

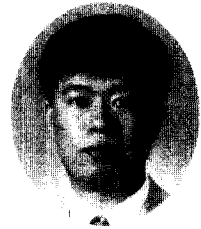
국내 콘크리트의 품질 개선을 위한 각 방면에서의 제안

현장에서의 콘크리트의 시공 및 품질관리

Construction and Quality Control of Concrete in Field



박 승 범*



윤 의 식**

1. 머리말

콘크리트는 시멘트, 골재, 물, 혼화재료 등의 원료로부터 배합, 비비기, 타설, 다짐, 양생 등의 많은 공정을 거쳐 구조체 콘크리트가 완성되는 것이므로 그 사이에 있는 각종 품질변동 요인이 최종적인 콘크리트 품질에 많은 영향을 미치기 때문에 좋은 콘크리트 구조물을 만들기 위해서는 기본적으로 설계·시공이 적정해야 한다.

그러므로 설계자는 콘크리트의 특질을 잘 이해한 다음에 환경조건, 사용조건, 시공조건 등을 고려하여 콘크리트의 품질을 결정할 필요가 있고, 시공자는 설계도서의 기재내용을 정확히 파악하여 소요의 품질을 가진 콘크리트 구조물을 만들도록 시공하지 않으면 안되며, 이를 위해서는 품질관리가 필수불가결하다.

한편, 우리나라의 경우 최근에 발생되었던 시공불량으로 인한 콘크리트 구조물의 대형 붕괴사고 및 건설중인 구조물에서의 시공결함 지적 등에 의하여 구

조물의 안전성이 사회 문제로 대두되고 있으며, 시공불량의 원인으로는 콘크리트의 재료선택 및 배합불량에 의한 품질저하는 물론, 시공시의 다짐불량, 거푸집 조립불량과 콘크리트의 낙하높이 미준수, 콘크리트의 타설시간 및 운반시간이 길게 됨에 따른 품질저하 등이 지적되고 있다.

따라서 본 고에서는 콘크리트 구조물의 시공시 시공불량을 방지하고 품질을 확보하기 위하여 현장에서의 콘크리트의 시공시의 주의사항 및 품질관리방법에 대하여 고찰하였다.

2. 콘크리트의 시공계획 및 관리

2.1 콘크리트의 시공계획상의 관리사항

구조체 콘크리트의 품질은 콘크리트의 운반, 타설 다짐방법 등에 의하여 큰 영향을 받기 때문에 콘크리

* 정회원, 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 한국원자력안전기술원 구조부지실 선임연구원

트 공사의 시공계획을 세울 때에는 설계 시공조건 및 종합 시공계획을 충분히 고려하여 시공계획(타설계획)을 수립하고, 특기사항 및 확인·승인·지시사항 등 필요사항을 명확히 해둘 필요가 있다. 또한 콘크리트 공사의 시공계획을 세운 경우는 콘크리트의 종류 및 품질, 타설조건, 콘크리트의 품질변화 등을 고려하여 콘크리트가 소요의 품질이 얻어지도록 충분히 검토해야 한다. 왜냐하면 콘크리트는 막대한 콘크리트의 품질이 아무리 우수해도 시공방법, 시공관리 및 품질관리가 부적절하면 각종 결함을 일으키게 되므로 시공관리체제를 강화해 공사에 앞서 작성한 품질관리계획서에 따라 콘크리트 타설전, 타설중 및 타설후에 있어서 적절한 시험·점검을 통한 콘크리트의 품질관리를 철저히 실시하지 않으면 안된다. 특히 최근에는 레미콘 제조공장의 의존도가 높아져 자칫하면 현장에서 콘크리트의 시공관리가 소홀하게 취급되어 검사도 형식적으로 이루어지고 있는 경향도 있으며, 워커빌리티가 저하한 레미콘이 현장에 도착된 경우 안이하게 현장에서 물을 첨가해 콘크리트의 워커빌리티 조정을 행하는 경우가 많이 지적되고 있으므로 철저한 관리가 필요하다.

콘크리트 공사의 시공계획상의 검토해야 할 관리항목을 정리하면 표 1과 같다.

2.2 시공시 관리를 위한 조직 및 역할분담

콘크리트를 타설할 때는 각종 작업이 있고, 이들 작업에는 많은 업종 직종의 사람들이 참여하며, 공사와 함께 실시해야 할 관리항목 및 전달할 정보량도 많기 때문에 공사가 계획한대로 수행될 수 있도록 하기 위해서는 시공자 및 협력업자등에 의한 조직을 구성하고, 각 조직의 인원 배정, 담당자의 역할과 책임, 정보전달 경로와 방법을 명확히 하여 지시나 정보가 말단까지 원활하게 전달되도록 해두는 것이 중요하다.

그림 1은 콘크리트 타설에 있어서 시공자 및 협력업자의 조직과 각 담당자의 역할분담에 관한 예를 나타낸 것이다. 콘크리트의 타설에 있어서 시공자 및 관련업자의 조직, 각 담당자의 역할과 책임, 정보전달 방법 등을 공사규모, 1일의 콘크리트 타설량 등에 따라 차이가 있다고 판단되기 때문에 상황에 따라서 변경하는 것이 필요하다.

