

철기문화재 접합·복원재료의 접착특성 연구

권정순 · 안병찬 · 이상진
경주대학교 문화재학과

Adhesion Properties of the Joining and Restoring Materials for Iron Cultural Assets

Jeong Soon Kwon, Byong Chan Ahn, Sang Jin Lee
Dept. of Cultural Heritage, Gyeongju University

1. 서론

본 연구에서는 우리나라 철기문화재의 접합·복원 작업 단계에서 가장 많이 사용되고 있는 접합·복원재료인 Epoxy계 수지, Cellulose계 수지, Acrylic계 수지에 대해 연구하였다.

문화재에서 접합·복원은 파편을 접착하고 손상된 부분을 복원하는 작업으로서 유물 보존처리의 마지막 단계이다. 접합·복원을 할 때에 유물의 상태에 따라서 적합한 접합·복원재료를 적용하기 위해서는 고분자수지의 특성에 대해 알아야한다.

따라서 접합·복원재료의 작업성(경화시간, 경화에너지), 접착성(접착강도), 내후성(경화 후 부식인자에 대한 안전성)을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2-1. 재료

접합·복원재료로 Epoxy계 수지 Araldite rapid type, Araldite AW106+HV953U, Devcon, CDK, Araldite SV427+HV427, Cellulose계 수지 Cemedine-C, Acrylic계 수지 LOCTITE, Alteco, 충전제로는 Microballoon을 사용하였다.

2-2. 상온 경화 특성

철제 유물의 접합·복원은 실내에서의 작업과 실외에서의 작업으로 구분할 수 있으

며, 접합·복원재료의 작업성은 접착제와 피착제의 경화시간과 안정성은 작업에 있어서 경화시에 발생하는 접합·복원재료의 경화에너지에 의해 결정된다. 따라서 접합·복원재료의 작업성과 작업안정성을 살펴보기 위하여 실내에서의 경화조건은 시차주사 열량계(Differential Scanning Calorimeter, DSC 2910, TA Instrument, U.S.)를 이용하여 분석하였으며, 실외의 경화조건은 285-440nm 파장 범위의 UV 조사가 가능한 시차광열량계(Differential Photocalorimeter, DPC 2910, TA Instrument, U.S.)를 사용하여 경화시간과 경화에너지를 분석하였다.

2-3. 접착강도

유물에 손상을 적게 주기위해서는 유물 상태에 따른 접합·복원재료를 선택해야 한다. 접합·복원재료의 접착 강도는 철제 유물을 접착을 하여 측정되어야 하지만, 실험에서의 편의성을 위해 인장전단접착강도(100×25×1.6mm), 압축전단접착강도(30×25×10mm) 철제 시료를 제작하여 접착 강도를 측정하였다. 실제 유물 보존처리에서 접합·복원재료와 피착제의 접합계면에서 받을 수 있는 가능한 응력의 상태는 전단응력이므로, 만능측정시험기(Instron 4481, Italy)를 이용하여 인장전단접착강도와 압축전단접착강도를 측정하였다.

일반적으로 손상된 부위의 복원에 사용되는 Epoxy계 수지의 경우는 보존처리에서 충전제(Microballoon)를 첨가하기 때문에 충전제의 첨가량(접착제 중량의 5%, 10%)에 따른 인장강도변화를 측정하였다.

2-4. 내후성

철제 유물은 부식에 의해 유물 표면에 여러 가지 부식생성물이 형성되어 있으며, 표면의 구조 또한 약해져 있는 상태이다. 따라서 수분이나 기체상태의 부식인자에 노출되어 있다. 수분에 대한 시료 표면의 평형 접촉각을 접촉각과 표면장력 측정장치(Phoenix 300, (주)에스이오, Korea)를 이용하여 측정하였다. 일반적으로 부식이 진행된 철제 유물은 부식이 진행되지 않은 철 표면(Fig 1 가)에 비하여 수분이 접촉하면 표면에 곧바로 퍼져서 Fig 1 나와 같이 표면에 흡수된다.

