

비노출 방수층에 작용하는 정하중과 동하중 작용 후의 방수층 물성변화에 관한 연구

A Study on the Change of Physical Capability of Waterproofing Layer after the Application of Static Load and Moving Load to a Non-Exposed Type Waterproofing Layer

선 윤 숙* 김 진 성** 오 상 근***
Seon, Yun-Suk Kim, Jin-seong Oh, Sang-Keun

Abstract

The part in the structure that is most affected by changes of external temperature is the protective concrete layer that protects a waterproofing layer. Also, the waterproofing layer that is situated under or on the back of such a protective concrete layer is affected by temperature and the behavior of the protective concrete layer under the condition of consolidation or close adhesion. In particular, in many cases, the damage is serious mainly around the projection (such as a parapet), crack, and joint (expansion joint). However, there is no proper way of examining again the non-exposed waterproofing layer once it has been constructed. Therefore, there is an assessment only on the physical property of materials and the capability of the layer in construction, and there is no actual assessment in consideration of its environmental condition or the condition of the use of buildings after construction.

Therefore, in order to create more pleasant buildings and to enhance the durability of structures, this study conducts research into the change of capability of non-exposed waterproofing material after the application of a static load and moving load on the waterproofing layer situated under or on the back of protective concrete.

키 워 드 : 비노출 방수층, 정하중, 동하중

Keywords : Non-Exposed Type Waterproofing Layer, Static Load, Moving Load

1. 서 론

오늘날 많은 사람들은 삶의 근본적인 문제에서 나아가 좀 더 쾌적하고 편안한 삶을 추구하며, 삶의 질적 향상을 시켜가고 있다. 이에 부응하여 근래 친환경적 삶은 의식·주 모두에서 일어나는 봄이기도 하다. 근래 서울시의 녹화사업이나 기존에 방치되어져 있던 옥상공간을 휴식공간화하는 등 삶의 질적 향상이 추구하고 있으며, 하루 일일 생활권화 시킨 교통시설 내에서도 좀 더 빨리, 좀 더 안전하게 시간을 단축 시키기 위하여 많은 터널과 교량등을 통한 직선과 단선의 교통망을 만들어가고 있다. 또한 점점 대형화 되어가는 건축물은 그 지하공간을 확보해 가고 있으며, 지하에 개설되는 설비시설물들 또한 점점 증가해 가고 있다. 이와 같은 옥상, 지하구조물, 주차장, 교량 등의 구조물에서 방수의 기능은 구조물의 내구성과 안전성에 있어서 매우 중요한 역할을 한다. 이러한 시설물들에 있어서 방수층은 건설물의 장기화 방안, 미관 그리고 환경적 요인 등에 의해 비노출 방수공법이 주류를 이룬다.

구조물 중 외기온도의 변화를 가장 많이 받는 부위는 방수층을 보호하기 위한 보호콘크리트층이다. 이러한 보호콘크리트층의 하부 또는 이면에 위치한 방수층은 압밀 또는 밀착된 상태에서 온도와 보호콘크리트층의 거동에 의한 영향을 받는다. 특히 돌출물(파라펫 등), 균열, 조인트(신축줄눈) 부위를 기점으로 손상이 크게 발생하는 경우가 많다. 하지만 한 번 시공된 비노출 방수층은 시공불량이나 하자발생을 미연에 방지하기가 어렵고, 다시 검증 받을 수 있는 방법이 미비하며 그 시공에 있어서 또한 재료적 물성 및 성능에 대한 평가만이 시행되고 있을 뿐 그 환경적 여건이나 시공이후 건설물의 사용조건 등을 고려한 평가는 이루어지고 있지 않은 실정이다.

이에 좀 더 쾌적한 건설물을 만들고, 구조물의 내구성을 향상 시키며 비노출방수층에 대한 검증과 시공 이후의 내구성 향상을 위하여 보호콘크리트 하부 또는 이면에 위치한 방수층에 대한 정하중 작용 후와 동하중 작용 후의 비노출 방수재료에 대하여 각각 성능변화 특성에 대한 기초적 연구를 수행하였다.