표1 콘크리트 공사의 시공계획상의 관리항목

공정	직업항목	관 리 항 목
타 설 전	조직·역할	· 담당자의 역할과 책임 · 정보전달의 경로와 방법
	레미콘 구입	· 레미콘공장 선정(KS허가, 공급능력, 품질관리, 운반시간) · 레미콘 발주(콘크리트의 종류·품질·배합 등)
	타설계획 확인	· 타설구획, 타설시간, 시간당 타설량 · 타설·다짐기기의 종류와 대수
	거푸집 점검	· 거푸집의 위치 · 부재의 치수와 두께 · 이음의 위치·형상·재료
	철근 점검	· 철근의 위치(철근누락·피복두께) · 장착길이·겹어씀길이
	펌프 압송	· 압송업자선정(펌프기종·대수, Operator의 자격) · 펌프카의 배치·기종·대수, 배관 · 폐기 콘크리트의 처리
타 설 중	타 설	· 콘크리트의 품질 · 타설구획·순서·속도, 타설능률, 타설높이, 낙하높이 · 이어지기 시간간격의 한도 · 시공이음의 위치·형상
	다 짐	· 진동시간, 압입간격·압입깊이 · 콘크리트 표면의 다짐흔적
	표 면 마 감	· 마감치수
	양 생	· 양생방법·양생기간, 타설시기 · 건조·습도변화의 방지대책 · 유해한 진동·충격 및 승양물의 적재 방지대책 · 강우·강설대책
타 설 후	거푸집 제거	· 거푸집·동바리의 존치기간 · 구조체 콘크리트의 강도 · 거푸집 제거작업 · 유해한 결함의 조사·조치

3. 콘크리트의 타설 준비 및 작업관리

3.1 타설계획의 확인

시공업자는 콘크리트의 타설에 앞서 콘크리트의 타설구획, 즉 그 날에 타설할 타설할 범위를 정해 둘 필요가 있다. 일반적으로 타설구획은 1일의 타설량과 타설시간으로부터 결정되지만, 특히 균열방지의 관점에서부터 양질의 콘크리트를 제조하기 위해서는 1일에 타설되는 콘크리트의 양이 충분한 다짐이 이루어질 수 있고, 충분한 시공관리 및 품질관리가 가능한 타설속도의 범위내에서 타설구획을 설정하는 것이 중요하다.

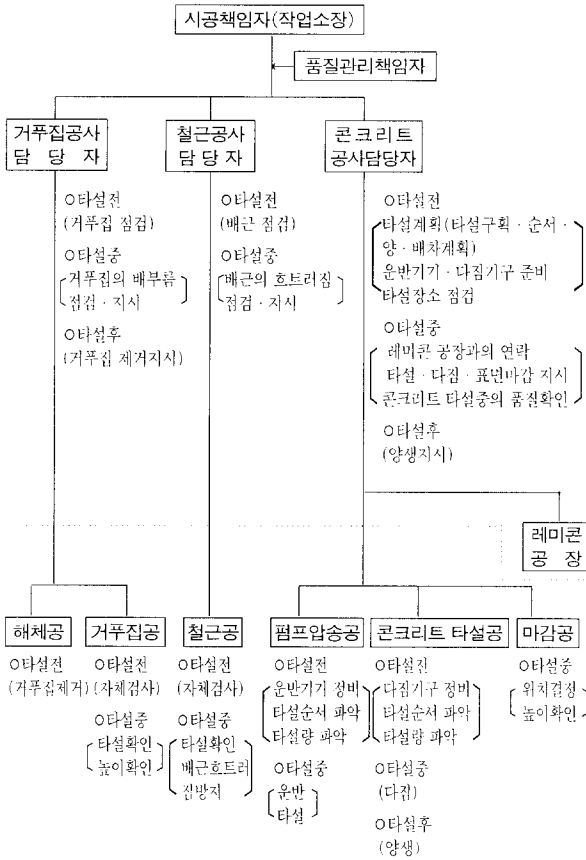


그림 1. 콘크리트의 타설조직과 역할분담의 예

또한 타설계획은 레미콘 공장의 1일 공급능력에 맞도록 정하여야 하며, 1시간당의 타설량(단위타설량)은 그날의 타설 다짐작업의 인원수 및 운반기기의 능력과 대수에도 좌우되기 때문에 펌프압송량만을 기초로 타설계획이 작성되어서는 안된다. 특히 일반 공사현장의 경우 공기단축만을 지나치게 중시하여 무리하게 야간작업을 하는 경우가 많은데, 야간작업은 될 수 있는대로 실시하지 않도록 타설계획을 수립하고, 시공계획상 부득이하게 야간작업을 실시하는 경우라도 너무 길게 되지 않도록 타설계획을 수립·관리해야 한다.

3.2 콘크리트의 타설 준비

(1) 콘크리트 펌프카의 배치 및 배관

콘크리트 펌프카는 레미콘 트럭의 진입·퇴출이

용이하고, 배관거리가 최소로 되며, 또 타설계획상 사정이 좋은 위치에 설치해야 하고, 펌프카에서의 콘크리트의 공급시간을 짧게 하고 중단없이 공급하기 위하여 1대의 펌프카에 2대의 레미콘 트럭을 달 수 있는 장소가 바람직하며, 바닥이 연약할 경우에는 철판 등을 깔아 타설에 지장이 없도록 해야 한다.

