

대단면 터널의 라이닝콘크리트 시공사례



김정교
유신코퍼레이션 이사
서울지하철6호선 6-7공구 감리단장

1. 서언

터널공사를 시공함에 있어서 큰 공종을 분류하면 터널 굴착공(1차 지보재 포함)과 방수공, 2차 지보재인 라이닝 콘크리트 시공으로 분류할 수 있으며 터널 굴착공은 그동안 새로운 공법 및 신기술이 도입되어 실제 현장에 적용하고 있으나 굴착 후 시행되는 공종인 방수 및 라이닝 콘크리트 시공은 실제로 터널의 내구성 및 안정성을 좌우하고 또한 최종 마감 면이 깨끗하고 누수가 없으면 터널을 이용하는 이용객들에게 신뢰감을 주는 매우 중요한 사항임에도 불구하고 새로운 기술의 개발이나 개선의 노력이 부족한 것이 현실이다.

지금까지 터널 시공사례를 살펴보면 지하철 건설공사에서 복선터널, 일반국도 및 고속도로 등에서 2차선 터널이 주류를 이루었으나 경부고속철도, 고속도로에서의 4차선 터널 시공이 일반화되고 있고 지하철 공사에서도 최초로 서울지하철 6호선 시공구간에 유치선 및 정거장을 터널로 함으로써 대단면 터널 시공이 본격화되고 있다. 터널공사에서는 굴착공법이 중요한 주제가 될 수 있으나 이에 못지 않게 공용성으로 제공될 시설물임을 감안할 때 방수 및 라이닝 콘크리트 시공도 매우 중요한 사항이라고 생각한다. 굴착공사가 완료된 후 순수하게 시공측면에

서 라이닝 콘크리트를 타설하기 위하여 사전에 검토 및 유의사항 중 가장 중요한 철근가공조립, 라이닝 폼 제작, 라이닝 콘크리트 타설 및 양생에 대하여 서울지하철 6호선 6-7공구의 터널 라이닝 콘크리트 시공경험을 소개하며 아울러 개선할 사항을 기술하고자 한다.

2. 지하철 6-7공구 터널 단면 비교

구분	단선	복선	유치선	터널정거장	
				일반부	확대부
터널 TYPE	원형	타원형	타원형	타원형	타원형
굴착 단면적	39.08㎡	79.14㎡	131.40㎡	160.58㎡	272.97㎡
천단부 라이닝 두께	0.3m	0.4m	0.5m	0.6m	0.6m
측벽부 라이닝 두께	0.3m	0.6m	0.6m	0.95m	0.9m
인버트 라이닝 두께	0.7m	0.8m	1.0m	1.15m	1.3m
1m당 Con' c수량	7.24㎡	24.13㎡	30.92㎡	44.964㎡	65.037㎡

2.1 철근가공조립

2.1.1 철근 처짐 방지시설

규모 이하의 라이닝 철근은 철근규격이 D13~16m/m사용으로 시공 중 철근의 처짐에 대한 검토 보강이 불필요하였으나 대단면 터널의 경우에는 주철근 D19~25m/m를 사용하여 조립하므로 벤딩 가공을 하지 않은 상태로 원심력을 이용하여 조립할 경우에도 철근 자중에 의해 처지게되고 철근의 처짐으로 인하여 라이닝 폼 설치가 불가능하게 된다. 철근 처짐 방지를 위한 방법에는 여러 가지가 있을 수 있겠으나 서울 지하철 6-7공구에서는 2가지 방법을 검토 사용하였다. 검토 및 시공된 어떠한 방법이라도 방수 슈트를 손상하면서 굴착 면에 앵커를 설치해야 하는데 손상된 방수 슈트를 어떠한 방법으로 보수 보강하여 누수 발생을 사전에 예방하느냐가 가장 중요한 문제점으로 대두되었다. 지하철 6-7공구 현장에서 시공하기로 한 2가지 방법은 첫째, C-채널을 이용하는 방법과 둘째, 특수제작 앵커를 이용하는 방법으로서 시공 예는 다음과 같다.

