice) 등에 마킹작업(marking)을 실시하고 2차 조임작업을 실시하는데, 이때 과토크 여부를 확인한다(그림 4).

(4) 캠버조정

캠버(camber)란 박스 부재의 솟음량을 말하는 것으로, 강교 설치 작업 중 아주 중요한 부분을 차지하므로 작업중 주의해야 한다(그림 5).

최초의 레벨(level) 측정확인 후 조정작업을 실시하고 캠버량이 나올 때까지 계속 반복작업으로 캠버량을 양(+)이 발생하도록 작업한다. 솟음량의 오차가 허용치 이내라도 되도록이면 음(-) Camber가 발생되지 않도록 작업을 진행하며 솟음량이 음(-)이 발생하여 최종 거치후 자중에 의해 처질경우 캠버량이 계획 고와의 차이가 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다.

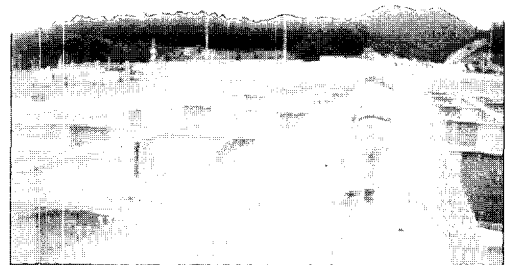


그림 5. 스틸 박스 캠버량 조정

(5) 크레인 위치선정 및 강교 거치

가설벤트의 설치와 박스 거더의 조립이 끝나면, 박스 거더의 절점부 아래에 가설벤트를 놓고 크레인을 사용해서 박스 거더를 거치하며, 박스 거더의 전복 및 회전이 발생하지 않도록 하기 위해 보통 2대의 크레인을 사용해서 거치하기도 한다(그림 6).

이때 크레인의 위치는 지형지물 및 지반의 여건에 따라 설치가 불가능 한 곳을 제외한 가설벤트에 가장 가까운 곳으로 결정한다.

크레인의 위치선정시 고려요인을 정리하면 다음의 표 2와 같다. 크레인의 위치선정시 고려되는 요인들을 보면 앞에서 살펴본 크레인 기종 선정에서와 마찬가지로 대부분 설계과정에서 결정될 수 있는 정보들임에도 이를 활용하여 위치를 선정하는 사례를 거의 없었으며, 작업 당일에 여러 위치를 이동해가면서 결정하는 등 개선의 여지가 있는 것으로 분석되었다.

표 2. 크레인의 위치선정시 고려요인

구 분	고 려 요 인
지형 및 지반조건	<ul style="list-style-type: none"> 경사도 지반의 지내력 및 토질
작업조건	<ul style="list-style-type: none"> 제원표에 명시된 아웃트리거 반경 피어 위치 가벤트 위치
기타조건	<ul style="list-style-type: none"> 작업 반경 내에 장애물(고압선 등) 여부 인접 하천, 철도 등

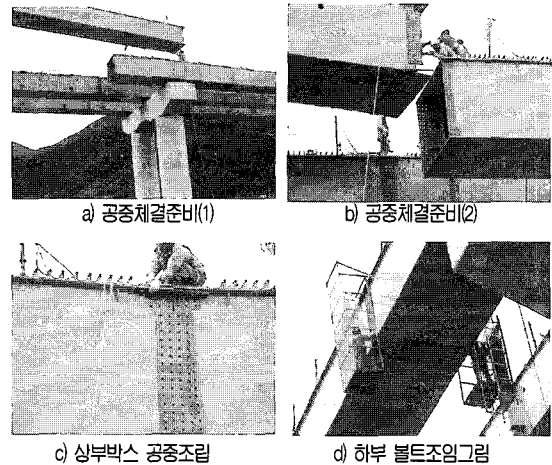


그림 7. 박스 거더의 공중체결

(7) 가(假) 슈(shoe) 설치 및 도장

강교 거치 시 스틸 박스를 슈(shoe)위에 바로 얹지 않고 가 슈에 임시로 올려놓고 1 블록에 크로스 빔과 스트링거(stringer)를 걸고 고정단부터 설치후 양쪽으로 온도 보정하여 슈에 내리면서 가 슈를 제거한다. 이 작업과정에 슈말에 고무판(5mm)을 깔아 완충 작용을 하고 위에 철판을 깔고 그 사이에 윤활유를 발라 온도변화에 적응되도록 해야 한다.

