

백필 상태에 따른 마그네슘 양극의 가속수명시험 특성에 관한 연구

박경화, 김대경, 배정효, 하태현, 이현구, 하윤철  
한국전기연구원 지중시스템 그룹

Characterization of Mg alloy with dry and wet backfill under accelerated C.P. condition

Kyung-Wha Park, Dae-Kyeong Kim, Jeong-Hyo Bae, Tae-Hyun Ha, Hyun-Goo Lee, Yoon-Cheol Ha  
Underground System Group, KERI

**Abstract** - In this investigation, the electrochemical behaviour of magnesium alloy anode was studied by using electrochemical methods and the performance of magnesium alloy anode was observed with dry and wet backfill under accelerated cathodic protection. This paper reports the data collected at the laboratory and field sites over one year exposure of magnesium anode under cathodic protection conditions,

1. 서 론

지중에 매설되는 철 구조물의 방식을 위하여 일반적으로 희생양극법과 외부 전원법의 두 가지 방식이 사용되고 있다. 이 중 마그네슘의 경우 지중 구조물의 방식을 위하여 사용되고 있는 대표적인 희생 양극의 하나이다.

마그네슘 양극의 경우 매립이후 수명을 대체로 10년 정도로 예상하여 지중에 매설한다. 매설시 지중의 높은 비저항과 희생양극의 경우 방식을 위한 구동력이 낮다는 점을 고려하여 양극 주위를 백필(backfill)로 도포하였다<sup>1)</sup>. 또한 매설직후 backfill에 수분을 가하여 유효 반응면적을 극대화 시켜줌과 동시에 즉각적으로 시설물방식전류를 흘려줄 수 있도록 배려하고 있다. 그러나 실제 시공시 backfill에 수분을 가해주는 일은 종종 간과되어지고 있고 따라서 시공 직후 방식전위를 측정할 경우 설계치와 같은 수준의 전위값을 나타내지 않는 경우가 많다<sup>2)</sup>.

본 실험의 경우 마그네슘 양극을 외부 환경과 유사한 토양에 매립하여 시공시 backfill에 수분을 가한 경우와 가하지 않은 두 가지 경우, 양극을 10%, 30%, 그리고 50%까지 소모시킨 다음 회수하여 그 양상을 비교하고, 양극의 부식 수명과 방식에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다. 또한 보다 빠른 시일 내에 결과를 도출하기 위하여 외부에서 전류를 인가하여 가속 수명 시험을 행하였으며 이 경우 사전 실험으로 마그네슘 양극에 대한 분극 실험을 행하여 한계 전류를 상정하고 또한 가속 실험 시 개개의 양극에 데이터 수집 센서를 연결하여 각각의 Ah량을 계산하여 소모량을 추정하였다<sup>3),4)</sup>.

2. 본 론

2.1 실험방법

2.1.1 마그네슘 양극과 Backfill재의 성분

본극 실험의 경우 가속 수명실험에 사용된 양극과 같은 종류의 양극을 사용하였으며 반응 면적은 1cm<sup>2</sup>로 두었고 사용된 potentiostat는 solartron analytical 사의 solartron 1280B였다.

가속 수명 실험의 경우 양극 소모율이 10%, 30%, 50%의 경우 건조한 상태와 수분을 가해준 상태를 각각 비교하기 위하여 총 6개의 마그네슘 양극이 사용되었으며 양극의 중량은 9 lb로 구성 성분은 Table 1과 같다.

Table 1. 마그네슘 양극의 성분 구성

comp.	Al	Mn	Cu	Ni	Fe	Zn	Si	Mg
cont.	0.01% max	0.5-1.3%	0.02% max.	0.001% max	0.03% max.	0.05% max	0.05% max	Remainder

양극의 개로전위는 -1.55V(Cu/CuSO<sub>4</sub>, 기준전극 기준)이며 Backfill 은 GYPUSM : BENTONITE : SODIUM SULFATE 를 75 : 20 : 5 로 혼합하여 사용하였고 Backfill의 크기는 150\*635mm 였고, 포장 재료는 면소재의 bag을 사용하였으며 Backfill의 경우 공기 중에 노출 될 경우 수분이 흡수되면 굳어지므로 저장시 흡습이 되지 않도록 매립 직전까지 비닐재로 밀봉하여 대기와의 접촉을 차단하였다.