가. C-채널(Channel)을 이용하는 방법

(1) 시공방법(그림 1, 그림 2 참조)

- ① 제작된 라이닝 폼의 스팬당 길이는 6m이므로 첫 번째 스팬의 라이닝철근 받침용 C-채널(100×50)은 7m 이상으로 제작한다.
- ② 천단 및 아치부에 채널 고정을 위해 C형강 양 끝단에 각각 앵커볼트 2개 시공. (㉑지점)
- ③ 라이닝 주철근의 직각 방향으로 앵커에 C형강을 설치하고 외측 철근부터 조립한다.
- ④ 스트립 및 내측 철근 조립 후 라이닝 콘크리트를 타설한다.
- ⑤ 라이닝 콘크리트 타설 후 고정된 C형강에 라이닝 콘크리트 첫 번째 스팬 길이와 같은 6m 짜리 C형강을 연결한다. (㉒지점)
- ⑥ 연결된 C형강(㉒지점)의 앵커볼트 설치지점의 방수를 보수한 다음 전방 앵커볼트를 설치한다. (㉓지점)
- ⑦ 상기 ③, ④, ⑤, ⑥항을 연결하여 반복 시공

한다.

(2) 시공상 의견

C-Channel을 이용하여 철근 처짐 방지 방법을 사용할 경우 라이닝 콘크리트 타설이 완료된 후에야 손상된 방수 Sheet의 보수가 가능하고 이 작업이 완료된 후에 라이닝 폼을 이동할 수 있으므로 작업이 지연되어 시공회사로서는 원가가 많이 투입되고 또한 채널 및 앵커볼트의 자재비 및 설치 인건비가 추가로 투입되는 단점이 있다.

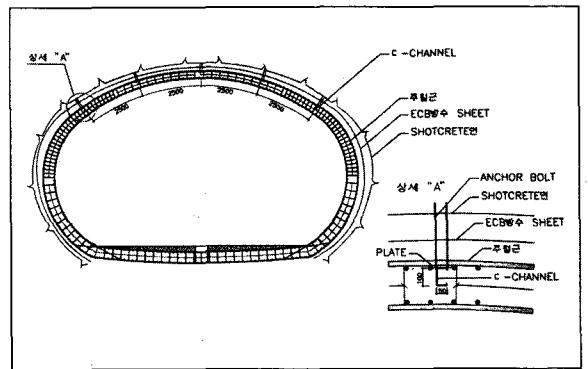


그림 1. C-채널(Channel)이용 단면도

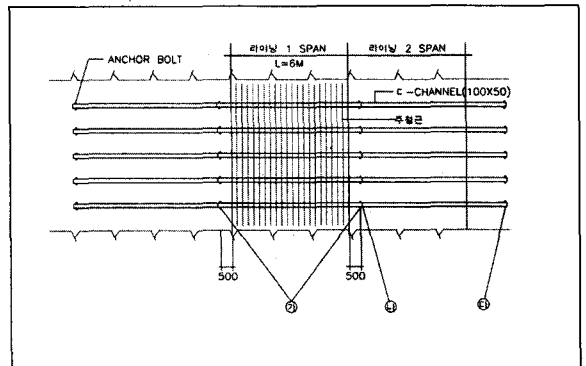


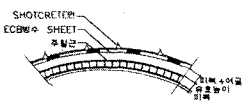
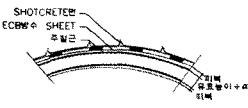
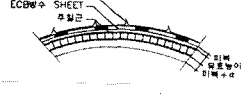
그림 2. C-채널(Channel)이용 평면도

나. 특수 제작 앵커를 이용하는 방법

(1) 시공방법

- ① 반입된 방수용 앵커패킹(Anchor Packing) 부위에 대한 진공시험을 실시한다.

표 1. 터널 여굴부 주철근 조립방법

구 분	장 단 점
① 내측 피복유지, 유효높이 d 유지 	<ul style="list-style-type: none"> · 조립이 어렵다. · 자중을 이용시 유리하다. 폼에 Spacer가 밀착되므로 · 피복유지용 Spacer (현장제작 도너츠형 Con'c Spacer) 사용이 필수적이다. · 균열방지에 유리하다.
② 내, 외측 피복유지, 유효높이 d+α 	<ul style="list-style-type: none"> · 구조적으로 가장 유리하다. · 조립이 비교적 쉽다. · 스테럽 철근가공이 어렵다. · 피복유지용 Spacer (현장제작 도너츠형 Con'c Spacer) 사용이 필수적이다. · 균열방지에 유리하다.
③ 외측 피복유지, 유효높이 d 유지 	<ul style="list-style-type: none"> · 조립시 용이하다. · 균열발생에 불리하다. · Spacer 사용이 필요없다

