

공해방지를 위한 鋼構造物의 塗裝用

샌드블라스트 장치에 관한 연구

(Study on the Sandblast Machine in Painting of Steel Structures for Environmental Pollution Prevention)

임우조, 황태호*(부산수산대학교), 이진열(한국해양대학교)

1. 서론

각종 기계장치와 설비, 교량, 연료 저장탱크, 선박과 해양시설물 및 콘테이너 등을 비롯한 강구조물은 부식방지와 미관화를 위하여, 여러가지 도료에 의해 도장되고 있다.

그러나 강구조물의 재질이나 가공법에 따라 표면에는 변질층이나 부식에 의한 산화물층 등으로 덮여 있고, 또 윤활유, 절삭유, 소입유 등의 유지분 그리고 수분, 먼지 등의 이물질이 부착되어 있으며, 이들 부착물들은 금속 표면과 도료와의 부착력을 저하시킬 뿐만 아니라 도장 후에 도막의 불건조, 녹(rust)발생의 원인이 되어 부풀음(blistering) 및 균열(cracking)이 일어나게 함으로서 도막이 박리하는 원인이 된다. 도막의 박리로 인해서 강구조물이 부식되며, 이 부식을 기점으로 부식피로 및 응력부식 균열로 인해서 강구조물이 파괴됨으로써 귀중한 인명피해와 막대한 경제적 손실을 초래할 수 있다. 그러므로 도장

하기 전에 강구조물의 각종 표면부착물질을 완전히 제거하기 위한 표면전처리(surface preparation)작업을 필수적으로 실시하고 있다.

이러한 전처리 작업방법중의 하나로 값이 싸고 작업능률이 우수한 기계적 처리법인 샌드블라스트(sand blast)법이 많이 이용되어 왔다. 또 샌드블라스트법은 표면에 부착된 녹, 유지분 및 이물질 등을 제거함과 동시에 이른바 앵커패턴(anchor pattern)이라 불리는 조면을 형성시켜, 부착면적 증가와 앵커효과에 의해 도료의 부착력을 향상시킨다. 이 샌드블라스트 작업은 고압공기압축기로 모래를 고압분사하므로써 모래의 충격에 의해 강구조물 표면에 침식-마멸(erosion-wear)시키기 때문에 분진에 의한 대기의 환경오염과 소음에 의한 공해문제가 심각하게 제기되고, 이에대한 규제법규도 점차 강화되고 있다.

이상과 같은 공해 문제점 때문에 산업현장에서는 house를 별도로 제작하여 샌드블라스트 작업을 하고, 일부는 인

적이 없는 산악지역에서 샌드블라스트 작업을 비밀리에 하고 있으나 산악지역에서의 작업은 수송비를 증가할 뿐만아니라 위법이다. 또한 house內에서의 작업은 house의 제작비가 증가되고 house內 작업자의 肺에 분진이 들어감으로서 矽肺症을 일으킬 수 있으며, 금속분말에 해당하는 shot ball이 강구조물에 부착하여 오히려 부식을 가속시키는 경우도 있다. 그러므로 강구조물의 도장시에 분진에 의한 환경오염 및 소음공해를 방지함과 아울러 도료의 도장 후, 도막의 부착효과가 좋으면서, 균열 및 blistering 등의 부식을 방지할 수 있는 샌드블라스트 장치의 개발이 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 각종 강구조물의 도장前 샌드블리스트 작업에 따른 공해를 방지하기 위해, 모래-물의 2상류를 분사할 수 있는 샌드블리스트 장치를 제작하여, 2상류 분사에 따른 마멸-부식(wear-corrosion)특성과 slurry erosion에 의한 anchor pattern 및 침식-마멸거동을 고찰하고, 물에 의한 강구조물의 부식방지를 위한 부식억제제가 강구조물의 도막에 미치는 방식특성을 究明함으로써 공해방지, 부식손상 및 산업의 국제경쟁력 향상에 기여하고자 한다.

2. 시료 및 실험방법

2.1 시험재료

본 실험에 사용된 재료는 일반구조용 탄소강재(SS41)로서 이며, 그 화학적 성분과 기계적 특성은 Table 1과 같으며, 2상류에 의한 wear-corrosion특성실험에 이용된 시험편의 크기는 5'x15x57 mm이며, 또 塗裝用 鋼의 시험편은 5'x100x200 mm로 제작하였다.

