

알루미늄 박판 점착 복합 방수시트를 이용한 고주파 유도가열 방수공법 개발 평가 연구

Development of High-Frequency Induction Heating Method Using Adhesive Waterproofing Sheet Laminated with Aluminum Sheet

김 윤 호* 김 동 범* 박 진 상** 오 상 근***
Kim, Yun Ho Kim, Dong Bum Park, Jin-Sang Oh, Sang Keun

Abstract

Waterproofing Method with sheet need to study technology and multilateral verification considering the arctic conditions as low temperature and humidity, which is the result only considered of material aspects without environmental condition in construction But there are no measures up until now. To solve this problem by using high frequency induction heating method developed waterproof sheets, cold (5 ℃ or less) can be applied in a more stable environment, water-resistant materials and construction methods were studied for development. The results of the test showed that high frequency induction heating method is effective for usability in low temperature condition and securement of proper quality than existing Waterproofing Method with sheet need.

키 워 드 : 고주파 유도가열, 부착성능, 내투수성능, 접합부, 저온환경
Keywords : High Frequency Induction Heating, Bond Performance, Permeability, Joint, Low Temperature

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

시트 방수공법은 공장 제작된 시트를 현장에서 열로 용융시킨 아스팔트를 도포하거나 버너를 사용해 고정하는 방식, 열풍을 사용하여 접합하는 열풍방식 및 시트종류에 따라 바탕에 칼블력을 설치하여 고정하는 방식 등이 적용되고 있다. 이러한 시트 방수공법은 화재 위험성과 작업자의 안전성, 환경오염의 주된 원인이 되어왔다. 이에 건설현장에서는 접착방식에 따른 품질 불균질과 화재의 위험성 및 작업자의 안전성, 환경오염 등의 문제를 해결하기 위한 대안으로 시트 자체에 점착성 물질을 적층하여 콘크리트 바탕에 별도의 접착제를 사용하지 않고 자착력만으로 방수층의 형성이 가능한 자착식(自着形) 방수시트를 개발하여 사용하고 있다.

자착식 방수시트는 성능적 측면에서 보면 콘크리트 바탕균열의 거동에 대응하는 유연성, 습윤면에 부착되는 성능, 바탕 청결도에 영향을 받지 않는 성능, 바탕 표면 온도 변화에 영향을 받지 않는 성능 등을 보유하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나, 이러한 성능은 시공현장의 환경조건을 고려하지 않고 재료적 측면만을 고

려한 결과이기 때문에 실제 시공 현장의 저온 및 습윤환경 등의 극한 환경을 충분히 고려한 다각적인 검증방법 및 기술에 대한 연구가 요구되고 있는 실정이며, 현재까지 이에 대한 뚜렷한 대책은 전무한 것이 현실이다. 따라서 현재 공사현장에서는 현장 시공 조건인 대기 및 바탕온도 5℃이상일 때 시공 가능¹⁾이란 통상적 시방 기준을 일률적으로 적용하고 있다. 하지만, 실제 현장에서의 공사기간을 맞추기 위해 바탕 표면 온도가 저온(5 ℃이하)에서도 작업이 이루어지고 있어 하자의 원인이 되고 있다.

이에 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 고주파 유도가열을 이용한 시트 방수공법을 개발해 저온(5 ℃이하) 환경에서도 시공할 수 있는 보다 안정적인 방수재료 및 공법 개발의 연구를 수행 하고자 한다.

1.2 고주파 유도가열의 공법적측면에 대한 적용

1.2.1 고주파 유도가열 적용배경

고주파에는 유도가열, 유전가열, 마이크로파가열 등 있다. 이 공법에서 유도가열을 사용한 배경은 고주파 유전가열은 전도체의 가열이 불가능하고, 마이크로파가열은 인체의유해하여 공법에 활용할 수 없었다. 고주파 유도가열은 전자유도작용²⁾을 이용하여

* 서울과학기술대학교, 건축공학과, 석사과정
** 한국건설기술연구원, 소장
*** 서울과학기술대학교, 건축학부교수, 주택대학원장, 공학박사

1) 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 방수·방습공사 p.806, 1999.