2.1.2 마그네슘 양극의 매립 및 가속 수명실험

가속 수명 실험의 경우 Fig. 1과 같이 양극을 탄소 음극 사이에 배치하였고 병렬방식으로 결합하였다. 실험에 사용된 정류기의 사양은 60V, 30A였고, Fluke 사의 Hydra Logger series II를 사용하여 개개의 양극에 인가된 전류량과 개로 전위 및 실험 시간을 기록하여 수집하였다.

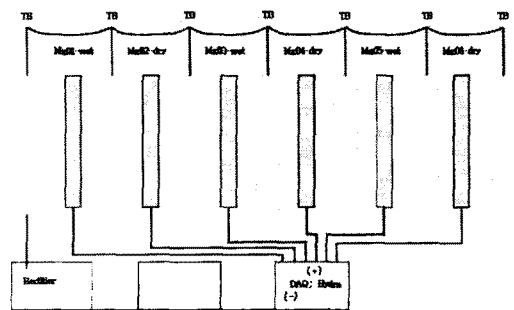


Fig. 1. 마그네슘 양극 가속 수명 실험에서 양극과 배치와 결선

2.2 실험결과

2.2.1 polarization test in distilled water

Fig. 2의 경우 backfill 된 마그네슘 양극의 수중에서의 분극 실험 결과 10<sup>-3</sup>A/cm<sup>2</sup> 이상의 한계전류 밀도를 나타내고 있으며 이것을 실제 실험에 사용된 마그네슘 양극의 표면적으로 나누어 계산해 본 결과 10 A 정도의 전류가 인가되어도 과방식의 우려는 없는 것으로 사료되었다. 그러나 지중의 경우 물과는 달리 비저항이 매우 높았으며 정류기의 용량의 한계와 외부의 실제 환경에서 높은 전류를 인가할 경우 안전상의 우려로 말미암아 최대 1 A이상의 전류를 인가하기는 어려웠다.

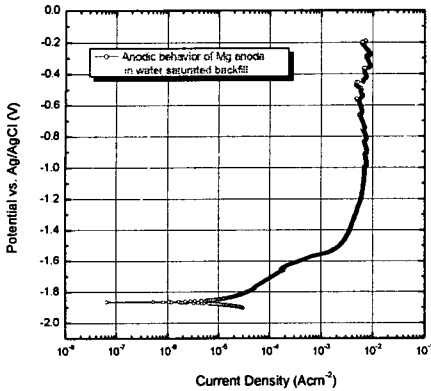


Fig. 2 Polarization test of Mg with water saturated backfill

### 2.2.2 마그네슘 양극의 소모량 추정

양극 소모율은 양극 개개에 흘려준 전류량과 실험 기간을 곱하여 산출된 Ah를 일반적으로 알려진 마그네슘 양극의 소모율 0.024[lb/Aday]로 나누어 추산하였고 10%, 30%, 50%의 수치에 근접하였을 때 회수하여 그 상황을 기록하였다. Fig. 3은 마그네슘 양극의 회수 상황이며 Fig. 4의 경우 마그네슘 양극 1번부터 6번까지 실제 인가된 전류-시간 곡선이다. Fig. 4의 경우 마그네슘 양극의 backfill에 수분을 가해준 경우와 건조한 경우 양자간에 A.h 량에는 큰 차이가 나타나지 않고 있으며 반면 우천으로 지반이 습윤한 경우와 건조한 경우 인가된 전류량에 큰 차이를 나타내고 있다. 또한 양극 개개에 흐르는 전류량의 차이는 매립지의 토질상태에 기인하는 것으로 여겨진다.

