

특 집

|| 거푸집과 콘크리트 ||

향후 거푸집의 발전방향

- A Development Direction of Form -



정근호*



이영도**



정상진***

1. 거푸집의 역할

조형미를 가진 콘크리트 구조물을 만들 때는 형태를 만들어 낼 수 있는 거푸집과 함께 시공에 필요한 기술과 훌륭한 기능인력이 필요하다는 것을 잊어서는 안 된다. 서해대교, 테헤란로의 건축물 등 여러 종류의 콘크리트 구조물을 만드는 데에는 거푸집이 매우 중요한 역할을 한다. <사진 1, 2>

거푸집 공사는 튼튼하고 보기 좋은 콘크리트 구조물을 만들기 위하여 콘크리트 공사, 철근 공사와 함께 유기적인 관계를 가지고 일체가 되어야 한다. 또한 거푸집 공사는 설계자의 의도를 반영하여 형태를 만들기 위한 것이고 철근 콘크리트 공사의 크리티컬 패스가 되는 아주 중요한 공사가 된다. 따라서, 사용되는 여러 가지 재료를 보다 유효하게 이용할 수 있도록 폭넓은 연구와 전문적 지식이 필요하다.

2. 거푸집의 변천 및 종류

2.1 거푸집의 변천

거푸집은 <표 1>의 「건축공사표준시방서」, 「콘크리트표준시방서」의 거푸집 검사, 거푸집 및 동바리 등에 의해 규정되어 있

다. 철근 콘크리트 구조물의 거푸집 시공은 주로 목재를 이용하였으나 최근에는 대형패널화, 복합화, 시스템화로 변화되고 있다.

곡선 구조물과 사일로 구조체에는 슬립폼을, 터널 구조물에는 트래블링폼을 사용하고, 하프 PC와 함께 공업화 공법으로서 철

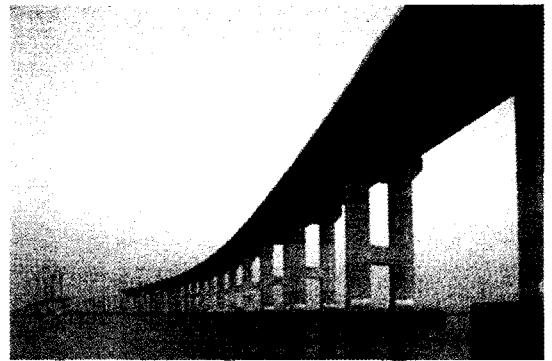


사진 1. 서해대교



사진 2. 테헤란로의 건축물

* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정

** 정회원, 경동대학교 건축공학부 교수

*** 정회원, 단국대학교 건축대학 교수

표 1. 건축공사표준시방서·콘크리트표준시방서의 거푸집 공사 목차

건축공사표준시방서	콘크리트표준시방서
거푸집 검사	거푸집 및 동바리
1. 일반사항	1. 일반사항 1.1 일반사항 1.2 하중
2. 자재 2.1 거푸집널 2.2 받침기둥 2.3 기타	2. 재료 2.1 일반사항 2.2 거푸집 널 2.3 동바리 2.4 기타재료 2.5 설계
3. 시공 3.1 거푸집의 설계 3.2 거푸집의 구조계산 3.3 거푸집의 가공 및 조립 3.4 거푸집의 검사 3.5 거푸집의 존치기간 3.6 받침기둥 바꾸어 세우기 3.7 거푸집의 해체	3. 시공 3.1 일반사항 3.2 거푸집의 시공 3.3 동바리의 시공 3.4 거푸집의 시공 허용오차 3.5 거푸집 및 동바리 검사 3.6 거푸집 및 동바리 떼어내기 3.7 특수 거푸집 및 동바리

근 콘크리트 공사의 주역이 되고 있으며 프리스트레스 교량의 시공에도 거푸집 공사가 매우 중요한 부분을 차지하고 있다. 그리고 내화성과 피복두께, 정밀도가 거푸집 공사의 품질을 좌우한다고 할 수 있다.

2.2 거푸집의 종류

현재 국내·외에서 소개되고 있는 거푸집에 대하여 살펴보면 아래와 같다.

