

## 러시아 하바로브스크 계룡건설산업(주) 리슈빌 신축공사 현장 - 동절기 극한 환경에서의 콘크리트 타설 사례

A New Construction Field of Kyeryong Construction & Industrial Co., Ltd. Richeville in Russia Khabarovsk  
- An Application of Concrete Placement in Severe Cold Weather Environment



강호영\*  
Ho-Young Kang



한승구\*\*  
Seung-Goo Han



김영선\*\*\*  
Young-Sun Kim



남정수\*\*\*  
Jeong-Soo Nam

### 1. 머리말

최근 국내 건설시공사의 기술력이 향상되어 국내 시장뿐만 아니라 해외시장에서도 건설생산 활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 그에 따라 국내 건설시공분야의 경쟁력도 국제적으로 상승하여 세계 곳곳에서 한국 기업의 건설생산현장을 볼 수 있다.

이러한 실정에서 국내 건설사 중 계룡건설산업(주)은 러시아 시장에서 최초로 러시아 하바로브스크시와 주상복합주택사업 협약을 체결하고 2006년부터 현재까지 동절기 평균기온  $-25^{\circ}\text{C}$  정도의 극한 환경에서 공사를 진행하고 있다. 그러나 러시아와 같이 동절기 기온이 약  $-20^{\circ}\text{C}$  또는 그 이하로 떨어지는 극한 환경에서의 콘크리트 양생은 일반적으로 국내 한중콘크리트 양생 방법인 보호막과 내부에서의 공간가열방법은 양생효율이 저하되어 초기 동해의 위험이 높아 일정재령에서의 소요압축강도를 확보하기 어려운 부담을 가지고 있다. 따라서 이러한 문제점을 검토하여 극한 환경에서 콘크리트를 양생할 때 초기동해를 방지하고 소요압축강도를 확보할 수 있는 새로운 보양방법의 검토가 필요하다.

본 고에서는 러시아 하바로브스크의 동절기 극한 환경에서 콘크리트를 타설할 때 사용되고 있는 열선보양방법에 의해 콘크리트 내부온도를 확보하여 주상복합 콘크리트 건축물에 적용한 사례에 대하여 소개하고자 한다.

### 2. 계룡-하바 리슈빌 신축공사 개요

#### 2.1 설계 개요

\* 정회원, 계룡건설산업(주) 러시아 지사 지사장  
kkyh1225@hanmail.net

\*\* 정회원, 계룡건설산업(주) 대표이사

\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과 대학원

- (1) 공 사 명 : 계룡-하바 리슈빌 신축공사
- (2) 대지위치 : 러시아 하바로브스크 디카폴체바 샤프르니체
- (3) 용 도 : 주상복합(사무실 및 주거공간)
- (4) 대지면적 :  $13,864.2\text{m}^2(4,193\text{평})$
- (5) 규 모 : 지하 2층 지상 23층 2개동 총 214세대
  - ① 오피스 - 지상 1 ~ 3층
  - ② 아 파트 - 지상 4 ~ 22층
  - ③ 기계실층 - 3층, 23층
- (6) 연 면 적 :  $42,829\text{m}^2(12,954\text{평})$ 
  - ① 오피스 -  $29,186\text{m}^2(8,828\text{평})$
  - ② 아 파트 -  $4,873\text{m}^2(1,474\text{평})$
  - ③ 기계실층 -  $8,770\text{m}^2(2,652\text{평})$
- (7) 용 적 륜 : 258%
- (8) 건 폐 율 : 25.5%
- (9) 주차대수 : 분양 214대, 오피스 공용 주차장 80대

#### 2.2 공사 개요

- (1) 공사기간 : 2006년 8월 ~ 2009년 10월(38개월)
- (2) 설 계 자 : 창건축(계획설계)  
그라즈단 프로젝트(실시설계)
- (3) 시 공 자 : 계룡-스토로이

러시아 하바로브스크에 위치한 계룡-하바 리슈빌은 <그림 1> 및 <그림 2>의 투시도와 배치도에서 나타낸 바와 같이 주상복합 2개 동과 부속건물로 구성되어 있으며, 현재 약 70%의 공정이 진행중이다.



그림 1. 계룡-하바 리슈빌 투시도



그림 2. 계룡-하바 리슈빌 배치도

### 3. 공사진행 과정

계룡-하바 리슈빌 신축공사 현장은 2009년 2월까지 진행된 시공 단계별 주요 공사는 <사진 1>에서 나타낸 바와 같으며, 현재 고층부 골조공사, 조적공사, 지하주차장 철근공사, 난방공사, 미장공사, 내장공사, AL패널공사, PL창호공사, 석공사 및 설비공사 등이 활발하게 진행중이다.