슈의 용접과 볼트체결이 종료되면 현장도장을 실시하는데, 제품의 운반 및 설치 시 발생하는 페인트 손상부위는 강교 도장 사양에 적합하도록 조속히 도장을 시행하며, 설치 완료된 제품 및 볼트체결 부위, 현장 용접 부위는 도장 전 표면처리를 충분히 한 다음 강교 도장사양에 의거 도장작업을 실시한다.

4. 시스템 요구기능 정의 및 업무처리 프로세스

4.1. 시스템의 요구기능 및 하위 모듈 정의

강교 가설공사와 관련한 설계 및 시공 프로세스를 분석해 본 결과 다음과 같은 문제점이 도출되었다.

첫째, 가벤트 설계시 체계적인 구조계산을 실시하지 않고 기존 유사사업의 설계자료에 안전율을 가산하여 보정함으로써 실질적으로 가벤트가 과다 설계되는 사례가 자주 발생한다.

둘째, 시공시에는 크레인을 이용함에도 불구하고, 설계시에는 크레인에 대한 고려를 전혀 하지 못하고 있다. 크레인의 기종은 부재의 무게 뿐 아니라 크레인의 설치위치에 따라 변화되게 되므로 설계시에 크레인의 위치와 기종에 대한 상호고려가 필요하다. 특히 크레인의 기종과 위치선정에 필요한 대부분의 정보는 설계단계에도 사용이 가능한 자료이다.

셋째, 가설공사 설계시 가벤트만을 대상으로 하므로 가설공사에 대한 내역서는 가벤트 물량만을 중심으로 산출되고 있으며,



그림 6. 크레인을 이용한 박스 거더 거치

(6) 공중에서 볼트 체결 및 크로스 빔 거치

박스 거더를 거치한 후 이웃한 박스 거더를 연결하는데 이때 보통 볼트를 이용해서 체결한다. 공중에서 작업하는 인부들과 크레인 운전기사는 무전기를 이용해서 상호간에 긴밀한 연락을 통해 안전한 작업이 이루어지게 한다(그림 7).

박스 거더 설치후에는 크로스 빔을 거치시키는데, 거치작업전에 사용할 비계를 철저히 점검하여 안전사고를 미연에 방지하도록 한다.

가설공사 관련 설계도서의 작성에 일정수준 이상의 노력이 소요된다. 그러나 공사단계에서는 실질적으로는 가벤트 뿐 아니라 크레인의 손료 등과 같은 자료도 필요하게 되며, 따라서 가설공사에 필요한 모든 작업에 소요되는 자원의 투입물량을 산출할 필요가 있다. 특히 설계정보를 담고 있는 공유DB를 이용하여 가설공사에 소요되는 제반 자원의 물량을 자동산출함으로써 내역서 작성을 용이하게 하고, 시공단계 정보활용성을 제고할 필요가 있다.

이러한 문제점들을 해결하는 것은 곧 본 시스템의 요구기능이 될 것이며, 따라서 본 연구에서는 본 시스템의 모듈을 다음의 그림 8과 같이 가벤트 구조설계 최적화 모듈, 크레인 기종 및 위치선정 지원모듈, 자동 물량산출 및 보고서 작성모듈로 구성하였다.

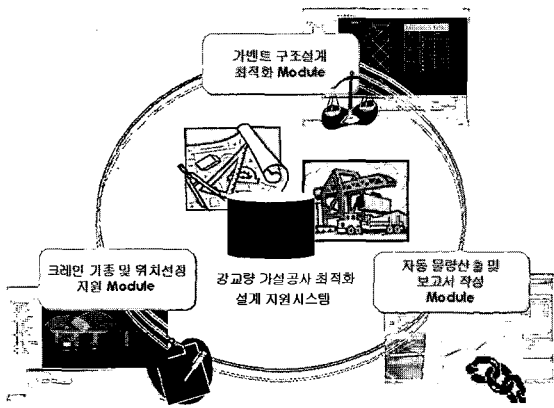


그림 8. 시스템 구성모듈

4.2 가설공사 최적화설계 지원시스템의 프로세스

가설공사의 최적화 설계를 지원하기 위한 시스템 내부의 업무처리 프로세스는 다음의 그림 9와 같다.