(1) 철재 패널폼

시스템화 거푸집의 하나로 일명 “유로폼”이라고도 한다. 건물의 평면형상이 규격화되어 표준타입의 거푸집을 변형시키지 않고 조립함으로써 소요 인력을 줄여 생산성을 향상시키고 자재의 전용화수를 증가시킬 목적으로 개발된 모듈식 거푸집(modular form)이다.

(2) 갱폼(gang form)

갱폼은 사용할 때마다 거푸집의 작은 부재들을 조립·분해하지 않고 단순화·대형화하여 한번에 설치하고 해체하는 거푸집 시스템이다. 주로 고층 아파트에서와 같이 평면상 상·하부 동일 단면 구조물에서 외부 벽체 거푸집과 거푸집 설치·해체작업 및 미장·치장작업 발판용 케이지(cage)를 일체로 제작하여 사용하는 대형 벽체 거푸집이다.

(3) 플라잉폼(flying form)

바닥 콘크리트 타설용 거푸집으로 일명 “테이블폼”이라고도 한다. 거푸집판, 장선, 멩에, 서포터 등을 일체로 제작하여 부재화한 거푸집이다.

(4) 클라이밍폼(climbing form)

벽체용 거푸집으로 거푸집과 벽체 마감공사를 위한 비계틀을 일체로 조립하여 한꺼번에 인양시켜 사용하는 것인데, 갱폼에 거푸집 설치를 위한 비계틀과 먼저 타설된 콘크리트의 마감 작업용 비계를 일체로 제작한 거푸집이다. 최근 건축물의 고층화·대형화로 초고층 건축물이 콘크리트를 이용한 튜브구조로 시공됨에 따라 필요성이 증대되고 있다.

(5) 슬립폼(slip form)

슬립폼 공법은 슬라이딩폼 공법이라고도 하는데, 수평적 또는 수직적으로 반복된 구조물을 시공이음이 없이 균일한 형상으로 시공하기 위하여 거푸집을 연속적으로 이동시키면서 콘크리트를 타설하여 구조물을 시공한다.

(6) 터널폼(tunnel form)

벽식 철근 콘크리트 구조를 시공할 때 벽과 바닥의 콘크리트 타설을 한번에 가능하게 하기 위하여, 벽체용 거푸집과 슬래브 거푸집을 일체로 제작하여 한번에 설치하고 해체할 수 있도록 한 거푸집이다. 토목공사에서 원형터널 또는 배수암거 등에 적용하기도 한다.

(7) 트래블링폼(traveling form)

가동골조(movable frame)에 지지된 이동 거푸집 공법으로 한 구간의 콘크리트를 타설한 후 거푸집을 낮추고 다음 콘크리트 타설 구간까지 거푸집을 이동시키면서 콘크리트를 계속적으로 타설한다. 수평적으로 연속된 구조물에 적용하는 거푸집이다.

(8) 무폼타이 거푸집(tie-less formwork)

벽체 거푸집을 양면에 설치하기 어려운 경우 흠막이벽의 어미 말뚝 등에 폼타이용 철물을 용접하여 사용하게 되면 폼타이 설치작업이 어렵고 누수 등의 원인이 되기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 거푸집 공법이 무폼타이 거푸집이다.

폼타이를 사용하지 않고 측압을 지지하기 위해 브레이스 프레임틀을 사용하여 “브레이스 프레임 공법”이라고도 한다.

(9) 무보강재 거푸집

거푸집판, 장선재, 보강재, 지지재 및 기타 부속재로 이루어진 거푸집의 기본구성 중에서 장선재와 보강재의 기능을 하나로 통합하여 장선재만으로도 거푸집 조립이 가능한 무보강재 거푸집이다. 장선재의 단면과 강성을 크게 하여 보강재를 대신하도록 함으로써 거푸집의 조립과 해체를 단순화한 거푸집 시스템이다.