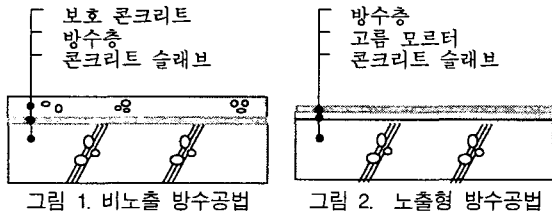
* 서울산업대학교 주택대학원 주택생산공학과, 정회원

** 서울산업대학교 주택대학원 주택생산공학과, 정회원

*** 서울산업대학교 건축학부 교수, 정회원

2. 비노출 방수층에 대한 이론적 고찰

비노출 방수층은 콘크리트의 레이턴스, 습기, 이물질 등 바탕면을 정리한 후 방수층을 시공하고 그 위에 보호 콘크리트를 친다. 비노출용 방수공법은 노출용 방수공법에 비해 기존 보호층 제거와 그에 따른 각종 폐기물 발생 등에 따른 경제적 부담이 큰 단점이 있으나 옥상의 경우 여름철 직사광선에 의해 콘크리트 표면 온도가 80℃까지 상승하고 비, 바람, 자외선 등의 지속적인 영향에 의한 방수층의 열화 속도가 매우 빠른 점을 감안하면 건물의 장기적인 내구성 측면에서는 노출 방수공법보다 유리한 점을 가지고 있으며, 일정한 구배를 재형성시킬 수 있다. 그러나 비노출 방수층은 한번 시공되면 그 재료의 성능이 어떻게 변화되는지는 알 수 없다. 따라서 본 연구에서는 비노출방수층이 장기적으로 누름하중을 받는 것에 국한하여 물성변화를 측정하여 보았다.



3. 시험 계획 및 방법

3.1 시험 계획

시험에 사용하는 방수재료는 비노출 방수층에 많이 쓰이는 멤브레인 방수재 중 고무아스팔트계, 우레탄고무계, 개량 아스팔트 시트를 대상으로 시험 한다.

표 1. 비노출 방수층에 작용하는 하중의 예

종류	내용	비고
건물	지붕 200kgf/m ²	보호콘크리트10cm
주차장	승용차 400kgf/m ² 경량트럭, 버스용도 800kgf/m ² 총중량 180톤 이하 트럭 1200kgf	슬래브 설계용 적재하중
	승용차, 경량트럭, 빈버스 1200kgf/m ² 총중량 18톤 이하트럭 1600kgf/m ²	
교량	도로 차량하중 753.71kgf/m ²	임의 구간 산정
량	케도 5N/cm ²	재래형 케도

3.1.1 정하중의 조건 및 산정

정하중은, 건축재료의 밀도나 단위 체적 중량(또는 단위 면적 중량)에, 체적(또는 면적)을 곱하여 계산하는 것으로 한다. 정하중의 산정은 건축물 지붕(옥상)의 방수층 위로 두께 10cm의 보호 콘크리트를 치는 경우, 단위 면적당 보호콘크리트에 의해 방수층이 200kgf/m²의 누름하중을 받는 조건하에서 정하중을 산정한다. 200kgf/m²의 누름하중을 시험체(300×300mm)의 크기에 맞게 산정하여 시험편(290×290mm)에 가해지는 실험하중은 18kgf로 한다.

표 2. 정하중의 조건 및 산정

항목	내용
재료	고무아스팔트계, 우레탄고무계, 개량아스팔트시트
실험항목	두께·길이변화 측정, 인장성능
정하중	200kgf/m ² (보호콘크리트, 1×1m)
실험정하중	18kgf (시험체 0.09m ² , 0.3×0.3m)
시험편갯수	6
실험 항목 및 내용	정하중(3개월, 6개월 정치) 후 두께·길이변화 측정, 인장성능

3.1.2 동하중의 조건 및 산정

일반 소형승용차 총중량이 약 1,200kg으로 1개의 바퀴에 약 300kg의 수직하중이 작용하는 것을 고려하여, 시험시 타이어의 수직하중은 300kgf로 정한다. 이는 여러 차종 중에서 소형승용차의 최소 하중 조건으로 방수층을 관찰함으로써 실제적으로 이보다 더한 동적 누름 하중을 받는 방수층에 대하여 기본 조건을 제시하여 실험을 하고자 함이다.

