교량가설공사 안전사고 원인분석

편 집 부

본 건은 안전사고로 인한 보상문제가 법정으로 옮겨진 것으로 사고 원인을 도출하는데 목적이 있다. 사고 발생이 1987. 12. 17. 본건 조사의뢰가 1989. 3. 17로 현장보존은 물론 인적 구성원의 참고가 특히 아쉬움이 있었다. 본 건은 사고 자체만을 분석 검토한 것임을 첨언한다.

《공사 개요》

* 공 사 명 : 임하댐 이설도로 축조공사 제 4차 공사(임동교 가설공사)
* 공사기간 : 착공 1987년 4월 3일
  준공 : 1987년 12월 24일
* 교량형식 : 프레이트 거더 L=800 W=10.5M
* 시 행 청 : 부산지방 국토관리청
* 시 공 자 : 대림산업주식회사
* 하도급자 : 홍화공업주식회사
* 위 치 : 안동군 임동면 중평동

《사고 개요》

임동교 P_4~P_5 구간에 프레이드 거더 설치 공사 중 거더의 전도 추락으로 2명의 기능공이 사망하고 조합장비 중 거더고정 보조 작업 중인 80ton 크레인의 붐이 부러진 사고임.

법원에서 요청한 감정사항

1. 스테이징 공법에 관하여

1. 이건 공사는 프레이트 거더(철제빔)의 공중(높이 38m)에서의 연결작업 중 위 프레이트 거더의 붕괴로 인한 사고가 발생하였는 바, 위 안전관리를 위하여서는 스테이징 공법이 필요한 것인지의 여부

2. 필요하다면 그에 소요되는 예산액

3. 위 스테이징 공법이 기술상 이건 공사에는 시공할 수 있는 사정이 있었는지의 여부

2. 사고원인에 관하여

1. 5번 교각에는 철제빔을 유격 조정되도록 매였는데 공사 중 위와 같이 유격조정의 필요성이 있었는지의 여부

2. 이러한 유격 조정으로 인하여 철제빔이 넘어갈 수 있는 가능성이 있는지의 여부

3. 이 건의 경우, 어느 정도의 하중력을 견딜 수 있는 체인블럭을 사용해야 했는지의 여부

4. 공정순서상 작업안전을 위하여 제2철제빔과 제3철제빔을 연결한 후에 공중에서 연결해야 할 일인지, 또는 지상에서 미리 브레싱을 달아서 철제빔을 올려야 하는 것인지의 여부

5. 별첨 상황설명 및 상황도의 경우 $2G_1+2G_2$ 철제빔(girder)이 제1련 철제빔(1 line girder)의 브레싱(B-racing) 타격시 그로 인하여 설치되어 있는 $1G_1+1G_2+1G_3+1G_4$ 철제빔(girder) 및 $2G_3+2G_4$(girder)가 교각(폭 10m) 밖으로 넘어갈 수 있는 충격력 P의 크기가 얼마나 되는가 하는 점

6. 위 충격력 P 이상이 충격력을 가하려면 위 $2G_1+2G_2$ 철제빔(girder)이 어느 정도의 속도로 위 브레싱(bracing)을 충격해야 하는지

7. 별첨 상황 설명 및 상황도의 경우 100톤 크레인의 붐(boom) 길이 51m의 끝에 와이어로프(wire rope)로 연결, 매달려 인양되고 있던 위 $2G_1+2G_2$ 철제빔(girder)의 갑작스러운 하강 및 흔들림(swing)으로 인하여 위와 같은 속도 및 충격력(P)의 발생 가능성이 있는지의 여부

8. 이때 위 $2G_3+2G_4$ 철제빔(girder)을 90톤 크레인이 붙잡고 있을 경우와 80톤 크레인이 붙잡고 있을 경우 그 지지력의 차이는 얼마나 되는지(이 경우 그 크레인 붐대 길이는 모두 51.85m로 동일한 것으로 본다)

3. 감정사항 변경 추가사항

1) 스테이징 공법에 관하여

① 이건 공사는 위와 같이 높이 38m의 공중에서의 철제빔의 인양, 연결작업 중 이건 사고가 발생하였는데, 위 안전관리를 위하여는 스테이징 공법이 필요한 것인지의 여부

