

특집

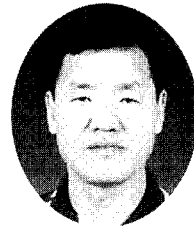
|| 노출 콘크리트 ||

노출 콘크리트 시공

- Construction of Exposed Concrete -



이영준*



박범신**



김연수***

1. 서 언

노출 콘크리트는 최근 연구소, 월드컵 경기장, 도서관, 종교 시설, 별장 등 많은 건축물에 적용되고 있으며 그 특유의 매력 때문에 활용도는 점점 확대될 것으로 판단된다. 이와 같이 노출 콘크리트가 인기를 끌고 있는 것은 노출 콘크리트 표정이 시간, 기후에 따라 다양하게 변화하며 무겁게, 가볍게, 거칠게, 또는 매끄럽게도 되는 등 콘크리트 소재가 갖는 의외의 변화와 연출이 발주자 및 건축가가 의도하는 컨셉에 부합하기 때문이라고 생각된다. 즉, 건축가 중 대부분은 일생에 남을 노출 콘크리트 작품을 설계하려는 마음을 다 가지고 있으며, 발주자는 노출 콘크리트 건물의 유일성과 함께 내구적이며 유지 관리가 용이한 측면에서 노출 콘크리트를 선호하고 있다. 그러나, 실제로 노출 콘크리트 건축물을 살펴보면 그 의도와는 정반대의 현상이 나타난 것이 많아 아직도 노출 콘크리트는 시기상조라든가 돈을 많이 투자하지 않으면 성공할 수 없다든가 하는 자조적인 의견이 팽배해 있는 것이 현실이다. 이는 이상과 현실의 괴리에서 오는 문제로 현장을 이해하고 있지 못한 탁상공론자들에 의한 시공 기술 경시 사상에서 비롯된 것으로 지금부터라도 콘크리트가 반제품인 재료 특성상 현장을 중심으로 한 노출 콘크리트 시공 기술의 개발이 절실히 요구된다.

본고에서는 이러한 배경 하에 노출 콘크리트의 성패를 가장 크게 좌우하는 시공 기술 전반에 대하여 그동안 노출 콘크리트 현장 실무자로서의 경험을 바탕으로 노출 콘크리트 시공에 대하여 문제점 및 대책에 대하여 알기 쉽게 설명하고자 한다.

2. 노출 콘크리트 설계 및 시공 계획

2.1 노출 콘크리트 설계시 중요 결정 사항

1) 품질 조건 및 공사비를 먼저 결정한다.

먼저 현장 조건 및 공사비 산정의 적정성을 면밀히 검토하여 노출 콘크리트 시공이 용이하겠는가를 살펴본다. 왜냐하면 대부분 발주자나 설계자가 요구하는 노출 콘크리트 품질은 고품질을 요구하나 실제 공사비가 태반 부족한 경우가 대부분으로 약속 이행에 대한 책임 소재 분쟁이 많이 발생하기 때문이다. 따라서, 할 수 없는 것을 단순히 마감재로 눈가림하는 일반 콘크리트 구조물로 생각하여 수수하고 보지는 생각은 큰 낭패를 보는 결과를 초래하므로 발주자, 설계자, 시공자는 3위일체가 되어 사전 협의 를 면밀히 진행해서 합의를 이룬 후 일을 시작해야 한다.

2) 면의 질감을 결정한다.

노출 콘크리트 표면 마감은 일반 노출, 광택 노출, 무늬 노출 등 다종다양하며 그 표정이 건물 전체의 이미지를 결정하게 되므로 사전에 면의 질감 및 시공 품질을 확인하는 것이 매우 중요하다

* 인천 제일교회 현장 소장

** (주)에간건설 대표이사

*** (주)풍양산업 대표이사

다. 이것은 노출 콘크리트 면의 품질 또는 종류에 따라 전체 공사비 변화가 상당히 발생되기 때문에, 현장에서 종종 일반 노출 콘크리트로 설계하여 그 설계도면에 의하여 공사를 계약하였다가 건축주나 설계자가 고품질의 노출 콘크리트를 요구하게 되면 전체 공사비는 막대하게 증대되거나 공사 불능 상태에 빠지는 것이 부지기수이기 때문이다.

3) 면의 분할을 결정한다.

노출 콘크리트 면의 전체 이미지는 거의 합판에 의한 면의 분할에 따라 결정되는 것이 대부분이므로, 이의 계획시에는 합판은 3'x6' 또는 4'x8' 중 어느 것을 기본 모듈로 선택할 것인가?, 합판의 이음으로 나타나는 선은 종으로 할 것인가, 횡으로 할 것인가?, 기둥과 기둥 사이 스펠에서 합판의 이음선은 어디서부터 둘 것인가?, 줄눈을 시공할 것인지 여부와 시공할 경우 줄눈의 간격과 크기 결정은 어떻게 할 것인가?, 폼타이를 결정한 후 그 간격을 어떻게 결정할 것인가?, 콘은 어떠한 종류를 사용할 것인가 등 종합적인 검토가 필요하다.

4) 노출 콘크리트 면 균열 저감 대책 및 코팅 방법을 결정한다.