영구자석 대신 코일에 교류전류를 흘려 교번자속이 발생하게 함으로써 피 가열물에 유도전류(와전류)가 흐르도록 하여 주열열(전류가 흐름으로써 도체에 발생하는 열)을 발생시키며, 피 가열체의 필요한 부분에 에너지를 집중시켜 효율적인 급속가열이 가능하게 되며, 특히, 가열온도의 제어는 가열 전원조정으로 간단하게 조절이 가능할 뿐만 아니라 가열물에 대해 신속하고 균일한 제어가 가능하다는 특징이 있다.

1.2.2 알루미늄 박판 점착 복합 방수시트

열가소성 수지인 PE필름(Polyethylene Film)에 알루미늄 박판을 적층하여 아스팔트계 고점착 쉘과 일체화시켜 간접적으로 알루미늄 박판(300 μ m)을 유도가열하여, 하부에 위치한 아스팔트계 유동성 자착층에 전이될 수 있도록 하기위해 그림 1과 같은 복합방수시트를 구성하였다.

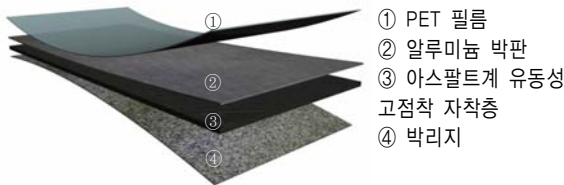


그림 1. 알루미늄 박판 점착 복합방수시트의 구성도

1.3 연구계획 및 범위

콘크리트 구조물의 환경적 측면인 저온(5 $^{\circ}$ C이하)환경에서의 시공과 바탕면 점착방식의 개선 및 작업자의 안전성, 친환경적인 방수공법을 개발하기 위해 알루미늄 박판 점착 복합 방수시트를 이용한 고주파 유도가열 방수공법의 시공성 시험을 통해 고주파 유도가열 장치의 시공성(주행속도) 및 외부온도별 부착성능과 투수성능을 확인하여 본 방수공법의 객관적인 성능을 알아보고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 실험 계획

알루미늄 박판 점착 복합 방수시트를 이용한 고주파 유도가열 방수공법에 대한 성능 시험으로 관련 규격을 인용하여 다양한 현장 조건을 고려해 고주파 유도가열을 통한 시트 겹침부(Overlap) 또는 일부분의 시공성능 시험과 알루미늄 박판 점착 복합 방수시트에 대한 성능시험의 내용은 다음 표 1. 성능 시험 항목 과 같다.

2) 코일 형상의 도체 중심에 영구자석을 넣고 빼면 자계가 변화하고 도체에는 전류가 흐르는 현상

표 1. 성능 시험 항목

시 험 항 목	인용규격
고주파 유도가열 시공성능	응용시험 (의뢰자 제시)
시트 겹침부 고주파 유도가열 시공 후 내정수압 성능	
고주파 유도가열 시공 속도별 부착성능	

2.2 실험 방법

2.2.1 고주파 유도가열 시공성능

고주파 유도가열 장치를 이용한 현장 시공성 시험 방법은 방수시트를 2.0 m \times 1.0 m의 크기로 8개를 제단한 후 겹침부 시공을 시트의 길이방향으로 겹침 시공하여 총 4개의 시험체를 준비한다. 이때, 고주파 유도가열 장치의 주파수 범위는 180 kHz로 일정하게 유지하여 균일한 시공이 가능하도록 하며, 고주파 유도가열 장치가 시트의 겹침부 상부로 지나가는 속도는 0.08 m/s, 0.06 m/s, 0.04 m/s, 0.02 m/s의 4단계로 구분하여 각각의 표면 상태를 육안으로 관찰한다. 또한, 적외선 표면 온도계를 사용하여 고주파 유도가열의 시험 전과 후를 각각 측정하여 고주파 유도가열에 의한 온도변화를 측정함으로써, 최적의 고주파 유도가열 속도를 설정한다.



고주파 유도가열 시험장치



유도가열 시험현황

사진 1. 고주파 유도가열 시공 특성 관찰

2.2.2 시트 겹침부 고주파 유도가열 시공 후 내정수압 성능

내정수압 시험은 방수시트를 2 m \times 0.5 m의 크기로 8개로 제작한 후, 겹침 부위 시공을 시트의 길이방향으로 겹침 시공하여 총 4개의 시험체를 준비한다. 그 후, 3 kg의 원형 롤러를 사용해서 겹침 부위를 압착하여 부착시킨다.