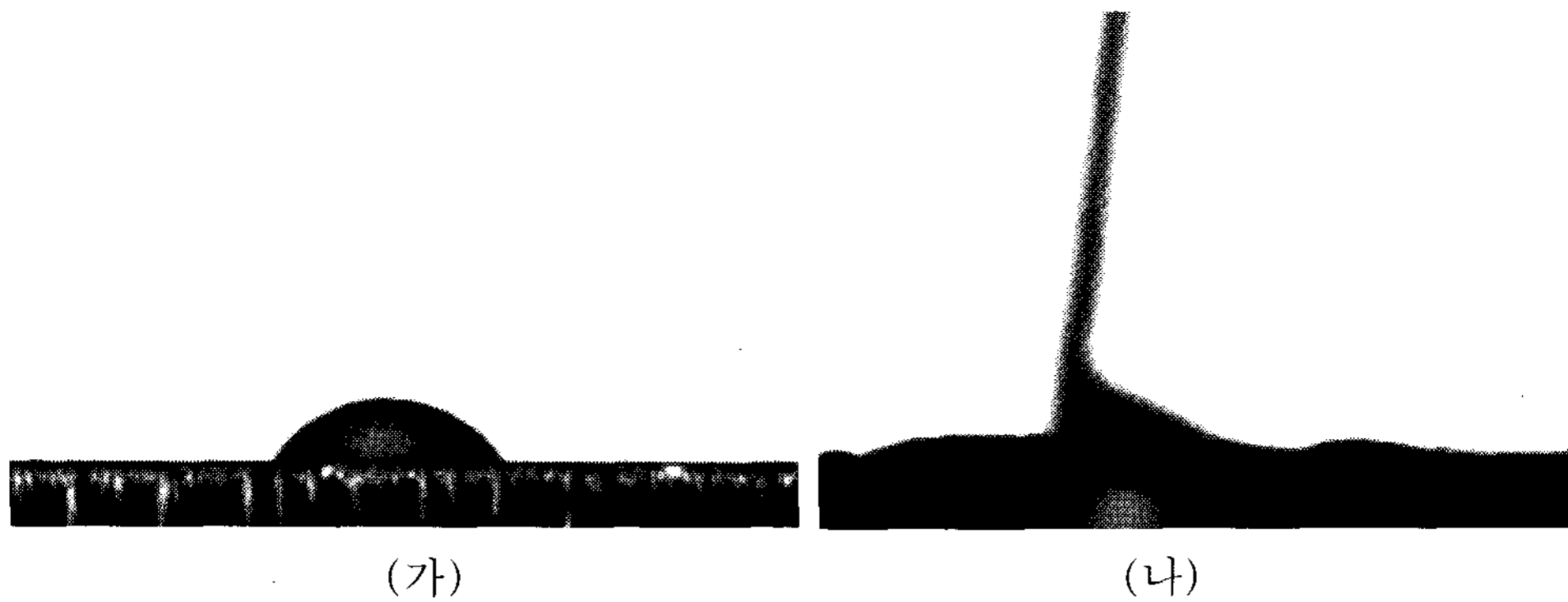


Fig 1. 생철 표면(가)과 부식이 진행된 철 표면(나)에 흡착된 수분

3. 결과

3-1. 상온 경화 특성

자외선(UV)이 조사되는 실외(DPC) 조건하에서 경화시간과 반응에너지가 낮은 것으로 나타났다(Table 1,2). 반응에너지가 낮은 것은 유물에 손상을 조금 준다는 것이다. 경화시 발생하는 에너지는 실외조건에서 낮은 에너지가 발생하였고, 실내조건에서는 AW106, Cemedine-C가 안정, 실외조건에서는 Devcon, Loctite가 안정하다. 경화시간은 실내조건일 경우에는 Devcon, Cemedine-C가 경화시간이 짧고, 실외조건일 경우에는 AW106, Cemedine-C가 상대적으로 경화시간이 짧다. 경화시간은 작업을 할 수 있는 시간을 말하는 것으로 세밀하고 정교한 작업을 할 경우에는 경화시간이 긴 것을 사용한다.

접합·복원재료		DPC	DSC
Epoxy계	A-rapid	78	142.0
	Aw106	13.30	3.11
	Devcon	5.165	90.36
Cellulose계	Cemedine-C	5.51	28.03
Acrylic계	Alteco	7.470	229.6
	Loctite	1.067	216.6

Table 1. 경화 반응에너지(J/g)

접합·복원재료		DPC	DSC
Epoxy계	A-rapid	~ 10	~ 13
	Aw106	~ 7	~ 30
	Devcon	~ 10	~ 7
Cellulose계	Cemedine-C	~ 4	~ 6
Acrylic계	Alteco	~ 9	~ 60
	Loctite	~ 12	~ 10

Table 2. 경화 시간(minutes)

3-2. 접착강도

접착면적에 따라서 접합·복원재료 각각의 접착강도를 측정 한 결과, 접착면적에서 강도값이 다른 것을 확인하였다.(Table 3)