한편, 배관시에는 1일의 타설장소에서 가장 펌프로부터 먼 곳까지 배관하고 짐차 이것을 떼어 내면서 콘크리트를 타설하는 것이 일반적이므로 배관은 최단거리가 되도록 계획하고 절곡된 관이나 Flexible Hose의 사용을 될 수 있는대로 작게 하고, 수송관은 직접 거푸집이나 슬래브, 보의 철근, 또는 타설후 아직 충분히 경화되지 않은 콘크리트 등에 접하지 않도록 관리해야 한다. 또한 관자체나 Joint에도 무리한 힘이 가해지지 않도록 해야 하며, 하절기 고온의 경우에는 직사광선에 의하여 수송관의 온도가 상승하여 콘크리트의 품질은 물론 압송성에 악영향을 미치기 때문에 수송관을 Sheet 등으로 피복양생하여 수송관의 온도가 상승하지 않도록 관리해야 한다.

(2) 타설 작업원의 배치

최근의 콘크리트 타설에 있어서는 타설작업의 기계화에 의해 작업원의 수가 대단히 적어지는 경향을 보이고 있으므로 사전에 작업원의 배치계획을 입안하여 타설을 할 때 필요한 작업원(펌프카의 Operator, 배관공, 타설, 다짐, 마무리 담당) 외에 레미콘 트럭의 유도, 펌프카와의 연결 등의 작업자에 관해서도 수배하여야 한다. 특히 작업원의 콘크리트에 대한 지식·이해부족 및 품질에 대한 의식결여로 인한 시공상의 문제점이 많이 지적되고 있으므로 배치한 작업원에게는 각각의 작업내용을 설명하고 적절한 기술적 지식을 부여할 필요가 있다.

3.3 거푸집 조립상의 관리사항

타설한 콘크리트는 충분한 강도가 얻어지지 않은 시기에 거푸집의 배부름, 측압 및 지반의 내려부족 등 여러 가지 원인에 의하여 거푸집의 변형이 일어나면 콘크리트에 파단을 일으키고 균열이 발생한다. 따

라서 거푸집의 설계에 있어서는 유해한 누수 부분이 없고 제거가 쉬우며 콘크리트 타설시에 안전해야 하므로 연직하중, 수평하중 및 콘크리트의 축압의 조건에 의해 휨, 처짐, 좌굴 등에 관하여 검토할 필요가 있으며, 시공에 있어서는 거푸집의 기본 치수, 형상을 설계도 또는 조립순서, 거푸집의 이음, 조임 간격 등에 관하여 검토하여야 한다.

또한 거푸집은 그 설계나 가공에 충분하게 검토된 부재라도 그것을 현장에서 조립한 결과나 콘크리트 타설조건에서 良否가 좌우되기 때문에 조립에서의 精度에는 충분한 시공관리가 필요하다.

따라서 콘크리트의 타설에 앞서 거푸집의 치수 精度, 동바리의 안전성에 관하여 검사하고, 콘크리트의 타설에 지장이 없는가를 확인해야 하며, 거푸집의 검사는 각 조립작업단계에서 기둥, 벽, 보, 슬래브 등의 치수, 높이 등의 精度를 조사하거나, 조립이 완료된 상태에서 전반에 걸쳐 콘크리트 타설시의 안전성에 관하여 세부적으로 검사하여 시정, 보강 등을 실시해야 한다.

한편, 공사현장에 있어서 시공이음부에 대한 거푸집의 검사를 소홀히 함으로써 콘크리트면과 거푸집 사이에 틈새가 존재함에 따라 혼합수 및 시멘트 페이스트의 누출에 따른 재료분리 또는 이를 방지하기 위해 타설시 양생포 등으로 틈새를 막음으로써 시공이음부의 양생포 매입은 물론, 경화후 콘크리트면의 단차 등의 결함이 발생하고 있으므로 시공이음부의 거푸집 조립검사에도 특히 유의해야 한다.

3.4 철근 조립상의 관리사항

철근콘크리트 구조물의 경우 철근은 인장력과 전단력에 저항하도록 배치되고, 또한 콘크리트에 발생한 균열폭의 성장을 작게 하는 역할을 하기 때문에 철근은 부재의 단면배근도에 나타난 위치에 바르게 배근하지 않으면 소요의 강도를 가진 구조물을 만들 수 없게 된다. 따라서 소정 굵기의 철근을 피복두께를 충분히 확보할 수 있고 콘크리트가 충전되기 쉽도록 설계도에 나타난 위치에 정확하게 배근시키기 위하여 시공도의 조립순서에 따라서 배근하여야 하며, 콘크리트 타설전에 반드시 이를 검사·확인하여 관리해야 한다.

특히 일반 공사현장의 경우에는 설계서상의 소정 굵기보다 작은 직경의 철근을 사용하거나, 심지어는 소요 철근을 누락함에 따른 소요 철근량 부족으로 인한 구조물의 손상 발생은 물론, 철근의 가공·조립 및 거푸집 조립시의 精度 부족과 콘크리트 타설시의 배근의 흐트러짐에 의한 철근의 피복두께 부족으로 인한 구조물의 내구성 저하 등 많은 문제점이 지적되는 등 철근의 조립·관리상의 많은 허점이 드러나고 있어 엄격한 검사가 요구되고 있는 실정이다.