3. 라이닝 폼(Form) 제작

3.1 라이닝 폼 규격 결정

라이닝 폼을 제작하려면 우선 라이닝 폼의 규격을 결정해야 하는데 이때 가장 중요한 점은 라이닝 폼의 길이와 하중조건이다. 폼의 길이는 콘크리트 타설량을 최대로 하기 위하여 10m 전후로 제작하는 것이 현재 터널공사에서는 일반화되어 있으나 지하철6-7공구 시공경험으로 볼 때 폼 길이는 특별한 조건이 없는 한 6~7m로 하는 것이 시공성 및 품질 관리에 가장 유리한 것으로 판단되었다.

작용하는 하중조건을 결정하기 위해서는 실제 여굴량이 포함된 터널의 콘크리트 두께가 파악되어야 한다. 그

러므로 대단면 터널에서 특히 라이닝 두께가 큰 터널의 경우 내공 측량이 필수적이다. 이는 폼 제작 전에 확정하여 폼 구조해석에 적용하여야 한다. 지하철 6-7공구 확대부 터널의 경우 라이닝 콘크리트 설계 두께가 천단부는 0.6m, 측벽부는 0.9m이었으나 내공 측량을 실시해본 결과 천단부는 0.1m, 측벽부는 0.5m 인버트 접속부는 0.8m나 과다 굴착이 확인되었고, 이것을 하중조건에 적용시켜 라이닝 폼 구조계산을 시행하였다. 또한 지하철 6-7공구 확대부 라이닝 폼의 경우 정거장 구간이 곡선(R=800)인 점, 라이닝 1스판당 콘크리트 타설 량의 과다(65.037m³/m)등을 감안하고, 사갱으로 연결되는 횡갱의 규모(D=8.4m, 원형단면)등을 감안하여 1스판 연장을 7m로 결정하였다.

3.2 폼 제작

대단면 터널의 라이닝 폼 제작에는 1개월 이상이 소요된다. 특히 제작에 필요한 강재를 현장에 투입하는 문제와 강재 조립을 위한 장비(크레인)가 필수적이므로 제작 전에 장비 작업공간을 검토하여 확보하여야 한다. 폼 제작 시에는 강재 용접 및 절단 작업이 필수적인 작업 공종이므로 기 설치한 방수 슈트의 손상방지 방법을 고려하여야 하고 만약 방수 슈트를 부착하지 않은 공간에서 제작할 때에는 방수 및 철근 작업을 위한 대차 조립 및 해체가 1회 추가되므로 작업 공간 확보는 시공 원가와 직결된다. 그러므로 이에 대한 충분한 검토가 있어야 하며 6-7공구는 실제 방수 및 작업대차를 2회 해체 및 조립을 하는데 공기가 많이 소요되었다. 투입원가도 약 2억원 정도 추가 투입되었으나 터키공사의 제약으로 설계 변경에 반영되지도 못하였으나 추후 대단면 터널공사에서는 설계 당시부터 고려되어야 할 사항으로 판단된다.

라이닝 폼 제작에 투입된 주요자재는 표 2와 같고 라이닝 폼 제작단면도는 그림 6과 같다.

표 2. 주요 투입자재

부재명	규격	비고
강판	6t	Skin Plate
H-Beam	390×300×10×16	수직, 수평 부재
	300×300×10×15	"
	340×250×9×14	아치형 부재
Jack	100ton 유압, 6" Screw	천단 및 측벽부에 혼합사용