② 필요하다면 그에 소요되는 예산액

③ 위 스테이징 공법이 기술상 이건 공사에는 시공할 수 없는 사정이 있는지의 여부

2) 사고원인에 관하여

(1) 김재진이 제3철빔으로 제2철제빔에 달린 브레싱을 세차게 3번 충격했느냐의 문제에 관하여

① 수사당국에서 취전한 증거물(브레싱) 또는 사진에 나타난 흔적으로 보아 제3철제빔으로서 충격하였다고 볼 수 있는지의 여부

② 이미 제2철제빔의 높이까지 인양되고, 권순호가 밧줄을 놓은 상태인데, 크레인의 상하조작으로 위와 같은 충격이 생길 수 있는지의 여부

③ 김재진이 충격감각을 느낄 수 있는지의 여부

④ 이건의 경우, 김재진은 조남순의 신호를 받아야 하는 것인지, 사망한 김재형의 신호를 받아야 옳은 것인지의 여부

(2) 흔들림을 방지하기 위한 밧줄조정의 문제에 관하여

① 인양되는 제3철제빔의 흔들림을 방지하기 위하여 두 사람(유종수, 권순호)만으로서 가능한지의 여부

② 제3철제빔의 연결작업이 끝나기도 전에 권순호가 이건 밧줄을 놓아도 아무 영향이 없는지의 여부

(3) 흔들림 방지를 위한 와이어의 고정문제에 관하여

① 제2철제빔에 연결된 체인 블럭이 있다면 그 체인블럭의 기아 파손여부, 그 하중력은 어떤 것인지, 그리고 체인블럭의 파손이 원인이 되어 이건 사고가 야기된 것인지 또는 이건 제1철제빔이 넘어가기 때문에 체일 블럭이 나가 떨어진 것인지의 여부

② 체인 블럭을 안쪽으로 옮겨서 고정시킴에 있어서 가동중인 100톤 크레인의 아우트리거에 매달을 수 있을 것인지

(4) 철제빔이 교각위의 유동고정의 문제에 관하여

철제빔의 고정방법에 있어서는 4번 교각 위에는 슈·볼트로써 완전 고정함에 대하여 5번 교각 위에는 유격이 있도록 고정하였다고 하는데, 공사완료 전까지 유격 고정하여도 되는지의 여부

(5) 안전관리관의 파견문제에 관하여

이건과 같은 위험스러운 공사를 함에 있어서, 관계법령에 따라 어떠한 자격이 있는 자가 파견되어야 하며 그의 이유는 무엇인지

(6) 기타 안전관리 문제에 관하여

위와 같은 스테이징 공법에 의하지 아니하고, 이건 공사를 안전하게 시행했어야 할 사안은 무엇인지(이건 사고시의 공사진행 방법과 비교하여)

(7) 기타 이건 사고원인에 관련된 참고사항

감정사항 답서

1. 교량공사증 상부 프레이트 거더 설치공사

본건 임동교 상부 프레이트 거더 설치공사 중의 사고는 현장이 보존되어 있지 않고, 또한 참고자료가 극히 제한되어 있으며 기능공 등 당시 실무자들의 진술을 참고할 수 없는 아쉬움은 있으나, 본건을 올바르게 판단할 수 있도록 도움을 주고자 표준 안전시공 방법을 다음과 같이 제시합니다.

보기 : **본건 공사에 특히 주요한 사항

1.1 공 법

상부 프레이트 거더 가설공사를 수행하는 데는 현장조건에 따라 여러가지 다른 공법이 있다.

일반적으로

1) 스테이징식 가설공법
2) 인출식(수연식, 연결식) 가설공법
3) 가설 트러스식 가설공법
4) 케이블식 가설공사
5) 편 지지식(캔틸레버) 가설공사
6) 대부록식 가설공사
7) 특수가설공법(도리가설공법)

등 여건에 따라 더욱 개발된 공법과 타 공법과 병행공법을 하여 시공되고 있으나 본 임동교 현장조건으로 볼 때 인출식, 스테이징식, 캔틸레버식 등 여러가지가 가능한 현장이다.

임동교 현장 프레이트 거더 가설은 특수 가설공법 중 자주식 크레인 가설공법으로서 공법선정엔 큰 무리가 없다고 본다.

1.2 가설공사 재해의 일반적 배경

가설 구조물에서의 도괴 등의 재해가 많은 것은 가설구조물 공사에 종사하는 근로자와 구조물자체에서 보면 대체적으로 사전계획과 가설구조물의 설계의 중요성에 대한 인식, 관리의 부재, 기능공의 기능저하 등으로 대별되며 사고현장의 배경은 다음과 같이 볼 수 있다.

