

교육시설물 누수방지 Check List 제안에 관한 연구

- 공법, 공간, 단계를 중심으로 -

A Check List Development for Water Leakage Prevention in Educational Facility

김 승 화* 김 제 온** 손 제 호*** 이 승 현****
Kim, Song-Hwa · Kim Jae-On · Son Jae-Ho · Lee Seung-Hyun

요 약

교육시설물 공사에는 중견 건설업체들의 참여가 주를 이루고 있다. 이는 전문 인력 부족, 시공경험부족과 노하우 부족 등의 문제점을 가지고 있어 체계적인 품질관리를 하지 못하고 있다. 건축공사에서 발생하는 하자사례 중 많은 부분이 누수에 의한 것이며, 누수방지는 설계, 시공, 그리고 유지보수에 있어 세심한 관리가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 교육시설물의 누수 사례를 살펴보고 교육시설물의 공법별, 공간별, 부위별, 단계별(설계, 시공, 관리) 계획 시 고려해야하는 요인의 분류체계를 구축하여 누수방지 Check List를 작성 하도록 한다.

키워드: 누수방지, 분류 기준, Check List, 방수공법, 교육시설물

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

교육인적자원부는 2007년 3월8일 「교육시설 민간투자사업의 위회」 의결을 거쳐 임대형 민자사업(BTL)에 의한 교육여건개선 계획을 확정· 발표하였다.

택지개발지역의 학생을 적기에 수용하기 위해 115개(11,784억 원) 학교를 신설하고, 교육환경이 열악한 노후학교 70개(3,186억 원)를 개축하며 교육과정운영에 필수적으로 필요한 체육관 298개(5,003억 원)를 신축할 계획이다.¹⁾

그러나 이러한 교육시설물 공사에는 중견 건설업체들의 참여가 주를 이루고 있으며 이는 전문 인력 부족, 시공경험 부족과 노하우 부족, 하자보수 미흡 등의 문제점을 가지고 있어 체계적인 품질관리를 하지 못하고 있다.²⁾ 또한 건설공사의 하자를 사전에 방지하기 위해 지출되는 품질관리 비용은 총 비용의 1~5%를 차지하는데 반하여, 하자 발생으로 인하여 추가로 지출되는 재작업비용은 12%를 상회하고 있어 비용이용 면에서 큰 손실을 초래하고 있는 실정이다.³⁾

건축공사에서 발생하는 하자사례 중 많은 부분이 누수에 의한 것이며, 누수방지는 설계, 시공, 그리고 유지보수에 있어 세심한 관리가 요구되고 있다. 특히, 교육시설물은 여러 동으로 구성되어 연결부위 등 취약한 부분이 많이 발생하고 있다. 이러한 현상을 근본적으로 개선하기 위하여 설계, 시공방안, 매뉴얼 작성 등 체계적인 분석이 이루어져 근본적인 누수를 방지 할 수 있는 체계 구축을 해야 할 시점이다.

따라서 본 연구에서는 교육시설물의 누수 사례를 분석하여 누수를 일으키는 요인을 도출하도록 한다. 또한 향후 교육시설물의 공법별, 공간별, 부위별, 단계별(설계, 시공, 관리) 계획 시 고려해야하는 요인의 분류체계를 구축 하여 누수방지 Check List를 제안 하도록 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 교육시설물의 누수방지 Check List를 제안하기 위해 아래와 같은 방법으로 연구를 진행하고자 한다.

첫째, 국내·외 누수관련 선행연구 및 문헌조사를 실시하여 연구 동향을 알아보고자 한다. 둘째, A교육청 산하 11개 학교의 누수정보 사례를 분석하여 누수발생 요인을 도출하도록 한다. 셋째, 이를 보완하기 설계, 시공, 유지관리 계획 시 고려해야할 요인을 분석하도록 한다. 넷째, 이를 활용하여 교육시설물의 공법별, 공간별, 부위별, 단계별(설계,