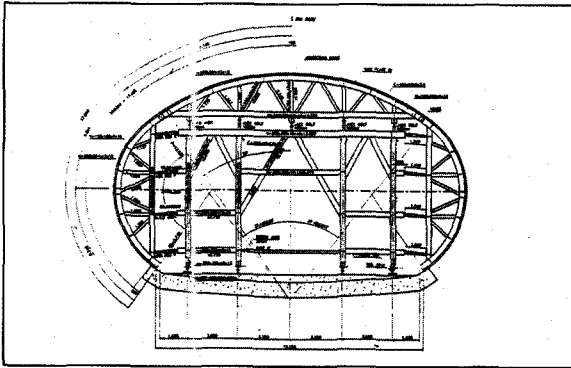


그림 6. 라이닝 폼 제작단면도

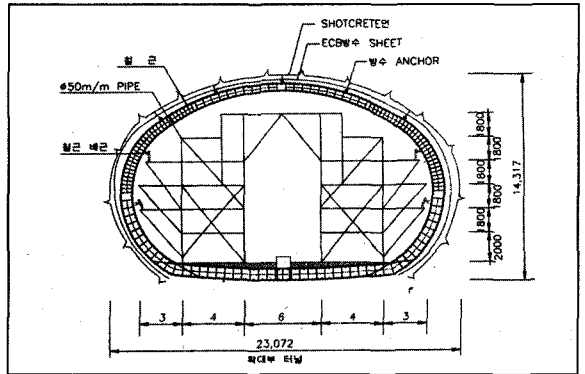


그림 7. 철근조립 작업대차 단면도

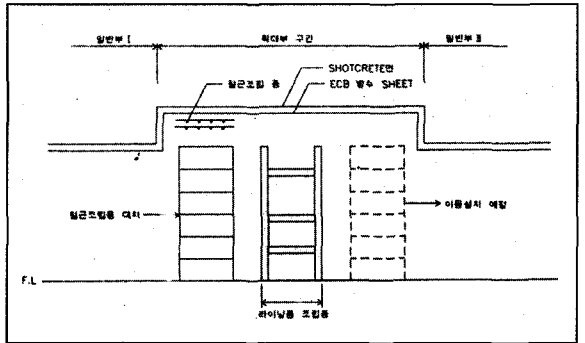


그림 8. 철근조립 작업대차 이동설치 개요도

3.3 철근조립 작업대차(비계틀) 설치

버티고개 정거장 확대부 단면은 F.L(Formation Level)에서 높이가 12.417m이고, SL(Spring Line) 높이에서 폭이 23.072m나 되어 방수작업 및 철근조립 작업을 위한 이동식 특수 작업대차(비계틀) 제작이 필요하여 강관 파이프(φ50m/m) 500여 개를 이용하여 길이 5m에 6단으로 제작하였고 이동을 위하여 하단부에는 바퀴를 현장 제작하여 설치하였으며 이동시에는 기 설치한 방수 슈트의 손상이 없도록 매우 주의하여 이동하였다(그림 7 참조).

확대부의 경우 철근조립 전에 라이닝 폼 제작공간이 필요(철근조립 전에는 작업공간 부족으로 라이닝 폼 제작불가)하고 라이닝 폼의 제작이 완료되면 철근대차 이동이 불가하여 철근대차는 2회 제작하는 것이 필수적이었다(그림 8 참조).

4. 라이닝 콘크리트 타설

4.1 배관 및 콘크리트펌프 설치

터널 라이닝콘크리트 타설을 위해서는 콘크리트 펌프를 타설위치에서 최단거리에 설치하고 타설 위치까지 배관 시에는 곡관 설치가 최소로 되도록 하는 것이 원칙이지만 지하철건설공사에서는 터널 내부에 콘크리트 펌프 설치가 현실적으로는 매연 및 미스트력의 진입 제한 등으로 불가능한 경우가 많다.

지하철 6-7공구 대단면 터널은 1회 콘크리트 타설 설계량은 292m³이나 실제 타설량은 350~400m³나 되어 1회 타설량이 많으며 천단부까지 높이가 12m나 되고 또한

곡관부가 많다. 외부 원형환기기구와 타설 지점까지 직선거리가 90m, 수직구 심도가 GL-45m, 횡경이 46m로써 배관 연장만 200~250m가 될 뿐만 아니라 곡관부가 4개소나 되어 중간 펌프 1대를 추가 설치하였으나 펌프에서 발생하는 매연 때문에 작업에 지장이 많아 콘크리트 타설 중인 폼에서 80~150m 전방에 설치하였다. 라이닝 폼에 콘크리트 배관은 단면이 작은 경우엔 Y형 배관을 사용하여 1개 라인이면 충분하나 대단면을 고려하여 처음부터 배관을 2개 라인으로 하고 4단계로 나누어 타설할 수 있도록 하였다. 여기서 특히 주의해야 할 점은 최초 콘크리트 타설 시 2대의 펌프가 동일한 양의 콘크리트를 동일한 압력으로 투입되는지 관리하는 것이 중요하다.

