

구조보강용 FRP 함침 · 접착수지의 사용가능시간 시험방법 비교 연구

Comparative Study on Test Method of Pot Life of Structural Adhesives for FRP Composite Material used in Strengthening RC Members

유 영 찬* 최 기 선** 김 금 환***
You, Young Chan Choi, Ki Sun Kim, Keung Hwan

ABSTRACT

Hardening of 2 component adhesive such as epoxy resin used in saturating FRP composite is triggered by mixing each component part within a batch. Chemical reactions occur explosively after a certain time after mixing the batch, viscosity and temperature rapidly increase. As a results, bond performance remarkably decreases and workability declines due to increase in viscosity. Therefore, adhesion should be completed before chemical hardening reaction is rapidly going on.

This study examined pot life of structural adhesive for FRP composites by means of change in apparent viscosity and means of exothermic reaction temperature proposing in existing test standards. Result of each test method was compared and analyzed, and reasonable test method and evaluation method are suggested.

1. 서론

FRP 복합체에 사용되는 2액형 함침 · 접착수지는 주제와 경화제의 화학적 반응에 의해 경화가 진행되는 동안에는 급격한 점도 증가로 시공성이 저하되고, 부착 및 접착력이 현저히 감소된다. 따라서 함침 · 접착수지의 품질성능을 확보하기 위해서는 초기경화가 진행되는 시간에 대한 명확한 규명이 요구된다. 이러한 이유로 하여 에폭시 수지의 물리적 특성에는 ‘사용가능시간’에 대한 권고사항이 제안되고 있으나, 함침/접착 수지의 사용가능시간을 평가하기 위한 국내 · 외 시험방법이 매우 제한적이며 그 적합성도 검증되지 않은 실정이다.

본 연구에서는 구조보강용 FRP 복합체의 함침 · 접착수지로 사용되는 에폭시 수지의 사용가능시간을 실험적으로 파악하기 위하여 기존의 시험규격에서 제안하는 방법에 따라 대표적인 수지를 대상으로 실험을 실시하고, 실험결과에 대한 비교 · 분석을 통하여 기존 시험방법의 적합성을 분석함과 동시에 사용가능시간 분석을 위한 합리적인 시험방법 및 평가기준에 대한 개선방향을 모색하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 건축연구부 수석연구원, 공학박사

** 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부 연구원

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 건축연구부 연구위원, 공학박사

2. 연구내용 및 방법

사용가능시간에 대한 시험규격은 현재 EN¹⁾과 일본수도고속도로공단²⁾에서 각각 제시하고 있는 것으로 파악되고 있다. 일본수도고속도로공단은 발열온도상승법에 의한 측정법을 제시하고 있으며, EN의 규준은 점도변화, 온도변화 등의 총 5가지의 측정법을 제시하고 있다. 본 연구에서는 여러 가지 시험법 중에서 측정이 용이할 것으로 생각되는 점도시험법과 발열온도상승법을 대상으로 검토하였다. 점도변화법에서는 다중 성분 접착수지의 초기점도가 특정 값 이상으로 점성이 변하는 데 걸리는 시간을 측정하여 사용가능시간을 정의한다. 발열온도상승법은 최고온도 도달시간을 기준으로 일정시간을 감소시켜 사용가능시간을 지정하는 방법과 특정온도에 도달하는 시간으로 정의하는 방법이 제시되고 있다.

표 1 접착수지 사용가능시간 관련 시험규격

	EN		일본수도공단
	점도 변화법	발열온도상승	
혼합량	200g	10분 이내	300g
		20g	
측정 항목	점도	온도	
판정	· 초기점도가 2배되는 시간	· 40℃에 도달한 시간	· 최고온도시간 60~70%(최고점 명확) · 최고온도시간 50%(최고점 불명확)