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of SS41

Chemical composition (Wt %)	C	Si	Mn	P	S
	0.11	0.29	0.59	0.01	0.01
Mechanical properties	T.S kgf/mm ²	Y.S kgf/mm ²	Elongation (%)		
	42.4	25.8	32		

T.S:Tensile strength, Y.S:Yield strength

2.2 실험방법

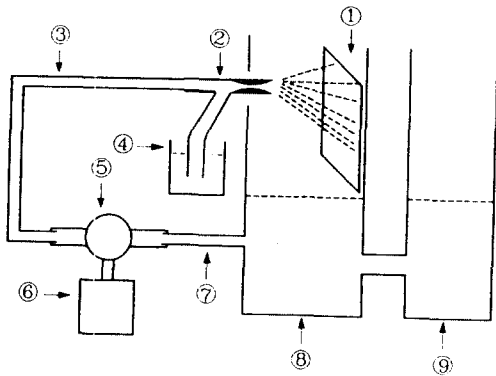
1) 2상류에 의한 마멸-부식특성실험

2상류에 의한 마멸-부식특성 실험장치는 내경 50 mmx길이 200 mm의 아크릴 배관에 내경 3 mm의 평행노즐(parallel nozzle)을 설치하였으며, 펌프에 의해 노즐선단으로 부터 수용액(물: 5000 Ω-cm)을 25m/s의 속도로 시험편에 분사하

였다. 여기서 2상류는 공기-용액 2상류와 입도(mesh size)의 범위가 20-50인 모래에 대한 물의 비(모래/물)를 0.046으로 한 2상류를 분사하였으며, 전기화학적 특성은 포화카로멜전극을 기준전극으로 사용하여 高抵抗電位差計에 의해 電極電位를 측정하여 마멸-부식특성실험을 하였다.

2) 샌드블라스트장치에 의한 실험

모래-물 2상류를 분사할 수 있는 샌드블리스트장치는 Fig.1과 같으며, 고압 펌프(최고압력: 200 BAR, 최대유속: 15 l/min)에 의해서 물을 water - sand jet



① Specimen, ② Water-sand jet injector, ③ Delively pipe, ④ Sand supply tank, ⑤ Feed water pump, ⑥ Motor, ⑦ Suction pipe, ⑧ Drain tank, ⑨ Supply water tank

Fig.1 Schematic diagram of wet sandblasting test apparatus

injector 에 공급함으로써 모래가 물에 혼합된 2상류가 분사할 수 있도록 제작하였다. 물과 모래의 혼합비율에 따른 slurry erosion 거동에 대해 실험한 후, 금속의 부식을 방지하기 위해 부식억제제의 효과에 대해 실험하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 2상류에 의한 마멸-부식특성

Fig.2는 비저항이 5000 Ω -cm인 물, 공기-수용액 2상류 및 모래-수용액 2상류의 분사에 따른 마멸-부식에 의한 무게감소거동을 나타낸 것이다. 초기에는 공기-수용액 2상류 및 모래-수용액 2상류의 분사에 따른 마멸-부식에 의한 무게감소량이 물을 분사하였을 때보다 더 크게 나타나지만, 시간이 경과하면서 공기-수용액 2상류의 분사에 따른 마멸-부식에 의한 무게감소량은 물을 분사하였을 때보다 더 작게 나타난다. 그러나 모래-수용액 2상류의 분사에 따른 마멸-부식에 의한 무게감소량은 시간이 경과하면서 물 및 공기-용액 2상류의 분사때보다 더 크게 선형적으로 증가하는 양상을 보이고 있다. 공기-수용액 2상류 분사에서 마멸-부식에 의한 무게감소량이 초기에는 물 분사에서 보다 높게 나타나다가

시간이 경과하면서 오히려 더 낮게 나타나는 이유는 공기-수용액 2상류 분사에서는 공기가 포함된 기포가 붕괴되는 충격력에 의해 무게감소량이 더 크게 나타나다가 시간이 경과하면서 침식부위에 공기가 충전되어 기포붕괴의 충격에 대한 완충작용을 하기 때문에 오히려 무게감소량이 더 낮게 나타나는 원인으로 사료된다.

