

폴리머 애자의 금구재질에 따른 비교 시험

황보국*, 박영창*, 이승관**, 오영우**, 정세영***, 김병규***
 한국전기연구원*, 경남대학교**, 부산대학교***

Comparative Test of the End Fitting Materials of Polymer Insulators

K. Hwang*, Y.C.Park*, S.K.Lee**, Y.W.Oh**, S.Y.Jung***, B.K.Kim***
 KERI*, Kyungnam Univ.***, Pusan National Univ.***

Abstract - 현재 폴리머 애자의 금구 재질로 사용되고 있는 구상 흑연 주철품(FCD450), 기계 구조용 탄소강(SM20C) 및 알루미늄 합금(A2024)의 압착에 따른 인장파괴하중의 값과 재질고유의 인장시험 등을 통하여 가장 우수한 특성을 보이는 재질을 선정하고자 하였다. 본 실험 결과 기계구조용 탄소강(SM20C)이 압착조건에서는 기계적 특성에서 우수한 재질로 판정이 되었으며, Qs(품질관리지수)를 계산한 결과도 만족한 값을 보였다. 향후 전철용 고분자 장간애자에서는 구상 흑연 주철품(FCD450)으로만 규정되어 있는 금구 재질을 동등 이상의 재질로 규정하는 것이 특성향상에 바람직할 것으로 보여진다.

1. 서 론

최근 산업의 고도화에 따른 전력에너지 사용의 급격한 증가로 인하여 상대적으로 절연내력이 우수하고 경량인 고분자를 이용한 애자의 개발 및 적용이 증가하고 있다 [1].

폴리머 애자의 연구중 하우징재로 사용되는 고분자 절연재료에 대한 전기적, 화학적 연구는 가장 많이 이루어지고 있는 반면, 기계적 하중 및 애자의 신뢰성을 평가할 수 있는 금구에 대한 연구는 상당히 미흡한 편이다.

특히 폴리머 애자의 특성 시험중 인장파괴하중시험은 애자의 신뢰성을 직접적으로 평가할 수 있으며, 품질관리지수(Qs)의 도입은 매우 중요한 특성평가 자료로 사용된다[2].

따라서 본 실험은 전철용 고분자 장간애자의 금구류로 채택되고 있는 구상 흑연 주철품(FCD450)외에 동등 이상의 특성이 있으며 또한 폴리머 애자의 금구 재질로 채택되고 있는 기계 구조용 탄소강(SM20C) 및 알루미늄 합금(A2024)의 기계적 특성을 비교하였고, 품질관리지수(Qs)를 계산하였다[3-5].

2. 본 론

본 실험은 전철용 고분자 장간애자에 규정되어 있는 금구 재질인 구상 흑연 주철품(FCD450)과 폴리머 애자에서 사용되고 있는 재질인 기계 구조용 탄소강(SM20C)과 알루미늄합금(A2024) 재질을 인장 시험편과 압착된 제품으로 구분하여 기계적 특성을 비교하였다.

2.1 규격 특성 비교

표1은 폴리머 애자의 금구 재질로 사용되는 FCD450, SM20C 및 A2024의 재질 선정에서 중요한 요소로 작용되는 기계적 특성을 비교하여 보았다. 전반적인 기계적 특성에서는 탄소강 재질이 인장강도와 더불어 연신율이 가장 우수한 것으로 판단된다.

2.2 인장 시험편 비교 실험

실험에 사용된 시험편은 KS B 0801(금속재료 인장 시험편)의 4호 시험편으로 제작하여, KS B 0802(금속재료 인장 시험 방법)에 의해 인장시험기(instron)로 기계적 특성을 측정하였다.

표 1. 규격상의 기계적 특성 비교

	인장강도 (kgf/mm ²)	내구력 (kgf/mm ²)	연신율 (%)	비고
FCD450	45	28	10	
SM20C	55	40	18	
A2024	42	31	12	

그림 1은 인장 시험편을 제작하여 시험한 인장강도 결과로 인장강도는 SM20C가 균일하며 높은 결과를 보였고, FCD450, A2024의 순으로 나타났다.

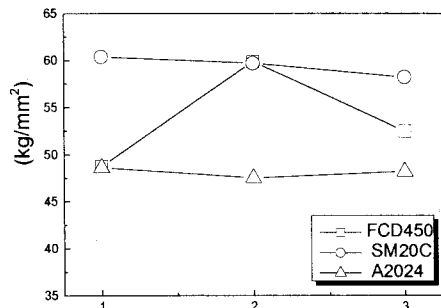


그림 1 인장 시험편의 인장강도 비교

FCD450의 평균값은 A2024보다 높지만, 표준편차가 A2024보다는 10배, SM20C보다는 5배정도 높게 나타났다.