또한 타이어 총 주행횟수 및 주행 속도는 도로상에서 일정한 간격으로 차량이 어떠한 구간을 연속으로 지나간다는 가정 하에 차량 한 대가 100km/h의 속도로 앞 차량과의 거리 간격 100m 구간을 지나며 어느 한 지점을 연속으로 동적 누름 하중을 가할 때에 한 지점에서는 3.6초에 1회씩 주행하게 된다. 이는 1시간에 1,020회, 하루에 24,480회, 한 달이면 758,880회를 동적 누름하중을 주는 것으로, 이는 주차장에서 5km/h의 속도로 앞 차량과의 거리 간격 5m를 유지 일정한 한 지점을 지날 때에도 3.6초에 1회의 동적 누름하중을 주게 되는 것과 같다. 이는 실험실의 운하중의 조건과 동일한 조건이 된다. 동적 누름하중의 주행 횟수는 이를 판단위로 하여 KS F 4937 주차장 바닥용 표면 마감재의 주행횟수 산정방법에 따라 일일 이동 차량 댓 수와 내구수명을 고려하여 실험 주행 횟수를 80만회로 한다.

동하중의 산정은 방수층 위로 보호콘크리트의 실험하중인 18kgf를 주고 그 위로 이동하중인 수직하중 300kgf를 가해 주어 총 318kgf의 하중을 가해 주며, 5km/h의 속도로 80만회의 이동하중을 가해준다.

표 3. 동하중의 조건 및 산정

항목	내용
재료	고무아스팔트계, 우레탄고무계, 개량아스팔트시트
실험항목	두께·길이변화 측정, 인장성능, 신장률
이동하중	300kgf (소형차량 기준)
보호콘크리트(정하중)	19kgf
실험 횟수	80만회
주행 속도	5km/h
시험 기기	직선 운하중기

3.2 시험 방법

3.2.1 시험체 제작

1) 보호 콘크리트판 제작

상부 콘크리트 블록판은 300×300×100mm의 크기에 18kgf로 하며 하부 콘크리트 블록판의 크기는 300×300×50mm로 한다. 블록판의 압축강도는 최소 40.0N/mm² 이상으로 제작한다. 블록판의 표면은 매끈하고, 요철(凹凸)이 없도록 한다.

2) 도막계 방수제 시험편의 양생 및 제작

도막계 방수제는 제품에 표시된 방법으로 도포하며, 특별한 지정이 없는 한 건조 후의 도막 두께가 고무 아스팔트계는 2mm, 우레탄고무계는 약 1mm로 마무리한다. 시험편의 제작은 시료를 박리지 위에 기포가 없도록 균일하게 도포한다. 양생은 표 4의 양생 조건에 따르며, 양생 완료된 도막에서 시험편을 채취한다. 단, 탈형 후에는 도막을 뒤집어서 양생한다. 양생 후 시험편의 크기는 290×290mm로 절단하여 사용한다.

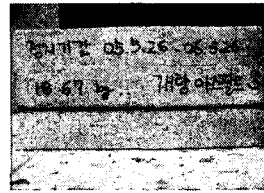


사진 2. 정하중 시험체

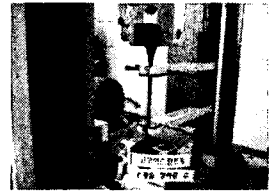


사진 3. 정하중 후 인장시험

3) 시트계 방수제의 제작

시트계 방수제는 제품의 종류에 관계없이 290×290mm의 크기로 절단하여 시험편으로 사용한다.

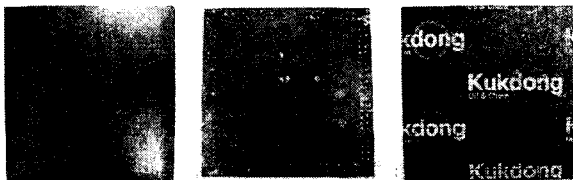
표 4. 방수제의 양생

종류	양생 시간	양생 후 두께
고무아스팔트계	표준상태 120시간 (5일)	2mm
우레탄 고무계 (2성분형)	표준상태 96시간 (4일)	1mm
	표준상태 72시간 (3일)	
개량아스팔트시트	공장생산	

3.2.2 시험방법

1) 시험편 준비

방수제는 정하중과 동하중 시험 전에 사진 1과 같이 가로세로 290×290mm로 제단한 후 1cm 단위로 상·하·좌·우 4방향의 두께 112곳을 표시한 후 측정하고, 길이는 가로세로 방향으로 각각 1cm 단위로 56곳을 측정하며, 전자식 버니어캘리퍼스를 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정한다.