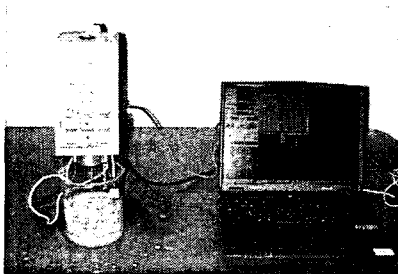


그림 1 점도변화법 시험광경

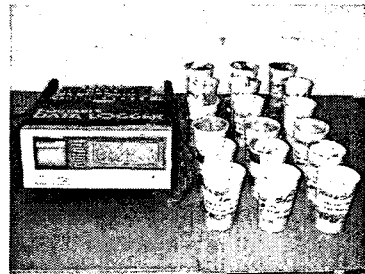


그림 2 발열온도상승법 시험

3. 실험

합리적인 사용가능시간 측정방법을 검토하기 위하여 본 연구에서는 발열온도상승법과 점도변화법을 대상으로 탄소섬유수지의 함침·접착용 에폭시 수지와 탄소섬유판의 접착용 에폭시 수지를 각각 시험하였다. 발열온도상승법은 배합량을 100, 200, 300g의 3종류에 대하여 배합량 및 각 규준에서 제시하는 판정기준에 따른 사용가능시간의 차이를 평가하였다. 점도변화법은 브룩필드 RVDV-II+형의 회전 점도계를 이용하여 점도를 측정하였으며 스피ndl의 회전판이 샘플내에 완전히 침식될 수 있도록 각각의 비중을 고려하여 에폭시 수지 양을 결정하였다. 이때 탄소섬유수지의 함침·접착용 에폭시 수지는 최소 배합량이 400g이며, 탄소섬유판의 접착용 에폭시 수지는 600g 이상을 배합하도록 하였다.

4. 실험결과

4.1 점도변화법에 의한 사용가능시간

탄소섬유수지 함침용 수지를 혼합한 이후, 시간 경과에 따른 점도변화를 측정해 본 결과, 배합의 초

기에는 온도가 증가됨에 따라서 점도는 서서히 저하되지만, 일정시간이 경과하여 경화가 촉진되는 시점에서는 폭발적인 발열반응에 의해서 점도가 급격히 상승하는 것으로 나타났다. 특히 탄소섬유쉬트 함침용 수지는 점도가 2배로 증가되는 시점에서 점도를 측정하기 어려울 정도로 화학반응이 급격히 진행되는 것으로 파악되었다. 따라서 이 점을 기준으로 시공한계점을 단축하여 사용하는 것이 가장 합리적인 것으로 판단된다. EN의 규격에 따라 초기 점도의 2배가 되는 시간을 기준으로 산정된 사용가능시간은 67분으로 나타났다.

이에 대하여 탄소섬유관 접착용 고점도 수지는 그림 4와 같이 주체와 경화제를 배합한 후, 온도가 서서히 상승함에 따라 초기점도는 감소되지만, 점도측정 후 약 30분이 경과되면서 서서히 점도가 증가되기 시작하여 60분 이후에는 급격히 점도가 증가되는 것으로 나타났다. EN에서 규정한 사용가능시간인 초기 점도의 2배가 되는 시점은 67.5분으로 측정되었다.

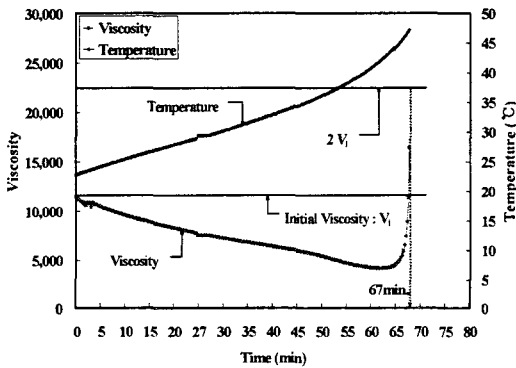


그림 3 탄소섬유쉬트용 함침수지 점도변화법

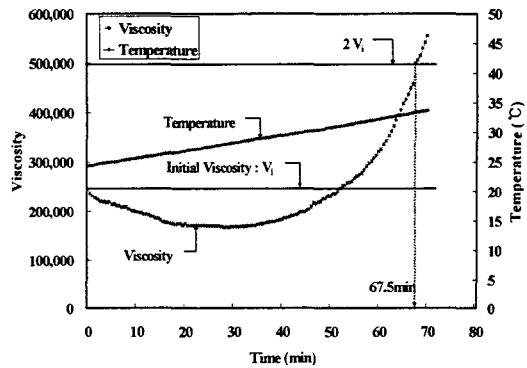


그림 4 탄소섬유관용 접착수지 점도변화법

4.2 발열온도상승법에 의한 사용가능시간

탄소섬유쉬트 함침·접착용 에폭시 수지의 발열온도 측정결과를 나타내면 그림 5와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 수지의 배합량이 200g 이상일 경우, 시간에 따른 발열온도 곡선에서 최고온도 지점이 명확한 것으로 나타났다. 이와 같은 실험결과에 대하여 각 규격에서 제안하는 판정기준을 각각 적용해보면 상호 유사한 사용가능시간이 측정되므로 상당히 신뢰성이 높은 것으로 판단된다.

