

특 집

콘크리트 공사현장의 건설안전

설계상 오류에 의한 콘크리트 구조물의 붕괴사고와 예방대책 Preventing Collapsion of Concrete Structure due to Design Error



손기상*

콘크리트구조물 축조는 철근조립, 공사거푸집 공사, 콘크리트 타설공사 3가지로 대별된다. 경험있는 엔지니어는 이들 일련의 과정을 비교적 쉽게 생각하는 경향이 있다고 보여진다.

본 구조물 설계시와는 달리 콘크리트공사를 위한 설계상의 문제는 「콘크리트공사 계획」에 좌우된다. 즉 이 계획에 맞추어 설계를 할 수밖에 없는 제한성이 있음을 알 수 있다.

본고에서는 설계상 오류에 의한 콘크리트 구조물의 붕괴사고에 관하여 언급하고자 한다. 미국에서 발행되고 있는 ENR(Engineering News Record)에 게재된 내용의 붕괴사고들을 우선 제시하여 설계상의 오류를 밝히고 그 대책을 도출해 보고자 한다.

큰 구조물은 사소한 한군데 디테일의 강도가 부족해도 손상되기 쉽다.

제도와 디테일의 오류는 통상적으로 현장에서 수정할 수 있는 국소적인 사고를 초래하지만 때로는 여기에 많은 비용과 시간이 소요된다.

1. 콘크리트공사 완료후 구조물 붕괴

1950년에 일어난 뉴욕 맨허튼 자동차 쇼룸 높이 7.2m의 철근콘크리트 뒷부분 옹벽의 붕괴는 빈약한 제도기술로 인한 특별한 사고이었다¹⁾.

설계는 세로방향에 1¼인치(31.3mm)의 철근을 요구했으나 드래프트맨은 치수선 위에 1¼의 1의 부분을 썼다. 따라서 1을 읽지 못하고 실제로는 ¼인치(6.3mm)의 둥근와이어가 삽입되어 배근되었다. 벽에 뒤채움이 실시되자마자 벽전체가 붕괴되기 시작했다. 철근의 반입과 조립과정에서 누구하나 의문을 느끼지 않았다. 그 설계는 설

* 정회원, 서울산업대 안전공학과 교수

계와 시공의 허가신청을 하기 전에 그 지방의 빌딩 인스펙터(Building Inspector)가 요구하는 바에 따라 외부기술자에 의해 체크 되었다. 철근의 현장도면이 준비되고 시공도를 그리는 사람은 ¼인치의 철근이 요구되고 있는 것이라 받아들였다. 그러나 체크나 인가의 기록은 없었다. 이들 시공도는 바른 것으로써 현장에서 사용되었다.

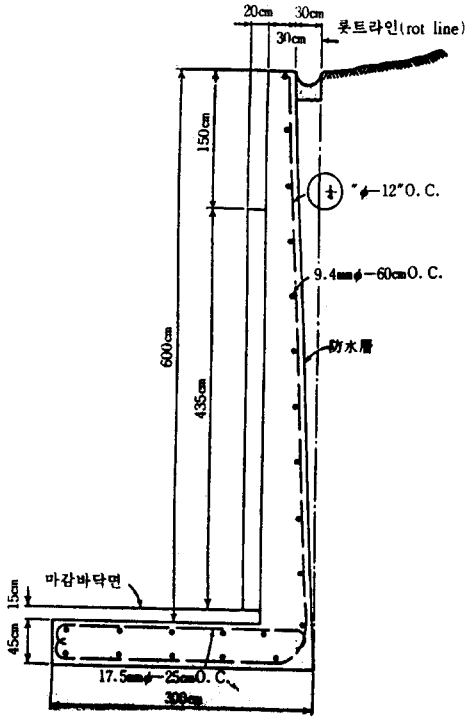


그림 1 철근직경읽기 착오에 의한 사고발생 용벽단면 (○부분의 1¼"을 ¼"로 읽은 결과임)

헨나비크는 스위스의 바젤에 5층짜리 호텔을 설계했는데 1901년 8월 21일에 도괴했다. 시당국 건축부서는 그 공사의 모든 관리를 설계자에게 담당시키고 있었다. 조사위원회의 조사에 따라 기둥설계는 철근과 콘크리트가 동시에 응력 한계에까지 이르고 있었으며 당연히 생기는 휨이나 偏心荷重을 고려할 때 안전율이 현저히 낮았음이 밝혀졌다. 또한 기둥에 넣은 철근은 연속되어 있지 않았으며 각 층마다 절단되어 있었다. 물론 이러한 결함도 중대하지만 실제 도괴는 지하실 기