- 사고→
  - 가설결함→기능저하→
    - 경험부족
    - 후속자 실수
  - 사용결함→관리부재→
    - 기술자의 태만
    - 체제의 부재
  - 계획부재→
    - 기술자의 태만
    - 체제의 부재

1.3. 가설과정 가설물 등의 구조상 문제점

가설공사에서도 예외없이 경제성, 안전성, 사용성의

3조건이 요구되며 이들은 서로 상반된 면을 갖고 있으며, 특히 경제성과 안정성의 균형을 어떻게 조화시키는 가가 중요하다.

대체적으로

* 연결재가 적은 구조가 되기 쉽고
* 부재 결합이 간소하고 불완전 결합이다.
* 구조물이라는 통상의 개념이 확고하지 않고 설계 및 조립의 정밀도가 낮다.

이들 경제성과 재해 발생을 도표로 보면 다음과 같다.

경제성
- 재료비절감→ 연결부족→강성부족→재해
  전용회수 증대→현장가공 불요→부재조합 불완전→강성부족→재해
- 가설비 절감2
  - 부재조합 불완전→강성부족→재해
  - 연결재 부족→강성부족→재해
  - 조립정밀도 저하→강성부족→재해
- 가공비절감→현장가공 불요→부재조합 불안전→강성부족→재해

또한 가설현장의 구조전체의 안정성과 강성의 검토가 영구 구조물과 같이 계산기준이나 설치도면이 특별히 요구되고 있지 않는 경우가 많고 연결재나 부재 결합부에 이미 충분한 것을 요구하고 있기 때문에 안정성이나 강성을 검토할 필요가 없는 것이 많기 때문이다.

2. 보의 횡자굴 현상

임동교 현장에서 볼 때 1 line girder 1본의 설치된 상태에서도 적용될 수 있으므로 부재의 좌굴현상에 대해 검토해 보면 보통 좌굴은 긴부재가 압축응력에 의해 휘어져 파괴하는 현상으로 이해하고 있으나 이것은 좌굴의 한 예에 불과하고, 실제로는 더욱 넓은

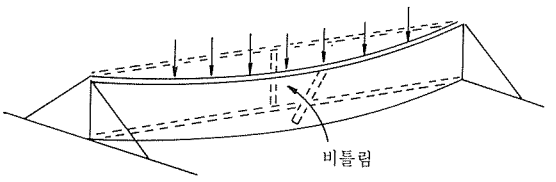


그림 1.

의미를 포함하고 있다. 부재에서 일어날 수 있는 좌굴의 종류로는

* 기둥의 휨좌굴
* 기둥의 휨 전단 좌굴
* 기둥의 비틀림 좌굴
* * 보의 횡좌굴
* 국부좌굴

등으로 세분할 수 있으며 특히 본 공사에서 설치되는 I형 조립단면재의 편심측압이 걸릴 때나 또 중심 압축면에서도 비틀리기 쉽다.

3. 교량 가설(상부공) 안전 작업지침

3.1 책임기술자의 가설계획 유의 사항

(가) 착공전 가설계획 수립시 중점 점검 사항

* 현장 여건조사로 시공장소의 지형 및 부근의 상황과 입지조건
* 시공법 기타 유관업무의 방침수립 확인
* 가설계획 실시를 위한 자재, 기기의 조달 준비 파악
* 유관 관계자와의 협의 및 계획 제출보고
* 천후, 기상조건을 과거의 기록으로부터 조사한다(풍속, 풍향, 우량, 적설, 홍수, 조위, 지진 등)
* 시방서 도면에 대한 확인
* 기자재의 운반도로의 조사
* 지반의 지내력 조사

(나) 가설을 위한 공법 및 세부계획 수립

* 공사용 가설동력 수급, 직원, 기능공, 기자재 사용 공정계획

* 가설물 배치계획, 재료적치장, 가설비 계획
* 현장내외의 운반 가설도로 계획
** 고소작업 등의 비계, 발판 통로 등의 가설 계획
** 특수공사의 가설형식의 검토
* 공해대책 및 재해 응급조치 계획
** 공사방법 등의 협의 및 교육훈련 계획
** 대여기자재, 지급품 등의 내용과 인도조건
** 조립접합의 공종을 확인
** 각부재의 중량검토
* 가설시공 계획서를 작성 공정표 결정
** 사용기계의 선정, 사용대수, 조합, 배치기준
** 가설순서의 검토
** 가설부재의 운반 조립 중의 변형검토
** 안전보안 설비계획
** 작업분담 배치계획
** 교대근무 휴일계획