충전제의 첨가량이 증가함에 따라 인장강도 값이 현저하게 감소되는 것으로 나타났다.(Table 4) 이것은 고분자 수지의 결합구조 속에 함유된 충전제가 고분자 수지의 결합을 방해하기 때문인 것으로 생각된다. 실제 철제유물의 경우 부식으로 인해 강도가 매우 약해져있는 상태이므로 에폭시 수지만을 사용하여 복원할 경우 접합·복원재료와 철제 유물의 이종재료간 강도 차이로 인해서 유물의 손상을 초래할 수 있으므로, 안정성을 확보하기 위해서는 충전제의 첨가가 필요하다.

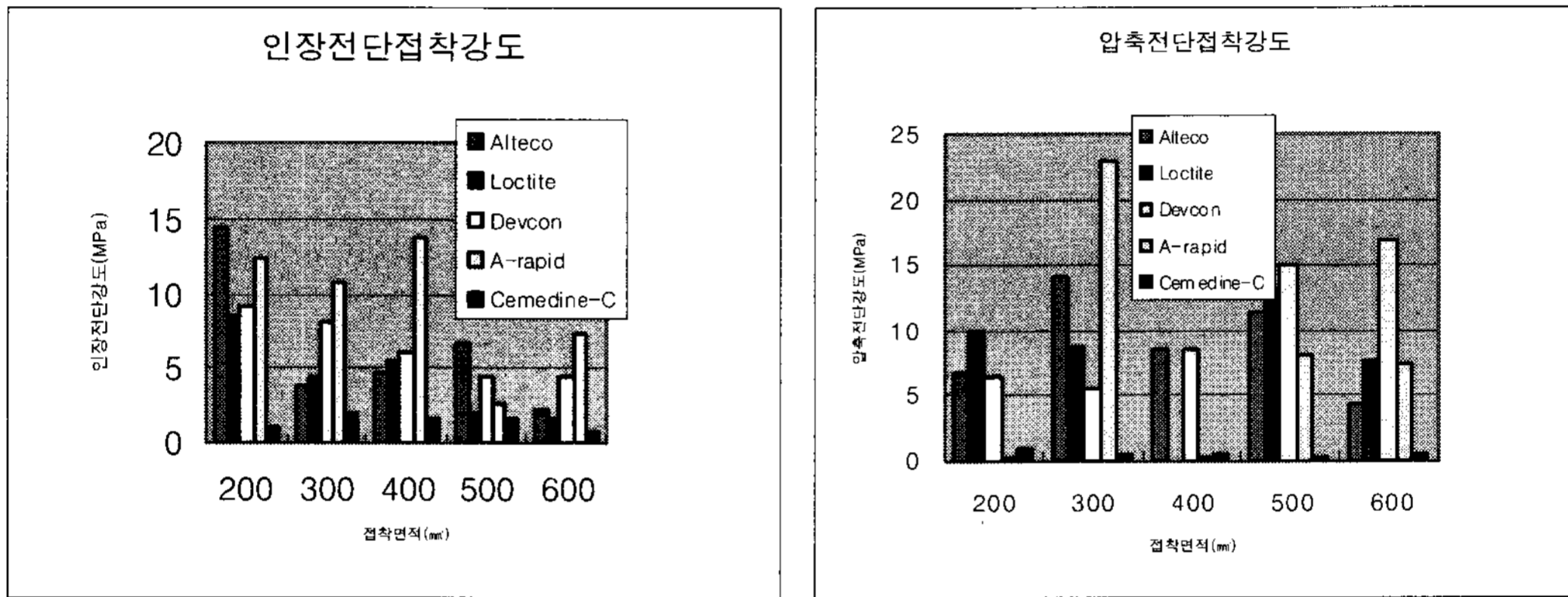


Table 3. 접착복원재료의 접착강도