둥에 원인이 있었다. 지하실 기둥은 벽돌조로 설계되어 있었는데 처음에는 시공하지 않았다. 콘크리트공사 중에는 목재의 서포트로 지탱하고 있었는데 그 뒤 벽돌조의 기둥을 만들기 위해 일부 서포트를 제거한 것이 분명했다. 전문가들은 이것이 주 원인이라 했고 그밖에 다음과 같은 여러 가지 원인을 들었다.

- ① 1층의 기둥 단면은 부족했고 게다가 공사의 설계도급 관리가 불충분했다.
- ② 사용재료가 적절하지 못했다(모래와 자갈을 세척하지 않고 사용했다).
- ③ 콘크리트공사에 주의를 기울이지 않았다(기둥의 바닥부분 콘크리트가 다른 부분보다 密實하지 않았다).
- ④ 시멘트와 콘크리트의 시험을 하지 않았다.
- ⑤ 각 하도급업자 사이의 연락체계가 불완전했다.
- ⑥ 공사를 서둘렀다.

등이다. 근래의 동일한 사고에 대해서도 이 조사 보고를 그대로 적용할 수 있을 정도이다.

구조물에 초과하중을 적재했을 때 현장에서 가끔 설계 오류를 발견할 수 있다. 1924년 뉴욕 비팔로에서 10층짜리 콘크리트 건물의 材齡 6주(1월에 콘크리트타설)인 지붕이 두겹돌공사 및 방수공사의 재료를 적치했던 관계로 무너져 내렸다.

1963년에 일어난 시카고의 그랜드파크 갈라아주 기둥사고는 콘크리트의 배합설계라든가, 일어날 수 있는 하중 조건에 대한 여유의 부족보다는 설계 오류로 분류하지 않을 수 없을 것이다. 예년에 없는 혹한의 추위로 매설수도관이 결빙파괴되었고 대량의 얼음이 생겨 예기치 못했던 큰 상향의 힘이 발생되었으며 건물은 이를 견디지 못했던 것이다. 2층조 플레이트 슬래브(flat slab)구조인 아래층의 13개 기둥은 지붕과 위층의 바닥에 의해 상향변위를 구속당했기 때문에 剪斷 파괴되었다.

1953년에 뉴욕의 학교건축에서는 內柱가 있는

바닥의 主鐵筋을 설계하는데 앞에서 설명한 것 같은 고층빌딩용 건설도서를 잘못 베껴 설계하는 것 같은 오류 즉, 지붕설계의 경우보다 더 적은 철근으로 바닥철근을 설계시공하는 등 오류를 범하는 수가 있다.

이것이 조사에서 밝혀진 납득이 가지 않는 유일한 점이었으나 아무튼 거푸집 제거 후에 생길 슬래브의 큰 휨에 상당한 영향을 주었을 것이다. 시정방법으로써 바닥이 휘는 부분에서는 슬래브에 서포트를 보강하며 썬기로 들어올리고 흰바닥 및 인접하는 완전한 바닥(스팬이 작다)의 콘크리트에 박아넣은 스테드(stud)에 高張力鋼의 와이어메쉬를 용접하여 10 cm 두께의 콘크리트를 타설하는 썬슬래브(바닥타설보충)공법이 채용되었다. 이로써 비정상적인 휨량 대부분은 억제되고 實物載荷試驗 결과 이 색다른 포스트 스트레싱(post-stressing)공법에 의한 합성효과가 충분히 발휘되고 있음이 밝혀졌다.

설계도에 철근량이 가장 많은 부분의 상황을 나타내는 경향이라든가 어디에서 철근을 절단하고 중첩시킬 것인가, 또는 이을 것인가, 또한 기타 설계에서 결정해야 하는 여러 가지 점을 실시 설계자에게 맡긴다는가 하는 경향은 서서히 중단되지 않고 진척되어 왔다. 접근해 오는 오류는 加工場의 製作圖 체크단계에서도 쉽게 간과되기 일췌이다. 미국에서의 공공사업에서 볼 수 있는 많은 경우와 마찬가지로 유럽의 공사에서는 설계도서에 모든 직종의 책임범위(권한도)를 상세히 기입하는 것이 관습적이다. 비록 설계사무소가 1년 동안에 해낼 수 있는 작업량이 줄어들게 된다 하더라도, 그 방법에는 모든 노동력이 부족되고 있는 오늘날 전문적 설계에 조수를 사용하는 단점이 있게 된다 하더라도 권장되어야 할 점으로 본다.