* 일반회원, 홍익대학교 건축공학과 석사과정,
** 일반회원, 한밭대학교 건축공학과 겸임교수, 공학박사(교신저자)
*** 일반회원, 홍익대학교 건축공학과 부교수, 공학박사
**** 일반회원, 홍익대학교 건축공학과 조교수, 공학박사
1) 교육인적 자원부, BTL 시설사업 기본계획 지침 개선, 2007.07
2) 류종혁 외1, 국내 교육시설건설공사 현장에서의 품질 하자 현황 분석, 한국교육시설학회, 2008.01

3) 이상현 외, 건설공사의 하자분석을 통한 품질관리 중점 항목 선정 방법, 대한건축학회 논문집, 1996.04

시공, 관리) Check List를 작성하도록 한다. 연구 흐름도는 아래 <그림 1>과 같다.

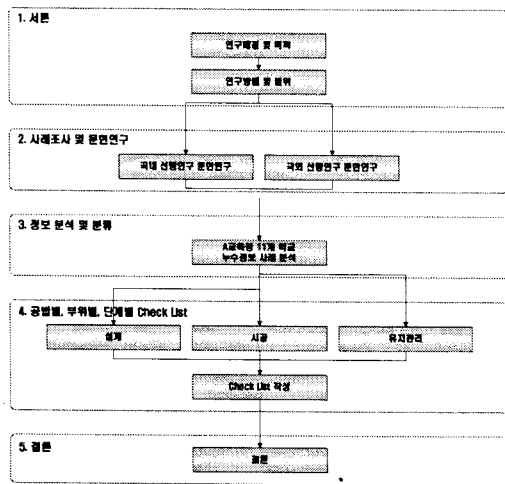


그림 1. 연구 흐름도

2. 선행 연구 사례 및 문헌 연구

2.1 국내 선행 연구 사례

국내 교육시설물 누수 관련 연구는 초기에는 단순 누수사례를 분석하는데 그쳤으나 오상근(2003), 이재범(2004)의 연구를 시작으로 누수 사례에 대한 개선 방안을 제시하는 연구가 진행 되었다. 그러나 설계상의 해결방안을 제시한 연구가 주를 이루어 다른 부분의 개선방안을 제시하는 연구가 필요하다.

표 1. 교육시설물 누수하자 선행 연구

논문명	출처	내용
부산외국인학교 하자보수 및 안전성 검토 조사연구	김재웅 외3 (2002)	건축물에 대한 설계도서 및 정밀 현장 조사, 구조계산 등을 통하여 안전성 및 사용성을 평가하여 하자 내용을 분석.
학교 건축물의 누수진단 및 보수 기술	오상근 외1 (2003)	학교 건축물의 누수 및 하자에 대한 정밀 분석을 토대로 학교구조물의 안전성 확보를 위한 보수 및 보강 대책을 수립한 진단 사례를 소개하며, 해결책으로 각 부위별로 시공 상세도를 제시하고 있음.
학교건축물 누수진단 및 보수 방안에 관한 연구	이재범 (2004)	7개 초·중등학교의 누수진단 사례를 조사하여 누수원인 및 경로를 분석하여 적절한 보수 및 보수재료와 공법을 제시함.
교육용 건축물의 누수 및 보수방안에 관한 사례 연구	곽규성 외2 (2006)	19개 교육용건축물의 현장시공 상태 및 구조물 상태를 조사하여 누수 원인 및 경로 분석함.
국내 교육시설건설회사 현장에서의 품질하자 현황 분석	류종혁 외1 (2008)	국내 교육시설공사 현장에서의 품질 하자 현황을 조사하여 향후 효율적인 품질관리 체계 구축을 위한 기초자료를 제시함.

건축물의 하자관리 시스템 연구는 1900년도 후반부터 연구되어 왔다. 장선영(2004)의 연구는 웹을 기반으로 실내건축의 하자를 관리하는 시스템을 연구하였다. 이러한 연구가 교육시설물의 누수관리에도 필요한 실정이며, 우선하여 공법별, 부위별, 단계

별 누수하자 분류 체계가 필요하다. 현재까지 진행된 하자관리 시스템 선행 연구를 정리하면 다음의 <표 2>와 같다.