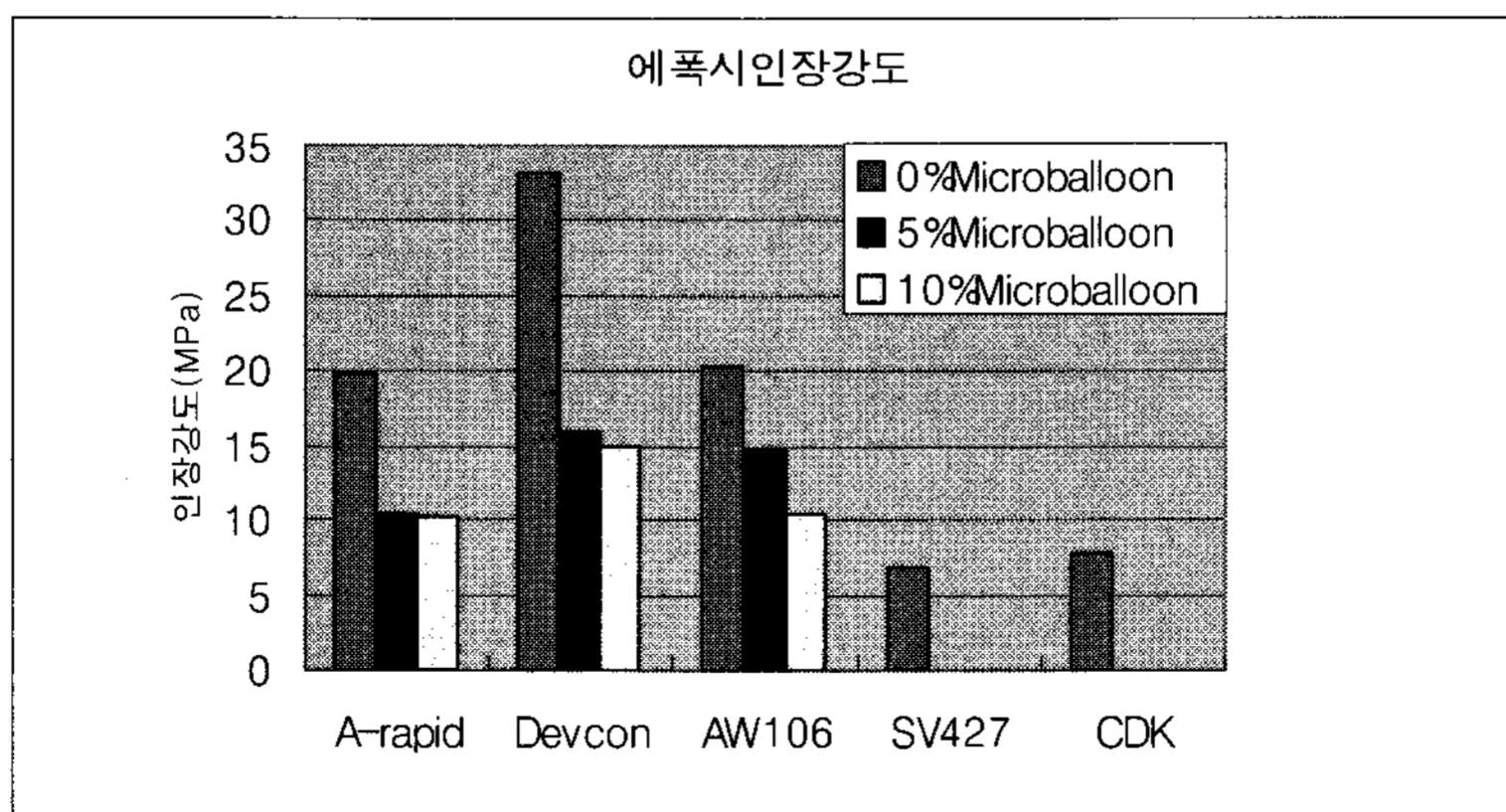


Table 4. 충전제의 첨가량에 따른 에폭시 수지의 강도변화.

3-3. 내후성

부식된 철 표면에 접합·복원재료가 도포된 경우에는 Fig 2에서와 같이 표면에서 수분이 흡수되지 않고 물방울이 형성되는 것을 확인하였다. 이와 같이 형성된 물방울의 표면접촉각이 클수록 부식인자인 수분에 대한 저항성이 크다는 것을 의미한다.

수분에 대한 시료 표면의 평형 접촉각을 접촉각과 표면장력을 측정한 결과 Epoxy계 수지 자체의 수분에 대한 안정성은 A-rapid>AW106>Devcon>SV427의 순서로 나타났다.