### 4. 열선을 사용한 동절기 극한 환경 콘크리트 타설

#### 4.1 열선의 규격

러시아 하바로스크 계룡-하바 리슈빌 신축공사에서 동절기 콘크리트를 타설할 때 사용된 매입열선은 러시아 국가공사 시방서에 규격화된 것으로 THB-1, 2을 이용하였다. 열선의 재원은 니켈, 동니켈 합금으로 국내에서는 주로 전기장판 등에 사용되는 재료로 폴리에틸렌 절연재가 열선을 감싸고 있으며, 직류전류 저항에 의해 열을 발생시킨다.

#### 4.2 열선에 의한 보양방법의 특성

한중콘크리트의 초기동해를 방지하기 위한 양생방법은 크게 공간가열, 표면가열, 내부가열로 구분할 수 있다. 먼저 공간가열은 콘크리트 타설완료 후 완료부분 전체 또는 부분을 갈탄 및 열풍기를 사용하여 목표하는 공간을 가열하는 방법으로 경제적으로는 유리하나 효율성이 떨어진다. 또한 표면가열은 슬래브 부재 등에 사용하게 되는데 타설된 콘크리트 표면을 가열하여 양생하는 방법이다.



(a) 흙막이 및 터파기 공사



(b) 기초 콘크리트 타설



(c) 지하층부 옥벽공사



(d) 저층부 골조공사



(e) 고층부 골조공사 및 벽체조적 공사



(f) 외부 마감공사



(g) 내부 PL 창호공사



(h) 부속동 조적공사

사진 1. 시공 단계별 주요 공사 전경(2009년 2월)

한편, 내부가열 양생방법은 전기를 사용하여 콘크리트 내부에 열선을 매입하여 가열하는 방법으로 열관리가 곤란하고 경제적인 측면에서 재사용이 불가능한 단점이 있지만, 효율적 측면에서는 가장 유리한 것으로 보고되고 있다. 또한 열선에 의한 양생방법은 외기온도에 따라 열선의 매입간격을 각 부분에 조절하여 사용할 수 있으므로 균등한 콘크리트 온도분포가 가능하며, 초기동해 방지에 유리하기 때문에 동절기 콘크리트 골조 공사를 할 때 공사기간 단축 등의 장점을 가지고 있다.

#### 4.3 열선에 의한 각 부재별 양생방법

슬래브 부재의 매입 열선에 의한 보양은 <그림 3> 및 <사진 2>와 같이 러시아 스프린클러 규를 만족하는 때엔베 1, 2 열선을 200mm의 간격으로 매입하여 콘크리트를 타설하였으며, 기둥 부재에 있어서도 이와 같은 방법을 사용한다. 또한, 벽 부재에 있어서는 4mm의 일반 철선을 사용하여 400mm 간격을 두고 매입열선을 설치하고 양측의 전극차로 열의 발생을 유도하는 방법을 이용하는데 이때 철근과 접하는 열선에는 부분 절연체를 사용하였다<그림 4, 사진 3>.

한편, 매입열선과 예열기와의 연결은 <그림 5>와 같이 매입열선 연결 고정 장치를 사용하여 <사진 4>와 같은 매입열선 컨트롤 패널을 활용하여 각 부재에 매입된 열선에 전기적 가열을 실시하게 된다. 또한 <사진 5>는 옹벽, 기둥, 벽 및 슬래브 등 열선에 의한 보양방법을 적용한 사진을 나타낸 것이다.

