

이동용 전기기기의 누전 전위분포에 관한 연구

박상태 · 이복영 · 박찬호 · 유현종 · 홍성호 · 최충석*

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

*한국전기안전공사 부설 전기안전연구원

1. 서 론

전기에너지는 인류의 문화와 문명유지를 위한 청정에너지원으로 점차 그 수요가 증가하고 있다. 최근 국내는 물론 국외 각국에서 환경에 대한 관심이 높아지고 있으며, 이러한 관심에 따라 화석연료에 비해 상대적으로 오염물질을 적게 유발하는 전기에너지는 인류에게는 필수적인 에너지원이라 할 수 있다¹⁾. 그러나 이와 같이 필수적이고 편리한 전기에너지는 이에 대한 위험성 및 안전의식 결여로 인해 전기사용량이 증가함에 따라 전기와 관련한 재해가 증가하고 있다. 최근 5년간 감전사고 발생현황을 살펴보면 이동용 전기기기에 의한 감전사고는 10 %의 점유율을 나타내고 있어²⁾ 높은 점유율은 아니지만 매년 지속적으로 발생하고 있는 감전사고이기 때문에 이에 대한 감전위험성 분석이나 대책이 필요하다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이동용 전기기기를 사용함에 있어 발생할 수 있는 감전사고를 분석하기 위하여 현장에서 자주 사용되는 이동용 전기기기를 이용한 누전실험을 통하여 주위 전위분포를 분석하였다. 누전실험은 이동용 전기기기가 건조상태와 침수상태인 경우로 구분하여 수행되었고, 각각의 경우에 있어서 전위분포 및 누설전류를 측정하여 감전위험성을 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구에서는 현장에서 가장 많이 사용되는 이동용 전기기기를 그라인더, 전기드릴, 전기용접기로 고려하여 누전실험을 수행하였다. 누전실험은 현장에서 전선피복이 벗겨진 이동용 전기기기의 실증실험을 하기 위하여 일정한 간격으로 기기의 전선피복을 벗기고 통전시킨 상태에서 동선이 노출된 부분을 대지에 닿게 한 후 절연된 물체를 이용하여 1 kg 중량으로 피복이 벗겨진 전선을 누르게 하였다. 전선피복은 1 cm, 3 cm, 5 cm, 10 cm로 벗겨 노출시킨 다음 절연저항, 누설전류, 전위를 측정하였다. 전위는 전압계의 한쪽 단자는 이동용 전기기기로부터 20 m 떨어진 곳의 접지봉에 연결하고 다른 쪽 단자는 10 cm 간격으로 고정된 전극에 연결하여 측정하였다. 이와 같은 누전실험은 이동용 전기기기가 건조상태와 침수상태인 경우로 구분하여 수행되었고, 건조상태에서는 이동용 전기기기의 종류에 관계없이 누설되는 전류의 양이나 이로 인한 전위분포는 유사할 것으로 판단하여 그라인더를 이용하여 누전실험을 수행하였다. Fig. 1은 이와

같은 누전실험에 대한 것을 나타낸 것으로 Fig. 1에서 보는바와 같이 1 kg의 무게가 전선에 균일하게 미칠 수 있도록 절연재를 전선위에 올려놓고 실험을 수행하였다. 또한 동일한 조건에서 그라인더를 침수시키고 전위를 측정하여 건조상태와 침수상태인 경우에 주위 전위분포와 누설전류 등을 비교하여 감전위험성을 분석하였다.

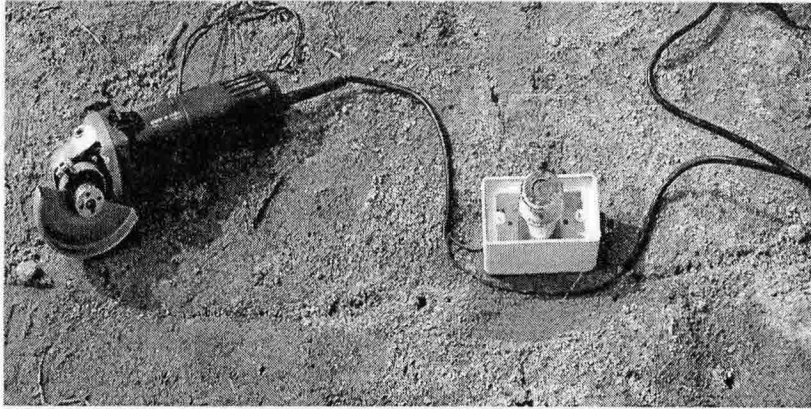


Fig. 1. 건조상태 이동용 전기기기에서의 누전실험

Fig. 2, 3, 4는 이동용 전기기기의 침수상태를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 그라인더, 전기드릴, 전기용접기를 특별한 처리를 하지 않고 사용상태 그대로 물에 침수시킨 다음 기기 주위의 전위를 측정하여 이러한 이동용 전기기기가 침수되었을 때 전위분포 특성을 분석하였다. 침수실험에 사용된 물의 저항률은 약 $78 \Omega \cdot m$ 이다. 또한 같은 조건에 각 기기의 누설전류를 측정하여 절연파괴특성이나 누설전류의 크기를 비교하여 감전위험성을 분석하였다.