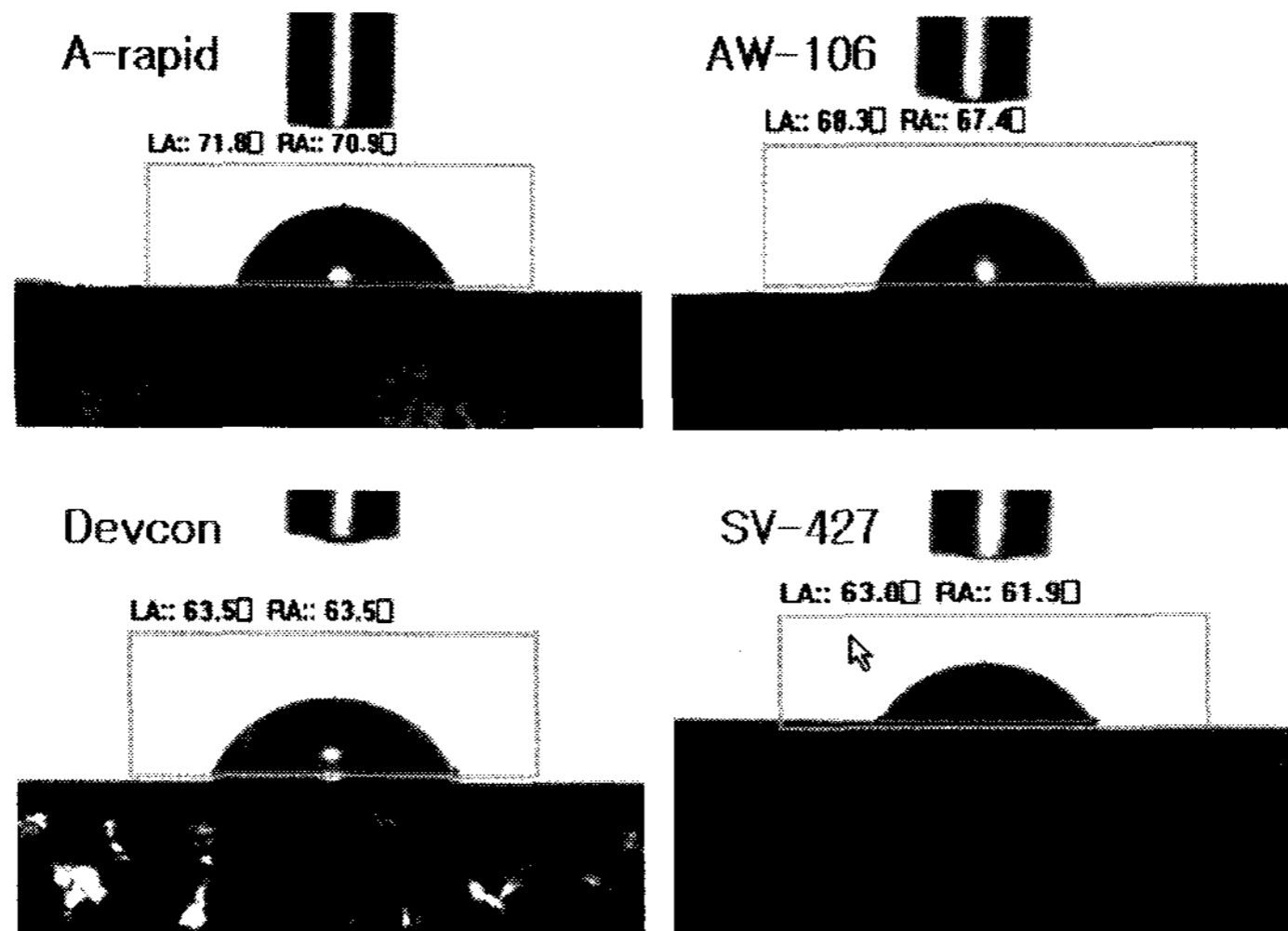


Fig 2. Epoxy계 수지의 수분에 대한 안정성

4. 결론

접합·복원재료의 내구성 중 접착강도와 경화 특성을 시험하고, 경화 후 부식인자에 대한 안전성을 실험한 결과 요약하면 다음과 같다.

1. 상온 경화 특성 결과 실내조건과 실외조건 두 가지 조건에서 Cemedine-C가 상대 경화 에너지가 적고, 경화시간이 짧다.
2. 접착면적이 작은 것은 Acrylic계를 큰 곳은 Epoxy계를 사용하는 것이 좋다. 유물에 손상된 부분을 복원 할 경우에는 손상이 심하지 않은 유물은 Epoxy계 수지 Araldite rapid type, Araldite AW106+HV953U, Devcon, 손상이 심한 유물에는 Epoxy계 수지, Araldite SV427+HV427, CDK를 사용한다.
3. Epoxy계 수지 자체의 수분에 대한 안정성은 Araldite rapid가 수분에 대해 가장 안정하다.