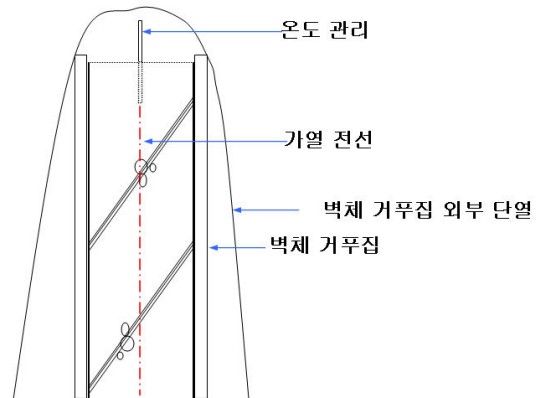


그림 4. 열선에 의한 벽 보양 상세도



사진 3. 열선에 의한 벽 부재 보양 전경

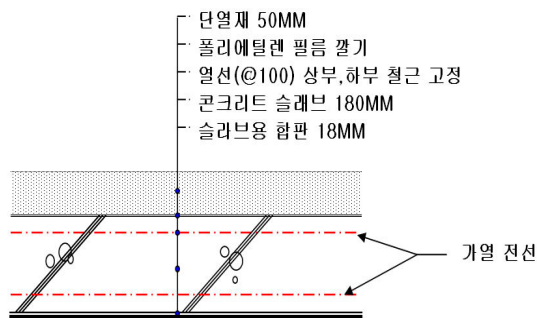


그림 3. 열선에 의한 슬래브 보양 상세도



사진 2. 열선에 의한 슬래브 부재 보양 전경

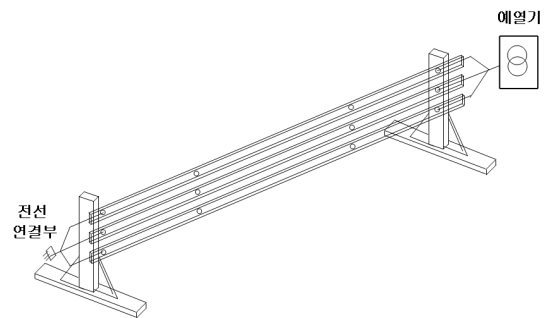


그림 5. 매입열선 연결 고정 장치



사진 4. 매입열선 컨트롤 패널



(a) 용벽 열선 매입 전경



(b) 기둥부재 열선 설치



(c) 벽 부재 열선 매입 전경



(d) 슬래브 양생 전경



(e) -20℃에서의 콘크리트 타설 전경



(f) 예열기

사진 5. 기타 매입열선에 의한 동절기 공사 관련 전경

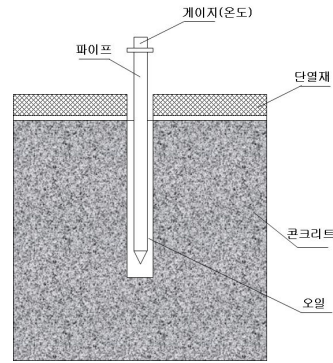


그림 6. 콘크리트 온도관리 상세도



사진 6. 콘크리트 내부온도 측정 전경

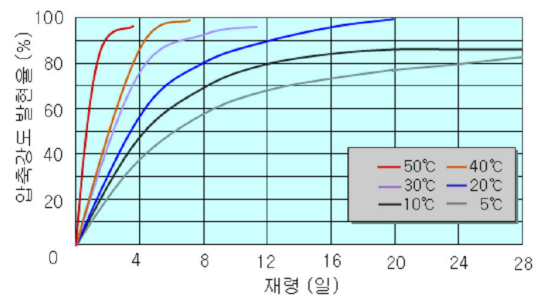
#### 4.4 콘크리트 양생온도 관리

극한 동절기 환경에서 한중콘크리트를 타설할 때 콘크리트 내부온도의 유지는 매우 중요하다. 매입열선에 의한 효율성에 따라 초기동해 방지 및 초기재령 소요강도 확보 등의 절차가 필요하다. 이에 <그림 6> 및 <사진 6>과 같이 일정한 시간 간격을 설정하여 콘크리트 내부온도를 확인하여 품질관리를 실시한다.

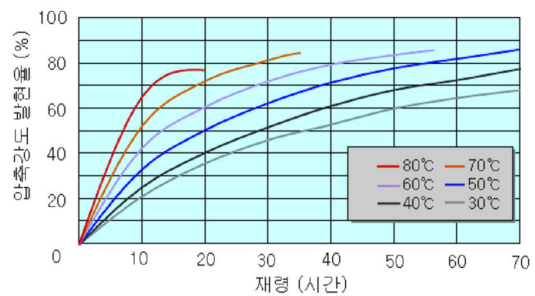
#### 4.5 동절기 한중콘크리트 품질관리

<그림 7>은 러시아 국가공사 시방서에 레드믹스트콘크리트 동절기 품질관리를 위한 내용으로 콘크리트 내부 양생온도에 따른 재령별 압축강도 발현율을 나타낸 것이다.

재령 28일 압축강도를 기준으로 양생온도가 증가할수록 소요 강도를 발현하는 시간이 단축되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 특히 -20℃ 이하로 기온이 내려가는 극한 동절기 환경에서 콘크리트 내부온도의 유지는 콘크리트의 품질과 매우 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.