3.2 장비 및 기자재의 점검

(가) 크레인
** 작업사황에 적합한 성능으로서 인양하중에 대하여 충분한 능력이 있는가
* 붐의 경사각은 보기 쉽게 표시되어 있으며 제한각도는 명시되어 있는가
* 붐의 경사각도에 따른 정격하중이 알기 쉽게 되어 있는가
* 접속부나 연결부의 볼트·낫트 등의 이완여부
* 연약지반일 경우 침하방지 조치 대책
** 시험인양을 실시한다.
* 기계 각부의 점검
① 카운터 웨이트의 유무, 적정 여부
② 붐대의 점검
③ 브레이크 크럿치 및 콘트롤러
④ 아우트리거 및 자키의 점검
⑤ 권과방지장치 및 자키의 점검
⑥ 달기와이어 가이케이블 및 와이어 멈춤의 철물점검
⑦ 과부하 경보장치, 기타 경보장치의 기능점검
⑧ 훅크 등에 매다는 기구의 손상유무
⑨ 와이어로프의 손상유무

(나) 와이어 로프
* 관리 및 검사 사항 확인
* 보관장소의 결정여부
* 보관장소가 온기, 고열, 산기 등에 영향 유무
* 로프별 사용용도에 따른 구분정리
* 로프의 도유상태의 양호여부
* 소선전단이 집중되거나 10% 이상 있는지 여부
* 심하게 가늘어진 부분의 여부
* 꼬여있는 부분의 여부
* 스트랜드가 느슨하거나 함몰된 부분
* 속줄이 노출된 부분
* 흠, 파인곳, 찌부러진 곳
* 붉은 녹의 발생여부

(다) 체인, 링, 샤클, 훅크
* 보관장소는 온기, 고열, 산기가 없을 것
* 체인, 링, 샤클, 훅크는 각각 규격별로 정리정돈
* 사용구분의 표시
* 도유를 철저히 하고 있는가
* 균열, 흠, 부식, 변형, 심한 녹은 없는가
* 체인과 링은 휨, 절단, 패임이 없는가
* 체인은 양단 훅크, 샤클, 링은 있는가
* 샤클은 핀구멍이나 균열은 없는가
* 핀구멍과 핀 사이에 편심이완은 없는가

3.3 고소작업부의 중점대책

(가) 고소작업
* 높이가 1.5m 이상의 작업장소에는 승강설비를 설치
* 안전대의 부착설비 확인
* 작업통로의 지정과 확보 여부
* 높이 5m 이상의 작업장소에는 기능을 고려하

여 선택지명 실시
* 강풍, 폭우 등의 악천후에는 고소작업중지
* 작업원의 복장도 적합하며 개인 보호구의 착용은 충실한가.
(작업복, 안전대, 안전화, 안전모 등)
** 작업분담 배치엔 경험과 연령을 고려하고 있는가
* 작업원의 건강상태는 양호하며(수면부족이나 숙취, 고·저혈압차 등도 고려)
* 리프트 등 작업원이 타는 일은 없는가
** 작업지휘자의 직접 지휘에 작업하는가
(추락위험, 작업 지휘자의 지명 확인)
* 출입금지 구역의 조치와 표시
① 물체의 낙하 비래에 의한 위험개소
② 달비계, 내민비계 높이 5m 이상의 비계조립 해체 변경작업구역
③ 크레인의 감는 와이어 로프의 내각측
④ 크레인의 리프팅, 마그네트가 부착된 하물 달기의 매달린 하물의 하부
⑤ 크레인의 조립, 해체 작업구역 등
* 각종 표시
① 비계작업 주임
② 고소작업 지휘자
③ 안정통로
④ 최대적재 하중
⑤ 과권 방지 표시