표 2. 하자관리 시스템 선행 연구

논문명	출처	내용
우리나라 공동주택의 하자정보 관리 시스템 개발에 관한 연구	송혁 외2 (1998)	하자보수 업무흐름을 파악하여 하자정보의 분류하여 파일설계도를 작성하여 데이터베이스를 설계함.
건축협력설계 의사결정 지원 모델의 적용에 관한 연구	오승준 외1 (2004)	사례적용을 통한 건축 설계단계에서 협력의사결정을 통한 부위별 적정 설계대안의 선정 및 평가방법을 제안함.
실내건축에서 하자발생 유형 분류를 통한 웹기반 품질관리 시스템 개발에 관한연구	장선영 (2004)	하자보수 관리업무와 하자 정보를 분석 하여 하자관련 정보 기준을 제시함. 이를 바탕으로 프로세스를 도출하여 데이터베이스 모델을 구축.
건설프로젝트의 하자분류시스템 개발방안	김용호 외2 (2005)	통합 건설정보 분류체계구성을 활용하여 하자분류체계를 정립함.

2.2 국외 선행 연구 사례

국외 누수하자와 시스템에 대한 연구는 다음의 <표 3>과 같다. 누수하자의 선행연구는 사례연구를 바탕으로 설계 도서사용에 있어 기술적인 부분을 제안하고 있다. 또한, 시스템에 관한 선행연구는 시스템 결함을 분석하는데 초점이 맞추어져 있다. Wai-Kiong Chong (2006)은 결함의 분석하여 데이터베이스를 개발하여 미래의 잠재적 결함을 줄이는 연구를 진행했다.

표 3. 국외 하자관리 시스템 선행 연구

논문명	출처	내용
Assessment of Defects at Construction and Occupancy Stages	Wai-Kiong Chong 외1 (2005)	건축물의 잠재적 결함을 감소시키기 위한 방법이 필요하다는 것을 확인시키는 논문으로 잠재적 결함을 분석함.
Effects of Schedule Pressure on Construction Performance	Madhav Prasad Nepal 외2 (2006)	건축계획의 중요성과 이러한 건축계획이 건축 성과물에 어떠한 영향을 주는지 연구함.
Latent Building Defects: Causes and Design Strategies to Prevent Them	Wai-Kiong Chong 외1 (2006)	설계 디자인을 하는데 필요 지식과 정보가 결여 되고 있음. 지역 기준 등을 데이터베이스로 개발하여 미래 디자인에서 잠재적 결함을 없애는데 사용함.

따라서 교육시설물의 누수관리를 위해 단계별 잠재적 결함의 분석이 우선되어야 이를 전체적으로 관리할 수 있는 시스템이 개발되어야 할 것으로 사료된다.

3. A교육청 산하 11개교 교육시설물 누수 현황 분류

3.1 방수 공사의 일반적인 사항

건물의 지붕, 바닥, 지하실, 수조 등에는 물의 침입이나 유출을 막고 물을 침투시키지 않아야만 한다. 이를 위해 방

수공사를 실시하는 것이다. 방수공사는 사용방법에 따라 요구하는 성능이 다르며 그 분류는 다음 <그림2>와 같다.4)

표 4. 방수공사 실시 부위 및 용도

부위	용도	
	비보행	건지 않을 곳
경보행	실내화 등의 보행	
일반 보행	불특정 다수가 걷는 곳	
주차장	바퀴에 의한 외력	
운동장	운동을 하는 곳	
주방 욕실 화장실 주차장 지하실	물을 사용하지 않는 곳	
	비, 눈이 쌓이는 곳	
	항상 물을 사용하는 곳	

일반적인 방수공사 공법의 종류로는 아스팔트, 시트, 도막, 모르타르 방수로 나눌 수 있으며 방수 공법에 대한 교육시설물의 공간 분류는 일반교실, 특별실, 식당 등의 공간과, 복도, 옥상, 지하실, 체육관 등으로 분류 할 수 있다. 실내 공간은 실의 개념을 적용하여 묶어서 나타내었다. 부위별 분류는 천정, 창문, 벽면, 조인트 부분으로 분류 할 수 있다. 다음 <표5>는 공법별, 공간별, 부위별 분류를 한 것이다.