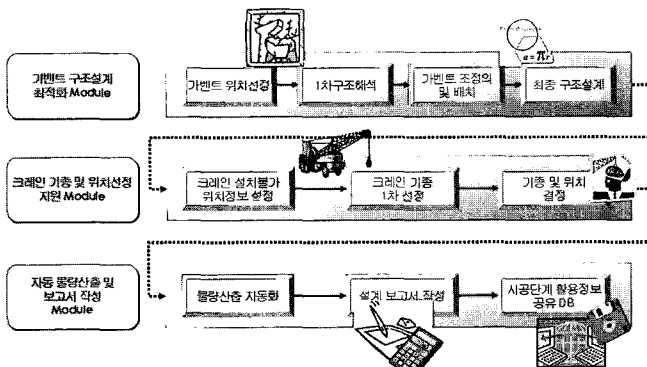


그림 9. 가설공사 최적화설계 지원시스템의 업무 프로세스

본 시스템에서 가장 중요하게 고려한 것은 데이터의 통합과 재사용이며, 각 단계에서는 이전 단계와 메인 시스템의 데이터를 활용하고, 생성된 데이터는 다음 단계에서 뿐만 아니라, 다른

프로젝트에서도 활용 할 수 있도록 구성하였다.

5. 강교 가설공사 최적화설계 지원시스템 개발

5.1 가벤트 구조설계 모듈

(1) 가벤트 위치 선정

시스템의 교량, 지형데이터가 화면상에 표시되면, 사용자가 시각적으로 교량을 보면서 가벤트의 위치를 선정(계획)하는 작업을 수행한다. 이때 지형 및 지반조건과 교각, 도로, 하천 등의 위치가 설계자에게 시각적, 수리적으로 제공되며, 설계자는 이를 토대로 설치불가 지역을 사전에 검토할 수 있다. 설계자가 가벤트의 위치가 선정하면 가벤트 예정 위치좌표 값이 자동으로 계산되며, 이를 다음 단계인 전체구조해석 과정에 전달한다(그림 10). 다만 가벤트의 위치선정에 있어 가벤트의 설치가 불가능한 지역이 사용자에 의해 결정되며, 일부 지형의 특성상 가벤트의 설치가 불가능한 지역의 사용에는 한계가 있을 수 있다.

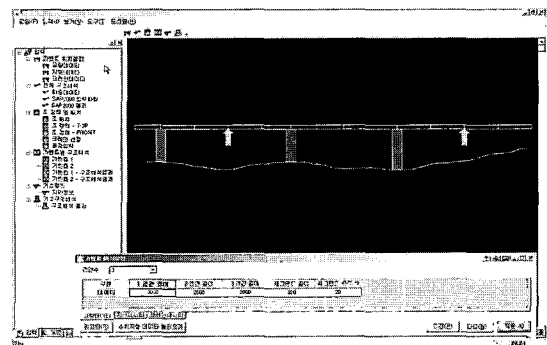


그림10. 가벤트 위치선정

(2) 1차 구조해석(전체 구조해석)

여기에서는 이전 단계인 가벤트 위치선정에서 결정된 가벤트의 예정 위치 좌표와 구조해석에 필요한 교량의 정보를 상용 구조해석 프로그램인 SAP2000의 입력 파일 형식으로 내보낸다(그림 11).

SAP에서 구조해석을 수행한 후 결과 파일을 가벤트 구조설계 모듈에서 읽어 들여 가벤트 예정 위치에서의 반력과 각종 부위에서의 해석 정보를 받아들인다. 받아들여진 가벤트 위치에서의 소요 반력은 다음 단계인 '조정 및 배치'의 기초 자료로 전달된다.