노출 콘크리트의 가장 큰 문제는 균열 발생이다. 구조상의 크랙을 방지하기 위해선 기둥과 벽을 균형 있게 계획하여 응력을 균등하게 분포시키고, 균열의 유도를 위해서 기둥에서 가까운 곳을 택하여 크랙이 발생하도록 균열 유발 줄눈을 내부와 외부에 설치하여야 한다. 또한, 노출 콘크리트는 수려한 외부 마감을 반영구적으로 유지하고 내구성을 향상시키기 위해서는 반드시 발수제와 같은 유효한 표면 코팅을 실시해야 하며 특히, 발수제 선택에 있어서는 노출 콘크리트가 본래 가지고 있는 질감 및 색채를 유지할 수 있는 것, 유지 관리 사이클이 긴 것을 선택할 필요가 있다. 또한, 노출 콘크리트 시공시 발생하는 시공 하자는 최근의 보수 기술 개발에 따라 충분히 커버할 수 있으므로 노출 콘크리트 마감을 포기하지 않고 전문가와 상의하는 것이 바람직하다.

2.2 노출 콘크리트 시공 계획

1) 시공 조건 및 문제점 파악

시공 조건 파악에서는 우선 설계도면이나 시방서에 수치로 표기할 수 없는 콘크리트의 색상, 노출 콘크리트의 품질이나 면의 질감, 줄눈의 규격과 간격, 합판 크기와 모듈(module), 폼타이와 콘의 배열 등에 대한 기준 설정을 실시한다. 또한, 노출 콘크리트 공사에서 발생할 수 있는 많은 문제점을 조기 발굴하여 적정한 시공 기술을 검토함과 동시에 시공지는 시공 하자를 원천적으로 예방하기 위하여 설계, 감리, 발주처와 긴밀히 협의하여 반드시 시공하고자 하는 건축물 일부 모형을 축소하여 별도의 장소, 실제로 시공할 건축 구조물 지하층, 또는 노출 콘크리트 면

이 아닌 곳에 MOCK-UP 계획을 수립하여 시공하고 이를 종합적으로 검토하여 시공시 발생하는 문제점과 발주자 및 설계자의 요구 품질을 확인하고 문제점에 대한 대책을 수립해야 한다.

2) Mock-Up 실험에 의한 문제점 검토 항목

- ① 재료 : 시멘트 색상, 골재 크기, 물, 혼화제 등
- ② 품질 : 설계기준강도, 슬럼프, 공기량, 염분 혼입량 등
- ③ 거푸집 : 거푸집 자재, 표면 처리 상태, 코너 주위 처리 상태, 각종 줄눈 상태, 콘 주위 상태, Open-box(각종 창문, 전기 설비, 소화전) 주위 상태
- ④ 마감 : 표면 품질 상태, 콘크리트 색상, 표면 코팅재 선정
- ⑤ 기타 : 철근 피복 상태, 콘크리트 타설 방법, 진동기 사용 방법, 양생 방법, 탈형 방법, 보양 방법, 시공 하자시 보수 공법 선정 등 상기 모든 것을 검토한다.

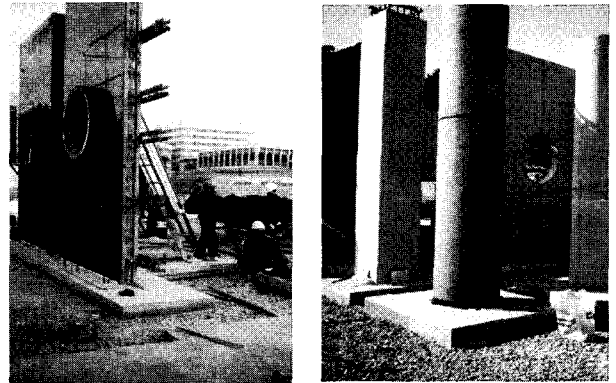


그림 1. Mock-Up 실험체의 제작 광경

3. 거푸집 및 철근 배근 공사

3.1 일반 사항

노출 콘크리트 공사 시공에 있어서 거푸집은 레미콘과 더불어 가장 중요하며, 거푸집 표면이 평활하고, 깨끗해야 함은 물론이고 콘크리트 타설시 벌어지거나 누수 등이 일체 일어나지 않도록 견고해야 한다. 또한, 탈형시 콘크리트에 손상이 가지 않도록 거푸집 제작시 충분히 고려하여야 하며 상기 사항의 해결과 공사 기간을 줄이기 위하여 수직 구조물(기둥, 벽)과 수평 구조물(보, 슬래브)을 구분하여 시공하면 용이한 경우가 많다.

3.2 거푸집 자재

1) 합판

외국 문헌에 합판의 경우 18m/m 코팅 합판 1회 사용을 규정하고 있지만 시공 단가가 매우 높아지고 우리나라 현장 실정을 고려하면 이는 맞지 않으며 이러한 합판을 구하기도 쉽지는 않

다. 따라서, 무조건적으로 1회를 규정할 것이 아니라 노출 콘크리트 품질에 영향을 주지 않는다면 노출 콘크리트의 품질, 사용 횟수, 시공 정밀도, 구조물의 모양에 따라서 합리적으로 합판 선정 및 합판 사용 횟수를 정할 필요가 있다. 일반적으로 고품질의 노출 콘크리트에 사용되는 합판은 코팅 합판 1겹, 일반 합판 1겹의 2겹을 좌우 상하 대칭으로 시공하면 무난하며 합판 뒤에 부착하는 TIMBAR는 같은 크기를 사용하는 것이 바람직하다.