이때 고주파 유도가열 장치를 사용하여 0.08 m/s, 0.06 m/s, 0.04 m/s, 0.02 m/s 의 주행속도로 균일한 열을 겹침 부위에 가한 후, 내정수압 시험을 위해 시트를 \varnothing 100 mm의 원형으로 제단 한다.

내정수압의 경우, 0.3 N/mm 2 의 수압을 24시간 동안 가하여 투수 유무를 확인하고 바탕 시험체를 할렬하여 물의 침투여부를 확인하였다.



시트 겹침부 고주파 유도가열 현황 겹침부 내정수압 시험용 시편 절단
 사진 2. 고주파 유도가열 후 내정수압 시험용 시편 절단

2.2.3 고주파 유도가열 시공 속도별 부착성능

시공 속도별 부착성능 시험은 50 × 150 mm의 방수시트를 길이 방향의 60 mm는 박리기로 처리하여 시험용 밀판 위에 부착시킨 다음 고주파 유도가열장치의 주행속도를 0.08m/s, 0.06 m/s, 0.04 m/s, 0.02 m/s로 한다.

그 후 저온 챔버안에서 -5 ℃, 0 ℃, 5 ℃의 온도를 맞추고 4 시간 동안 정지한 다음, 인장 시험장치에 박리각도가 (90 ± 5 ℃)가 되도록 하여 우선 20 mm를 박리시킨 다음 100 mm/min의 인장속도로 시험하였다. 5개의 시험편을 대상으로 초기 박리길이 20 mm를 제외한 점에서 50 mm에 대하여 부착강도를 측정하였다.

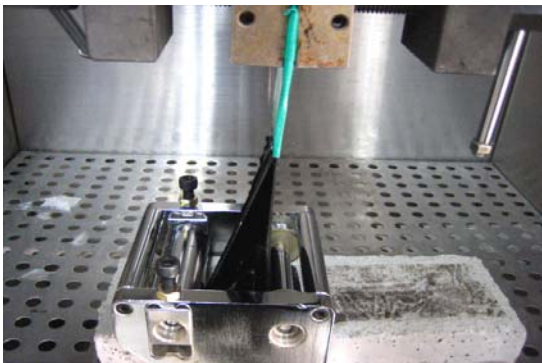


사진 3. 고주파 유도가열 시공 속도별 부착성능 시험

3. 실험결과 및 고찰

- 1) 고주파 유도가열 장치를 이용한 시공성(주행 속도) 및 투수 성능을 시험한 결과 시공성(주행속도)시험은 고주파 유도가열 장치의 주행속도 0.02 m/s, 0.04 m/s 에서는 알루미늄 박판이 녹으면서 표면에 주름 또는 손상이 발생되었으나, 0.06 m/s, 0.08 m/s 에서는 표면에 이상이 없는 것으로 나타났다. 접합부 투수성능 시험결과 표 2와 같이 고주파 유도가열 장치의 주행속도 0.02 m/s, 0.04 m/s 에서 표면에 주름 또는 손상이 발생되었으나, 물이 투수되지 않았으며, 0.06 m/s, 0.08 m/s에서도 마찬가지로 투수되지 않은 것으로 나타났다.

표 2. 고주파 유도가열 적정 시공성 및 투수성능 시험결과

구분	시공 속도 (m/s)	표면온도(℃)		시험결과		비고
		시험 전	시험 후	표면 상태	투수성	
①	0.08	14.9	32.1	이상 없음	투수되지 않음	
②	0.06	15.1	48.1	이상 없음	투수되지 않음	
③	0.04	14.4	73.8	표면 주름	투수되지 않음	
④	0.02	14.3	90.9	표면 손상	투수되지 않음	