고무아스팔트계 우레탄고무계 개량아스팔트시트
사진 1. 하중 시험편 제작

2) 정하중 시험 방법

시험체는 사진 6과 같이 상부 콘크리트 블록판, 방수층, 하부 콘크리트 블록판으로 구성되며, 누름층의 하중에 의해 방수재가 콘크리트 블록판 면에 압밀되어 붙는 현상을 방지하기 위해 상부 및 하부 콘크리트 블록판의 표면에 박리지를 부착한다. 방수층 위로 올려지는 상부 콘크리트 블록판의 무게는 표 5와 같다. 시험체는 무처리와 3개월, 6개월, 9개월, 11개월 정치 후 각각 두께·길이 측정 후 인장시험기를 이용하여 인장성능을 평가한다.

표 5. 정하중 실험에 적용한 하중

구분	재료	보호콘크리트판 무게(kg)			
		3개월	6개월	9개월	12개월
정하중	고무아스팔트	18.39	18.45	18.41	18.65
	우레탄고무	18.36	18.45	18.50	18.69
	개량아스팔트시트	18.39	18.46	18.49	18.67

3) 동하중 시험 방법

콘크리트 블록판 사이에 방수재를 놓고, 사진 4와 같이 고정 장치에 시험체를 장착한 후 누름 하중 시험기기의 지지용 철판과 서로 평행상태를 유지할 수 있도록 조정한 후 누름하중 시험기에 고정한다. 보호콘크리트와 누름하중기의 하중 318kgf의 하중으로 80만회 동하중 후 각각 두께·길이 측정 후 인장시험기를 이용하여 인장성능을 평가한다.

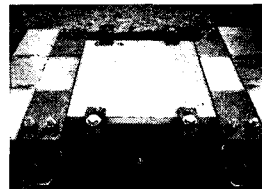


사진 4. 동하중 시험체 구성도



사진 5. 동하중 시험현황

표 6. 동하중 실험에 적용한 보호콘크리트판 하중

구분	재료	보호콘크리트판 무게(kg)	윤하중 (kgf)	합 (kgf)
동하중	고무아스팔트	19.09	300	319.09
	우레탄고무	19.07		319.07
	개량아스팔트시트	18.98		318.98

3.2.3 정하중·동하중 후 방수제 시험 방법

1) 두께 변화율 및 길이 변화율

시험 전의 두께와 길이를 측정했던 위치에서 다시 방수재의 상·하·좌·우 4방향의 두께 20곳과, 길이 가로세로 방향으로 10곳을 전자식 버니어캘리퍼스를 이용하여 소수점 둘째자리까지 측정하여 시험편에 대한 두께 변화율 및 길이 변화율을 구한다.

2) 인장시험방법

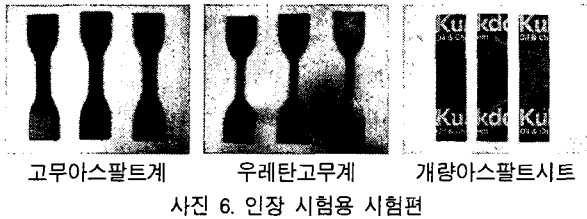
도막계 방수재의 경우 KS F 4932의 4.6.3에 따르며, 시트계 방수재의 경우 KS F 4931의 4.4.3에 따른다. 인장 강도 측정용 시료는 표 7과 같이 방수재에 따라 그 크기와 모양을 정하여 준비한다.