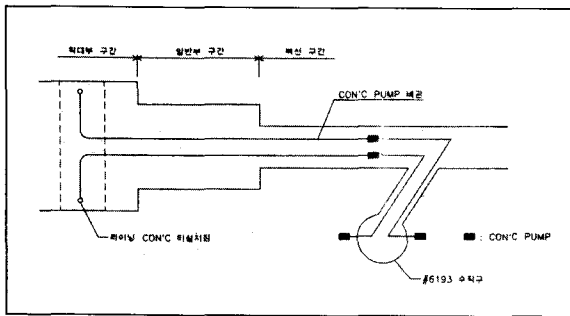


그림 9. 콘크리트 펌프 배치도

4.2 타설

지하철 6호선 터널 라이닝 콘크리트 타설 작업은 이전의 작업에 비해 개선된 사항으로서 Y자 배관 사용, 측벽부 콘크리트 투입구 추가 설치 사용, 검사창을 설치하여 수밀한 콘크리트 타설 및 천단부 동공 발생 억제 등에 아주 효과적으로 대처하였다.

지하철 6-7공구 확대부 터널의 경우 라이닝 폼 측벽 및 천단부에 총 14개소의 콘크리트 투입구와 20개소의 검사창을 설치하였고 검사창을 이용하여 좌·우측 콘크리트 타설의 육안 확인 및 봉 바이브레이터를 이용한 진동다짐을 실시할 수 있었고 이러한 진동 다짐작업은 폼 바이브

레이터를 이용하였을 경우보다 훨씬 많은 효과를 볼 수 있었다고 판단된다.

측벽 및 아치부의 콘크리트 타설 시 필히 검토할 사항은 콘크리트 타설 속도이다. 콘크리트 타설 속도는 타설 중인 라이닝 폼의 변형 및 콘크리트 품질 관리에 직접적인 영향을 줄 수 있기 때문에 6-7공구 확대부 터널의 경우 타설 높이를 측벽부 2m/hr이하, 천단부 1.5m/hr 이하로 제한하여 시간당 약 30m³ 정도로 타설하였다.

천단부에 대한 라이닝 콘크리트 타설은 라이닝 콘크리트 타설 작업 중 매우 중요하면서도 어려운 항목이다. 측벽부와는 달리 검사창에 의한 콘크리트 채움을 확인 할 수 없기 때문에 마구리판의 일부분을 열어놓고 콘크리트 타설 상태를 확인해야 하는데 최대한 동공 발생을 억제하여 라이닝 콘크리트가 굴착 면과 밀착될 수 있도록 하기 위해서는 감리자의 적극적인 확인이 필요하다.

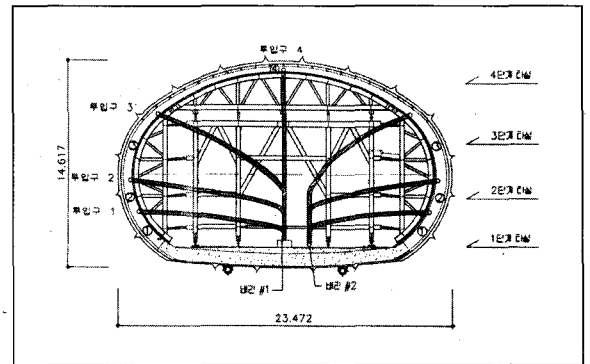


그림 10. 콘크리트 타설용 배관 설치도

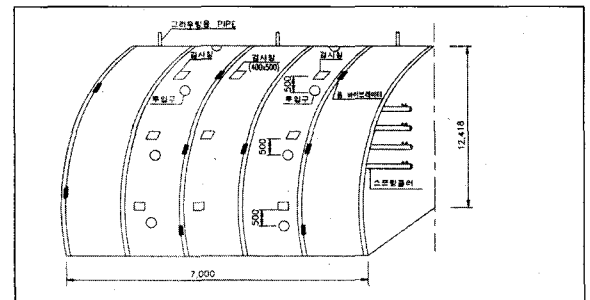


그림 11. 콘크리트 투입구 및 검사창 배치도

6-7공구 대단면 터널의 경우 라이닝 콘크리트 타설 시 마구리 거푸집이 터질 정도로 콘크리트 타설을 하였고 이러한 노력은 차후 터널 배면 채움 그라우팅 작업 시 확대부 구간 65m 전체에 몰탈 7.7m³ 밖에 투입되지 않는 것으로 확인되어 감리자의 최종 크라운부 콘크리트 타설 상태의 확인을 철저히 시행한 결과라고 판단된다.