한편, 최근에는 철근의 정착길이 및 겹이음길이의 부족으로 인한 구조물의 손상사태가 빈번하게 보고되고 있음을 감안할 때 철근의 정착길이 및 겹이음길이를 충분히 확보할 수 있도록 반드시 설계서, 시공도서에 나타난 치수대로 배근되었는지를 확인하는 것도 시공관리상 대단히 중요한 항목의 하나이다.

또한 매입 금속물질이나 설비배관 주위에 관해서도 피복두께가 충분하게 확보되고 있는가에 주의할 필요가 있으며, 개구부에 가로·세로의 보강철근외에도 반드시 경사 보강철근을 배근하여 철근에 응력을 분담시켜 균열의 성장을 정지시킬 수 있도록 관리할 필요가 있다.

4. 콘크리트의 타설 및 다짐

4.1 콘크리트의 타설

(1) 타설 순서

콘크리트의 타설은 그림 2에 나타난 것처럼 콘크리트를 받아들이는 장소에서 가장 먼 곳부터 작업원에 가까운 쪽을 향하여 타설해 나가는 것이 원칙이다. 이것은 콘크리트 펌프의 수송관의 배관을 점점 짧게 해가는 절차를 취하므로써 타설된 콘크리트면

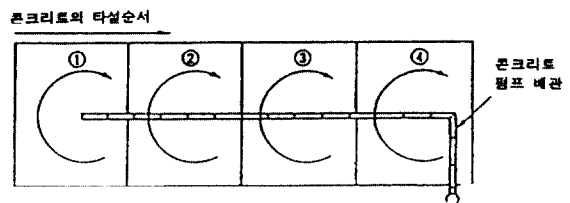


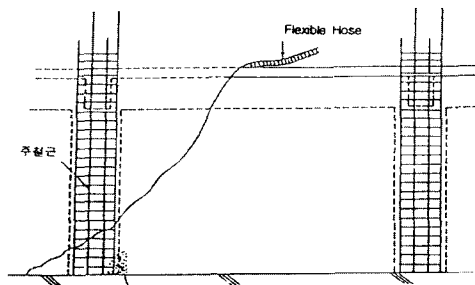
그림 2. 콘크리트의 타설순서

과 마무리된 슬래브 표면을 훼손시키거나 손상을 주지 않고, Flexible Hose의 이동이나 수송관의 배관 교체등의 작업에 의해서 철근이 흐트러지는 것을 방지하기 위해서이다. 타설순서는 1회의 타설구획 전체의 콘크리트 타설 높이가 항상 거의 수평이 되도록 하고, 한곳에서의 1회의 타설높이가 너무 높게 되지 않도록 타설하는 것이 바람직하다.

(2) 타설 방법

콘크리트를 타설할 때에는 사전에 계획된 타설순서를 타설전에 작업원에게 철저히 숙지시킨다. 콘크리트는 타설작업이 개시되면 상당한 문제가 생기지 않는 한 사전에 계획된 작업구획을 완료할 때까지 연속해서 타설하고, 콘크리트가 일체로 되도록 하여 쿨드조인트를 만들지 않도록 해야 한다. 쿨드조인트는 일반적으로 먼저 타설된 콘크리트의 응결정도, 비비기로부터 타설종료까지의 시간, 이어치기 시간간격, 타설부의 다짐방법 및 콘크리트의 온도 등에 따라 좌우된다. 계속되는 타설중에 있어서 이어치기 시간간격의 한도는 콘크리트의 운반시간과 관계가 있고, 참고로 JASS 5에서는 외기온도가 25℃미만의 경우에는 150분 이내, 25℃이상의 경우에는 120분 이내로 하고, 먼저 타설된 콘크리트의 재진동 가능시간 이내로 하고 있다.

또한 콘크리트는 재료가 분리하지 않도록 균일하게 타설해야 하며, 될 수 있는대로 동일한 낙하구로부터 옆으로 흘러보내지 않도록 타설하는 것이 중요하다. (그림 3 참조), 콘크리트를 번곳으로 흘러보낸 경우에는 콘크리트중의 골재가 철근에 걸려 분리 및 쿨드조인트가 발생하지 않도록 효과적일 진동다짐을



콘크리트가 옆으로 흐르기 때문에 골재는
받개가 수평면에 걸려 공동을 일으키기
있다(적절한 진동다짐을 실시할 것).

그림 3. 콘크리트의 흐름

실시할 필요가 있다.

또한 콘크리트는 슈트, 호스 등을 사용하여 타설되는데, 이들 선단과 타설면과의 높이차가 지나치게 크면 콘크리트의 분리가 일어나고, 콘크리트의 낙하충격으로 철근 위치를 이동시키거나 Spacer 등을 벗겨내기도 할 우려가 있으므로 콘크리트의 낙하높이를 너무 크게 해서는 안된다.

한편, 부재두께가 큰 매스 콘크리트의 경우에는 시멘트의 수화열에 의하여 콘크리트의 내부온도가 상승해 온도균열이 발생하기 쉽기 때문에 온도균열이 발생하지 않도록 1회 타설되는 콘크리트의 높이를 1m 이하로 하여 분할·다층 타설하는 것이 바람직하다. 이것이 불가능한 경우에는 오히려 한 번에 대량의 콘크리트를 타설하는 경우가 구속응력이 작고 이음부를 적게 할 수 있기 때문에 최근에는 이 방법이 권장되고 있다.