표 7 인장 시험용 시험편

방수제	시험편의 모양 및 치수	개수
도막계 방수제	무처리	5
	하중 시험 후	
시트계 방수제	무처리	5
	하중 시험 후	

고무 아스팔트계는 KS M 6518의 5.에 규정하는 아령형 2호형, 시멘트 혼입 폴리머계는 KS M 6518의 5.에 규정하는 아령형 1호형, 그 외의 방수재는 KS M 6518의 5.에 규정하는 아령형 3호형

길이방향 (길이×나비) 200×50mm



인장시험기는 시험시의 최대 하중이 그 능력의 15~85%의 범위가 되는 것으로 하고, 하중 속도는 크로스헤드의 이동 속도가 일정하고 하중 및 변위가 자동으로 기록 가능한 장치를 갖춘 것으로 인장강도 및 신장률을 측정한다.

4. 시험 결과 및 분석

4.1 하중 시험 후 두께·길이 변형률

정하중 후의 고무아스팔트계의 두께변형률은 소수점 둘째 자리까지의 값으로 볼 때 변형률이 거의 없는 것으로 나타났으며, 길이 변형률은 하중이 주어진 상태로 시간이 흐를수록 감소하였다. 우레탄 고무계의 두께 변형률은 전체적으로 증가했지만 하중이 주어진 상태로 시간이 흐를수록 두께 변형률의 증가도는 감소하였다. 길이변형률은 전체적으로 감소하지만 하중이 주어진 상태로 시간이 흐를수록 길이 변형률의 감소도는 감소하였다. 우레탄계는 일정하중이 주어진 상태로 시간이 흐를수록 방수재의 두께는 팽창하고 길이는 수축하였다. 개량아스팔트시트는 정하중 후 두께변형률은 증가했지만 하중이 주어진 상태로 시간이 지날 수록 그 증가도는 감소의 폭을 보였다. 길이 변형률은 3개월 정치 후에는 증가하고 6개월 정치 후에는 줄어들었다.

표 8. 하중 시험 후 두께, 길이 변형률(%)

구분	고무아스팔트계		우레탄고무계		개량아스팔트시트		
	두께 변형률	길이 변형률	두께 변형률	길이 변형률	두께 변형률	길이 변형률	
정하중	3개월	0	0.09	-5.43	0.22	-1.95	-0.01
	6개월	0	0.15	-3.74	0.16	-0.95	0.04
동하중	80만회	0	0.05	-1.67	0.18	2.42	-1.3

※ - 는 두께나 길이의 변형률(%) 증가를 의미한다.

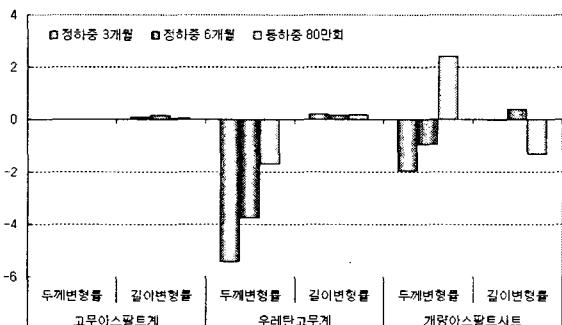


그림 3. 80만회 동하중 후의 두께·길이 변형률

동하중 후 고무아스팔트는 두께 변형률은 거의 없으며, 정하중 중에 비하여 길이 변형률이 감소하였다. 우레탄고무계는 두께 변형률이 증가 하였고 길이변형률은 감소하였다. 개량아스팔트 시트의 두께 변형률의 감소는 두께가 감소되었음을 보여주고 길이변형률은 증가하였는데 이는 길이가 늘어났음을 보여준다. 이는 시트가 눌러 두께가 감소하고 길이는 눌린만큼 옆으로 늘어난 것으로 사료된다.

4.2 하중 작용 후 인장성능평가 결과

4.2.1 정하중 작용 후 인장성능평가 결과

인장강도는 무처리와 정하중, 동하중을 각각 비교해 본 결과 무처리 상태에서 인장강도와 신장률은 KS F 4932와 4931에 준하여 고무아스팔트, 우레탄고무, 개량아스팔트 시트 모두 성능 기준에 만족하였다. 고무아스팔트의 경우 인장강도는 3개월 정치 후 감소하였고 6개월 후에는 증가하였다. 신장률 또한 3개월 정치 후에는 감소하였고 6개월 정치 후에는 증가하였다. 우레탄고무계의 인장강도는 3개월 정치 후 증가 하였고, 6개월 후 다시 감소하였고, 신장률은 3개월과 6개월 정치 후 증가 하였다. 개량아스팔트시트에 일정 하중을 가해주고 시간이 흐를수록 인장강도는 증가하였으며, 신장률은 감소하였다.