2) 폼타이, 콘, 줄눈

폼타이 및 콘은 관통형과 매립형이 있으며 관통형은 누수 대책을 매립형은 세이퍼 볼트의 녹물 발생 대책을 수립하여야 한다. 또한, 콘은 완전히 조여진 상태에서 깨지거나 찌그러지지 않아야 누수를 방지할 수 있다. 한편, 최근에는 기존의 콘 성능을 대폭 보완한 노출 콘크리트 전용 콘 등도 개발되어 시판되고 있으므로 이를 사용하는 것이 콘으로 인하여 발생하는 문제점을 해결하는 하나의 방법이라고 판단된다. 줄눈의 경우에는 줄눈의 크기와 줄눈 나누기를 섬세하게 해야하며 줄눈의 재질도 검토되어야 한다. 또한, 시공시 주의 사항은 코팅 합판 위에 먹줄을 치면 탈형 후 먹줄이 콘크리트 면에 나타나므로 분말(여러 가지 색상이 있음 : 주로 적색)로 선을 긋고 줄눈을 부착한 후 면걸레로 분말을 깨끗하게 닦아내면 된다. 또한 균열 유발 줄눈이나 층 줄눈도 위와 같은 방법으로 시공하면 문제는 없다.

3.3 거푸집 시공

1) 제작

시공계획서가 확정되었으면 계획서대로 거푸집을 제작하되 견고하고 탈형 하기가 용이하게 제작하여야 한다. 이때, 목공은 최소한 내장목공 이상의 기술을 보유한 자가 제작하여야 소정의 목적을 달성할 수 있다.

2) 거푸집 분할

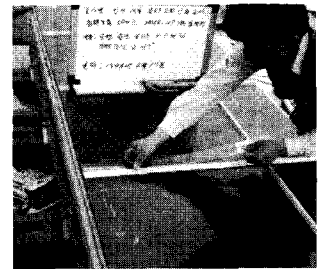
거푸집 분할은 횡이던 종이던 디자인에 따라 한 방향으로 일지 되는 것이 바람직하며 되도록 절단이 없이 전체를 사용하는 것이 바람직하다. 특히, 국내의 관련 문헌이나 전문 잡지 기록에 보면 100% 합판의 크기를 잘못 알고 있다. 예를 들면, 900×1800은 잘못된 표기이며, 실제 크기는 910×1820이다. 또한, 1200×2400의 실제 크기는 1220×2440이다. 따라서, 노출 콘크리트 공사에서 위의 수치는 엄청난 차이이며, 또한, 줄눈 나누기 및 폼타이 볼트와 콘 나누기도 상당히 혼란스럽게 된다. 설계자, 감리자, 시공자간의 충분한 협의를 요하는 부분이라 하겠다. 그리고, 종 방향 또는 횡 방향이든지 간에 스패의 중심부에서부터 합판의 중심이나 이음을 시작하여 양쪽으로 나누어 제작하면서 여분에서 기둥을 고려하여 크랙 유도 줄눈을 설치하는 것이 좋다.

3) 제작 순서

- ① 전개도에 시공 JOINT, 줄눈, 콘, 개구부, 전기, 설비 등 모든 BOX 등을 표시한다.
- ② SYSTEM FORM을 제작할 경우 제작대를 설치한다.
- ③ 광택 노출 콘크리트 공사이면 합판의 면을 평활하게 하고 FILM이나 멜라민을 코팅한다.
- ④ 분말로 표시한 후 줄눈 기타 부착할 모든 것을 부착하고 마른 물걸레로 깨끗하게 닦아낸다.
- ⑤ 현장 설치, 조립 전까지 천막 등으로 보양하여 보관한다.



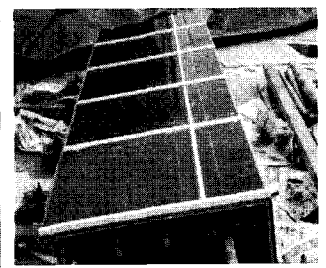
못 자국, 합판 이음새 퍼티 처리 후 Sandpaper로 마무리



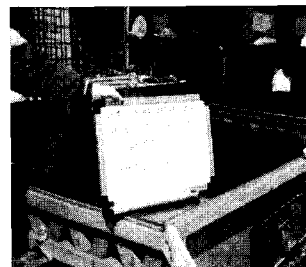
모형 줄눈 위에 Film을 감싸는 작업 광경



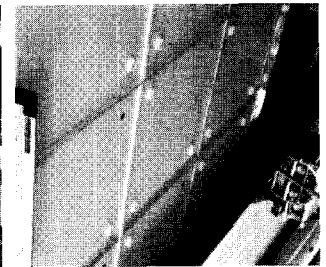
포리샤(광택 기계)로 면을 깨끗하게 정리



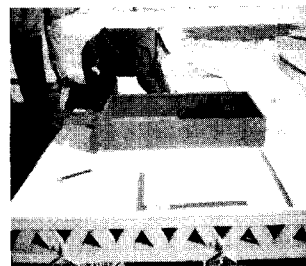
P.C Film을 부착하여 콘크리트 거푸집 제작 완료



거푸집 제작 완료 후 줄눈 먹메김(칼라 분말 Marking)