표 5. 공간별, 부위별 선정 공법

공법	공간별	부위별
아스팔트방수 시트 방수 도막 방수 모르타르 방수	실	천정
		창문
		벽면
		조인트 부위
아스팔트방수 시트 방수 도막 방수	복도	천정
		창문
		벽면
		조인트 부위
아스팔트방수 시트 방수 도막 방수	옥상	벽면
		조인트 부위
시트 방수 도막 방수	지하실	천정
		창문
		벽면
		조인트 부위
아스팔트방수 시트 방수 도막 방수 모르타르 방수	체육관	천정
		창문
		벽면
		조인트 부위

3.2 11개교 교육시설물 누수 현황 분류

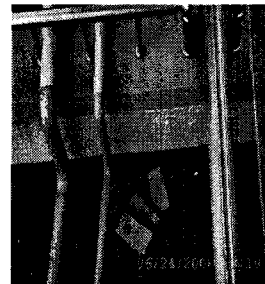
A교육청 산하 11개 교육시설물 구성은 고등학교 4개교, 중학교4개교, 초등학교 3개교로 되어 있으며, 개교년도는 1995년부터 2007년 까지 분포되어 있다. 방수공사는 주로 우레탄 방수공사를 시행하였으며, 신기술을 사용한 학교가 4개교 이다. 또한 방수공사가 진행되지 않은 학교도 1개교 있다. 11개교의 일반현황은 다음 <표5>와 같다.

4) 한국건축시공학회, 알기 쉬운 건축공사, 2006. 기문당

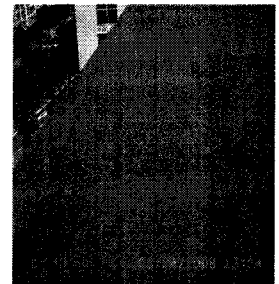
표 6. A교육청 11개 교육시설물 현황

학교	개교년도	학급수	면적(m ²)		공사종류	
			대지	연면적		
고등학교	A	2004.03.04	34	14783	12674	우레탄
	B	2003.05.20	26	14754	11194	우레탄
	C	1995.03.03	30	41819	14715	우레탄
	D	2004.03	30	11815	11855	신기술
중학교	E	2005.01	22	10625	10332	우레탄
	F	2007.03.02	22	12432	11452	신기술
	G	2007.03.03	14	10225	9426	신기술
	H	2004.03.04	32	13664	11789	우레탄
초등학교	I	2007.03.02	12	11125	10125	미시공
	J	2007.05.06	37	17768	16445	신기술
	K	2004.03.01	50	44755	24546	우레탄

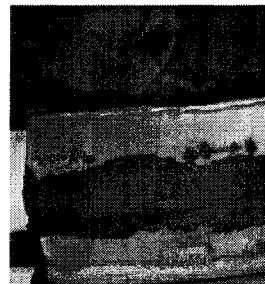
A교육청의 A학교의 누수 현황은 다음 <그림2>와 같다. 이러한 방법으로 11개교의 누수현황을 분석하여 누수 발생의 원인을 정리하였다.



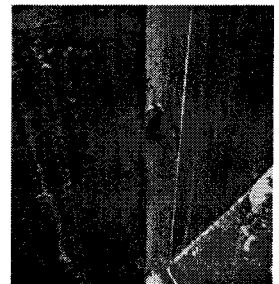
A) 옥상 트랜치 부위 누수 발생



B) 드라이버트의 크랙 발생



C) 방수층 연결부위 누수



D) 옥상의 철 구조물에서 누수 발생

그림 2. A학교의 누수현황

4. 공간(Space), 부위(Element), 단계(Step)를 적용한 교육 시설물 누수관리 항목 구성

4.1 사례를 바탕으로 공간, 부위, 단계의 누수관리 항목 구성

다음의 <표7>은 11개 교육시설물의 공간별, 부위별 누수 원인을 나열한 것이다.