Qs를 계산한 결과 A2024가 가장 높은 10.86, SM20C는 3.96, FCD450은 1.53이었는데, 이는 알루미늄합금, 탄소강, 구상 흑연 주철의 순서로 재질의 균질성이 높음을 알 수 있다.

품질관리지수(Qs)의 계산은 다음과 같다.

$$Q_s = \frac{R - R_s}{S} \geq K$$

Qs : 품질관리지수

R : 측정치의 평균치 ($= \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n}$)

R₁, R₂, ... : 인장파괴하중

R_s : 규정의 인장하중

S : 표준편차 ($= \sqrt{\frac{(R_1 - R)^2 + (R_2 - R)^2 + \dots + (R_n - R)^2}{n-1}}$)

K : 허용정수이다.

인장 시험편의 기계적 특성에서는 전체적으로 탄소강이 균질하여 우수한 값을 나타내었고, 두번째로 높은 값을 나타낸 구상 흑연 주철은 균질성 및 연신율의 측면에서 알루미늄합금보다는 못한 특성을 보였다.

그림 2는 인장 시험편의 시험 전·후 사진을 나타내었다. 사진에서 보는바와 같이 SM20C와 A2024는 균일하게 중앙부분에서 파괴된 연성파괴의 경향을 보였고, FCD450은 중앙부분에서 벗어난 상, 하 부위에서 파괴된 취성파괴의 양상을 보였다.

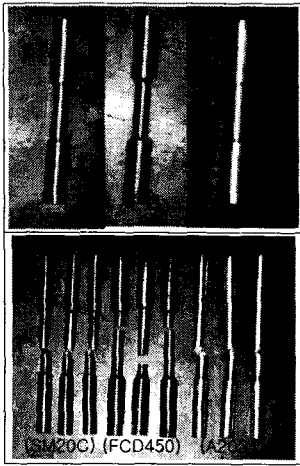


그림 2. 인장 시험편의 시험 전·후 사진

2.3 인장파괴하중시험 비교

각 재질별 압착조건은 FRP rod가 파괴되지 않는 최대의 압력을 기준으로 100과 80으로 행하였고, 금구 및 FRP의 형상과 치수 그리고 제조공정은 동일한 조건으로 시험을 행하였다.

각 재질별 금구를 FRP와 압착한 상태에서 인장파괴하중시험을 실시한 사진을 그림 3에 나타내었다.

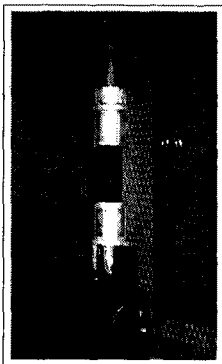


그림 3. 인장파괴하중의 시험 장면

그림 4는 압착의 압력을 80으로 하여 압착한 제품의 인장파괴하중의 결과로서 전체적인 평균값은 SM20C,

A2024, FCD450순으로 높게 나타났다. 이 결과는 SM20C가 FCD450보다는 약 20% 높고, A2024보다는 10% 정도 높은 값을 알 수 있다.

또한 Qs값을 계산한 결과 A2024가 9.88로 가장 높게 나타났다. 알루미늄 합금의 경우 평균값에 대한 차이가 재질 중에서는 가장 적고 균일성에 우수함을 보여준 결과임을 알 수 있다.

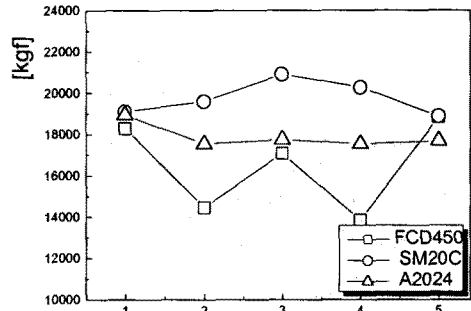


그림 4. 인장파괴하중의 결과

그림 5는 압착의 압력을 100으로 증가시켜 압착한 제품의 인장파괴하중의 결과로서 SM20C가 평균파괴하중값에서 FCD450보다는 약 15%, A2024보다는 약 25% 이상 높은 값을 보였다.

Qs값은 SM20C(11.79)가 가장 높았고 다음으로 FCD450(8.08), A2024(4.81)로 나타났다.

압착의 압력이 80에서 100으로 증가되었을 때 전체적인 경향은 파괴하중의 증가를 가져왔지만 A2024만은 평균값에서 -4.1% 정도 떨어지는 경향을 보였다. 하중은 압착압력에 비례하지만 적절한 압력이상에서는 반비례하는 변곡점이 존재함을 알 수 있고, A2024는 80의 부근임을 추정할 수 있다.