모형 줄눈, 모형 콘 설치 광경



소방전, 창문틀 등을 거푸집에 설치하는 광경



거푸집 제작 완료 후 청소 광경

그림 2. 노출 콘크리트 거푸집 제작 광경

4) 설치 계획

- ① 노출 콘크리트로 시공되어야 할 바닥면은 평탄하게 콘크리트가 타설되도록 LEVEL용 SPACER를 1.5m 간격으로 설치하여 평활하게 타설한다.
- ② 먹줄 놓기, 수평 보기를 하여 수평 편차를 극복하고 하부 누수 방지를 위해 합판, 고무판, 코킹 등을 이용하여 형틀 설치할 곳에 레모도를 설치한다.
- ③ 기 제작 보판 중인 패널을 순서에 따라 정교하게 그리고 정성을 다하여 수직과 수평을 정확하게 맞추어 설치한다.
- ④ SUPPORT로 고정함과 동시에 WIRE ROPE와 턴버클을 이용하여 확실히 고정한다.
- ⑤ 고정 후 철근 조립 전에 폼타이 들어갈 곳을 정하여 표시한 후 폼타이 들어갈 곳을 피하여 철근을 조립한다.
- ⑥ 철근 조립 후 철근 검사가 끝나면 폼타이를 설치하고 반대편 거푸집을 설치한다.

5) 거푸집 제작시 검사 항목

표 1. 거푸집 제작시 검사 항목

구 분	확 인 사 항
먹줄 놓기	① 기둥 중심선 간격 확인 ② 건물 직각, 수평, 수직 확인 ③ 기둥, 벽 위치 확인 ④ 개구부 위치, 크기 및 높이 확인 ⑤ 기둥 주근의 수량 및 크기 JOINT 길이 확인
기둥 거푸집	① 폼타이 및 주 밴드의 분할 ② 이어치기 부분의 CHIPPING 확인 ③ 삼입 철물의 수량 및 크기 위치 확인 ④ 하부 청소구 확인(설치시) ⑤ 하부 LEVELING 및 레미콘 PASTE 누출 방지 확인 ⑥ 쓸림 방지 및 SUPPORT 고정 상태 확인
벽 거푸집	① 폼타이 볼트 분할 확인. 모형 콘이 있으면 위치 확인 ② 개구부의 높이, 넓이 확인(기준층 LEVEL에서부터) ③ 쓸림 방지용 버팀대의 고정 상태 확인 ④ 각종 줄눈의 크기와 분할, 부착 상태 확인 ⑤ 삼입 철물의 수량, 크기, 위치 확인 ⑥ 이어치기 부분 확인 ⑦ 지하층이면 지수제 설치 확인
보 거푸집	① 폼타이 볼트 분할 확인 ② 폼타이 볼트 부착 위치 및 수량 확인 ③ 삼입 철물의 부착 상태 확인 ④ 보의 크기 및 LEVEL 확인
SLAB 거푸집	① SUPPORT 위치 확인(층고가 3m 이상이면 가로, 세로 1단 2m 내로 고정) ② SUPPORT 높이 및 연결 방법 확인 ③ SLAB 높고 낮음 및 각도 확인 ④ SLAB의 각종 개구부 확인 ⑤ 삼입 철물 부착 상태 확인
거푸집 내 청소	① 각종 쓰레기가 기둥, 보, 벽으로 들어가지 않도록 세심한 주의를 한다. ② 최종 청소는 AIR COMPRESSOR로 하고 가압적 물청소는 지양한다.

3.4 철근 가공 및 배근

- 1) 노출 콘크리트 공사의 피복 두께는 일반 철근 공사의 피복에 줄눈 두께를 더한 것을 말한다.
- 2) 결속선은 결속 후 안쪽으로 구부려 넣거나 노출면 반대편에서 철근을 조립하거나 결속 후 결속선 잔여분을 절단해야 한다.
- 3) 노출면에는 스페이스를 끼우지 말고 비노출 부분에 설치한다. 양면이 전부 노출이면 상층 부분 연장 철근에 텀플레이트를 씌우거나 각재를 이용하여 피복을 유지시키며, 만약 슬래브 하단(천정 부분)이 노출 콘크리트 면이면 강자갈을 구매하여 둥글고 납작한 자갈로 받치고 콘크리트 타설시 바이브레이터로 자갈을 받치고 있는 부분을 진동시켜 주어야 한다(매직 스페이스를 사용하면 거푸집 탈형 후 매직 그대로 노출됨).

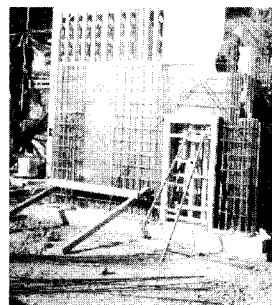


그림 3. 철근 배근 광경



그림 4. 배근 간격, 피복 두께, 수평도 확인

4. 콘크리트 공사

4.1 콘크리트 타설

1) 콘크리트 타설 전 점검 사항

- ① 콘크리트 타설 인부와 관리자 특별 교육
- ② 날씨와 기온 점검
- ③ 각종 타설 장비와 공구 점검(돌발 사태 대비, 예비 공구)
- ④ 콘크리트 타설량과 PUMP CAR 이동 등을 고려하여 레미콘 수급 조절
- ⑤ 기 타설된 콘크리트에 페이스트가 묻지 않도록 보양이 철저히 되었는지 점검

2) 콘크리트 타설 장비 및 공구

- ① PUMP CAR 또는 PORTABLE PUMP
- ② 트레미판 또는 트레미 호스
- ③ 고주파 바이브레이터(엑손은 벽용을 사용해야 함)

- ④ FORM 바이브레이터(엑손은 벽용을 사용해야 함)
- ⑤ 나무망치, 고무망치, 대나무
- ⑥ 엔진 바이브레이터(정전시나 고주파 바이브레이터 고장시 사용)