4.3 라이닝 폼 탈형

4.3.1 관련규정

라이닝 폼 탈형 시기와 관련하여 터널 표준시방서 제8장 기타 설계 8.7 거푸집 2)항에 “거푸집 제거로 인한 콘크리트 품질 손상이 발생하지 않은 시기에 제거하고 일반적으로 콘크리트 강도가 30kg/cm² 이상 발현된 후 제거하는 것이 바람직하다”라고 되어 있고 콘크리트 표준시방서의 경우 「11.4 거푸집 및 동바리 떼어내기」중 거푸집을 떼어내는 좋은 시기의 콘크리트 압축강도 참고 값을 보면 작은 아치의 내면의 경우 50 kg/cm² 이상을 제시하고 있다.

4.3.2 탈형시기 결정

지하철6-7공구 확대부 터널의 경우는 압축 강도가 50kg/cm² 확보된 후에 탈형하기로 계획하고 라이닝 콘크리트 타설 시 몰드를 제작하여 현장 양생시키고 타설 완료 후 24시간, 40시간, 48시간, 66시간에 강도를 측정한 결과(표 3 참조) 40시간의 압축강도 측정결과가 57kg/cm² 이 측정되었으나 사이클 타임상 48시간 이후에 탈형하는 것으로 결정하여 시공하였다.

상기와 같은 방법으로 당 현장에서 탈형 시기를 결정한

표 3. 경과시간별 콘크리트 몰드 압축강도

경과시간	압축강도 (kg/cm ²)
24	35 ~ 40
40	50 ~ 60
48	70 ~ 80
66	110 ~ 120

후 라이닝 콘크리트 타설 후 콘크리트 면 상태를 확인한 결과 양호한 상태를 확인할 수 있었다. 그러나 확대부 터널과 사갱이 연결되는 접속부 타설 시는 구조물의 형상이 좌,우 대칭되는 아치형이 아니기 때문에 충분한 강도를 확보한 후 탈형하기로 하고 콘크리트 표준시방서의 거푸집 및 동바리의 떼어내기 참고 값 중 아치의 내면에 해당되는 압축강도 140kg/cm²을 기준 값으로 하여 7일간 라이닝 폼을 존치 후 탈형 하였으나 라이닝 폼 코팅 면이 콘크리트에 달라붙어 부분적으로 파손되고 일부의 라이닝 콘크리트 면 상태가 불량하게 되어 라이닝 폼 탈형 시기 결정은 무엇보다 중요하다고 판단되며 시공경험에 의한 가장 적절한 시기는 48시간 전후가 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

4.3.3 시공상 의견

대단면 라이닝 콘크리트 타설 후 탈형 시간은 6-7공구의 경우 48시간 이후 시행하였으나 선형 공정 즉, 철근조립 등의 시간이 있어 시공회사 및 작업원들의 불만이 없었다. 그러나 일반 단면 라이닝 폼 탈형 시기를 48시간 이후로 유지할 때에는 작업원들의 작업 사이클이 맞지 않게 되어 시공회사는 시공 원가가 상승하게 되기 때문에 현재의 터널 라이닝 설계 단가로는 비현실적이다. 이에 대하여 설계 및 시공 전에 충분한 검토를 하여 개선함으로써 품질향상을 도모해야 한다고 판단된다.

5. 양생

터널 라이닝 콘크리트 양생방법으로는 1) 인력에 의한 살수방법, 2) 피막양생제 사용방법, 3) 라이닝폼에 부착된 스프링 클러를 이용하는 방법, 4) 별도의 살수대차를 제작 사용하는 방법 등이 있으나 현장 실정에 맞게 선택하여 시공하여야 할 것이며 이때 특히 중요하고 유의해야 할 사항으로는 살수용지하수 이용이다.

터널 내부에 발생한 지하수를 직접 사용할 경우 지하수 온도 등을 반드시 체크하여 적정 온도가 되면 사용되던 온도가 너무 낮거나 또는 불순물이 함유되어 있으면 외부에서 투입하여 사용하여야 한다. 지하철 6-7공구 터널 구간에서의 라이닝 콘크리트 양생작업은 피막 양생제 포설 및 라이닝 폼에 부착된 스프링 쿨러를 이용하는 방법 2가지 타입으로 양생작업을 시행하였다.