(나) 작업별 기능공의 준수사항
① 신호
** 신호수는 지명자이며 운전자가 구별하기 쉬운 복장을 할 것
** 신호수는 화물의 하치장 운반경로를 알고 있을 것
** 신호수는 운전자가 잘 볼 수 있는 장소에 위치할 것
* 신호수는 정해진 방법(노동부 예규 제95호 크레인 등 특정 기계작업 표준신호, 부록 참조)할 것
* 짐은 일단 올려서 정지하고 짐걸이의 안전을 점검
** 이동방향의 지시는 명확하며 매단짐에 선행하여 유도할 것
** 매단 짐이 운반경로 주위의 장애물로 접촉되지 않도록 유도할 것
** 하역장소의 지시는 미리하고 있는가
** 하역시 미끄럼, 전도, 붕괴, 충돌 등의 위험을 검토하는가
② 화물의 걸기 작업
* 1톤 이상의 하물걸기는 유자격자로 하고 있는가
** 보조작업자는 걸기 작업자의 지휘하에 작업하고 있는가
** 화물은 크레인의 정격하중 이내인가
* 달아매는 기구, 보조기구는 하물에 적합한 것인가
** 공동 작업자간의 연락은 충분한가
* 화물의 중량과 중심위치는 확인하고 있는가
* 훅크는 화물 중심의 바로 위로 유도하고 있는가
** 매달은 화물의 예리한 각도나 손상의 우려가 있는 화물에는 적절한 조치를 하고 있는가
** 장척물이나 불안정한 하물을 달 때는 보조로프를 사용하여 안전한 방법을 강구할 것
** 고소에서 화물을 인수하는 자는 화물에 끌려들지 않도록 반드시 안전대를 착용하고 있는가
** 매달은 화물을 직접 손으로 밀거나, 당기지 않은 것
③ 크레인 운전자의 자격 및 의무
* 운전자는 정격하중 5분 이상의 크레인에서는 운전면허소지자여야 한다.
** 작업 시작 전에 반드시 기계의 점검사항을 지켜야 한다.
* 정격 하중을 초과하지 않은가 제한 하중의 표시 확인
* 붐의 경사각도가 제한을 넘지 않게 확인
* 신호의 결정사항과 신호수는 알고 있는가

** 크레인으로 작업원을 운반하거나 들어올리지 말 것
* 작업원을 들어 올릴 때는 탑승교육을 시키고 안전대의 사용교육
* 매달린 화물밑에 신호자 작업원 등이 서 있지 않는가
* 화물을 매달린 채로 운전자는 운전 위치를 이탈하고 있지 않는가
* 옆으로 끌고 있지 않는가
* 주행 중에 훅크를 고정시키고 있는가
* 폭우, 폭풍 등에 작업을 중지하는가
* 걸기 작업은 유자격자인지 확인하는가
* 화물을 든채로 이동하고 있지 않는가
* 하중의 인양시험을 하였는가?
* 붐에 수직 이외의 하중(횡하중)을 걸고 있지 않은가
* 하중은 작업반경내에 있는가
** 맞들 때에 자신이 있는 안전율을 확인하고 있는가
** 맞들 때에 동기종을 사용하고 있는가
** 맞드는 공법은 담당공사 책임자의 승인을 받았는가
** 아우트리가의 접지는 그때마다 확인하는가
** 모든 작업은 작업 지휘자의 지시(신호자)에 따르고 있는가
(들기, 내리기, 고정, 장비이동 등의)
④ 조립 해체 작업
** 작업감독자의 직접 지휘하에 작업하고 있는가
** 불량자재, 불량기기, 불량시설을 제거 및 확인하는가
** 작업자에게 조립 해체 순서를 주지시키고 있는가
** 상하에서 동시 작업을 행할시 신호를 통일하고 있으며 작업자는 그 신호에 따라 작업하는가
(다) 가설작업 중 책임자의 중점확인 사항
① 가설기술에 대한 준비
** 일사불란한 지휘하에서 행동하는가
** 중심의 안정을 고려하는가
** 충격을 받는 지지물은 수배의 힘이 작용하는 것에 유의하고 있는가
* 작키는 편측고정으로 조작하는가
** 넘어지거나 부러져도 바로 잡을 수 있는 방법을 세우는가
** 미끄럼막이를 잊고 있지는 않은가
** 작업감독은 안전관리자의 지적 사항을 시정하는가
** 작업원은 고소작업의 적격자인가
* 건강진단 등 필히 실시하고 건강적격임을 확인하고 있는가
* 작업주임자는 작업원 전부에게 다음 사항을 주지시켰음을 확인하는가
# 가설방법, 시공순서 등 본 업무 수행을 위한 안전작업교육을 시켰는가
# 작업원의 작업분담은 명확한가
# 신호자의 선정과 신호법의 준수를 확인하는가
각 분담별(중기등 장비와 설비) 책임자들이 각자의 분담분의 수칙 사항을 알고 있는지
② 설비 및 준비 사항
** 앙카 훅크 볼트의 방향, 강도는 확인하고 있는가
* 작업원의 통로는 완전한가
** 추락방지 조치를 하였는가
* 보위의 작업통로는 확보되어 있는가
* 승강용 사다리의 설치는 되어 있는가
** 보의 진동으로 인한 전락 방지용 안전대를 사용하는가
(라) 전도(부재의 전도방지에 대하여)
** 박스 거더 등 주 보의 텍크프레이트를 연결전에 전도 방지재를 제거하고 있지 않는가
** 버크링 방지는 설계에서 조치하고 있는가
** 합성 장지간 거더의 가설시에 횡좌굴 방지를 위하여 트러스 또는 벤트를 사용하거나 다른 조치를 하는가
** 좌우 불균형 와이어 로프를 사용하지 않는가