표 7. 11개 교육시설물의 공간별, 부위별 누수 원인

학교	공간	부위	원인
A	복도	벽면	철 구조물에서 누수 발생 드라이비트의 크랙 발생
		천정	옥상 트랜치 부위 누수 발생 방수층 연결부위 누수
B	실	창문	창문 외부 드라이비트 크랙 발생 누수부위 상층에 샤워장 설계 체육관 드라이비트 손상 우레탄 방수층 손상
C	실	천정	옥상 우레탄 방수공사 하자 동형 지붕
		창문	
	실	부위	3층 외부 휴게실 타일내부
D	복도	천정	옥상 화단 방수층 방수공사 하자
		천정	옥상 신기술 방수공사 하자
	실	창문	드라이비트 하자
E	실	창문	창문 외부 드라이비트 크랙 발생
		조인트	교실 창 대리석 탈락현상
		부위	창틀 설치 중 메지 공사 문제
F	실	천정	트랜치에서 누수 확률 높음
		부위	가장 낮은 부분에 배수관 미설치 천정도 없어 우천 시 물이 쏟림
	지하실	벽면	가스배관 주변 마감작업 미흡 조인트 부위 마감 부실
G	지하실	천정	기계실 위층 식당에서 누수
	옥상	벽면	옥상 출입구 외부 하단 벽면의 우레탄 방수 하자
H	체육관	창문	체육관 임방의 크랙 창틀 코킹공사 하자
	실	천정	드라이비트 크랙(예상) 옥상벽면의 드라이비트 손상
I	실	창문	창문 외부 드라이비트의 크랙 발생이 원인인 누수
		조인트 부위	
J	실	조인트 부위	건물과 건물 연결된 조인트 부위 드라이비트 크랙 발생
	복도	천정	
K	실	천정	옥상 방수공사 하자-물고임으로 인한 누수
		벽면	
	지하실	천정	지붕판넬 시공 문제-판넬이 건물 쪽으로 기울어져 있어 누수발생 배수관에서 누수 발생

다음 <그림3>은 A교육청 11개 교육시설물의 현황 조사로 파악된 누수관리 항목과 시방서⁵⁾ 및 실무 자료집⁶⁾ 등 여러 자료⁷⁾를 참고⁸⁾로 우레탄 방수를 사용하는 옥상공간의 벽면부위의 설계, 시공, 유지관리 시의 누수관리 항목을 예로 구성한 것이다.⁹⁾

5) 콘크리트 구조물의 균열평가방법 및 보수, 보강전문 시방서의 개발, 1999, 건설교통부
6) 건축시공실무자료집, 정학사, 1988
7) 박민철, 방수의 설계·시공, 1998, 시공문화사
8) 한국건축시공학회, 알기 쉬운 건축공사, 2006, 기문당
9) 대한건축학회, 건축기술지침, 2006, 공간예술사

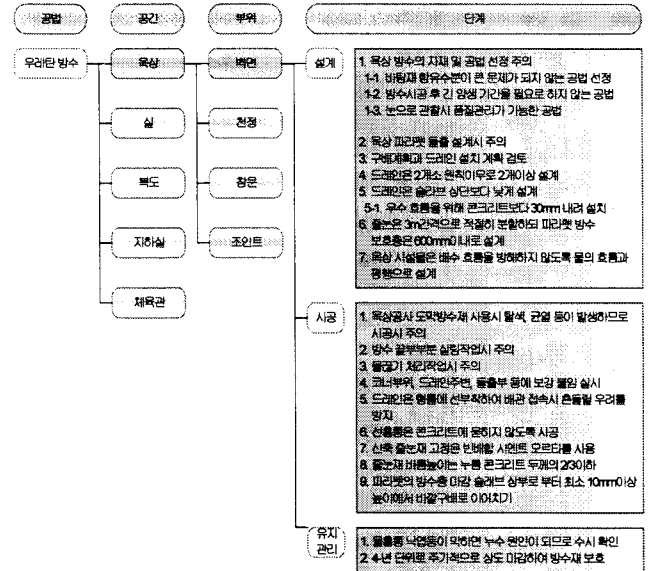


그림 3. 공간, 부위, 단계를 적용한 누수관리 항목 예

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 건축계획 단계에서 누수를 방지하는데 있어 더 효과적인 누수 방지 방안을 제시하기 위해 A교육청의 11개 교육시설물을 분석하여 공법별, 공간별, 부위별, 단계별 분류를 제시하였고 결론은 다음과 같다.