또한 타설중에 눈이나 비를 맞은 콘크리트는 보통 건전한 콘크리트보다 품질이 떨어지는 경향이 있기 때문에 적절한 조치에 의해서 건전한 콘크리트의 품질로 균등하게 되도록 해야 한다.

(3) 타설 속도

최근의 콘크리트 타설에서는 공정과 펌프 압송능력을 지나치게 중요시 한 나머지 노무능력이나 다짐능력을 초월한 타설속도로 시공하는 경우가 나타나고 있다. 이것은 비교적 묽은 배합 콘크리트를 사용하는 경향과 함께 다짐이 불충분하게 되는 경향이 많고, 나아가서는 콘크리트의 침하균열이 발생하는 등 구조체로서의 콘크리트의 품질저하를 초래할 우려가 있으므로 타설 및 다짐이 충분하게 이루어진다는 것을 전제로 하여 타설속도를 결정할 필요가 있다.

또한 콘크리트의 타설속도가 빠르게 되면 수화열의 방출속도가 느리게 되어 온도상승이 크게 되기 때문에 균열이 발생할 가능성이 커지기 이 때문에 타설속도를 제한할 필요가 있다.

(4) 시공이음면의 처리와 콘크리트 타설

콘크리트는 구조체의 일체화를 도모하기 위하여 될 수 있는대로 연속적으로 타설하는 것이 바람직하지만, 대부분의 경우에는 시공이음을 피하는 것은 불가능하다. 시공이음부를 설치하는 경우에는 일반적

으로 시공이음부는 구조계산상 고려되지 않고 콘크리트는 일체라고 고려되고 있기 때문에 시공이음의 위치결정과 시공은 신중하게 하지 않으면 안된다.

따라서 구조물이 완성된 후 받게 될 응력상태 등을 고려하여 구조상 그다지 지장이 없는 응력이 최소로 되는 위치이어야 하며, 아울러 시공이 쉬운 위치에 설치하지 않으면 안된다. 일반적으로 벽, 보 및 슬래브 등의 수직이음부는 시공의 악조건이 생기기 때문에 될수 있는대로 설치하지 않는 것이 좋으며, 부득이한 경우여는 전단력이 작은 부재의 중앙부에 설치해야 하고, 기둥 및 벽에서는 슬래브 및 기초의 상단 또는 보의 하단에 설치해야 한다.

한편, 시공이음부의 시공시에는 수평이음의 경우, 먼저 미리 타설된 콘크리트면의 레이턴스 및 유리된 골재 등을 제거하고 Chipping 또는 Water-Jet 등에 의한 시공이음부를 처리한 후, 청소하고 물을 뿌려 콘크리트의 이음면을 충분히 적신 다음, 타설전에 여분의 물을 제거하고 타설해야 하는데, 콘크리트의 타설개시에 앞서 먼저 모르터를 타설한 다음 바로 콘크리트 타설을 실시하는 것이 일반적이다. 또한 수직이음의 경우에는 일반적으로 이음면의 칸막이 거푸집을 제거하고 필요에 따라 Wire Brush나 Water-Jet을 이용하여 시공이음면을 거칠게 한 후, 콘크리트 타설전에 콘크리트를 충분히 물로 적신 다음 타설한다.

(5) 콘크리트 타설중의 관리

콘크리트를 타설할 때는 관리도를 작성하고 레미콘 트럭의 배차, 콘크리트의 받아들이는 시간 및 운반시간을 조사하며, 필요에 따라 레미콘 공장에 연락하여 배차간격을 조정한다. 타설직전의 콘크리트의 품질에 관해서는 육안으로 위커빌리티가 양호한지 여부를 점검 관리하지만 받아들이는 지점의 콘크리트의 품질에 변동이 발생할 경우에는 레미콘 공장에 연락하여 적절한 조치를 취해야 한다.

또한 콘크리트를 타설할 때는 타설구획, 타설순서, 타설속도가 시공계획서대로 이루어지고 있는가를 확인하고, 타설능률에 관해서는 다짐능력이나 작업원수를 고려하여 작업상황을 파악한다.

콘크리트의 타설구획은 펌프의 압송능력, 타설 다짐능력 등을 고려하여 계획되어 있지만, 그 이상의

구획을 타설하기 위해서는 펌프능력이 큰 것을 사용하거나, 또는 펌프의 대수를 증가시키도록 관리한다.

4.2 콘크리트의 다짐

진동기는 크게 나누어 봉형진동기와 거푸집 진동기가 있는데, 거푸집 진동기는 외부에서 진동을 주기 때문에 다짐효과는 크게 기대할 수 없으므로 원칙적으로 봉형진동기를 사용하고, 봉형진동기를 사용할 수 없는 경우나 보조적으로 거푸집 진동기를 사용하도록 한다.

봉형진동기를 이용하여 다짐을 실시할 때의 주의사항은 다음과 같다.

① 다짐은 타설한 각 층마다 실시하고, 진동기의 선단은 먼저 타설한 층의 약 10 cm 정도까지 들어가도록 수직으로 삽입한다(그림 4 참조).