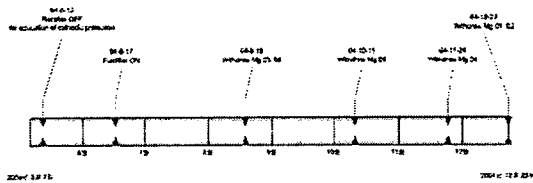


Fig. 3 Date of withdrawing Mg anodes

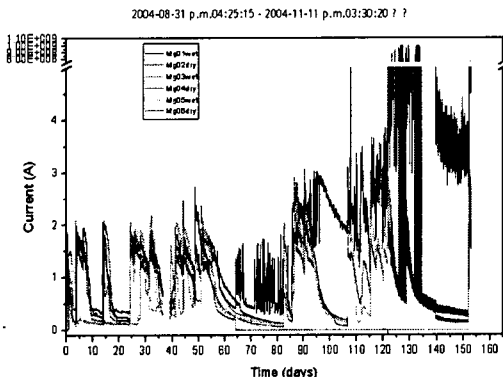


Fig. 4 Current-Time curves of Mg alloy anodes

### 2.2.3 마그네슘 양극 소모 양상

Table 2는 회수된 양극의 중량을 측정하여 실제 소모량을 계산한 것이다.

양극의 회수시 기후의 불안정성으로 말미암아 지중의 수분 상태가 고르지 않았고 따라서 소모량을 정확히 산출하여 소모일수를 구하기가 쉽지 않았다. 소모량의 경우 우선적으로 Ah량을 기준하여 추정한 다음 회수 시기를 결정하였다.

Table 2 Real consumption of Mg anodes

	Mg 01	Mg 02	Mg 03	Mg 04	Mg 05	Mg 06
weight of Mg alloy anode	4.08 ±0.25kg	4.08 ±0.25kg	4.08 ±0.25kg	4.08 ±0.25kg	4.08 ±0.25kg	4.08 ±0.25kg
weight loss	2.2182	2.3614	0.5999	2.6103	1.5905	0.4011
consumption rate	54.4%	57.88%	14.70%	64.30%	38.98%	9.84%

Fig. 5의 경우 양극 회수 시 backfill 상태의 마그네슘 양극의 외양을 비교한 것이다. backfill의 상태는 외양상 단단해 보였으나 결합력은 강하지 못하여 외부에서 충격이 가해질 경우 쉽사리 파손되는 양상을 보였으며 회수시 모두 수분을 함유한 상태였다. 수분을 인가한 경우(wet)와 건조한 경우(dry) 외견상 차이는 거의 나타나지 않는다. 그러나 매립 후 전반적으로 백필이 양극의 하부로 집중되는 현상이 나타났다.

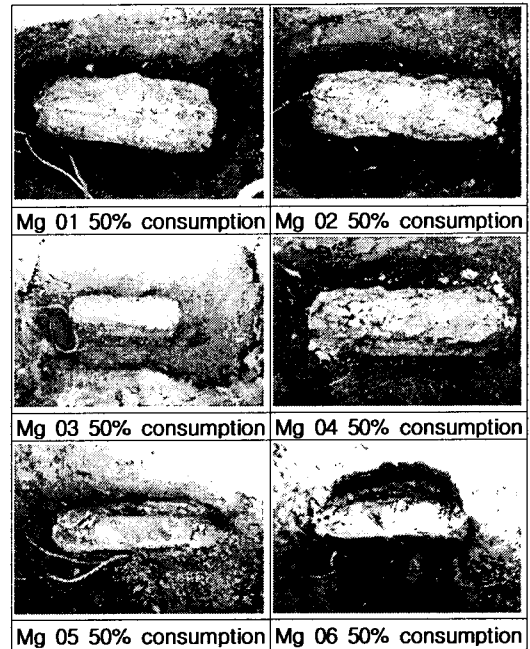


Fig.5 Photographs of Mg anodes in outer environment

Fig. 6는 회수된 양극에서 백필을 제거하고 난후 마그네슘 양극의 모습을 비교한 것이다. 마그네슘 양극 표면에 backfill 성분이 강하게 흡착되어 표면을 손상하지 않고 물리적으로 제거하는데 한계가 있었다. 양극의 표면은 매우 요철이 심한 상태였고 길이에 따른 소모 양상 역시 균일하지 않았다.