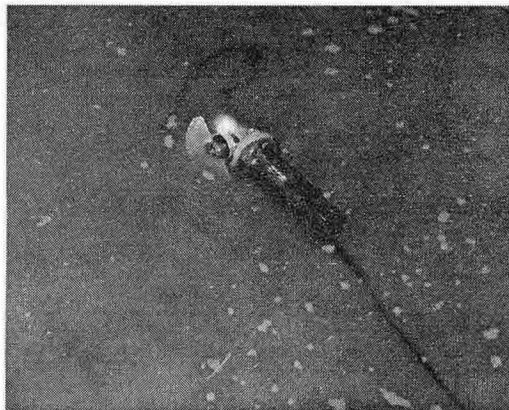


Fig. 2. 그라인더 침수상태

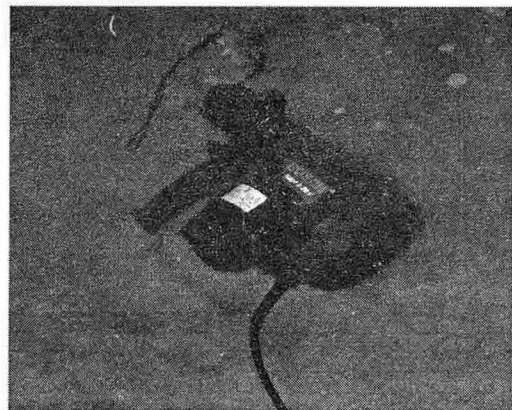


Fig. 3. 전기드릴 침수상태



Fig. 4. 전기용접기 침수상태

3. 결과 및 분석

Fig. 5, 6, 7, 8은 건조상태와 침수상태일 때 누전되는 그라인더 주위 전위분포에 대하여 비교한 것을 나타낸 것으로 전위가 약 220 V정도가 되는 전선이 노출된 부분을 제외한 그림이다. Fig. 5는 그라인더 코드의 피복을 1 cm 노출시켜 누전시킨 경우일 때 전위분포를 비교한 것이고, Fig. 6은 3 cm, Fig. 7은 5 cm, Fig. 8은 10 cm 노출시켜 누전시켰을 때 그라인더 주위 전위분포에 대하여 비교한 것을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 건조상태인 경우보다 침수상태에서 누전시켰을 때 더 높은 전위분포가 나타나는 것을 확인할 수 있고, 건조상태인 경우에는 보폭전압이 낮기 때문에 노출된 전선부에 직접 접촉하지 않으면 감전사고의 위험성은 비교적 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 노출된 충전부분에 인체가 직접 접촉한다면 높은 보폭전압이 걸리게 되어 감전위험성도 매우 높다는 것을 알 수 있다.

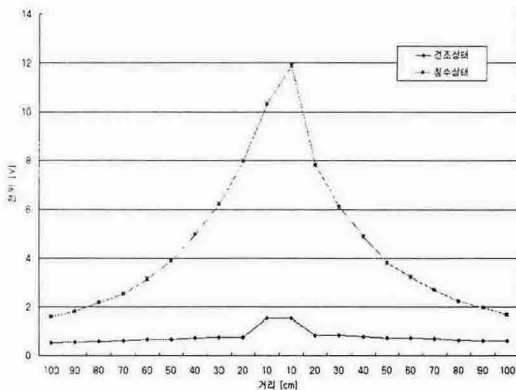


Fig. 5. 건조상태와 침수상태 전위분포 비교 - 1 cm 벗긴 경우

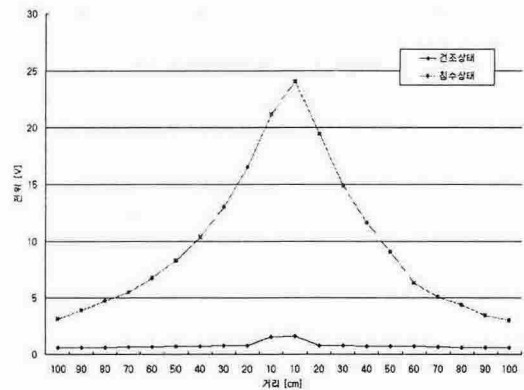


Fig. 6. 건조상태와 침수상태 전위분포 비교 - 3 cm 벗긴 경우

침수상태인 경우에는 Fig. 5와 6에서 보는 바와 같이 낮은 전위분포를 나타내고 있어 인체에 가해질 수 있는 보폭전압도 낮을 것으로 판단된다. Fig. 7과 8을 보면 전위 분포는 건조상태인 경우에는 마찬가지로 낮은 전위분포를 나타냈으나 침수상태인 경우에는 높은 전위분포를 나타내고 있다.