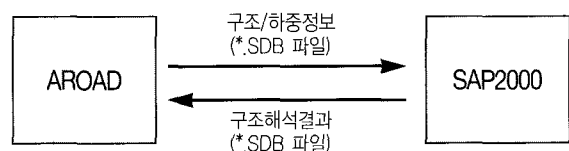


그림11. 구조해석을 위한 SAP 2000 호출 연동

(3) 가벤트 조 정의 및 배치

조 정의 및 배치 단계에서는 전 단계인 구조해석에서 산정한 가벤트의 지점별 반력정보 등을 이용하여, 각 반력을 견딜 수 있는 가벤트 '조'를 정의하고 배치한다(그림 12).

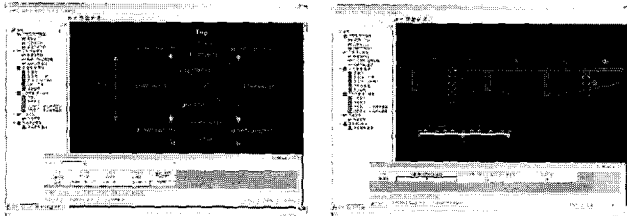


그림12. 가벤트의 '조' 정의 및 배치

여기서, '조(set)'란 가벤트의 기본이 되는 단위 구조로서 형강을 가로재, 세로재, 경사재, 연결부 등으로 구성하여 높이 2.5, 3, 5m 등의 일정한 치수로 제작한 것을 말하며, 각각의 가벤트는 이 '조'를 필요한 높이만큼 조립하여 사용한다.

'조'를 정의하고 활용할 때는 라이브러리 개념을 사용하며, 자주 사용하는 치수, 강도 별로 사전에 라이브러리를 구성하여 필요시 불러서 사용한다. 기존의 라이브러리에 없는 조는 역시 그림 12에서와 같이 사용자가 새로 정의하여 사용할 수 있으며, '조'는 정의하는 즉시, 라이브러리에 등록되고, 사용 재료 등의 정보 역시 저장되며 수량산출과 같은 다음 단계들에서 활용할 수 있다.

(4) 2차 구조해석(가벤트 별 구조해석)

2차 구조해석은 가벤트 별 구조해석과 기초정의 및 구조해석으로 진행된다. 우선, 가벤트 별 구조해석 과정에서는 '조 정의 및 배치'에서 결정된 '조'를 이용하여 구성된 가벤트 별로 구조해석을 수행하여 가부(可否)를 결정한다(그림 13).

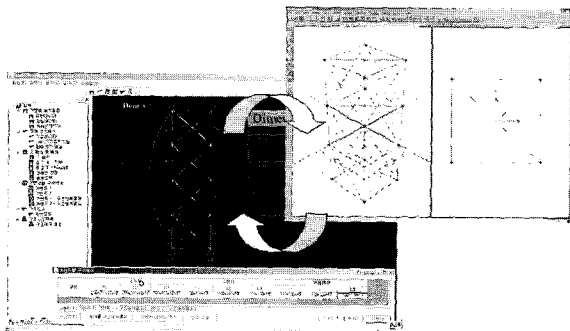


그림13. 가벤트 구조해석 및 결과를 출력

행되어 왔다. 크레인의 기종 선정과 관련해서는 Gray(1985), Joseph(1995), Sawhney(2002) 등이 있으며, 위치와 관련해서는 Tam(2001), Zhang(1994) 등이 있다. 이들 연구들은 각기 기종과 위치를 최적화하기 위한 대안들을 제시하고 그 효용성을 제시하고 있다. 이들 연구는 주로 시공단계의 공사계획에 초점이 맞추어져 있으며 크레인의 기종 또는 위치선정 자체를 연구의 주제로 설정하고 있다.

그러나 본 연구에서는 강교의 설계단계에서 그동안 전혀 고려하지 않았던 크레인을 설계자가 용이하게 설계에 반영할 수 있도록 하는데 그 목적을 두고 있다. 또한 가설공사에 대한 세부적인 사항은 여전히 시공자의 몫이라는 점을 감안하여, 설계자가 크레인의 기종과 위치를 선정함에 있어 필요한 주요정보를 시각적, 수리적으로 제공하는 것을 주요 기능으로 설정하고자 한다.