(10) 무지보공 거푸집

바닥 거푸집에 콘크리트를 타설할 때, 작업하중과 콘크리트 자

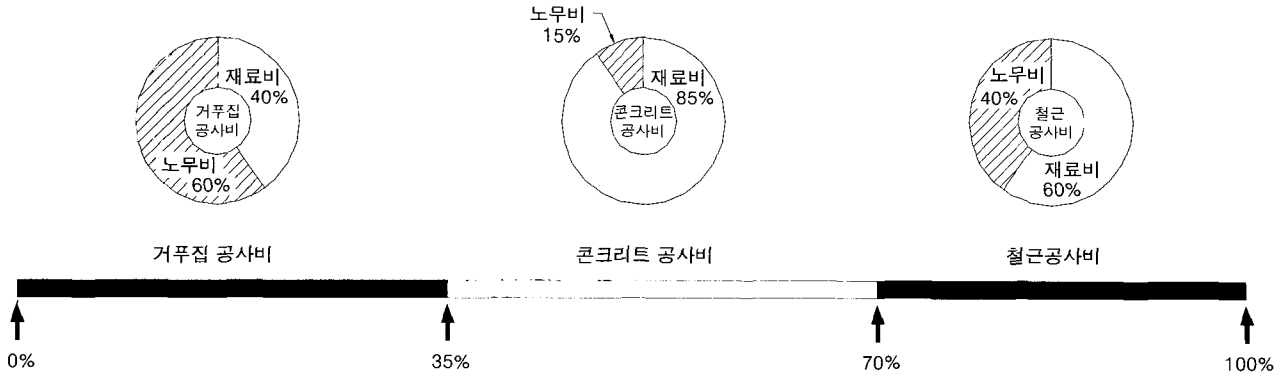


그림 1. 건축공사 구체 공사내역

중은 지보공이 부담하게 된다. 무지보공 거푸집은 지보공이 없이 바닥 거푸집을 시공하기 위한 시스템으로서 트러스 형태의 보 (beam)를 보거푸집 또는 벽체 거푸집에 걸쳐놓고 바닥판 거푸집을 시공한다.

(11) 비탈형 영구 거푸집(permanent formwork)

콘크리트 타설시 사용되는 일반 거푸집의 단점을 개선하고자 무기질 재료를 이용하여 일정한 크기와 두께로 프리캐스트 거푸집을 공장에서 제작하여, 현장에서는 조립만 실시하고, 콘크리트를 타설 후 탈형을 하지 않는 거푸집이다.

비탈형 영구 거푸집 공법은 기술인력 절감, 부실시공 방지 및 정밀 시공이 가능하기 때문에 철근 콘크리트 공사의 자동화와 합리화 공법 개발의 핵심이 되는 기술이다.

(12) 고무풍선 거푸집(air tube formwork)

주로 내부가 원형인 구조물에 고무풍선을 거푸집으로 이용한다. 공기압을 제거한 상태로 설치·해체하기 때문에 조작이 용이하고 신속하여 지하배수로, 돔 등에 사용된다.

(13) 슬레이트 거푸집(slate formwork)

물결모양의 골슬레이트를 거푸집으로 사용하는 공법으로 지중보에 주로 사용된다. 비교적 재료의 가격이 낮고 취급이 쉽지만, 슬레이트가 물결모양이기 때문에 콘크리트의 볼륨이 다소 결손되기도 한다.

(14) 메탈라스 거푸집(metal-lath formwork)

메탈라스 거푸집 공법은 콘크리트의 강도가 발휘되어도 거푸집을 해체하지 않고 그대로 두어 해체공정의 단축 및 소모 인력을 줄이는 공법으로 주로 지중보에 이용된다. 특히 곡면 등 형상에 대응이 쉽지만, 메탈라스의 노출로 발생하는 녹을 피하고자하는 부위나 마감이 필요한 부위에 사용할 때에는 표면에 모르타르 바름을 한다.

3. 거푸집의 품질과 문제점

- ① 콘크리트 부재의 치수 및 위치의 확보
- ② 콘크리트 표면의 마감 정확도
- ③ 콘크리트의 물성 확보

위의 세 가지 조건을 충족시키기 위하여 합리적인 거푸집 공사가 이루어져야 하며 전체공정에서도 거푸집 공사가 크리티컬 패스가 된다. 그리고 거푸집이 가져야 할 요구성능으로 강도, 강성, 치수정확도, 형상유지, 마감면 상태, 작업성, 안전성, 경제성이 있어야 하며 환경성도 고려되어야 한다. 이상에서 콘크리트 품질에 큰 영향을 미치는 것이 거푸집이라는 것을 알 수 있으며 철근 콘크리트 구조물을 만들어 내는 중요작업으로 설계자의 의도를 만족시키고 콘크리트 품질을 좌우하는 거푸집 기술이 매우 중요함을 알 수 있다.