복선터널 이하 규모의 터널에서는 피막 양생제 (Econex CU, 이건설업)를 사용하여 양생을 실시하였으나 확대부 터널의 경우 포설 높이가 높아 균등한 포설이 불가능하였기에 부득이 라이닝 폼에 스프링 쿨러를 부착하는 방법을 적용하게 되었다. 라이닝 폼에 살수파이프 및 스프링 쿨러를 설치하였고 물탱크, 양수기 등을 라이닝 폼에 부착하여 라이닝 타설 후 5일간(양생 기간 및 폼 이동 기간)은 살수 양생을 실시하였다. 피막 양생제 포설과는 달리 기계살수의 경우 정기적인 살수가 필요하였으며 이와 같은 양생방법의 경우 현장관리를 철저히 해야만 양질의 콘크리트를 만들 수 있으므로 철저한 시공관리가 필요한 사항이다.

6. 개선 사항

6.1 라이닝 콘크리트 슬럼프치

터널 표준시방서에서 콘크리트 슬럼프치가 명시된 규정이 없고 콘크리트 표준시방서의 제반 규정을 따라야 한다고 되어 있으며 콘크리트 표준시방서에서는 콘크리트 펌프 사용 시 슬럼프치를 15cm 이상으로 규정하고 있으나 일반적으로 시공성이 용이한 18cm를 사용하는 것이 일반화되어 있다. 따라서 일방적으로 규정할 것이 아니라 현장 여건(펌프의 위치, 배관연장 등)에 따라 현장에서 결정할 사항으로 판단되나 6-7공구 경험에 의하면 시공상의 어려움은 다소 있으나 콘크리트 타설 방법(폼제작에서)등

을 개선하였기 때문에 콘크리트의 수밀성, 라이닝 면 상태, 양생 등을 고려할 때 슬럼프치가 15cm일 때가 우수한 것으로 판단되어 15cm로 시공하였다.

6.2 폼 코팅재 및 박리제

현재 라이닝 폼은 제작 후 코팅재를 도포하고 매회 타설 후 일반 박리제를 사용하여 청소를 시행하는 것으로 되어 있으나 실제 현장 시공 경험에 의하면 최초 도포한 코팅재는 10회 전후를 사용하면 부분적으로 도포된 코팅재가 벗겨지고 벗겨진 면은 박리제를 사용해도 최종 면이 깨끗하게 되지 않기 때문에 10회 정도 사용 후에는 벗겨진 부분에 대하여 코팅재를 재도포하여 사용하였으나 부분적인 보수에도 한계가 있으므로 약 30(150~200m)회 전후 사용하고 나서는 전체적으로 샌드 블라 스팅 후 코팅재의 재도포가 필요하다.

6.3 철근피복 유지용 간격재

일반 콘크리트 구조물에서는 사각형 또는 원형 스페이서를 사용하여 피복을 유지하도록 하고 있으나 터널에서는 특히 균열방지와 철근보호를 위하여 필수적으로 설계에서 규정한 피복을 유지하여야 하나 터널에서는 일반 구조물과 같이 거푸집에 고정을 시켜 설치할 수 없기 때문에 내측 철근을 조립 후 철근에 고정시켜야 하는 어려움이 있고 시중의 기성제품을 사용 시는 더욱 어렵게 된다.

그러므로 지하철 터널공사에서는 철근을 가운데 설치한 원형 스페이서를 현장 제작하여 사용한 결과 가장 효과적이었음이 확인되었다. 일반 터널에서도 현장 제작한 원형 스페이서를 사용할 것을 권장한다.

6.4 마구리면 거푸집

무근 라이닝 콘크리트에서는 마구리면 거푸집 설치에

별로 어려움이 없으나 철근콘크리트인 경우에는 아주 많은 폼이 들게 되고 또한 여굴로 인하여 거푸집 규격도 변화하게 되어 거푸집 고정작업도 어려움이 따르게 마련이다. 그런데 현재의 터널 라이닝 콘크리트 마감 면 거푸집 설치 폼은 발주처의 형편에 따라 계상하는 경우도 있으나 없는 경우도 있다. 그러나 반드시 필요한 공중이므로 설계 시 라이닝 폼 길이를 결정하여 그 폼을 설계에 반영함이 타당하다.