최상층 바닥이 정원광장으로써 설계되어 있던 4층짜리 지하주차장의 시공 도중 그 부분을 도로로 하고 트럭이 들어갈 수 있도록 바닥의 내력을 높일 것이 결정되었다. 거푸집은 시공 중인 것을 바꾸지 않고 그대로 재사용했으며 철근량만을 늘

렸다. 변경이 갑자기 이루어졌기 때문에 세부상세에 약점이 남아 있었을지도 모른다. 이로 인해 자갈로 성토공사를 하고 있을 때 소형 불도저가 최상층 바닥으로부터 차례로 바닥을 뚫고 최하층 지하실 바닥까지 추락했다. 사고는 剪斷破壞이며 아무런 징조도 없이 일어났다¹⁾.

2. 시공중의 콘크리트구조물 붕괴

既設바닥에 의해 지지되어 있는 콘크리트슬래브용 거푸집은 안정된 구조물은 아니다. 중량은 거의 모두 상부에 있으며 支柱에 의해 지지되어 있을 뿐이고 支柱 꼭대기부분의 固定度도 작고 바닥부분도 바닥에 서 있을뿐 고정되어 있지 않았다. 수평움직임에 대한 저항력은 적어도 바닥 콘크리트타설의 하루전에 기둥의 콘크리트타설이 끝났다면 상당히 기대할 수 있다.

바로 아래층의 既設바닥에 의해 지지되는 거푸집 支柱는 균일한 耐力를 가지고 있다고 가정할 수 있다. 그러나 최하층의 슬래브거푸집 支柱는 단단한 地盤이 아닌 「지면에 높은 깔판」 위에서 지지되는 수가 많다. 보통 깔판은 새로 되매운 흙 위에 놓이는 수가 많으며 빗물이나 거푸집을 씻은 물 또는 믹서차를 씻은 물 등으로 인해 연약해지는 수가 많다. 깔판이 부동침하하면 균일한 것으로 설계된 支柱反力은 불균일하게 되고 침하하기 쉬운 외주의 지주와 깔판이 침하함에 따라 침하하지 않는 支柱에 과대한 하중이 가해지게 된다. 그 결과 중간에서 흔들린 구속이 없는 긴 支柱는 좌굴하고 파괴된다.

바이브레이터 사용시의 유동화 콘크리트의 側壓은 미국콘크리트학회(ACI) 347위원회가 발행한 「콘크리트의 側壓」 보고서에 의해 상당히 명확해졌다. 그러나 보의 측면에 바이브레이터가 닿은 경우의 수평력에 대하여는 아직 판명되지 않았으므로 거푸집 설계에는 그 점이 고려되어 있지 않다. 스펀드럴보(spandrel beam)의 외면에서 흔히 볼 수 있는 부풀음이나 구멍뚫림(drift)은 콘크리트의 노출면을 密實하게 하기 위해 바

갈쪽 거푸집에 부주의하게 바이브레이터를 사용함으로써 일어난다. 동력카트차가 콘크리트를 타설하기 위해 정지할 때에 생기는 수평력은 거푸집 설계에 있어서 고려해야 하는 중요한 사항이지만 아직 잘 알려져 있지 않다. 콘크리트를 만재한 화물車(cart)가 급정거할 때의 진동과 흔들림을 체험하면 그 수평력의 크기를 가늠할 수 있다. 그 힘은 슬래브筋에 받침을 한 카트비계(cart scaffolds)의 다리부분을 통해 거푸집으로 전달되고 거푸집 전체에 회전우력을 주게 된다.

거푸집 공사의 사고 보고 예는 매우 많기 때문에 이 지면에서는 사고의 종류만을 요약하기로 한다. 불행하게도 사고의 참다운 원인이 판명되어 있는 예는 그 수가 매우 적다. 그러나 사고의 종류는 상당히 유사하다.