특수 거푸집은 기본적으로 수 십 회를 사용할 수 있는 재료와 시스템을 적용하여 계획적으로 시행하나 일반 거푸집은 상황이 다르다고 할 수 있다. 합판으로 된 거푸집판은 수회의 전용만으로도 폐품이 되어 버리는 소모품이 되게 된다. 그러나, 100회 이상 전용이 가능한 거푸집은 높은 경제적 가치평가를 받아 왔고 대형 거푸집이나 시스템 거푸집 그리고 하프 PC 등의 출현으로 발전을 계속해 왔다. 일반 거푸집은 소모성 자재이므로 가능한 가격이 낮은 재료를 선택하게 되며, 거푸집판, 지보공 및 부속철물 등도 같은 수준으로 재료를 사용하는 것이 보통이다.

이런 상황에서 콘크리트를 타설하면 여러 분야에서 결과가 좋지 않게 나타나 피복두께가 부족하게 되고 나아가서는 구조물의 내구성에 영향을 주는 경우도 발생하게 된다. 특히 재료를 포함해서 전문건설업자에게 발주하여 책임 시공을 맡기게 되면서부터는 계약금액이 높게 책정되지 않고 기능공 및 노무자도 구하기 어렵게 되어 합판 거푸집을 이용한 구조체 시공은 문제점이 있다고 판단된다. 또한 철근 콘크리트 공사에서 콘크리트 공사, 철근 공사에 비해 거푸집 공사의 노무비의 비중이 높은 것을 알 수 있

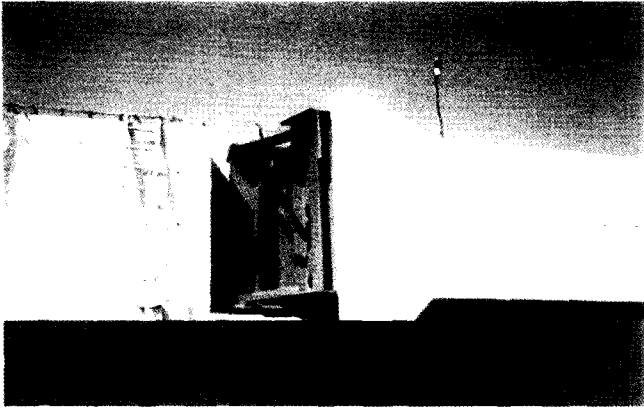


사진 3. 하프 PC(미국)

다(그림 1). 따라서, 일반 거푸집을 어떠한 방법으로든지 합리화시켜야 한다는 것을 알 수 있다.

4. 거푸집의 개발

거푸집 공사 없이 철근 콘크리트 구조를 만들어 낼 수 없다는 것은 당연한 사실이지만 콘크리트만을 연구하다 보면 자칫 이런 것을 잊어버릴 때가 있다.

최근 지구환경의 보호운동과 자원의 유효한 이용이 주요 이유로 떠오르고 있으며 이러한 관점에서 콘크리트의 발전을 위해서는 새로운 거푸집을 개발하는 기술자가 필요하게 되었다. 그리고 거푸집을 전문으로 시공하는 기능공의 부족은 앞으로 건설산업 측면에서 큰 사회적 문제가 될 것이다. 따라서, 건설공사의 근본적인 합리화가 이루어져야 한다. 또한, 성력화나 시스템화의 필요성이 요청되고 있는 현재의 거푸집 공법을 유지해 나가면서 이러한 요구를 해결하는 공법에 관하여 <그림 2>에 나타내었다.

이 같은 방향으로의 리사이클화 요구와 함께 거푸집 재료를 소모품이 아닌 내구 소비재로 격상하고 장치를 이용하는 방향을 생각해야 한다.