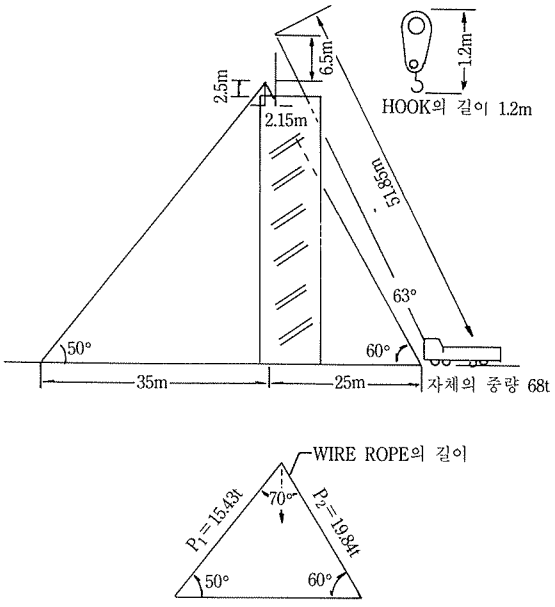


그림 2.

** 로프의 설치는 대칭으로 하고 있는가

** 가설중의 전도대책으로 일기 예보 등을 듣고 특별대책을 세웠는가

** 버팀줄 및 앵카 등은 충분한 강성이 있으며 설치는 올바른가

(결 론)

4. 임동교 가설 공사에서 지적되는 주요 결함

1. 1 line girder와 2 line girder(16m)의 합성 beam만으로는 자립성이 부족하다.

2. shoe의 설치는 최종 마무리가 되기전 본래의 기능을 다 발휘하지 못한다.

3. 1 line girder의 유격조정 로프가 비대칭으로 1 line girder 쪽으로 기울어지려는 경향을 가졌다(그림 2 참조).

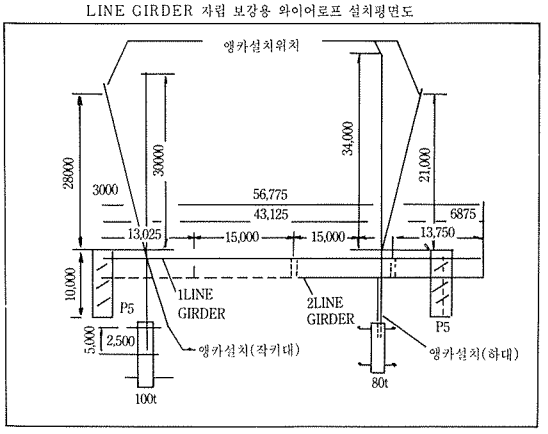


그림 3.

4. 현장에 설치된 유격조정용 로프의 고정용 앵카는 극히 형식적으로 되어 제 기능을 다할 수 없다.

5. 1 line girder에 브레싱을 먼저 설치하였으므로 작업조건을 어렵게 하였으며, 부득이 설치된 상태에서는 다음과 같은 조치가 필요했다.

* 100t 크레인에 실린 거더가 브레싱에 접촉을 못하도록 유격 조정해야 한다(그림 참조).

6. 거더조립에서 1, 2 line girder가 완전 조립되어 브레싱까지 설치된 연후에야 좌굴현상이 생기지 않는다.

7. 설치과정 중에는 사람들이 다니거나, 구르거나, 물체를 당기는 등의 힘을 가하면 빔이 요동을 일으킬 수 있다.

8. 2 line girder(80ton) beam에 앉은 사람이 2 line girder(13,100ton 크레인) beam을 조립시키기 위해 당길 때에 기설치된 부분도 다소의 요동이 생겨 어떤 진폭으로 변위가 일시적이나마 일어난다.

9. 3~5t 체인부럭을 직경(14~16m/m)정도의 와이어 로프(부록 참조)보다 허용 하중이 약하다. 따라서 로프를 고정하고 체인부럭은 제거했어야 했다. 그러나 자립성을 믿고 체인부럭을 철거치 않고 두는 것은 유격이 편리하고 공사를 속히 진행할 수 있는 장점에만 유의했다(허용하중표 참조).