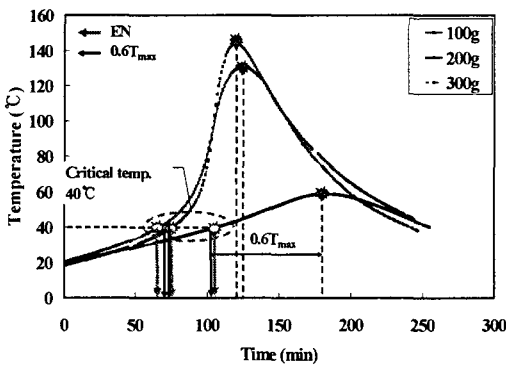


그림 5 탄소섬유쉬트용 접착수지 발열온도

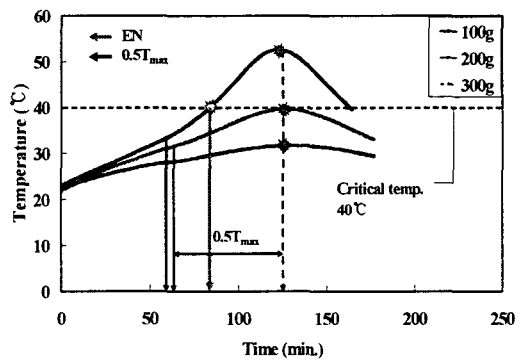


그림 6 탄소섬유관용 접착수지 발열온도

이에 대하여, 탄소섬유판 접착용 에폭시 수지는 그림 4에서 보는 바와 같이 시간의 경과에 따른 발열온도 변화가 완만한 곡선을 이루며, 최고온도가 명확하게 나타나지 않았다. 본 실험결과에 일본수도공단 판정방법을 적용해 본 결과, 배합량에 관계없이 사용가능시간이 약 60분 내외인 것으로 나타났다. 그러나, EN 규격의 판정방법에 의하여 얻어진 사용가능시간은 배합량에 따라서 크게 변화되었으며, 규준에서 제시하는 배합량인 100g의 경우에는 측정이 불가능한 것으로 조사되었다. 따라서 EN 규정에 의한 판정방법은 고점도 수지에서는 신뢰성이 낮을 것으로 판단된다.

4.3 실험방법별 결과 비교

발열온도상승법에 의한 각 규준의 판정결과를 상호 비교해 보면 일본수도공단의 판정기준에 의한 결과가 EN규정에 의한 시험결과를 포괄하는 것으로 나타났다. 또한 발열온도상승법의 판정기준과 점도변화법의 결과가 상호 유사하게 나타나는 판정기준은 수지의 종류 및 발열온도 특성에 관계없이 최고온도에 도달하는 시간의 약 50~60% 정도인 것으로 나타났다. 그러나 점도변화법 실험결과에서 나타난 바와 같이 저점도의 탄소섬유슈트용 에폭시 수지에서는 규준에서 제시한 사용가능시간에서 급격한 점도증가가 나타나기 때문에 어느 정도의 안전율이 필요한 것으로 판단된다. 따라서 발열온도상승법을 기준으로 최고온도의 약 50% 이하로 사용가능시간을 결정하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

5. 결론

FRP 보강제의 함침 및 접착수지로 사용되는 2액형 에폭시 수지의 합리적인 사용가능시간을 평가하고, 적합한 시험방법 및 평가방법을 도출하기 위한 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 점도변화법은 수지의 사용성 변화를 직접적으로 측정하는 방법으로서 실효성이 우수하여 사용가능시간 평가의 기준이 되어야 하지만, 시험방법이 복잡하고 스펀들의 망실되는 단점을 지니고 있다.
- 2) EN 규격의 점도변화법에 의한 에폭시 수지의 사용가능시간은 모두 67분으로 나타났다. 그러나, 급격한 점도증가를 고려할 때 실제 사용가능시간은 이보다 짧아져야 할 것으로 판단된다.
- 3) 점도변화법에 의한 시험결과에 상응하는 발열온도상승법의 판정기준은 수지의 종류 및 발열온도 특성에 관계없이 최고온도 도달시간의 약 50~60% 인 것으로 나타났다. 따라서 안전율을 고려하여 최고온도에 도달하는 시간의 약 50% 를 사용가능시간을 결정하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출원하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2004 건설기술기반구축사업 R&D/2004 기반구축 A13 “시설물 보강공법 성능인증을 위한 시험항목·방법 및 평가기준 설정연구”의 일부로서, 관계제위께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. EN 14022 “Structural adhesives-Determination of the pot life(working life) of multi-component adhesives”
2. 首都高速道路公團, 1982. “補修用エポキシ樹脂施工基準” pp65
3. 建設교통부, 한국건설교통기술평가원, 2005. “시설물 보강공법 성능인증을 위한 시험항목·방법 및 평가기준 설정연구” 한국건설기술연구원