콘크리트의 기술변화와 함께 거푸집도 따라 변화하여 기술의

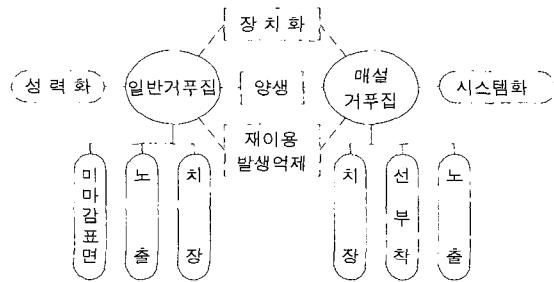


그림 2. 거푸집의 분류와 발전방향

향상을 도모해 왔다. 참고로 미국의 철골과 프리캐스트의 합리화 예를 <사진 3>에 나타내었으며 공업화 공법으로의 진행방법으로써 <그림 3>과 같이 고려해 볼 수 있는데 결국은 거푸집 공사도 변화되어 다음과 같은 문제를 해결해 나가야 할 것이다.

- ① 표준화와 시스템화의 추진
- ② 부가가치 있는 타설 거푸집 공법
- ③ 고성능 거푸집 재료의 개발
- ④ 기능성을 가진 복합 거푸집
- ⑤ 설치/해체가 쉬운 지보공

5. 거푸집의 발전방향

(1) 거푸집에 기능을 갖게 하는 장치

거푸집이 단순한 틀에서 벗어나기 위해서는 여러 가지 기능을 부가시켜야 한다. 전에는 진공매트를 이용한 강도 증진방법이 있었고 최근에는 투수 거푸집 등 여러 가지가 개발되어 있으며 디자인, 방식, 단열 등의 기능이 있는 것들이 개발되고 있다.

여러 종류의 특허나 실용신안 중에 <그림 4>에 나타낸 것과 같이 패널에 고성능 소형진동기를 부착하여 콘크리트의 진동다짐을 리모콘으로 조절하는 것도 있다. 여러 가지 문제점이 있을 수 있으나 콘크리트 타설과 진동다짐을 연동시킬 수 있으며 재진동이 필요한 경우 등에 실용화가 기대된다.

(2) 투명 거푸집판의 개발보급

거푸집판을 투명하게 하여 콘크리트 충전성을 확보한다. 건축의 수직부재인 벽체 등의 콘크리트 다짐은 확인이 어려운 불명확한 작업으로 정신적인 부담이 크다. 그러나, 타설되는 벽체 콘크리트가 투명 거푸집판의 사용으로 내부가 보이게 되면 거푸집 내부로 흘러들어 채워지는 모습을 눈으로 확인할 수 있고 진동기의 작동과 다짐상태도 확인이 가능하여 콘크리트 공사의 합리화 정도도 높일 수 있다. 투명 거푸집판을 양질의 것으로 만들어 전용화

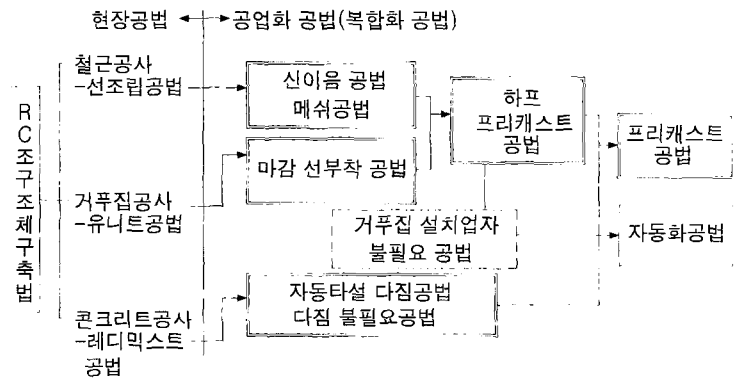


그림 3. 건축현장에 의한 RC조 구체공사의 성력화·합리화의 방향

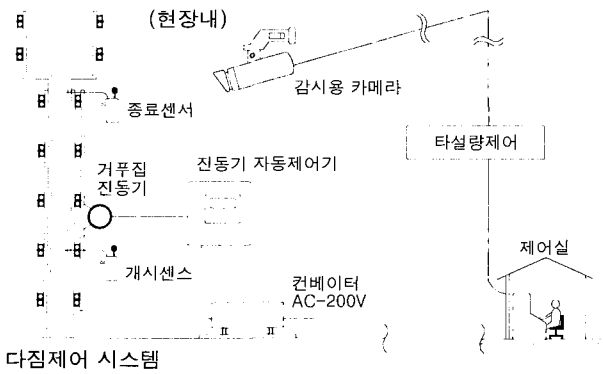


그림 4. 거푸집 진동에 의한 콘크리트의 자동다짐



사진 4. 투명 거푸집의 예

수를 증가시킬 수 있다면 원가 면에서도 어느 정도 경쟁력이 있을 것이며 기술적으로는 더욱 이용가치가 있을 것으로 판단된다.