3) 콘크리트 타설 및 다짐 방법

- ① 기둥이나 벽체는 트레미관이나 트레미 호스를 이용하여 하부로부터 고주파 바이브레이터로 진동한 후 2차 타설한다. 이때 콜드 조인트가 생기지 않도록 시간 조절을 잘 해야 한다(반드시 고주파 바이브레이터 벽용을 사용해야 한다).
- ② 다짐은 처음 50 ~ 60 cm 간격으로 이동하면서 삽입되, 한 장소에서는 10 ~ 15초 동안 사용하며 엑손 빼는 속도가 물과 공기가 위로 올라올 시간을 고려하여 3 cm/sec를 넘기지 않도록 한다.
- ③ 벽치기용 바이브레이터와 고무망치는 고주파 바이브레이터 사용이 불가능한 곳에 제한적으로 사용한다(과다 사용하면 물과 공기를 거꾸집 표면에 집중시킬 위험이 있음).
- ④ 나무망치는 1차 콘크리트 타설이 완료되어 바이브레이터

작업이 끝난 후 하부로부터 상부로 10 cm 정도의 간격으로 이동하면서 2 ~ 3회씩 반복하여 두드려 준다(이때 합판을 두드리지 말고 반드시 TIMBER를 두드려야 한다).

- ⑤ 노출 거꾸집 면과 철근 사이로 바이브레이터 봉이나 대나무를 넣지 말고 기둥이나 벽체의 중심부에서 철근이 가장 가까운 곳에 바이브레이터 봉이나 대나무를 넣어 작업 순서에 의하여 시공한다. 이때 대나무는 넣을 때는 관계가 없으나, 빼 올릴 때는 출렁거리면서 조금씩 조금씩(3 ~ 5 cm) 서서히 빼 올린다.
- ⑥ 지나친 바이브레이팅은 공기와 물이 외부 거꾸집 면에 집중될 우려가 있으므로 Mock-Up을 시공하면서 충분한 관찰이 필요하다.

4.2 콘크리트 타설시 주의 사항

- ① 콘크리트 타설 계획표를 반드시 제출한다(콘크리트 타설량, 타설 시간, 타설 순서, 믹서차 위치, 펌프차 대수 및 위치, 다짐 방법 및 미장 등)

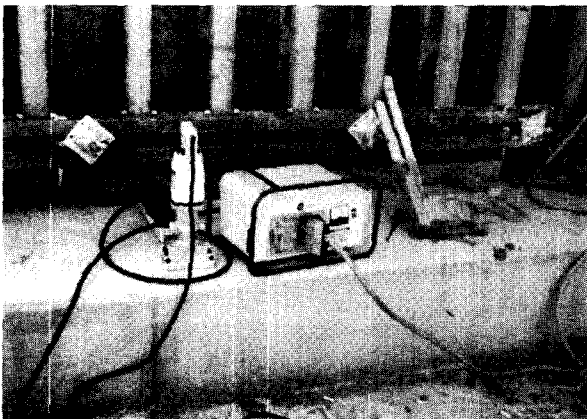


그림 5. 콘크리트 다짐용 고주파 바이브레이터 및 폼 바이브레이터

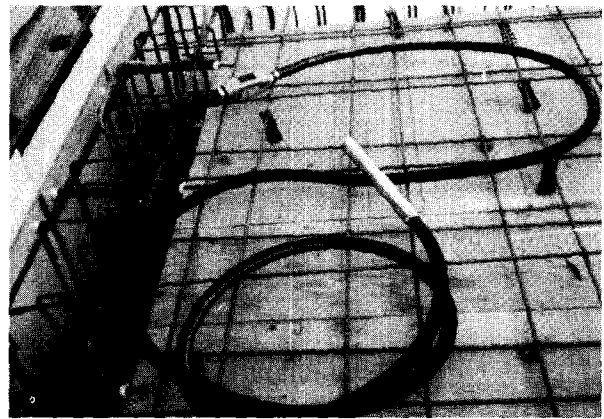


그림 6. 고주파 바이브레이터의 엑손 상태의 점검(예비용 필요)

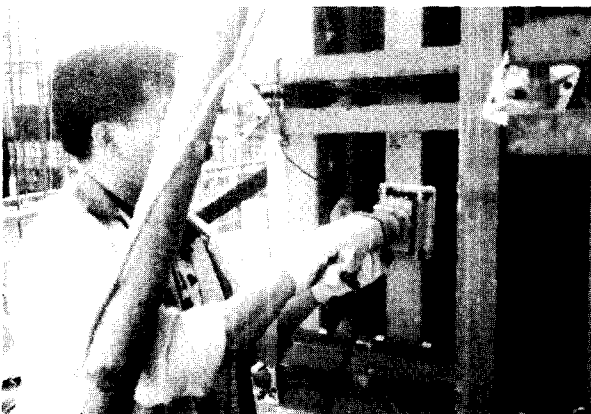


그림 7. 폼 바이브레이터에 의한 콘크리트 다짐 (반드시 버팀목에 대고 진동하며 방향은 아래에서 위쪽으로 한다)

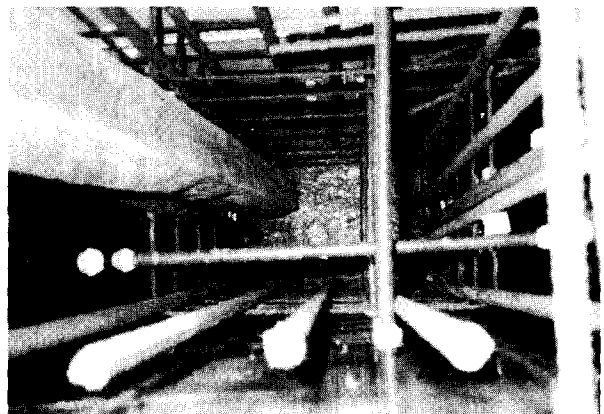


그림 8. 트레미 호스는 바닥 30 ~ 50 cm 높이에서 콘크리트를 타설 하면서 서서히 올림.