ENR 48호의 1954년에는 시카고의 아파트 4층 바닥 거푸집에 일어났던 사고를 보도했다. 거푸집은 25cm의 I빔으로부터 매달려 있었으며 동시에 아래층 기설바닥으로부터도 췌기에 조여 붙인 비스듬한 목재支柱에 의해 지지되어 있었다. 작업원이 이들 목재支柱 몇 개를 떼어냈을 때에는 콘크리트는 材齡 21일에 이르고 있었으며 두께 15cm의 신더콘크리트층이 上載荷重으로서 부가되어 있었다. 스패 3.9m, 길이 약 12m의 부분이 4층까지 완성되어 있던 바닥판을 모두 관통하며 지하에까지 낙하했다. 사고원인은 목재서포트에는 가새가 없었으며 하중을 얹어도 될 만큼 콘크리트가 강하지 못했다는 것이다¹⁾.

ENR 36호(1949년 6월 23일)에는 뉴욕에 있는 미술화랑의 면적 10.8m×22.8m에 이르는 5층 바닥의 사고를 보도했다. 붕괴된 부분은 사방이 보에 의해 둘러싸인 스패이며 거푸집은 아래층의 기설바닥으로부터 6.6m 높이에 있었다. 거푸집의 서포트는 높이 4.2m로 10cm×10cm의 목재기둥 위에 2.4m의 조절가능한 서포트로 이어져 있었다. 서포트는 접합부에서 2방향으로 수평가새를 가지고 있었다. 콘크리트는 오전중 인접한 支柱의 짧은 부분으로부터 타설되었고 낙하한 부분은 점심 후에 타설되었다. 사고는 콘크리트가

타설되어 있는 부분에만 한정되었고 콘크리트 덩어리는 바로 아래층의 기설바닥판에 의해 멈추어졌다. 사진을 보면 콘크리트는 비계판 위를 다니는 커다란 바퀴가 달린 카트에 의해 타설되었다. 사고가 발생한 부분은 바로 지주가 긴(장주) 거푸집 부분이었다.

1953년 매사추세츠주 에베레이트에서 연료저장소의 절반을 덮는 27m×50.4m인 탱크의 지붕부분이 사고를 일으켰다. 오전 7시부터 12시 05분까지에 306m³의 콘크리트가 타설되었는데 붕괴가 일어난 것은 타설이 완료된 불과 몇 분 후이다. 중심간 간격은 6.3m×5.4m, 높이 9m인 36개의 둥근 기둥과 그 기둥 사이에 약간의 사장 가새가 달려 있는 10cm×10cm의 덧댐판 잇기 된 支柱에 의해 콘크리트타설이 성공을 거둔 바 있었다. 미리 타설된 기둥이 그대로 남아 있었을 뿐 모든 거푸집이 붕괴되었다.

뉴욕콜로시엄의 주 전시바닥 공사 중에 일어난 922m²의 거푸집 사고는 사회적으로 많은 비판을 받았다. 그 논의는 Construction Methods 53호(1955년 6월)의 사설에 요약되어 있으며, 그 설계는 와플형의 보가 없는 판이며 사고가 있었던 부분에는 주계단과 에스컬레이터용 개구부로 돌출하는 몇 개의 키 큰 보가 있었다. 거푸집서포트는 최고 6.6m이며 2段으로 되어 있었다. 하단서포트는 7.5cm×1.2m 간격으로 2방향에 수평가새가 1段 취해지고 있었으며 약간의 사장 가새가 있는 목재서포트였다. 하단서포트 꼭대기의 받침형목 위에 실린 상단서포트는 목재장선을 지지하기 위해 꼭대기에 프레임이 달린 조절가능한 파이프로서포트였다. 이 공사에서는 약 60회에 걸치는 같은 규모의 콘크리트타설에 같은 설계의 거푸집이 사용되었다. 예정타설량 765m³ 가운데 오후 2시까지에 535m³가 타설되었을 때 아무런 예고도 없이 사고가 발생되었다. 사고당시 2명의 검사관이 비계 위에 있었다. 그러나 비계 아래의 감시반은 거의 전원이 현장을 떠나 있었다. 타설은 목재비계판 위를 시속 19km의 속도로 달리는 0.37m³의 콘크리트를 적재한 동력운반차에 의해