② 철근, 철골, 거푸집 등에 진동기를 직접 접촉해서 진동시켜서는 안된다. 어쩔수 없이 철근에 진동을 가하는 경우에는 철근이 흐트러지지 않도록 조치를 취할 필요가 있다.

③ 콘크리트의 1층 타설높이는 봉형진동기의 길이가 60~80 cm 정도이므로 그 이하로 한다.

④ 삽입간격은 50~60 cm를 표준으로 하지만, 직경이 작은 진동기를 사용할 때 경우에는 삽입간격을 작게 할 필요가 있다.

⑤ 이음부의 칸막이 거푸집이나 배관 등의 매설물 주변은 일반의 경우보다 삽입간격을 작게 한다.

⑥ 동일 개소에서의 진동시간은 10~20초 정도로 한다. 진동을 한 곳에서 너무 길게 하면 콘크리트가

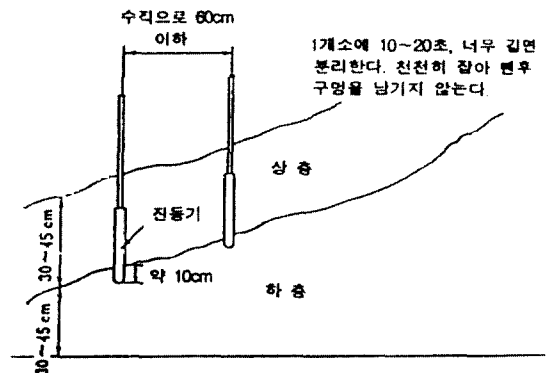


그림 4. 내부진동기의 바른 사용방법

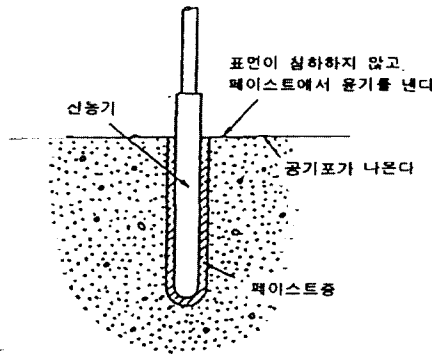


그림 5. 다짐의 확인방법

분리되기 때문에 일반적으로 진동시간은 타설된 콘크리트면이 거의 수평으로 되고, 콘크리트의 표면에 시멘트 페이스트가 얇게 떠오를 정도로 하는 것이 적당하다(그림 5 참조).

⑦ 소정 시간동안 진동을 가한 후 콘크리트에 구멍이 생기지 않도록 서서히 사방으로 진동을 주면서 뽑아낸다.

⑧ 콘크리트를 옆으로 돌려 보낼 목적으로 진동기를 사용해서는 안된다.

⑨ 진동에 의하여 수분이 과도하게 떠오르고 있는 경우에는 진동량(진동 간격, 시간)을 감소시키는 것 보다는 오히려 슬럼프가 작게 되도록 콘크리트의 배합을 변경하는 것이 좋다.

⑩ 과도한 진동보다는 진동이 부족한 경우가 콘크리트의 품질이 저하하는 경우가 많다.

⑪ 한 번 다짐한 콘크리트를 다시 진동하는 경우의 시비에 관해서는 여러 가지 설이 있지만, 철근이나 골재의 하면에 집중된 수분을 제거하는 효과가 있고, 압축강도도 증대하는 것으로 판명되고 있다. 재진동시키는 진동하고 있는 봉형진동기가 자중으로 콘크리트 중에 침하하는 범위에서 될 수 있는대로 늦게 하는 경우가 좋다.

⑫ 진동기를 공운전하면 고장의 원인으로 되기 때문에 콘크리트에서 뽑아낸 후에는 회전시키지 않도록 한다.

한편, 거푸집 진동기는 봉형진동기의 보조로서 병용하는 것이 좋으며, 슬럼프가 21 cm 정도의 묽은 반죽 콘크리트에서는 효과적이다. 거푸집진동기는 높은 벽, 기둥 등의 수직부재에 사용하는데 거푸집이

변형하지 않도록 각재나 등근 파이프로 Jig를 이용하여 설치한다. 거푸집진동기에 의한 다짐은 부재의 두께, 형상, 거푸집의 강성 및 콘크리트의 타설방법 등에 따라 다르지만, 슬럼프가 18cm정도의 경우는 1~3분을 표준으로 한다. 또한 진동기를 설치하는 위치는 콜드조인트를 방지하기 위하여 먼저 타설된 콘크리트의 표면보다 약 30cm 아래의 범위로 한다. 또한 진동에 의해 Form Tie의 나사가 풀림이나 거푸집판의 팽창이 일어나지 않도록 거푸집의 조립을 견고하게 해준다. 진동기의 설치간격은 보통 벽의 경우 2~3m에 1대로 하고 있다.

5. 콘크리트의 양생

5.1 콘크리트의 양생

콘크리트는 시멘트의 수화반응에 의해서 경화하여 소요의 품질이 얻어지므로 완전하게 경화하지 않은 상태에 있어서 기상(온도, 습도, 햇빛, 바람), 하중 등에 의한 해로운 영향을 피하기 위하여 타설후 일정 기간동안 콘크리트를 보호해야 한다. 따라서 평상시의 기온에 있어서는 콘크리트 타설직후의 양생의 필요성은 외관적으로 나타나기 어렵기 때문에 현장작업에서 자칫 안이하게 생각하기 쉬우나, 하절기 및 동절기에 있어서는 양생을 부적절하게 하면 초기균열 및 동결 등에 의한 품질저하를 초래하는 원인이 되기 때문에 충분한 주의를 기울이지 않으면 안된다.