- ② 노출 콘크리트 강도는 구조 설계에 맞추어 일반 보통 콘크리트 강도를 사용해도 무방하다. 또한, 골재의 최대 크기는 보통 25mm를 사용하나, 철근이 밀실하게 배근된 부분이 많은 경우 가능하면 19mm 이하를 사용하는 것이 허니컴이나 재료 분리 등의 시공 하자를 줄일 수 있다. 또한, 슬럼프는 보통 15~18cm가 좋으나 얇은 벽체를 시공할 경우는 20~21cm로 하여 재료 분리가 없게 타설하는 것이 바람직하며 형상이 복잡하거나 고충진성이 요구되는 곳에는 고유동 콘크리트를 적용하는 것이 좋다.
- ③ 타설 중에는 다짐을 충분히 하고 상부에서는 바이브레이터나 대나무로, 하부에서는 벽체 폼 바이브레이터를 사용하는 것이 좋으며 이것이 노출 콘크리트 면의 성패를 좌우한다. 다짐은 정성들여 진행하며 만약 재료 분리나 허니컴이 생기면 누수의 원인이 되고 상당한 보수가 필요하다. 또한, 개구부나 창문 주위는 콘크리트 충전이 어려

우므로 공기 구멍을 두어 확인하거나, 개구부가 큰 경우는 일부 거푸집을 나중에 시공하여 콘크리트 충진을 확인한 후 거푸집 시공을 하는 것이 좋다.

- ④ 파라펫트 윗 부분이나 방수 부분의 탭핑 누름은 흠손으로 충분히 눌러 미장하는 것이 좋다.
- ⑤ 동절기나 직사광선이 강한 시기에는 양생포로 콘크리트 표면을 양생하고 하절기에는 적당히 살수를 실시한다.
- ⑥ 동절기 콘크리트 시공에는 콘크리트가 동결하지 않도록 타설 시간이나 양생 등의 배려를 충분히 한다. 거푸집에 눈이 있는 경우는 완전히 녹은 것을 확인한 후 시공한다.
- ⑦ 콘크리트 타설 중 슬래브 철근이 손상되지 않도록 주의한다. 특히, 벽체의 경우 규정 피복 두께가 확보되지 않으면 철근 녹 발생으로 노출 콘크리트 면이 크게 손상되므로 내구성 측면에서는 반드시 규정 피복 두께를 확보하는 것이 바람직하다.
- ⑧ 노출 콘크리트의 경우, 콘크리트 이어지기 부분 또는 파