(2) 크레인의 설치 불가 위치 설정

크레인의 설치위치에 따라 장비효율이 달라지기 때문에 기종의 선정에 앞서 크레인의 설치가 불가능한 지역이 검토되어야 한다. 크레인의 설치가 불가능한 위치는 경사가 심하여 대지정리를 하더라도 설치 및 진입이 불가능한 지형, 지반의 지내력과 토질상태가 부적합한 지역, 피어 작업위치, 작업반경내 작업장 등이 있을 수 있다.

이와 같이 지형 및 지반조건상 설치가 불가능 한 지역의 지형도 및 지반조사 결과와 교각, 도로, 하천 등의 위치는 통합 DB에서 호출하여 설계자가 설치불가 지역을 지정하게 된다.

(3) 크레인 기종 및 위치 선정

크레인 선정을 위해서는 인양 부재의 무게와 작업반경 및 높이를 선택하게 되면, 그림 14와 같이 주어진 조건하에 사용 가능한 크레인이 추출되며 설계자가 장비의 제원(작업반경, 인양 톤수 등)을 검토하여 1차적으로 크레인을 선정하게 한다.

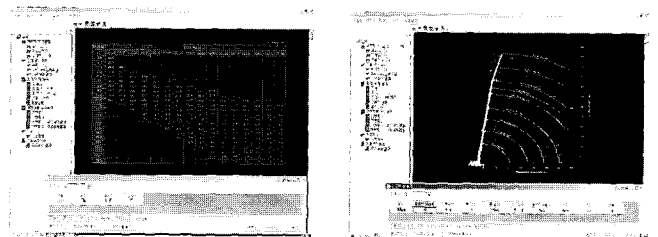


그림 14. 크레인 선정을 위한 장비 DB

5.2 크레인 기종 및 위치선정 지원 모듈

(1) 크레인 기종 및 위치선정 모듈의 기능 설정

크레인의 기종과 위치선정은 그동안 여러 연구문헌을 통해 진

크레인의 기종선정시 설치위치를 이동하게 되면 그에 따른 선택장비가 변하게 되며, 크레인의 설치위치와 기종간의 여러조합을 통해 최종적으로 크레인의 기종과 설치위치가 결정된다. 다만 지형 및 구조물과의 간섭에 따른 실질적인 크레인의 작업반

경은 설계자가 추가적으로 면밀히 검토하여야 한다.

5.3 수량산출 및 보고서 작성 모듈

(1) 객체지향형 라이브러리를 이용한 자동물량 산출

가벤트 설계와 크레인 선정이 완료되면 수량산출서와 물량내역서 작성에 필요한 "수량산출" 작업이 진행된다. 본 연구에서는 설계과정에서 생성되는 모든 객체들을 공통 DB에 연동시킴으로써 물량산출을 위해 별도의 추가작업 없이 자동적으로 물량이 산출되도록 하고 있다. 즉 각각의 가벤트 관련 부재들은 객체지향적인 라이브러리 개념을 사용하므로 간단히 수량산출을 해 낼 수 있다. 사용자가 필요한 옵션을 사용하여 수량 산출 방법을 조정할 수 있으며, 사용 회수별로 수량을 산출할 수 있다.

(2) 보고서 작성

이상의 과정이 완료되면 구조계산서, 설계도면, 수량 산출서, 물량내역서 등 설계 성과물이 자동으로 생성된다. 다만 예정금액을 작성하기 위한 단가산출은 기존의 상용 프로그램들이 널리 사용되고 있기 때문에, 발주기관의 설계기준에 따라 내역서 작성 분류체계에 연계하여 물량을 분기하여 내보내는 기능만을 제공한다(그림 15).

구분	구분명	수량	단위	단가	합계
가벤트	가벤트	1	대	1,234,567	1,234,567
	가벤트	2	대	567,890	1,135,780
	가벤트	3	대	901,234	2,703,702
	가벤트	4	대	345,678	1,382,832
크레인	크레인	1	대	876,543	876,543
	크레인	2	대	210,987	421,974
	크레인	3	대	654,321	1,962,963
	크레인	4	대	123,456	493,824

그림 15. 보고서 출력

6. 결론 및 향후 연구과제

강교량의 설치에 소요되는 가설공사의 설계는 그동안 과거 유사사업의 자료를 토대로 설계자의 경험에 의존하여 진행되어 왔다. 이로 인해 실제 현장에서 소요되는 가벤트에 대한 적정성 논란이 있으며, 대다수의 현장에서 크레인과 가벤트를 조합하여 강교를 거처함에도 설계도서에는 가벤트만으로 계획되어 시공과정에서 설계변경의 발미를 제공하고 있다.