실시되었다. 즉시 전면적인 조사가 이루어졌으나 사고의 근본적 원인은 파악되지 않았다. 그러나 그 뒤의 공사에서는 운반차의 속도를 낮추고 타설이 완료된 바닥의 가장자리에 놓는 비계판 아래에는 고무쿠션을 놓으며 장선과 수평으로 못질할 수 있도록 서포트에 채널형의 깎을 씌운다. 파이퍼서포트에 비스듬한 이음을 취하는 등의 대책이 실시되었다. 고속동력운반차가 만일 이런식으로 움직이면 슬래브거푸집에 분명한 수평방향의 하중이 가해지기 때문에 支柱는 그러한 수평력을 아래층의 기설콘크리트바닥에 전달하는데 적합하도록 설계하고 디테일이 고려되어야 한다.

1958년 플로리다주 마이애미에서는 호텔공사에서 거푸집을 지지하기 위해 강철제 오픈웹보드를 사용했는데 콘크리트를 거푸집에 線狀으로 타설했을 때 보가 회전을 일으켰다. 이 움직임은 앞에서 설명한 바와 같은 거푸집이 매달려 있는 철골보에 불균등한 하중이 가해졌을 때 일어나는 것과 동일하다. 붕괴를 피하기 위해 급히 비탈대를 실시했다. 이 가는 보는 한쪽만의 하중에 저항할 수 있는 수평방향의 강도는 없었다.

캐나다, 몬트리올의 존슨 & 존슨공장에서는 평지붕의 36m×48m 부분이 570m³의 콘크리트 타설을 끝냈을 무렵에 붕괴했다. 거푸집 서포트는 2방향으로 배치되었고 깐들로 다져 굳힌 연속된 地盤 위의 15cm×20cm짜리 깔판위에 놓여 있었다. 1스팬은 9m×9.6m, 두께 23.5m의 무보板式지붕이며 높이는 6m이었다. 콘크리트는 2대의 트레인에 의해 타설되었으며 파이프 비계는 1段만 수평가새를 설치했다. 타설된 콘크리트는 지붕전체의 4/5이며 최초의 3/5은 사고없이 타설되었다. 증인은 거푸집의 모든 지지물을 점검했다고 증언했고 건물측면의 개구부를 덮기 위해 달아내린 방수포에 작용한 풍속 20m의 바람 때문에 사고가 생겼다고 말했다.

슬래브타설이 끝난 표면을 작업원이 평대로 고르고 있었다. 이 콘크리트는 材齡2주인 2층 바닥판에 낙하했고 같은 185m²의 면적을 판통한 뒤에 1층 바닥으로 낙하하여 슬래브에 균열이 생기

게 했다. 콘크리트는 早強시멘트로 주문되었고 1층과 2층의 바닥은 스크류잭이 달린 강철제파이프로 서포트 보강이 실시되고 있었다. 사고수의 조사에 따르면 콘크리트에는 보통시멘트(타이프I)가 사용되었고 서포트를 세운 콘크리트바닥의 강도가 실험실에서 보양한 시험체의 강도보다 훨씬 낮았음이 밝혀졌다. 콘크리트의 강도가 낮았기 때문에 기둥 주위의 거푸집 支柱에는 예기치 못했을 정도의 큰 하중이 가해졌다. 그리고 사고는 분명히 거기에서부터 시작되었다. 원형기둥의 원추형 머리부분 강철제 거푸집은 아래층에서는 아직 정위치에 있었으나 상대적으로는 마치 기둥이 위쪽을 향해 뚫고 올라온 것처럼 슬래브를 머리에서부터 뒤집어 쓰고 있었다.

1시간에 76m³의 콘크리트를 타설하는 속도와 1.135kg의 하중을 보던하나로 멈출 수 있는 급제동 성능의 브레이크가 달린 동력운반차를 사용하는 경우 거푸집의 설계에는 그러한 기계에 의한 수평방향의 충격력을 고려해야 한다. 거푸집은 연속된 골조에 지지되어 있으며 그리고 모든 연속적으로 지지되는 구조물과 마찬가지로, 상대적으로 고정된 反力을 가지고 있어야 한다. 아직 굳지않은 유동화 콘크리트가 거푸집에 실려 있는 동안에는 서포트에 가해지는 反力은 변화하며 콘크리트가 실려 있는 면적 이외의 支柱에 浮上이 발생케 할 가능성이 많다. 浮上에 대한 저항력으로서 주의깊은 못치기 또한 볼트조임을 실시해야 한다. 거푸집의 레벨을 조절하기 위해 支柱에 췌기를 주면 다른 支柱가 거푸집으로부터 벗겨질 우려가 있기 때문에 이 작업은 주의깊은 감독하에 실시되어야 한다. 浮上을 발생시켜 反力이 마이너스가 되면 사고가 일어날 가능성이 있다. 일어날 수 있는 고장을 모두 피하기 위해서는 거푸집의 시공자에 대한 충분하면서도 실현성이 있는 지침을 얻는 것이 오늘날의 문제이다.