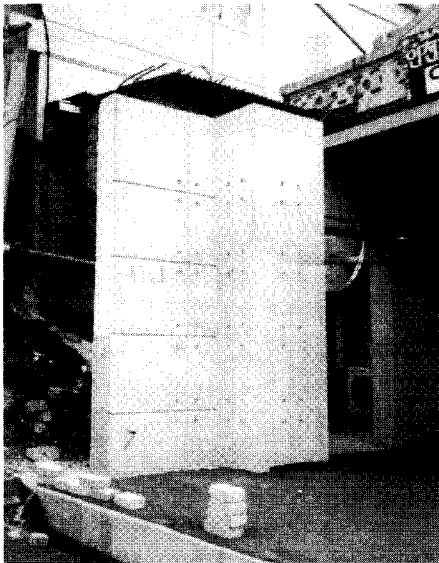


그림 9. 거푸집 탈형 후 기둥과 벽의 연결 부분



그림 10. 거푸집 탈형 후 기둥과 보의 연결 부분

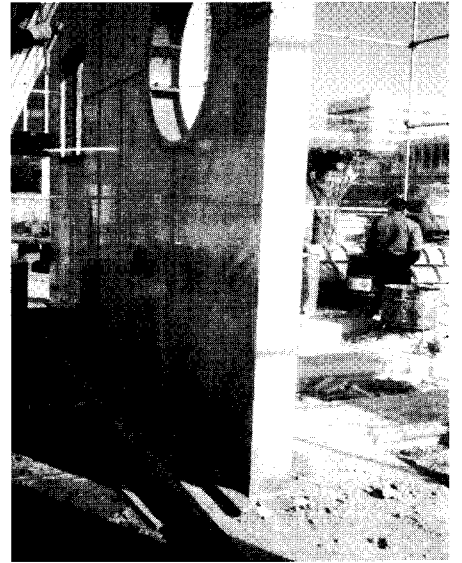


그림 11. 거푸집 탈형 후 벽체의 모서리 부분

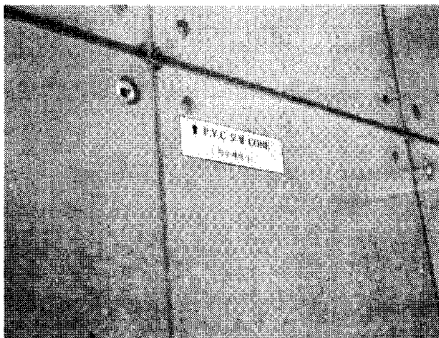


그림 12. 줄눈과 콘의 배열 및 모형콘 (특수 제작)의 모습

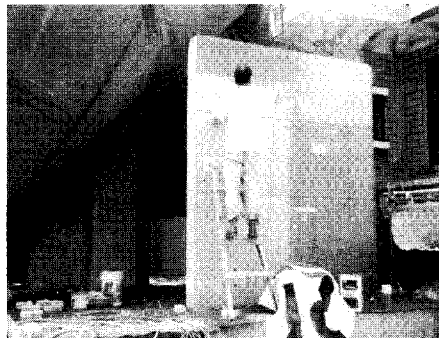


그림 13. 노출 콘크리트 면 위 발수제 코팅 [발수제는 노출 콘크리트 색을 질게 (물먹음 현상) 하지 않고, 내구성이 우수한 것을 선택하는 것이 바람직하다]

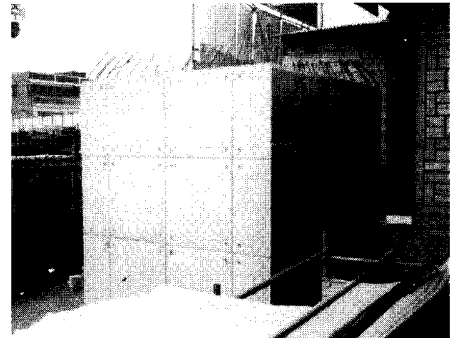


그림 14. 공사 완료 후 노출 콘크리트 상태

라펫트 돌출 부분에는 원칙적으로 줄눈을 설치하여야 하며 이 부분에서 단차가 발생되기 쉬우므로 주의한다.

- ⑨ 충분한 콘크리트 다짐을 위해서는 1일 타설량이 200 m³ 정도의 경우 내부 진동형 고주파 바이브레이터는 ϕ 57 mm가 2개, ϕ 45 mm가 2개 폼 바이브레이터가 8대 정도 필요하다. 또한, 콜드 조인트 방지를 위해서는 이어치기 간격은 일반 시기·동절기에 90분, 하절기에 60분 정도를 한도로 한다.
- ⑩ 콘크리트 품질 관리는 일반 보통 콘크리트의 품질 관리 절차 및 규정에 따라 실시해도 무방하다.

4.3 거푸집 탈형과 양생·보양

고품질의 노출 콘크리트는 기획에서부터 구매, 제작, 설치, 콘크리트 타설까지 정성을 들여서 모든 과정을 완벽하게 시공하였더라도, 탈형, 양생, 보양 작업이 부실하면 그동안의 모든 정성과 시간, 그리고 그 밖의 모든 것이 수포로 돌아간다는 것을 유념해야 한다.

1) 거푸집 탈형

거푸집 존치 기간은 시멘트 종류, 기온, 부위에 따라 정해져 있으며, 주로 구조 강도에 의해 판단되지만, 수분의 유출이 없고 콘크리트 수화 작용이 완료되었다면 탈형하여도 된다. 탈형시 주의할 점은 일반 거푸집 공사의 거푸집 탈형처럼 과격하게 탈형하지 않도록 교육을 시킨 후 정성을 다하여 탈형 한다. 이때 구조체의 파손이나 표면이 긁히지 않도록 하며 특히, 코너 부분은 파손되기 쉬운 곳이므로 각별한 주의를 요한다. 그리고, 각종 줄눈, OPEN BOX 등도 무리하게 떼지 말고 건조 후 떼어낸다(노출 콘크리트 면에 긁힘이나 파손이 되면 100% 보수는 기대할 수 없다).

2) 콘크리트 양생

콘크리트 타설이 완료되면 우천에 대비하여 천막, 비닐 등을 준비하여 둔다. 한중 콘크리트 타설시는 천막을 하루 전에 설치하고 열풍기, 갈탄, 기타 연료로 18℃ 이상이 되게 하여 콘크리트를 타설 하고 3~5일간 계속하여 열을 유지한다. 그리고, 외벽은 상부 슬래브에서 물이 흘러내리지 않도록 외부 철근에서 약간 높게 내부 쪽으로 경사를 두어야 한다. 양생(살수)은 보온 덮개(양생포)로 덮어서 물기가 마르지 않도록 세심한 관찰이 필요하다. 급격한 건조는 균열의 원인이며 콘크리트 수화열이 완전히 없어질 때까지 양생(살수)하여 습윤 상태를 유지하는 것이 좋다.

3) 콘크리트 보양

기 타설된 노출 콘크리트 면 보양은 비닐 시트를 이용하여 거

푸집 설치시 층 줄눈에 밀착시켜 콘크리트 누수에 따른 얼룩을 방지한다. 또한, 기둥이나 벽 코너 부위가 파손되지 않도록 코너 비드 등으로 보호하며, 강재 SUPPORT나 강관 PIPE 등이 부딪히면 콘크리트 면에 손상이 갈 수 있으므로 주의해야 한다. 한편, 장마철이나 동절기에 잠시 공사가 중단될 때는 상부 철근 조인트에 녹 방지제나 시멘트페이스트 칠을 하여 녹물이 콘크리트 면에 흘러내려 얼룩이 발생하는 것을 방지해야 한다.