6.5 철근가공조립

전술한 2항에서 기술한 바와 같이 터널 여굴에 따라 철근량이 변화하고 또한 조립방법도 어렵게 되어 시공자로서는 원가 면에서 아주 큰 불이익이 따르게 되어 항상 감독자와 마찰이 있게 마련이다. 이를 설계자 입장에서는 여굴 발생을 설계대로 억제하면 되지 않느냐고 하면 시공자는 이에 대한 이의를 제기할 수 없으나 실질적으로 여굴이 설계보다 많이 발생하는 것은 기술적으로 불가피한 사항으로서 이에 대하여 설계 당시 굴착단계에는 반영할 수 없으나 철근가공조립 시에는 고려하는 것이 합당하고, 또한 가공조립 폼에 있어서 표준폼셈에서는 지하철 공사에 매우복잡 단가를 적용토록 되어 있으나 터널구간 철근조립에 적용 여부는 불명확하고 일반터널 공사에서는 적용할 수 없게 되어 있다.

그러나 지하철 터널공사에서 실제 철근 조립은 소운반 거리는 멀고 운반수단 또한 장비가 아닌 인력으로 해야 하는 어려움이 있고 작업원들도 고개를 들고 상향 작업을 하는 등 현재 표준폼셈에서 적용토록 되어 있는 복잡, 또는 매우복잡 단가로는 현실성이 없고 실제 6-7공구 대단면 터널 조립에서 체크한 결과 TON당 120만원 이상으로 매우복잡 단가의 2배 이상이 투입 되었으나 턴키공사의 특수성 및 표준폼셈에서 터널공사에 매우복잡 단가를 적용하는 규정에 얽매어 적용하지 못하는 것은 매우 유감이다. 추후 터널 공사에서는 설계에 적용토록 하는 것이 타

당하다고 생각한다.

6.6 단면 변화부의 라이닝 콘크리트 타설

6-7공구 전체 연장 3.6km중 약 3.0km가 터널로 설계되어 라이닝 폼 투입개수가 26 틀이나 되었고 또한 단면 변화부가 많고 특히 원형 환기구와 접속부 처리는 여기서는 지면 관계로 기술하기가 곤란하나 단면 변화부 및 원형 환기구 접속부는 특수 제작한 새들(Saddle)을 이용하고 재래식 목재 거푸집을 사용하여 콘크리트를 타설 하였으며 실제 타설 원가는 일반 라이닝 폼 타설 원가에 비해 소요기간이 20일~30일 정도 소요되고 이에 따른 설치 품도 20배 이상 투입되므로 이는 반드시 설계 시 반영되어야 할 것으로 요망 된다.

6.7 공사 중 발생 폐기를 처리

터널 라이닝 콘크리트 타설 시는 반드시 폐기물이 발생되게 되어있고 특히 콘크리트 타설 시 배관에 문제가 있을 때에는 배관된 파이프 내에 있는 콘크리트를 청소 또는 처리하여야 하는 문제점이 있으나 설계에서 이는 시공자가 준비 또는 사전 검토부족에서 발생하는 사항으로 간주하여 전혀 반영하고 있지 않는 것이 현실이다. 이는 아무리 사전준비 및 철저한 검토가 있어도 발생하는 사항으로 터널 라이닝 콘크리트 타설 시 발생하는 폐기물 처리 및 청소 품은 설계에 반드시 반영하는 것이 타당하다.

7. 결 언

상기 1-6항까지 대단면 터널의 라이닝 콘크리트 타설에 관한 사항을 기술하였으나 충분하다고 할수 없고 부족한 것이 많은 것으로 판단되나 다만 앞으로 터널 시공에 있어서 설계자 및 시공자가 설계, 시공 및 견적에 참고사

항으로 활용하여 도움이 되기를 바라고 관심있는 터널기술자들은 보다 개선된 시공방법을 연구하여 국내의 많은 터널현장에 연구결과를 전파하여 기술발전의 계기가 되었으면 한다.

[약 력]

김정교

- 부산대학교 토목공학과 졸업
- 유신코퍼레이션 이사
- 서울지하철6호선6-7공구 감리단장
- 현장전화 02)749-7464
- HP 011-750-8751