때로는 건물공사에서 영구설계하중보다도 훨씬 큰 가설하중을 서포트를 교체한 슬래브 위에 싣고 있었다. 만일 그것이 피할 수 없는 작업이라면 슬래브를 지지하는 서포트는 그 여분의 하중에

견딜 수 있도록 계획해야 한다.

콘크리트가 가장 약할 때에 過大한 應力이 가해지는 것을 피하기 위해 교체서포트는 스팬을 작게 하여 휨모멘트가 적어지게 하고 하중을 2층 이상의 바닥으로 분배해야 할 것이다. 보편적인 작업에서는 콘크리트가 현재 타설되고 있는 바닥 아래쪽의 2층 바닥의 서포트를 세울 필요가 있다. 붕괴 후의 건축당국에 의한 검사에 따라 건물의 많은 부분에서 부주의한 서포트의 교체가 실시되고 있음이 밝혀졌다. 스크류잭장착 파이프서포트에는 조립하기 전에 구부러진 것도 상당히 있었던 것 같다. 또한 똑바로 세워져 있지 않은 것도 있었다. 이러한 결함은 편심하중을 야기하며 집중하중 아래에서는 支柱의 내력의 몇 분의 1의 힘에 의해서도 좌굴사고를 일으키게 된다. 교체지주의 수직성은 목수의 水準器 또는 내림추틀로 주의깊게 검사해야 한다. 불완전한 支柱는 철거하고 교환해야 한다. 목제서포트를 교체해 사용할 때에는 바닥부분에 제대로 썬기를 먹이고 꼭대기에는 캡프레이트를 씌우는 것이 집중내력을 확보하는데 필요하다. 모든 목제깔판에 충분한 지지면적과 剛性을 부여하는 것은 어떤 종류의 교체서포트에 있어서도 필요한 작업이다¹⁾.

공사의 안전과 관계가 있는 시공업자, 기사, 감리자 및 관계자는 공사의 진행속도가 빠르기 때문에 안전과 관계가 있는 이들 중요한 디테일을 소홀히 하는 일이 있어서는 안된다. 1개 또는 2개의 불완전한 교체서포트—하중이 가해진 경우에 활동하거나 침하하거나 좌굴한다—만으로도 중대사고의 발생가능성은 얼마든지 있다. 지금까지를 종합하여 분석하면

- ① 설계의 약점은 주요 구조부재보다도 디테일에 있다. 그 이유는 종류의 설계가 성공적으로 사용되고 있기 때문이다.
- ② 새장형 서포트는 특히 사장 가새를 설치하지 않으면 사고를 일으키기 쉽다.
- ③ 비계판에 카트를 사용함으로써 인한 충격과 진동을 콘크롤해야 한다.
- ④ 동력운반차에 의한 수평력은 설계와 디테일에

서 고려해야 한다.

- ⑤ 하중이 가해지지 않은 목재장선을 서포트의 꼭대기 프레임에 부착하기 위해 장선을 위에서부터 손으로 누르고 못을 치는 것 같은 시공하기 힘든 디테일은 잘 시공되지 않을 것이며 사고를 유발하게 된다.
- ⑥ 거푸집은 연속적으로 지지되고 있는 구조이며 각 지지재는 균일한 내력이 있어야 한다. 그렇지 않으면 깔판의 침하나 목제서포트의 덧댄판 이음부분의 수축으로 設計反力의 불균형을 가져와 다른 서포트에 과다하중을 줄 가능성이 있다.
- ⑦ 압축하중을 균등하게 배분하기 위해 서포트에 썬기를 줄 때에는 충분히 주의하며 감독하는 가운데 실시해야 한다. 그러면 먼저 조립된 거푸집 서포트가 못쓰게 되는 일이 없다.
- ⑧ 어느 정도의 숙련된 노무자를 고용해야 한다. 여의치 않을 경우 최소한 전체 공사는 숙련된 십장, 건축가 또는 기사에 의해 항상 엄밀하게 감독되어야 한다.