10. 지휘자의 (신호)미숙과 2 line girder(13~100ton

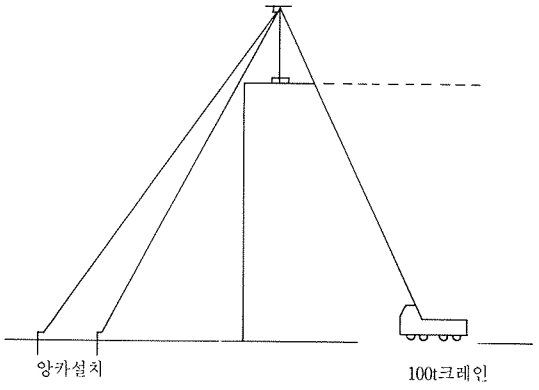


그림 4.

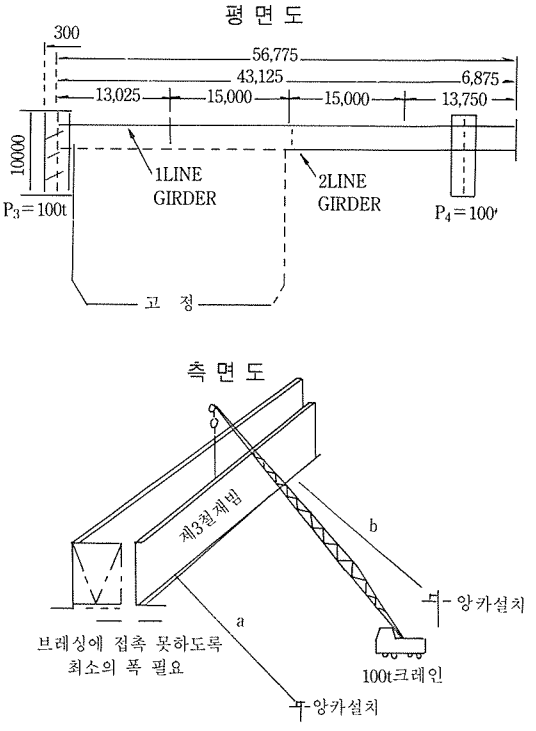


그림 5.

크레인 작업분) 거더의 조종로프는 완전히 연결이 성공될 때에 놓아야 한다.

11. 크레인 운전원은 시험운전을 통하여 작업조건이 어려워진 상태에서의 작업조건을 파악하여 지휘자에게 건의 또는 시정을 요구해야 했다.

12. 본 교량의 사고의 주원인

- ○ 1 Line girder의 자립성 확보가 미흡
- ○ 자립성 확보 보조용 가설 시설물의 부실(임시고정용 로프)
- ○ 조그마한 충격에도 전도의 위험성이 잠재되어 있는데 꼭 필요치 않은 브레싱을 선행으로 설치하여 작업순서를 역으로 하여 조그마한 충격에도 외력이 작용될 위험시설을 설치했다.
- ○ 1 line girder는 전혀 좌굴 현상이 없을 것으로 착각하여 무리하게 2 line girder(13ton)를 당겨 연결시키려고 당김힘을 주어 힘의 반동

표 1. 와이어 로프 안전하중(허용하중표)

(안전율 : 6)

와이어로우프 직경(cm)	전단하중 (t)	2 본 슬 링				4 본 슬 링			
		0°	30°	60°	90°	0°	30°	60°	90°
10	5.02	1.68	1.62	1.45	1.19	3.35	3.23	2.29	2.37
12.5	7.84	2.62	2.53	2.27	1.85	5.23	5.05	4.53	3.70
14	0.83	3.28	3.17	2.84	2.32	6.55	6.3	5.08	4.63
16	12.8	4.26	4.14	3.70	3.02	8.53	8.24	7.39	6.03
18	16.2	5.40	5.22	4.68	3.82	10.80	10.43	9.35	7.64
20	20.1	6.70	6.47	5.80	4.73	13.40	12.04	11.60	9.48
25	31.3	10.44	10.08	9.04	7.38	20.87	20.19	18.07	14.76
28	39.3	13.10	12.65	11.35	9.27	26.20	25.30	22.69	18.53
30	45.1	15.35	14.52	13.02	10.63	30.17	29.04	26.04	21.26