표 9. 정하중 작용 후 인장성능평가 결과

구분	인장강도			신장률(%)		
	무처리	3개월	6개월	무처리	3개월	6개월
고무아스팔트계	676	646	904	856	832	891
우레탄고무계	194	248	209	376	441	536
개량아스팔트시트	168	181	190	35	30	29

※ 인장강도단위는 고무아스팔트계, 우레탄고무계: N/cm, 개량아스팔트시트: N/cm

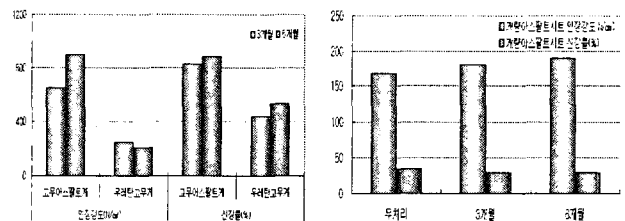


그림 4. 정하중 작용 후 인장성능평가 결과

4.2.2 80만회 동하중 작용 후 인장성능평가 결과

표 10. 80만회 동하중 작용 후 인장성능평가 결과

구분	인장강도		신장률(%)	
	무처리	동하중 후	무처리	동하중 후
고무아스팔트계	676	857	856	834
우레탄고무계	194	270	376	396
개량아스팔트시트	168	178	35	23

※ 인장강도단위는 고무아스팔트계, 우레탄고무계: N/cm, 개량아스팔트시트: N/cm

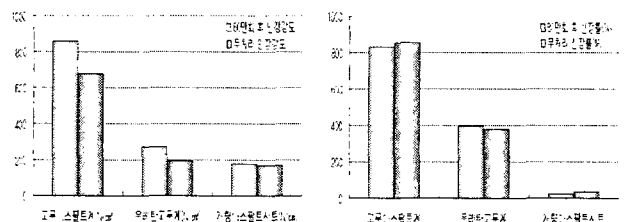


그림 5. 80만회 동하중 후의 인장성능 시험 결과

고무아스팔트는 무처리에 비하여 인장강도가 증가하였고, 신장률은 감소하였다. 우레탄의 경우 무처리에 비하여 인장강도와 신장률 모두 크게 나왔으며, 개량아스팔트의 경우 인장강도는 증가하였고 신장률은 감소하였다.

5. 결 론

본 연구에서의 시험결과는 다음과 같다. 1)고무아스팔트계의 경우 두께변화율은 거의 없고 길이 변형률은 감소되었다. 특히 하중을 가해주는 시간이나 무게(80만회의 동하중)가 증가할수록 감소하는 양상을 보였다. 2)우레탄고무계의 경우 두께 변형률은 증가하나 시간이 지날수록 그 길이변형률은 감소하였다. 3)개량아스팔트시트의 경우 두께 변형률은 증가하기는 하나 시간이 지날수록 증가하는 양상은 감소된다.

이는 비노출 방수재가 재료 및 성능 평가가 만족하더라도 시공 이후 콘크리트 바탕면에 부착되어 일정한 하중을 지속적으로 받으며 수축과 팽창을 하게 된다. 이는 비노출 방수층에 피로 현상으로 나타나고 내구수명이 단축되는 요인이 된다. 시험시에는 평가를 위하여 모체로부터 방수재가 분리되어 박지지 사이에 놓여있지만 현장에서의 방수층은 밀착, 압밀된 상태이다.

본 연구를 통하여 비노출 방수층은 시공 환경과 그 사용 환경 조건에 맞는 평가 및 검증에 대한 대안 및 재료 변형 원인 분석 등이 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 건축 방수시스템의 설계와 시공, (우)청우미디어, 오상근 외
2. 건축물 하중 기준 및 해설, 사단법인 대한건축학회, 2000
3. 최신 철도선로(Modern Railway Track Second Edition), Coenraad Esveld 저 서사범 역, 얼과 알
4. 최신 도로공학총론, 청문각, 남영국 외
5. 방수공사핸드북, 대한전문건설협회 미장방수공사사업협의회