backfill이 제거된 양극의 표면 에서도 수분이 인가된 경우와 건조한 경우 모두 양극 소모 양상의 차이는 없는 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 고영대, 이선엽, 전경수, "지하 매설 구조물의 부식과 방식 Ⅱ. 희생양극에 의한 음극방식", 한국부식학회지, Vol. 27 No. 4, p.458, August, 1998.
- [2] P. L. Bonora, M. Andrei, A. Eliezer, E. M. Gutman, "Corrosion behaviour of stressed magnesium alloys", Corrosion Science, vol 44, p. 732, 733, 2002.
- [3] ASTM G 97-97, "Standard test method of laboratory evaluation of magnesium sacrificial anode test specimens for underground applicaitons", reapproved 2002.
- [4] P.Wersin, E. Curti, C.A.J. Appelo, "Modelling bentonite-water interactions at high solid/liquid ratios ; swelling and diffuse double layer effects", Applied clay science. Vol 26, p. 250, 2004.

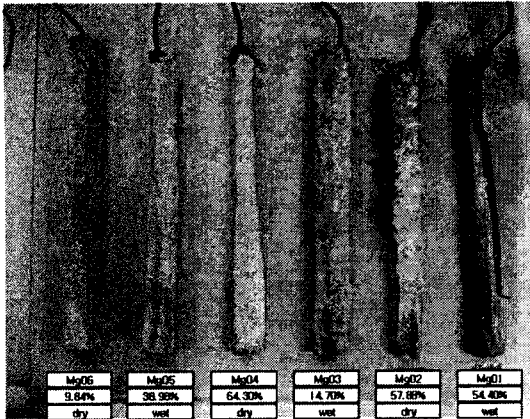


Fig. 6 The comparison of Mg anodes with consumption

3. 결 론

상기의 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Mg의 경우 실제 환경과 유사한 외부 환경에서 가속 실험을 행한다고 하여도 토양의 비저항이 큰 관계로 1A의 전류로 가속실험에서 10% 소모율에 이르는데 이론적으로 37.5 일이 소요되며 본 실험의 경우도 거의 3개월 정도의 기간이 소요되었음. 이 기간 중 다수의 경우가 있었으며 실험장의 Mg 매립지의 직상 부위에 방수 비닐을 도포하였으나 추후의 current-time curve를 살펴보면 dry 한 상태와 wet 한 상태의 양극 소모 양상에 차이가 있다고 여기기 어려움.
2. 매립된 Mg의 경우 병렬 방식으로 전류를 인가한 경우 각각의 양극에 흐르는 전류량은 개별차가 크다는 것을 확인하였으며 강우가 잦을 경우 전류치가 급속히 상승하는 것으로 미루어 토양중 함수율에 크게 영향을 받는 것으로 여겨진다.
3. 본 실증 실험장의 경우 상부의 토양이 매립토로서 토양 입도가 지극히 불균일하며, 전류의 전파에 영향을 미칠 수 있는 지중 매설물이 많았으며, 실제 병렬 방식으로 연결된 Mg 양극의 current-time curve에 나타난 전류값은 각 양극의 개별차가 크다는 것을 확인하였다.
4. Mg anode의 소모량과 매설시 backfill재에 수분공급의 유무(dry & wet)와는 상관관계가 희박한 것으로 추측된다.
5. 수거된 양극을 조사하여 본 결과 백필이 시간이 지남에 따라 하부로 집중되는 양상을 나타내었다.
6. 소모된 양극의 외부 형상은 외부 백필재와의 접촉 상황에 좌우되는 것으로 여겨진다.