- (1) 건축공사에서 발생하는 하자사례 중 많은 부분이 누수에 의한 것이며, 누수방지는 설계, 시공, 그리고 유지보수에 있어 세심한 관리가 요구 되고 있는 실정이다.
- (2) 건축 계획 시 누수방지에 대한 요인들을 고려하여 설계와 시공, 유지관리가 이루어 져야하며 이러한 요인은 각 단계의 의사결정을 도와주어 더욱 효과적인 건축물 시공을 할 수 있게 한다.
- (3) 또한 건축 계획 단계에 이러한 요인들이 고려됨으로써 하자 발생으로 인하여 추가로 지출되는 재작업비용을 절감 할 수 있다.
- (4) 교육시설물의 누수 사례를 분석하여 교육시설물이 지닌 특성을 이해하여 공법별, 공간별, 부위별, 단계별(설계, 시공, 관리) 계획 시 고려해야하는 요인의 분류체계를 구축 하도록 한다.
- (5) 교육시설물의 공간, 부위, 단계를 적용한 누수관리 항목 Check List를 작성은 하여 공사 계획단계에서 사용하여 누수에 관한 문제점을 예방하고자 한다.

본 연구는 공법별, 공간별, 부위별, 단계별 Check List의 작성을 통하여 누수관리 원인과 방안을 Data Base화 시켜, 향후 누수관리 시스템을 개발하는데 이용이 가능할 것으로 예상되어 진다.

또한, 더욱 발전 시켜 여러 시설물의 누수관리 요인들을 분석 된다면 교육시설물 이외 다른 시설물의 누수를 방지 하는데 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 권해림 외3, 방수공사의 하자 유형별 중점관리 요인 선정 방법, 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 2007.10
2. 김용호 외2, 건설프로젝트의 하자 분류시스템 개발 방안, 한국건설관리 학회 학술발표대회 논문집, 2005
3. 류종혁 외1, 국내 교육시설건설공사 현장에서의 품질 하자 현황 분석, 한국교육시설학회, 2008.01
4. 배순석 외2, 보증사고 통계에 기초한 공중별 하자발생빈도에 관한 연구, 대한주택산업연구원, 2005
5. 송혁 외2, 우리나라 공동주택의 하자정보관리 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회, 1998.10
6. 안광욱 외1, 공사현장의 품질관리를 위한 방수공사의 하자분석, 대한건축학회 논문집, 2005.02
7. 오승준 외1, 건축협력설계 의사결정 지원모델의 적용에 관한연구, 대한건축학회 논문집, 2004.08
8. 이상현 외, 건설공사의 하자분석을 통한 품질관리 중점항목 선정 방법, 대한건축학회 논문집, 1996.04
9. 이재범, 학교건축물 누수진단 및 보수 방안에 관한 연구, 서울산업대 주택대학원, 석사논문, 2004.08
10. 전재열, 건축설계단계에서 협력설계 의사결정을 통한 적정부위 대안 선정 알고리즘에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2003.11
11. 통합정보시스템 응용연구, 과학기술부, 2000
12. 콘크리트 구조물의 균열평가기법 및 보수, 보강전문 시방서의 개발, 1999, 건설교통부
13. 건축시공실무자료집, 정학사, 1988
14. 박민철, 방수의 설계·시공, 1998, 시공문화사
15. 한국건축시공학회, 알기 쉬운 건축공사, 2006. 기문당
16. 대한건축학회, 건축기술지침, 2006, 공간예술사

Abstract

Midium-size Companies have participated in most of the Educational Facility Construction. Since they are lack of special manpower, construction experience, and know-how, many construction defects cause . A water leakage is a typical construct defect in the educational facility construction. A water leakage prevention has to be careful considered in plan, construction and maintenance stages.

Therefore, this study suggests Check List for the water leakage prevention, which designer/engineer must consider in plan, construction, and maintenance stages for the educational facility.

Keyword : Water Leakage, Classification Standard, Check List, Method of Waterproof, Educational Facilities