(1) 양생 기간

양생은 장기간에 걸쳐 충분하게 실시하는 것이 바람직하고, 특히 초기 재령에서는 습윤양생을 실시하는 것이 중요하다. 이 기간의 양생이 부적절하면 소요의 품질이 얻어지지 않을 뿐만 아니라, 건조수축에 의한 균열이 발생하게 된다.

양생기간에 관해서 ACI 349 Part 3에서는 콘크리트는 타설후 습윤양생 상태의 50°F 이상의 조건하에서 조강 시멘트를 사용한 콘크리트를 제외한 콘크리트의 경우 7일 이상, 조강 시멘트를 사용한 콘크리트의 경우 3일 이상 양생하여야 한다고 규정하고 있으며, 콘크리트 표준시방서에서는 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 5일 이상, 조강 시멘트의 경우 3일 이상

으로 하고 있는데, 이는 최저일수를 나타낸 것이고, 구조물의 종류, 부위, 시공방법, 환경, 기상조건 등에 따라 충분히 고려하여 결정하는 것이 중요하다.

(2) 서중 콘크리트의 양생

기온이 높고, 수분의 급격한 증발 등의 우려가 있는 서중 콘크리트에 있어서는 시멘트의 수화반응이 촉진되어 응결·경화가 빠르게 일어난다. 따라서 하절기의 콘크리트 타설에서는 콜드조인트의 발생, 급격한 표면 건조에 의한 초기 균열, 또는 온도상승차에 의한 온도변형 등의 가능성이 특히 현저하게 나타난다.

따라서 서중 콘크리트의 시공시에는 콘크리트 타설전후에 거푸집 및 콘크리트에 살수와 덮개에 의한 양생을 실시한다. 하절기에 있어서 살수는 증발이 빠르게 일어나기 때문에 1일에 한 번만 주면 된다고 하는 생각을 버리고 기상조건을 감안하여 기온에 의해 콘크리트의 온도가 상승되지 않도록 항상 습윤상태로 해두는 것이 바람직하다. 특히 단면이 큰 매스 콘크리트에 있어서는 수화열의 축적에 의해 내부온도가 상승하여 콘크리트 내부와 외부의 온도차에 의한 균열이 발생하는 경우가 있기 때문에 덮개나 살수양생을 실시할 때 주의할 필요가 있다.

(3) 한중 콘크리트의 양생

동절기에서의 양생은 콘크리트의 초기 동해를 방지할 수 있고, 소정의 시기에 소요의 강도를 얻도록 하기 위한 초기양생이 가장 중요하다. 콘크리트 타설 후 동결이 일어나지 않도록 타설한 콘크리트의 모든 부분에서 온도가 0℃ 이하로 내려가지 않도록 보온양생을 실시할 필요가 있으며, 콘크리트 표준시방서에서는 표 2에 나타낸 바와 같이 한중 콘크리트의 양생을 실시해야 한다고 규정하고 있다.

한편, 양생방법을 선정할 때는 외기의 조건이 심하

표 2. 한중 콘크리트의 양생기준(일)

구조물의 노출상태	단면	보통의 경우		
		보통포틀랜드 시멘트	조강포틀랜드 시멘트	혼합시멘트 B종
1) 연속 또는 자수 불교포화되는 부분	5℃	9	5	12
	10℃	7	4	9
2) 보통의 노출상태이 있고 기동 제외한 부분	5℃	4	3	5
	10℃	3	2	4

지 않은 경우에는 시멘트의 수화열을 고려하여 적절한 보온 단열재로 표면을 덮어 보양하고, 외기의 조건이 혹심할 때는 보호덮개 및 가열장비를 이용하여 양생한다. 가열 보온조치를 실시할 경우에는 방풍, 내후적이어야 하며, 국부적 온도상승을 피해야 하고 연소식 가열장비를 사용할 경우에는 CO₂에 의한 콘크리트 표면의 피해를 방지할 수 있도록 환기에 유의해야 한다.

5.2 거푸집 존치기간

거푸집은 콘크리트의 소요 강도를 초월할 때까지 설치하고 경화후에는 불필요하다. 따라서 거푸집은 굳지 않은 콘크리트를 소정의 형상·치수로 유지하고 소요 콘크리트의 품질이 얻어질 때까지의 양생도 겸하는 것이다. 거푸집의 제거시기는 시멘트의 종류, 배합, 거푸집의 설치장소 및 기상조건 등에 따라서 다르며, 거푸집의 제거한계는 콘크리트의 압축강도를 기본으로 하고 구조내력상 지장이 없는 것을 전제로 해야 한다. 콘크리트 표준시방서에서는 특별한 경우를 제외하고 표 3과 같이 규정하고 있다.