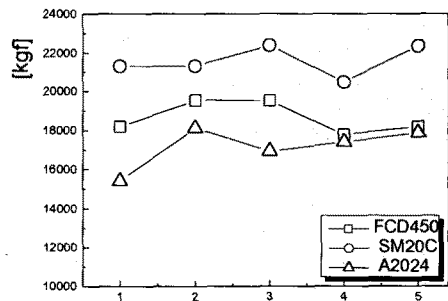


그림 5. 인장파괴하중의 결과

FCD450은 압착압력이 80에서 100으로 증가함으로 인장파괴하중의 값이 12.6%로 증가하였고, SM20C는 9.2% 증가하였다.

그림 6은 그림 5와 6의 인장파괴하중 결과를 그래프한 것으로 평균인장파괴하중값은 SM20C가 타 재료보다 17% 이상 높음을 보여준다. 이것은 표 1의 비교에서 예측된 결과와 같음을 보여준다.

또 Qs값이 SM20C와 A2024는 각 7.01과 6.09이며, FCD450은 2.85로 가장 낮았다.

구상흑연주철의 강도는 흑연의 형태 및 기지의 성질에 따라 결정되며 이것은 주물의 성분 및 냉각속도에 따라 좌우된다. 다시 말하면 제조공정상의 균일한 관리가 유지되지 못하면 특성의 변화폭이 커지며 이것은 제품의 신뢰성을 저해하는 하나의 인자로 작용할 것이다.

건에서 기계적 특성이 우수한 재질로 판정이 되었으며, Qs(품질관리지수)를 계산한 결과도 만족한 값을 보였다.

향후 전철용 고분자 장간애자에서는 구상 흑연 주철품(FCD450)으로만 규정되어 있는 금구 재질을 동등이상의 재질로 규정하는 것이 특성향상에 바람직할 것으로 보여진다.

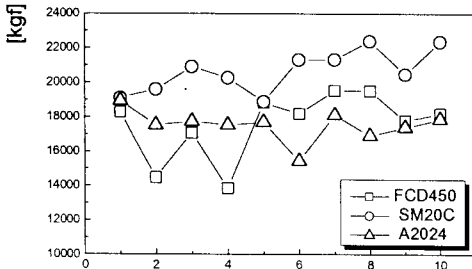


그림 6. 인장파괴하중의 결과

또한 자기제 애자의 경우처럼 자기와 금구가 시멘트에 의한 화학적 결합상태를 유지하는 것과는 달리 FRP를 금속이 단순한 압착에 의한 기계적 결합 상태를 갖기 때문에 모재의 불순물이나 공정의 변화 그리고 압착시의 기계적 스트레스에 의한 미세 크랙의 생성이 발생한다면 장기 사용시 금구 손상에 의한 사고를 초래할 수 있다.

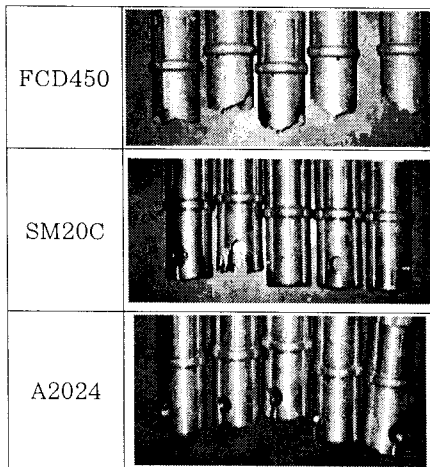


그림 7. 인장파괴하중 시험 후 사진

그림 7에서 보는바와 같이 연신율이 낮은 FCD450의 경우는 취성파괴를 하기 때문에 압착 압력에 의해 미세한 crack이 발생했을 때 일순간에 eye 금구가 떨어져나가 파괴의 순간을 관찰하기 어렵지만, 연성파괴를 하는 SM20C나 A2024의 경우는 그림에서처럼 늘어나서 찢어지는 현상을 보이므로 파괴가 진행되는 상태를 쉽게 확인할 수 있어 유지보수가 용이하다.

3. 결 론

현재 폴리머 애자의 금구 재질로 사용되고 있는 구상 흑연 주철품(FCD450), 기계 구조용 탄소강(SM20C) 및 알루미늄합금(A2024)의 압착에 따른 인장파괴하중의 값과 재질고유의 인장시험 등을 통하여 가장 우수한 특성을 보이는 재질을 선정하고자 하였다.

본 실험 결과 기계 구조용 탄소강(SM20C)이 압착조

[참 고 문 헌]

- [1] 김신철, 김태영, "국내·외 현수애자의 적용동향 및 기술 동향", 전기학회지 제 48권 12호, p.22-26, 1999.
- [2] 김찬영, 송일근, 김주용, 이병성, 한재홍, 윤태상, "인장시험에 의한 자기제 현수애자의 수명평가에 관한 연구", 2000년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p.1596-1598, 2000.
- [3] KS D 4302 구상 흑연 주철품, 1999.
- [4] KS D 3752 기계 구조용 탄소강재, 1986.
- [5] KS D 6763 알루미늄 및 알루미늄합금 봉 및 선, 1990.