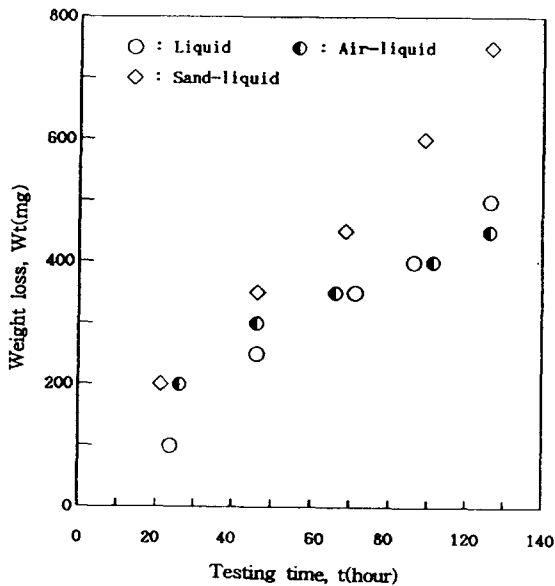


Fig. 2 Effects of air-liquid and sand-liquid 2 phase flow on weight loss under water of $5000\Omega\text{-cm}$

Fig. 3은 비정항 $5000\Omega\text{-cm}$ 인 물, 공기-수용액 2상류, 모래-수용액 2상류의 분사에 따른 전기화학적 전극전위 거동

이 마멸-부식에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 공기-수용액 2상류 분사에서 전극전위는 물 분사에서보다 더 貴電位化되고 시간이 경과하면서 약간 貴電位化되는 경향을 보이고 있다. 그리고 모래-수용액 2상류 분사에서 물 분사에서보다 더 卑電位化되고 시간이 경과하면서 약간 卑電位化되는 경향을 보이고 있다. 공기-수용액 2상류 분사에서 전극전위가 물 분사에서보다 더 貴電位化되는 이유는 공기중의 산소가 시험편의 표면에 산화피막을 형성하기 때문에 貴電位化되는 원인으로 생각된다. 그리고 모래-수용액

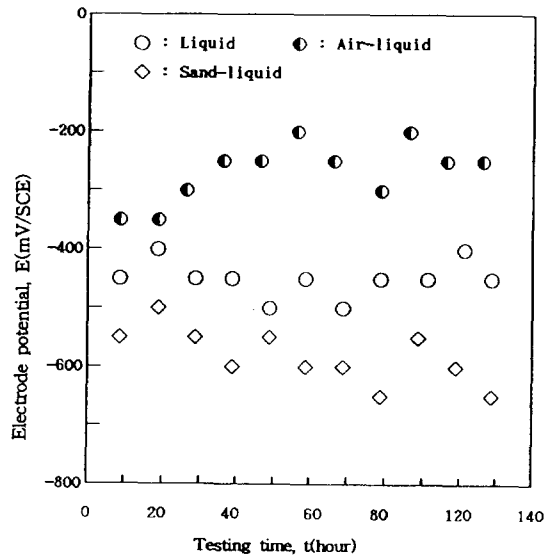


Fig. 3 Effects of air-liquid and sand-liquid 2 phase flow on electrode potential under water of $5000\Omega\text{-cm}$

2상류 분사에서 공기-수용액 2상류 및 물 분사에서보다 더 卑電位化됨으로써 모래의 고체입자에 의한 기계적 인자인 충격력과 전기화학적 인자인 부식에 의한 상승작용에 의한 것으로 추정된다.

3.2 slurry erosion 특성

Fig. 4는 모래-용액 2상류 분사에서 모래/물의 비에 따른 slurry erosion에 의한 무게감소율을 나타낸 것이다. 모래/물의 비가 증가할 수록 slurry erosion에 의한 무게감소율은 거의 선형적으로 크게되는 경향을 보이고 있다. 이와 같

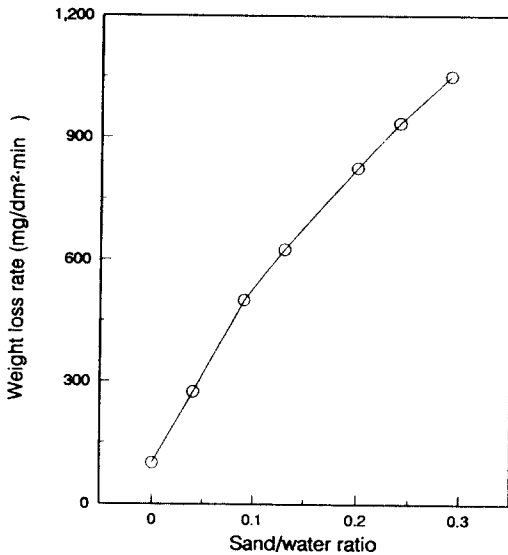


Fig. 4 Effects of sand/water ratio on weight loss rate under sand-water 2 phase flow

은 경향을 나타내는 이유는 모래의 고체 입자가 물의 액체입자보다 시험편 표면에 더 큰 충격력이 가해지기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 5는 모래-용액 2상류 분사에서 모래/물의 비에 따른 slurry erosion에 의한 앵커패턴의 거동을 나타낸 것이다. 모래/물의 비가 0, 즉 용액만의 분사에서는 앵커패턴이 약 15-30 μm 로 작게 나타나지만, 모래/물의 비가 증가함에 따라 앵커패턴이 점차 크게 되다가 모래/물의 비가 약 0.2 이상에서는 앵커패턴이 약 35-70 μm 정도로 유사하게 나타나지만 그 조밀도는 모래/물의 비가 증가할 수록 조밀해진다.