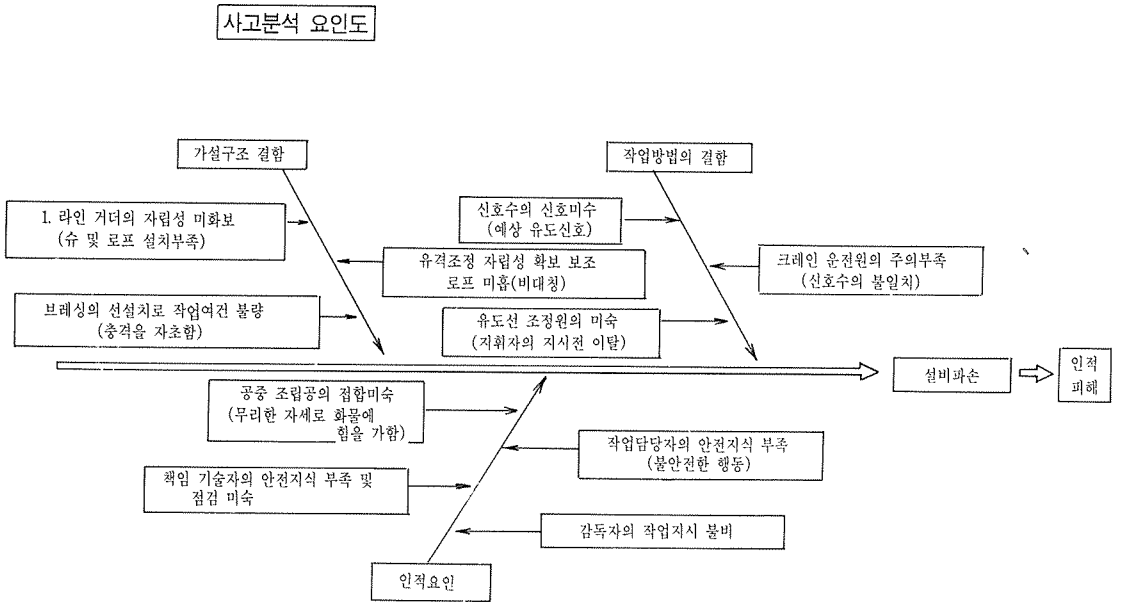
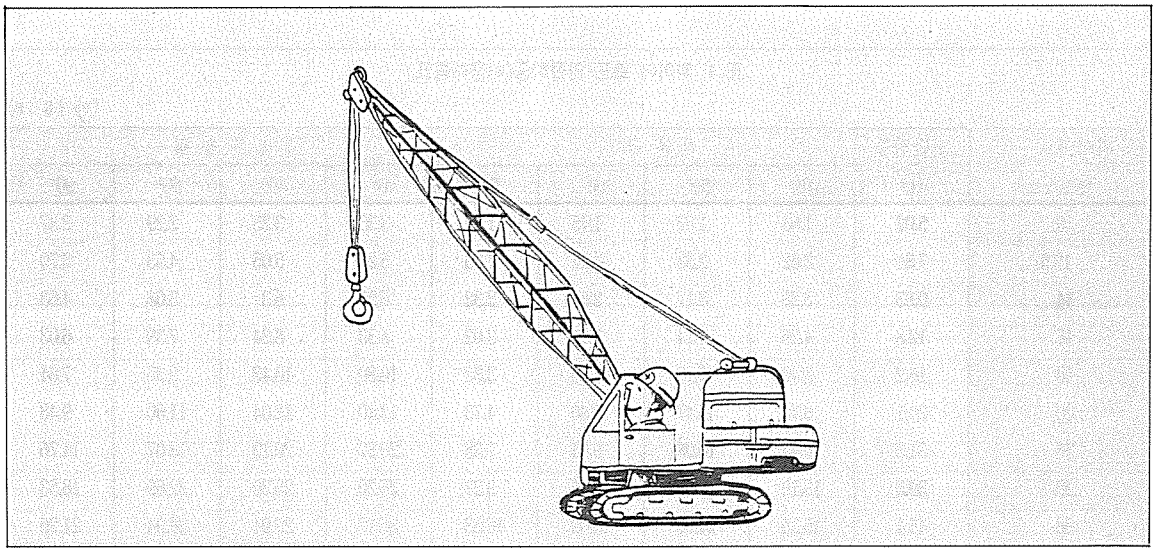


그림 6.

등으로 좌굴 현상이 존재했다.

- 신호수의 예견이 따른 선행신호가 있어야 했다.
- 크레인 운전원은 작업조건에 따른 정밀도를 생각하여 작업 방법을 재확인 했어야 했다.
- 보조로프를 엄격히 조종하여 1번 거더의 브레싱에는 접촉할 수 없도록 하는 조치가 필요해다.
- 앵커설치용 콘크리트 괴 등은 이와 사용하는 자중과 외력에 견딜 수 있어야 한다.