특히 강교량의 가설공사 설계에 소요되는 제반정보는 설계과정을 통하여 충분히 확보가 가능하다는 점에서 그동안 이에 대한 개선의 노력과 관심이 부족했음을 지적할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하고자 강교의 설계작업 과정에서 생성되는 상부구조의 설계 자료와 가설공사의 수행에 필요한 자원에 대한 데이터베이스를 구축하여 강교설치 가설공사의 최적화설계 지원 시스템을 개발하였다. 이를 통하여 가설 시설물에 대한 설계를 최적화하며, 설계변경을 줄이는 데에 기여할 수 있을 것이다. 특히 가설공사의 특성상 아무리 설계가 충실히 수행되었다 하더라도 현장의 여건에 따라 일정부분은 설계변경이 필요한데, 이 경우에도 설계단계에 사용된 가벤트 및 크레인 정보, 지형정보들을 시공자가 그대로 활용하게 함으로써 당해업무의 효율성과 정확성을 제고할 수 있을 것이다.

최근 건설정보의 재활용과 설계자동화에 대한 관심이 증대되고 있으므로, 향후 강교량의 설계, 제작, 시공 및 유지관리의 전반을 연계할 수 있는 종합설계 자동화 시스템의 개발에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 강인석, "4D 공정관리시스템의 개발현황 조사연구", 한국건설관리학회 정기학술발표회, 2001
2. 권오성 외, "교량정보 통합관리시스템 구축에 관한 연구", 대한토목학회 1999 학술발표회 논문집, 1999
3. 김정렬 외, "4D CAD를 기반으로 한 건설사업관리 시스템 개발", 한국건설기술연구원, 2001
4. 이상호 외, "강박스거더교 상부구조물의 상세설계정보 표현을 위한 데이터 모델 정의", 대한토목학회 2001 학술발표회 논문집, 2001
5. 이상호 외, "3D 3D 솔리드모델에 따른 강교량 정보모델 구축에 관한 연구", 대한토목학회 2002 학술발표회 논문집, 2002
6. 한길아이티 외, 제작·시공 및 유지관리가 연계된 강교 설계 자동화 시스템 개발, 건설교통부, 2003. 12
7. 황규환 외, "강상자형교 설계와 설계 자동화 소프트웨어", 한국강구조학회지
8. Gray, C., & Little, J., "A system Approach to the Selection of an Appropriate Crane for a Construction Site", Journal of Construction Management. and Economics, 3, pp. 121-144
9. Joseph R. Proctor, Jr., "Selecting Tower Cranes", Civil Engineering, 65(2), pp. 52-56, 1995

10. Sawhney, A., Mund, A., "Adaptive Probabilistic Neural Network-Based Crane Type Selection System", Journal of Construction Engineering and Management, 128(3), pp. 265-273, 2002
11. Tam, C. M., Tong, Thomas K. L., & Chan, Wilson K. W., "Genetic Algorithm for Optimizing Supply Location around Tower Crane", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 127(4), pp. 315-321, 2001
12. Zhang, P. et al., "Location Optimization for a Group of Tower Crane", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 125(2), pp. 115-122, 1999

논문제출일: 2005.09.01

심사완료일: 2005.12.01

Abstract

Design of steel bridge's temporary works has conducted relying on the experiences of engineers based on the previous similar projects. Consequently, there have been arguments against over-design of temporary bents to be required at the actual construction sites, and unnecessary design changes have been issued at the construction stage. In this study, we have developed an optimum design support system for temporary works of the steel bridge construction through establishing the database for the materials to be needed for implementation of temporary works. We've also improved the accuracy and efficiency of the works through the design optimization for temporary works, and contributed to reduce design changes as well as to utilize the design informations at the construction stage.

Keywords :Temporary work, Temporary bent, Selection of crane, Design optimization, Information management1.
