

# 공동주택용 외단열 동시타설 공법 적용을 위한 리스크 요인 평가

## Assessment of Risk Factors for Application of Exterior Insulation Board in Cast-in-place Concrete Form System for Apartment

**CUI JUNLONG\***      **김 태 훈\*\***      **임 현 수\*\***      **조 훈 희\*\*\***      **강 경 인\*\*\*\***  
Cui, Jun-Long      Kim, Taehoon      Lim, Hyunsu      Cho, Hunhee      Kang, Kyung-In

### Abstract

Exterior insulation board in cast-in-place concrete form system could reduce construction period and improve quality in apartment construction. However, the method is progressed with insulation and concrete frame works at the same time, then risk is increased in duration control and quality management. Therefore, this paper analyzed risk factors through FMEA method. We found that the key risk factors delaying schedule was insulation material that soaked in the rain and quality defects on the insulation material joint. Based on this research, the risk management approach should be developed for improvement of method activation.

키 워 드 : 공동주택, 외단열 동시타설 공법, FMEA, 리스크 우선순위

Keywords : Apartment, Exterior insulation board in cast-in-place concrete form system, FMEA, RPN

### 1. 서 론

국토교통부가 2025년 제로 에너지 빌딩화 안을 발표하면서 외단열 시스템은 이에 대응할 수 있는 필수적인 방안으로 주목받고 있다.<sup>1)</sup> 하지만 외단열 시스템은 기존 보급된 내단열 시스템보다 공사기간이 증가하고 균일한 시공품질의 확보가 용이하지 않다는 점에서 외단열 시스템 적용이 활성화되지 못하고 있는 실정이다.<sup>2)</sup> 이를 해결하기 위하여 단열재를 외측 거푸집 안에 미리 설치하여 골조와 동시에 타설함으로써 골조와 단열재간 부착품질을 향상시키고 공사기간을 단축시킬 수 있는 외단열 동시타설 공법이 하나의 대안이 될 수 있다. 그러나 외단열 동시타설 공법은 타설층에서 공정부하, 단열재 접합부 콘크리트 유출로 인한 공기지연, 품질저하 등 문제점들이 발생할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 개발 초기단계에서 향후 발생할 수 있는 잠재적 고장모드를 선별할 수 있는 FMEA(Failure mode effects analysis)기법을 활용하여 공동주택용 외단열 동시타설 공법 적용 시 발생할 수 있는 리스크 요인을 도출 및 평가하여 핵심 리스크 요인을 파악하고자 한다.

### 2. 공동주택용 외단열 동시타설 공법 리스크 요인 평가

본 장에서는 먼저 동시타설 공법 적용시 발생할 수 있는 리스크 요인을 도출하기 위하여 외단열 시공 분야 전문가 지문 및 기존 문헌 조사<sup>3)4)5)</sup>를 수행하였고 도출된 요인을 공기지연과 품질저하로 구분하였다. 이를 토대로 설문을 통하여 리스크 요인의 발생도, 심각도, 영향도를 평가하였고 리스크 요인의 우선순위(RPN: Risk Priority Number)를 도출하였다. 설문은 9점 리커드 척도를 활용하여 외단열 동시타설 공법 시공 경험자 및 연구자 총 21명을 대상으로 수행하였다. 이 때, 발생도는 해당 리스크가 발생하는 빈도, 심각도는 해당 리스크가 발생시 단열공사 및 골조공사에 미치는 공기지연이나 품질저하 정도, 영향도는 해당 리스크가 발생시 단열 공사의 후속공정인 창호공사 및 마감공사에 미치는 공기지연이나 품질저하 정도를 평가하고, RPN은 식 (1)을 통하여 산출하였다.

$$RPN = \text{발생도} \times \text{심각도} \times \text{영향도} \text{ ----- (1)}$$

평가 결과, 품질저하 RPN 평균값이 공기지연의 RPN 평균값보다 높은 것으로 나타났다. 이는 공기지연 리스크 요인의 발생빈도가 품질저하 요인에 비해 전체적으로 낮고, 부정적인 영향의 정도 또한 상대적으로 크지 않기 때문인 것으로 분석되었다. 세부적으로 살펴보면 공기지연 관점에서는 강수 등 기후에 노출된 공기 지연(RPN 116.5)이 가장 높은 순위로 분석되었고 파이어벨트 후사공에 의한 공기지연(RPN 107.4)이 그 다음 순위를 차지하였다. 품질저하 관점에서는 단열재 접합부에서 콘크리트 페이스트 유출(RPN 232.5)이 가장 높은 순위로 분석되었고

\* 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정  
\*\* 고려대학교 건축사회환경공학과 박사과정  
\*\*\* 고려대학교 건축사회환경공학과 교수, 공학박사, 교신저자(hhcho@korea.ac.kr)  
\*\*\*\* 고려대학교 건축사회환경공학과 교수, 공학박사

그 다음으로는 벽체의 수직도 관리가 어려움(RPN 208.6), 건물 코너 부위의 하자 발생(RPN 185.2)의 순으로 평가되었다.