표 3. 거푸집의 존치기간을 결정하기 위한 콘크리트의 압축강도

부재면의 종류	콘크리트의 압축강도 (kg/cm ²)
두꺼운 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 경사면 상면, 작은 이치의 외면	35
얇은 부재의 연직 또는 연직에 가까운 면, 45°보다 급한 경사의 하면, 작은 아치의 내면	50
교량, 건물 등의 슬래브 및 보, 45°보다 느린 경사면의 하면	140

표 4. 거푸집의 존치기간을 결정하기 위한 콘크리트의 압축강도 및 재령

시멘트의 종류	조강	보통		슬래브(바닥, 지붕) 및 보의 아래			
		혼합A종*	혼합B종*	조강	보통 혼합A종*	혼합B종*	
콘크리트 압축강도		50kg/cm ²		설계기준강도의 50%			
콘크리트 재령(일)	평균기온 20℃ 이상	2	4	5	4	7	8
	평균기온 10~20℃	3	6	8	5	8	10

NOTE : * 혼합시멘트란 고로시멘트, 실리카 시멘트, 플라이애쉬 시멘트를 모두 말함

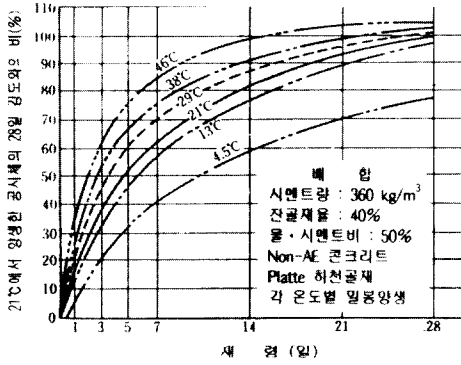


그림 6. 양생온도와 콘크리트 강도의 관계

또한 거푸집을 제거하는데 필요한 콘크리트의 압축강도는 비교적 단기간에 얻어지기 때문에 JASS-5에서는 특별한 경우를 제외하고 거푸집 존치기간 중의 평균기온이 10°C 이상의 경우에는 표 4에 나타낸 콘크리트의 재령 이상이 경과하면 강도시험을 실시하지 않고 거푸집을 제거할 수 있다고 규정하고 있다. 또한 평균기온이 낮은 경우는 적산온도와 압축강도와의 관계로부터 50kg/cm²이 얻어지는 재령을 확인해 두어야 하며, 그림 6에서도 대략의 기간을 알 수 있다.

한편, 거푸집의 전용, 공기의 단축만을 고려하여 거푸집 및 동바리의 제거를 무리하게 하는 경향이 있기 때문에 주의하지 않으면 안되며, 강도부족에 의해 발생하는 균열은 시공에 있어서는 특히 주의할 필요가 있으므로 엄중하게 관리하지 않으면 안된다.

한편, Span이 큰 바닥슬래브, 보 등의 동바리를 일찍 제거함에 의한 콘크리트의 균열은 구조물에 치명적인 결함으로 되기 때문에 거푸집 수량의 확보, 공정의 배분 등 거푸집 공사의 실시계획을 세워 적절하게 관리할 필요가 있다. 참고로 JASS-5에서는 동바리의 존치기간에 대하여 특별한 경우 이외에는 콘크리트의 압축강도 시험을 실시하여 슬래브의 경우 설계기준강도의 85% 이상, 보의 경우 설계기준강도 이상이 확인될 때까지로 규정하고 있다.

6. 맺음말

콘크리트의 시공에 있어서 항상 고려하지 않으면

안되는 것은 소요의 강도, 내구성 등의 품질을 가지면서 품질변동이 적게 제조되어야 하며, 또한 운반된 콘크리트는 될 수 있는대로 재료분리가 일어나지 않도록 확실하게 타설·다짐을 실시함과 동시에 적절한 양생을 실시하여 균질하고 밀실한 콘크리트로 해야 하는 것이다. 이를 위해서는 설계서, 시방서 및 CODE상에 나타난 규격의 구조물을 만들고 결함을 사전에 방지하여 유해한 것을 제거하며, 품질변동을 허용범위 내로 최소화하고 이상원인을 조사·분석하여 시정조치함으로써 경제적이고 내구적인 구조물을 만들며 생산성을 향상시키기 위한 관리가 필요하다.

따라서 본고에서는 전술한 것처럼, 콘크리트 구조물의 시공불량을 방지하고 시공시의 품질확보 및 품질개선을 위하여 시공시 고려해야 할 사항 및 공사의 공정에 따라서 품질관리항목을 관리하고, 미비한 점이 있으면 곧바로 개선함과 함께 재발방지대책을 강구하여 Feed-back을 실시하는 등의 관리방법에 대하여 서술하였으며, 건설현장에 있어서 유용하게 활용되어 우리나라 건설기술 발전에 일조할 수 있기를 기대한다.

참고 문헌

1. 대한토목학회, "콘크리트 표준시방서", 1996
2. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 균열", 제7회 기술강좌, 1997
3. ACI-303R, "Guide to Cast-in-Place Architectural Concrete", ACI Manual Part 3, 1982
4. ACI-304R, "Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete", ACI Manual Part 2, 1989
5. ACI-308, "Standard Practice for Curing Concrete", ACI Manual Part 2, 1986
6. ACI-309.1R, "Behavior of Fresh Concrete During Vibration", ACI Manual Part 2, 1986
7. 日本建築學會, "コンクリートの品質管理指針・同解説", 技報堂, 249p. 1991
8. 日本建築業協會, "コンクリートのひびわれ防止対策", 鹿島出版, 202p. 1989