(a) 일-압축강도



(b) 시간-압축강도

그림 7. 콘크리트 양생온도별 재령에 따른 압축강도 발현율

5. 동절기 공사 추진계획(러시아 건축법 적용)

<표 1>은 러시아 계룡-하바 리슈빌 신축공사 동절기 공사 추진 계획을 나타낸 것으로 러시아 국가공사시방서의 내용을 적용하여 시행기준을 정하였으며, 가열전선을 사용하여 외기온도 -40℃까지 보양작업에 포함하여 타설을 시행할 수 있도록 규정하고 있다.

표 1. 동절기 공사 추진계획

구분	내용
시행 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적용법규 : 건축법 스펙 3.03.01-87</li> <li>- 외기온도 5℃ 일 최저기온 0℃ 이하일 때 적용</li> <li>- 외기온도 영하 40℃까지 보양작업을 포함 시행 가능</li> <li>- 거푸집 보양 및 전선의 저항으로 가열</li> <li>- 5℃단계로 전선 배치간격, 굵기, 길이, 전압 등 규정</li> </ul>
타설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 가열전선 설치(외부 온도에 따라 전선 길이 결정)</li> <li>- 쓰레기, 눈, 얼음 청소(증기, 온수 사용 금지)</li> <li>- 전열부분에서 25m 이내 예열기 설치</li> <li>- 영하 10℃ 이하 일 때 24m 이상 철근, 앵거철물 가열</li> <li>- 물 가열 후 온도 70℃ 이하 레디믹스트콘크리트 최대 35도 확보</li> <li>- 레디믹스트콘크리트 타설은 연속적으로 시행</li> </ul>
양생	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타설초기 5℃ 이상 유지</li> <li>- 타설즉시 단열자재로 포장</li> <li>- 급냉, 건조방지를 위해 천막, 비닐 단열재 설치</li> </ul>
보양	<ul style="list-style-type: none"> <li>벽, 기둥, 슬래브</li> <li>- 0℃ ~ 영하 5℃ : 콘크리트 타설 후 단열재 보양</li> <li>- 영하 5℃ ~ 영하 15℃ : 콘크리트 타설 후 단열재 보양</li> <li>가열전선 하부철근만 설치 가능</li> <li>- 영하 15℃ ~ 영하 40℃ : 콘크리트 타설 후 단열재 보양</li> <li>가열전선 상하부철근 동시 설치</li> </ul>
가열 및 냉각	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 8시간 가열 20시간 보온 36시간 냉각 후 5℃ ~ 0℃시 해제</li> <li>- 온도 증가 시간당 4℃ ~ 15℃, 냉각은 시간당 5℃ ~ 10℃ 이내</li> </ul>

또한, 일정한 온도 영역을 구분하여 열선의 매입을 달리하도록 규정하는 등 타설 및 보양에 대한 동절기 러시아 건축공사 관련 규정에 준하여 공사 추진계획을 설정하고 동절기 극한 환경에서 콘크리트를 공사할 때 예정공정에 맞추어 공사를 진행할 수 있도록 하였다.

6. 맺음말

본 고에서 소개한 러시아 계룡-하바 리슈빌 신축공사 현장은 동절기 평균기온 -20℃ 이하의 극한환경에서 매입열선을 이용한 콘크리트의 양생 및 보양의 성공적인 현장적용이라는 성과를 이루었다.

연중 1/4 이상이 영하로 떨어지는 극한환경에서도 예정된 공정을 소화함으로 열선의 재사용 불가라는 경제적 단점을 공정단축에 의해 그 이상의 경제적 효과로 얻을 수 있었다. 또한 각 부재별로 부재에 맞는 매입열선과 보양방법의 선택에 의해 동절기 초기동해를 방지하고 콘크리트 소요강도를 확보하였으며, 일정한 주기에 따라 콘크리트를 타설할 때 내부온도를 확인하여 성공적인 콘크리트 품질관리를 수행할 수 있었다.

계룡-하바 리슈빌 신축공사는 러시아에서 한국기업 최초로 시공중인 수상복합 건물로 향후 국내 건설사의 러시아 시장 진출에 있어서 당 현장의 축적한 동절기 극한 환경 콘크리트 공사 노하우를 통해 보다 안정적이고 신뢰성있는 본보기가 될 것으로 기대한다. □

참고문헌

1. 콘크리트 표준시방서, 한국콘크리트학회, 2003.
2. 러시아 국가공사 시방서(스니프), 3.03.01-87.
3. 日本建築學會, 寒中コンクリート施工指針・同解説, 1998.
4. 이도범, 김효락, 이중완, 박지훈, 최일호, 동절기 공사시 열선을 이용한 한중콘크리트의 보양방법 사례, 한국콘크리트학회지, Vol.18, No.6, 2006. 11.

담당 편집위원 :  
윤현도(충남대학교) wiseroad@chu.ac.kr