(3) 철근 콘크리트 작업의 평준화

콘크리트 공사는 분업화에 의해 책임의 소재가 불명확했다. 예전에는 현장에서 콘크리트 재료를 섞어 비벼서 타설하는 일을 같은 사람이 시공했으나 현재는 콘크리트 펌프카와 타설공이 별개의 업종으로 분리되어 전문성이 향상되었다.

콘크리트 구체기술로서 거푸집 공사는 다른 업종의 어려움을 이해할 줄 알아야 한다. 또한 거푸집 공사의 의존도가 크기 때문에 다기능공을 이용한 구체공사 방법의 연구가 필요하다.

(4) 거푸집 정확도의 확보

콘크리트 양의 적산은 공사가 준공되기 전까지는 정확히 파악하기 어렵고, 콘크리트 타설량은 실비정산방식에 의한다. 설계도

서를 통한 골조도의 치수로 거푸집 시공도를 작성해도 콘크리트 양은 일단 콘크리트 내부의 철근수량을 공제하지 않는다. 콘크리트 타설시 사용하는 펌프카 및 압송 파이프 내부에 부착되는 잔류 콘크리트의 양이 서로 상쇄되기 때문이다. 건축의 경우 지보공에 의해 변형이 발생하기도 하고 측압에 의해서도 예상외의 결과물을 가져오기도 한다. 거푸집 조립시 위치, 치수를 확실히 해야만 구체치수와 정도를 확보할 수 있다. 거푸집 정확도가 피복두께에 영향을 미치면 콘크리트 양이 증가하기도하고 원가와 관련되는 경우도 있다. 따라서, 콘크리트 타설의 합리화는 거푸집 공사의 정확도를 유지하는 것에서 시작된다.

6. 맺음말

거푸집 공사는 현재 커다란 변혁기에 들어와 있어 라왕, 합판을 만드는 열대우림의 축소문제, 경기에 의한 원가문제, 신기술에의 대응책 등 해결해야 할 과제를 가지고 있다. 크리티컬 패스로서의 거푸집 공사는 콘크리트 타설이 지배해 오고 있어 하프 PC나 복합화 공법, 고유동 콘크리트 같은 신재료, 공업화 공법이나 CFT 구조 등을 그 해결책으로 이용할 수 있을 것이다. 거푸집 전문업체에서는 표준화에 의한 CAD 시공도 작성, 복잡한 회계처리, 시공계획도와 시공요령서 등에 신경을 써야한다. 기술개발은 장치기구로서의 시스템 거푸집을 만들어 구조체 정밀도를 향상시키고 원가절감을 필수적으로 이루어야 한다.

또한, 거푸집은 일반적으로 철근 콘크리트 구조물과 같이 재산으로서 남아있지 못하는 가설공사로서의 어려움이 있으나 콘크리트의 발전을 위해서는 다양한 거푸집 기술의 개발이 뒤따라야 한다는 것을 명심할 필요가 있다. ▣

참고문헌

1. 日本建築學會, 型枠の設計施工指針案, 1988.
2. 毛見虎雄, “現場打ちRC工事の省力化の可能性を探る”, セメントコンクリート, No. 551, 1993. 1.
3. 司馬遼太郎, 司馬遼太郎が語る日本, 第30回, 週刊朝日, 1996. 12.
4. 대우 기술연구팀, “거푸집 공사의 이해와 시공”, 기문당, 1993.
5. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 기문당, 1999.
6. 정상진 외, “비탈형 영구 거푸집의 시공성능과 경제성 평가에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, 1999. 4.
7. 한국콘크리트학회, 콘크리트표준시방서, 기문당, 1999.