표 1. 공동주택용 외단열 동시타설 공법 리스크 요인 분석

부문	리스크 요인		중요도 점수			RPN	RPN 순위
	리스크 요인	세부내용	발생도	심각도	영향도		
공기 지연	강수 등 기후에 노출된 공기지연	공사 중 단열재가 빗물에 젖으면 골조공사 진행도 불가능하므로 공기지연 발생	3.2	5.5	6.6	116.5	1
	타설층의 공정부하로 인한 공기지연	타설층에서 철근, 단열재, 거푸집 작업이 동시에 진행되기에 공기지연 우려	4.0	4.5	5.1	92.2	5
	개구부 후시공에 의한 공기지연	개구부 부위는 일체 타설이 어려워 후시공이 필요하데 시공난이도가 높아 공기지연 우려	4.8	4.8	4.6	105.8	3
	거푸집 설치 및 고정이 어려워 공기지연	단열재가 벽체 거푸집에 고정된 후 거푸집 설치공사가 진행되어 골조공사 공기지연 우려	4.4	4.2	5.0	92.7	4
	파이어벨트 부위 후시공에 의한 공기지연	기존의 무기질 불연단열재는 일체 타설이 어려워 후시공이 필요하므로 공기지연 우려	4.4	4.7	5.1	107.4	2
품질 저하	단열재의 상부 접착부위의 파손	단열재의 상부가 콘크리트 타설시 혹은 철근 배근 거푸집 설치 등 작업시 밟혀 파손됨	5.9	5.7	5.1	172.1	4
	건물 코너 부위의 하자 발생	건물의 코너에서 단열재가 밀림 현상이 발생하고 모서리가 파손되는 등 하자 발생	5.0	6.3	5.9	185.2	3
	가설시스템 고정재 충돌로 인한 단열재 파손	가설시스템이 탈형되거나 인양될 때 설치된 단열재와 충돌하여 단열재 파손 우려	4.3	5.0	5.2	112.4	6
	벽체의 수직도 관리가 어려움	골조벽체를 단열재가 외부에서 감싸고 있어 골조벽체의 수직도 관리가 어려움	5.3	6.1	6.5	208.6	2
	단열재 접합부에서 마감면 균열 발생	단열재 접합부에서 수축 및 팽창 회수가 많아지면 균열이 발생	5.1	5.7	5.4	158.1	5
	단열재 접합부에서 콘크리트 페이스트 유출	단열재의 접합부에서 콘크리트가 유출되어 표면이 오염, 열교, 거푸집 탈형시 파손 발생	6.1	6.6	5.8	232.5	1

### 3. 결 론

본 논문은 FMEA기법을 활용하여 공동주택용 외단열 동시타설 공법 적용을 위한 리스크 요인의 우선순위(RPN)를 도출하였다. 공기지연 부문 중 RPN이 가장 높은 기후에 의한 공기지연은 불가피한 상황이라고 할 수 있으나 공사 중에 단열재가 비에 젖지 않도록 가설시스템 상부를 개량하여 비막이를 설치하는 것이 하나의 대안이 될 수 있다. 또한 단열재 상부 파손을 방지하기 위하여 단열재를 골조 레벨보다 올려 시공하거나 단열재 접합부 페이스트 누출을 방지하기 위하여 단열재 모서리면 형상에 요철을 두는 방안을 고려할 수 있다. 마지막으로 앞 장의 평가결과와 같이 동시타설 공법은 단열재 이음부위의 품질 확보 및 벽체의 수직도 관리가 어렵다는 점을 고려할 때 이음부위가 적고 수직도 관리가 용이한 시스템 거푸집에 적용하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 향후 동시타설 공법 적용시 현장 관리자가 리스크를 인지하고 구체적인 대응방안을 마련하는데 참고자료가 될 수 있으며, 또한 동시타설 공법을 개선하기 위한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(과제번호: 14CTAP-C078040- 01)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 박시현, 임재한, 송승영, 공동주택 습식 잔공 외단열시스템 성능 평가, 한국생태환경건축학회 논문집 제13권 제6호, pp.45~53, 2013.10
2. 강혜민, 이준성, 외단열시스템 보급 활성화를 위한 설계-시공 통합관리 방안, 대한건축학회논문집 제28권 제11호, pp.157~166, 2012.11
3. Zhao Jinhui, A New Construction Method of Concrete Shear Wall System, Construction and Architecture, pp.83~85, 2014.10
4. Xiao Weijia, Design and Construction of Cast in situ Exterior Wall External Insulation System in High-rise Residential Building, Construction Technology, No.38, pp.431~432, 2009.6
5. Zhang Jianguo, Ju Xin, Application of Exterior Insulation formwork System, Science & Technology Vision, No.21, pp.179~180, 2012.7