3. 설계상 오류 예방대책

3.1 계획상의 유의점¹⁰⁾

- (1) 사전조사
 - ① 지형등 환경조사
 - ② 인접구조물등 조사
 - ③ 지반조사
- (2) 공사내용 파악
 - ① 본체구조물의 제조건(형상, 규모, 정밀도등) 사전조사에 기초한 환경조건, 공사기간 등 조건을 충분히 파악
 - ② 지보공·비계의 개요결정 지보공, 비계종류, 형식을 선정시 시공성, 안전성, 경제성을 고려 최적종류, 형식, 규모 결정
 - ③ 조립도 설계자의 의도를 시공자에 전달하는 수단이기

때문에, 필요사항을 빠짐없이 조립도에 표시하여 설계와 시공의 일관성 확보방안 수립

3.2 설계상의 유의점

(1) 설계방식 선정의 적정화

- ① 거푸집보강재의 배치를 가정한 후 그것을 계산으로 확인하는 방법-과대설계가 될 염려가 있음
- ② 허용치짐량, 허용강도 등으로부터 한계배치 간격을 산정하는 방법-안전율이 부족하기 쉬우므로 정밀시공요망^{2,3,4)}

(2) 사용컴퓨터 프로그램의 오류확인^{5,6)}

- ① 컴퓨터 프로그램으로 설계 실시할 때 적정 산출값을 출력하는지 경험치와 확인 필요, 입력값의 오류를 방지하는 장치가 프로그램에 작동되는지 사용전 확인

(3) 시스템 서포트등 제작사 사양의 확인후 설계 가정^{8,9,12)}

(4) 자중, 측압, 충격, 진동의 공사별 타당성 있는 가정값 설정¹¹⁾

(5) 파이프서포트, 목재, 합판의 시간경과시(중고재, 재사용) 등급 고려한 안전율 선정 도면에 시방 제시^{2,12)}

(6) 지주(파이프서포트)는 콘크리트 타설시 발생되는 수평하중에 의한 도괴, 부양, 회전 등이 생기지 않도록, 수평연결재, 가새재, 지지와이어 등에 의한 보강재를 도면에 상세 제시¹¹⁾

(7) 공사시공시 예기치 못한 상황전개로 인한 정밀성 부족을 감안한 충분한 안전율이 적용된 허용응력도 설계법의 권장²⁾

(8) 필수적으로 고려되어야할 수평하중은 특기사항이 없을때는 제반공사여건을 감안하여 고정하중의 2% 또는 150kg/m중 큰쪽의 하중이 지중에 수평방향으로 작용하는 것으로 가정²⁾.

(9) 현장공정변경에 의한 설계변경시에 대비한 안전해석전문가 매뉴얼제작 배포 및 신속한 유기적 해석 체제 시방 제시

참고문헌

1. 손기상, "건설공사 안전해석론", 기문당, 1991.
2. 김광만, 윤상문, "거푸집 설계 및 시공표준안", 쌍용기술연구소, 1994.
3. 손기상, "건설안전구조학", 기문당, 1994.
4. 대우기술연구원, "거푸집공사의 이해와 시공", 기문당, 1995.
5. 건교부, "건축공사 거푸집 동마리 설계 프로그램", 1998.
6. 인컴 I&C, "건설안전전문가 시스템", 인컴 I&C, 1994.
7. 안전환경팀, "비계작업절차서", SK건설, 1996.
8. 손기상, "아연도금 강관지주의 사용연도에 따른 강도변화에 관한 실험적 연구", 대한건축학회, 1998.11.
9. 손기상, "콘크리트공사 실무 감리·시공·안전", 번역서 기문당, 1999.
10. 假説工業會, "型わく支保工·定揚工事計制作成參書者 資格研修ラキスト", 日本 勞働性, 1990.
11. 日本建築學會, "型枠の設計·施工指針案", 1988.
12. 假説工業會, "經年度 假説機材の管理に關する技術基準と解説", 日本勞働性, 1984. 