사진 4. 고주파 유도가열 적정 시공성 및 투수성능 시험결과

- 2) 5 ℃의 저온환경 조건에서 고주파 유도가열 장치의 주행속도가 0.08 m/s로 빠른 Case.1의 경우는 부착강도가 0.9 N/mm로 나타났으며, 고주파 유도가열 장치의 주행속도가 0.02 m/s로 느린 Case.4는 시트의 표면이 고온에 의해 손상되고 부착강도는 0.5 N/mm로 나타났다. 반면, 0 ℃의 온도환경 조건에서 Case.5~7의 경우에는 2.0 N/mm 이상의 상대적으로 높은 부착강도가 측정되었으며, 5 ℃의 환경조건에서는 비경화 형태의 아스팔트계 유동형 자착층 자체의 유동성이 증가하여 0 ℃에 비해 낮은 부착강도를 나타냈으며, 상기의 조건과 마찬가지로 고주파 유도가열 장치의 주행속도가 느린 Case. 12에서는 시트의 표면이 알루미늄 박판이 녹으면서 손상되는 것으로 나타났다.

표 3. 온도조건별 부착성능(Peel Out Test) 시험결과

구분	시공시 온도조건	시공 속도	Peel Out Test	비고
Case 1	상온 -5℃	0.08 m/s	0.9 N/mm	-
Case 2		0.06 m/s	1.3 N/mm	
Case 3		0.04 m/s	1.2 N/mm	
Case 4		0.02 m/s	0.5 N/mm	
Case 5	상온 0℃	0.08 m/s	2.0 N/mm	-
Case 6		0.06 m/s	2.7 N/mm	
Case 7		0.04 m/s	3.1 N/mm	
Case 8		0.02 m/s	0.5 N/mm	
Case 9	상온 5℃	0.08 m/s	1.8 N/mm	-
Case 10		0.06 m/s	1.6 N/mm	
Case 11		0.04 m/s	1.2 N/mm	
Case 12		0.02 m/s	0.4 N/mm	

참고 문헌

1. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 방수·방습공사 pp.806, 1999
2. 오상근 외, 저온 환경에서의 자착형 방수시트의 부착 특성에 관한 연구, 대한건축학회지, 2010.1
3. 오상근 외, 콘크리트 구조물의 환경조건에 따른 자착형 방수시트의 적용성 평가에 관한 연구, 대한건축학회지, 2010.12

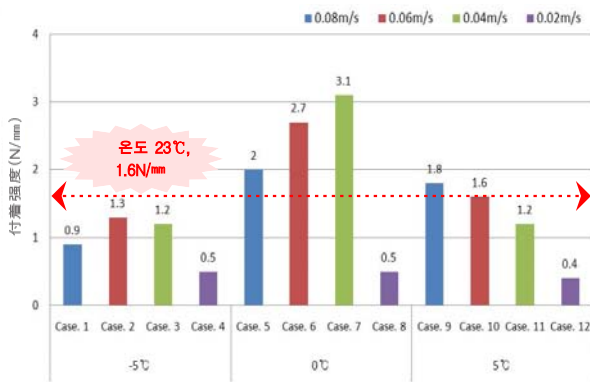


그림 2. 고주파 유도가열 후 시험 온도별 부착강도(Peel-Out) 결과

4. 결론

본 연구에서 알루미늄 박판 점착 복합 방수시트를 이용하여 고주파 유도가열 장치의 시공성(주행속도) 및 외부온도별 부착성능과 투수성능을 확인하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 고주파 유도가열 장치의 적정 주행속도는 시험결과를 통해 0.06 m/s가 가장 이상적인 것을 확인할 수 있었으며, 점착부 투수시험결과에서도 만족하는 것을 확인할 수 있었다.
- 2) 온도조건별 부착결과를 통해서도 주행속도 0.06 m/s에서 -5℃의 경우 부착강도 1.2 N/mm, 0℃의 경우 3.1 N/mm, 5℃의 경우 1.2 N/mm로 나타나, 일반 상온(23 ± 3℃, 1.6 N/mm) 조건과 대비하였을 때 높은 것을 확인할 수 있었다.
- 3) 따라서, 본 연구결과를 통해 기존 시트 방수공법 보다 고주파 유도가열시 저온환경 조건에서 사용성은 물론 적정 품질을 확보하는데 있어 효과적인 것으로 판단되며, 향후 콘크리트 구조물의 습윤환경 조건과 연계되어 연구가 진행된다면 더 좋은 자료로써 활용가치가 높을 것으로 판단된다.