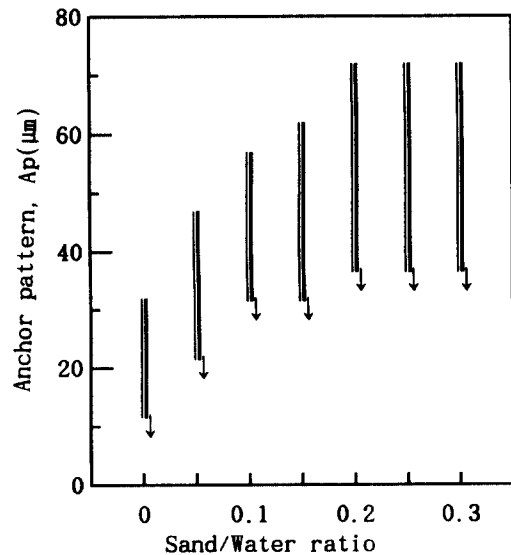


Fig. 5 Effects of sand/water ratio on anchor pattern under sand-water 2 phase flow

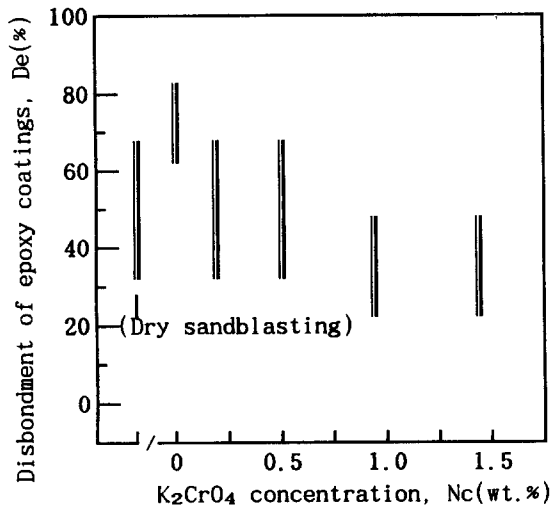


Fig.6 Effects of K₂CrO₄ concentration on disbondment of epoxy coatings

Fig.6은 에폭시를 도장하기전에 연강재 시험편에 분무한 부식억제제인 K₂CrO₄의 농도변화에 따른 도막 부착시험에 의한 도막의 박리거동을 나타낸 것이다. K₂CrO₄의 농도가 0인 경우, 즉 습부식상태의 도막박리는 약 65 %이상으로 나타나지만, K₂CrO₄의 농도가 0.2-0.6에서는 도막박리가 약 35-65 %로 건조 샌드블라스팅에 의한 도막박리거동과 유사하고, 농도가 1.0-1.5에서는 약 25-45%로 도막박리가 작아지므로써 K₂CrO₄의 농도가 1.0-1.5에서는 부식억제제의 효과가 건조 샌드블라스팅에 의한 도막의 부착효과보다 우수함을 알 수 있다.

4. 결론

2상류 분사에 따른 마멸-부식특성, 샌드블라스트 장치에 의한 slurry erosion거동 및 부식억제제에 의한 강구조물의 에폭시 도막박리거동에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 공기-수용액 2상류에 의한 마멸-부식의 전극전위는 貴電位化되고, 모래-수용액 2상류에 의한 마멸-부식의 전극전위는 卑電位化된다.

2) 모래/물의 비가 증가할 수록 slurry erosion에 의한 무게감소율은 더 크게 된다.

3) 모래/물의 비가 약 0.2 이상에서 slurry erosion에 의한 앵커패턴은 약 35-70 μ m로 유사하게 나타난다.

참고문헌

1) 岡 良側(1990) : 固體粒子衝突エロージョンの材料硬度依存性, 日本材料と環境, Vol. 39, No. 11, p610-616

2) 임우조, 백석종(1993): 캐비테이션 침식-부식에 미치는 고체입자-액체의 영향, 한국어업기술학회지, Vol. 29, No. 2,