5. 노출 콘크리트 현장 감리 중점 항목

표 2. 노출 콘크리트 현장 감리 중점 항목

항 목	내 용
직선 정도	노출 콘크리트 소재감(질감)을 살리기 위해서는 모서리부를 샤프하게 마감하는 것이 대단히 중요하다. 적당한 모서리 선에서는 긴장감이 나오지 않는다. 직선 자체는 자연계에 존재하지 않는 선이며 거푸집으로 인위적으로 만든 것이지만 이 직선이 자연환경과 대비될 때 노출 콘크리트에 긴장감이 탄생된다.
평활도 정도	거푸집 탈형 후 콘크리트가 의도한 질감을 가지는 면을 나타내어야 노출 콘크리트라 할 수 있다. 질감을 나타내는 노출 콘크리트 면은 배부름이나 변형이 없는 솔리드 면으로 평활함이 요구된다.
거푸집 분할	노출 콘크리트 면을 만든다는 것은 거푸집의 크기를 단위로 하여 각각의 면을 구성하는 것이다. 거푸집 분할 규칙이 조화로운 경우에만 건물전체의 솔리드감을 표현한다. 또한, 거푸집의 면지 및 자국은 그대로 노출 콘크리트 면에 전사되므로 청소가 중요하다.
콘크리트 질감	자연 소재를 어떻게 자연의 표정 그대로 나타낼까 하는 것이 노출 콘크리트이다. 노출 콘크리트는 거푸집에 흘러보낸 후레쉬 콘크리트가 자연적으로 굳어진 상태가 자연적인 표정이므로 시공 중에 콘크리트 표면이 오염되지 않도록 하고 보수가 최소로 되도록 주의한다.
균열 발생	수축 건조하여 굳어지는 콘크리트 특성상 실 균열은 반드시 생긴다고 생각해도 좋다. 또한, 응력의 발생은 구조 균열(판동 균열로 발전)을 발생시키므로 힘의 흐름을 조사할 필요가 있다. 특히, 침하 균열, 개구부 균열, 설비 구멍 등의 균열은 주의해야 한다.
피복 두께	노출 콘크리트는 콘크리트 면이 직접 외기에 노출되므로 피복두께가 확보되어 있지 않으며 철근에 쉽게 녹이 발생하므로 특히 주의해야 한다.
노출 콘크리트 마감	노출 콘크리트에 물이 흡수되면 면지가 부착되거나 미생물 및 세균이 번식하게 되며 중성화가 진행된 경우 녹 발생으로 인한 팽창 균열이 발생한다. 따라서, 반드시 침투형(용제형 또는 수성) 및 피막형의 표면 보호 마감을 실시하여야 한다.
콜드 조인트 및 허니컴	콜드 조인트를 발생시키면 노출 콘크리트 면의 질감이 손상될 뿐만 아니라 구조체로서도 내구성 저하된다. 그 방지 대책으로는 이어치기 간격을 단축하거나 레이턴스의 충분한 제거가 필요하다. 또한, 허니컴 방지 대책으로는 설계 단계에서 충분히 피복 두께를 확보하고 콘크리트 타설 속도를 적절히 제어하여 콘크리트가 확실하게 충전되도록 한다.

6. 결 언

지금까지 노출 콘크리트 성패를 가장 크게 좌우하는 시공 기술 전반에 대하여 현장 실무자로서의 경험을 바탕으로 노출 콘크리트 시공에 대하여 개괄하였다. 노출 콘크리트 공사는 본 공사 시공 전에 적절한 공사 기간, 각종 자재의 수립, 인원 동원 계획, 시공 조건의 파악, 노출 부위의 특징, 노출 시공량, 기능공 교육 및 견학 계획, Mock-up 시공 계획, 부위별 SHOP DRAWING 이 포함된 시공 계획서를 작성하는 등 사전 준비가 매우 중요하며 콘크리트 면이 그대로 마감면이 되므로 한치의 실수도 용납되지 않는다고 말 할 수 있다. 그러나, 현재 우리나라에는 노출 콘크리트에 관한 자료가 거의 전무한 상태이며, 품셈에는 품이나 일위대가 해설이 없는 실정이다. 따라서, 노출 콘크리트가 품셈에 없다보니 설계 사무실에서 산정한 공사비 예상 금액이 전혀 시공 현장 단가와 맞지 않는 문제점이 다발하고 있다. 또한, 노출 콘크리트 특기 시방서도 외국 문헌을 번역한 것이 대부분으로 우리나라 실정에 맞지 않는 것이 많으므로 이의 정비도 긴급한

실정이다.

노출 콘크리트 현장 시공자로서 많은 현장을 경험한 결과 충분한 시간과 충분한 공사비 책정이 이루어진다면 훌륭한 노출 콘크리트 건축물을 지을 수 있다는 말을 많이 들어왔지만 이것이 반드시 필요조건은 아니라고 판단된다. 진정으로 노출 콘크리트를 사랑하고 역사에 남을 노출 콘크리트 작품을 지상에 남기기 위해서, 설계자는 그에 합당한 설계 디테일 및 디자인 요소를 개발하여야 하며, 연구자는 노출 콘크리트에 관련된 실제적인 연구 자료를 현장에 지속적으로 공급하여야 하고, 시공자는 장인정신을 가지고 시공에 임해야 한다고 판단된다.

어려운 것은 없다 단지 도전하지 않기 때문이라는 명언처럼 어려운 것을 해결하는 데에서 진정한 묘미를 함께 느껴보지 않았습니까? ☞

참고문헌

1. 建築知識：特輯 RC打放し〔現場監理〕重點チェック, 1996. 9.