Fig. 9와 10은 이동용 전기기기의 코드피복이 노출된 경우에 인체의 보폭이 50 cm라고 가정할 때 나타나는 보폭전압을 비교한 것이다. Fig. 9에서 알 수 있듯이 건조상태인 경우에는 전선피복이 1 cm와 3 cm 노출된 경우에 보폭전압은 충전부를 직접 접촉하지 않는 경우외에는 1 V이하의 낮은 보폭전압을 나타내었고, 5 cm 노출된 경우에는 충전부를 직접 접촉하지 않는 경우외의 보폭전압은 3 V이하로, 10 cm 노출된 경우에는 약 8 V이하의 낮은 전압으로 나타났다. 그러나 노출된 전선을 밟는 등과 같이 충전부를 접촉하게 되면 약 220 V의 높은 보폭전압이 걸리게 되어 감전위험성이 높은 것을 알 수 있다.

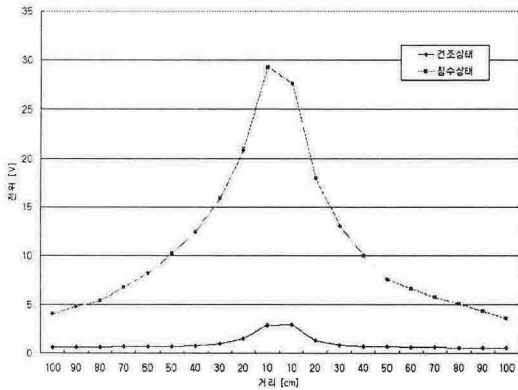


Fig. 7. 건조상태와 침수상태 전위분포 비교 - 5 cm 벗긴 경우

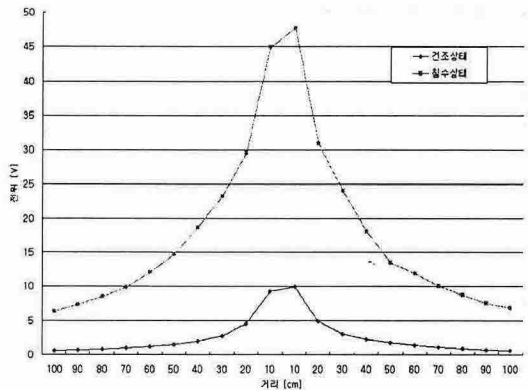


Fig. 8. 건조상태와 침수상태 전위분포 비교 - 10 cm 벗긴 경우

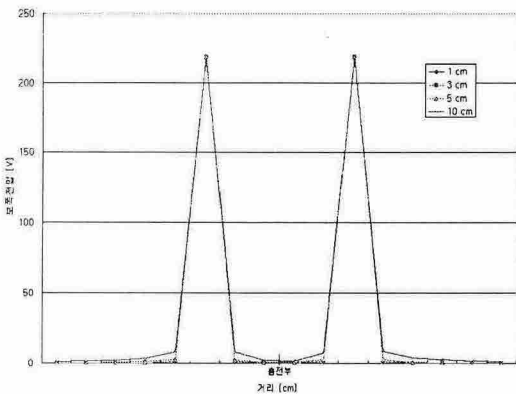


Fig. 9. 전선피복 노출시 보폭전압 비교 - 건조상태인 경우

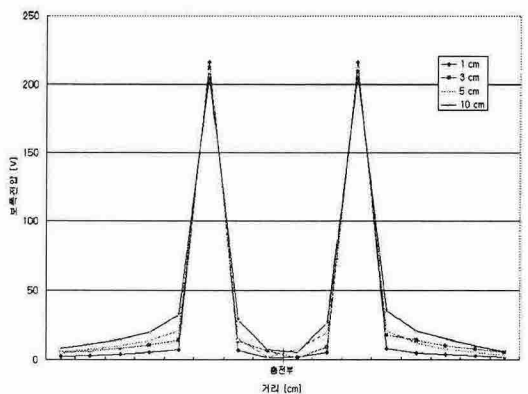


Fig. 10. 전선피복 노출시 보폭전압 비교 - 침수상태인 경우

Fig. 10에서 보는 바와 같이 침수상태의 경우에는 전선피복이 1 cm 노출된 경우에 보폭전압은 충전부를 직접 접촉하지 않는 경우에는 약 9 V, 3 cm 노출된 경우에는 충전부를 직접 접촉하지 않는 경우에는 약 15 V의 보폭전압이 걸리게 된다. 또한 5 cm 노출된 경우에는 약 20 V의 보폭전압이 걸리게 되고, 10 cm 노출된 경우에는 약 33 V의 보폭전압이 걸리게 된다. 침수상태인 경우에는 인체가 현저히 젖어 있는 상태이므로 IEEE Std 80에서 정하는 허용보폭전압을 계산하면 낮게 나타났다³⁾. 따라서 이동용 전기기기가 전선피복이 벗겨지고 침수가 된 상태에서는 충전부를 직접 접촉하지 않더라도 감전위험성이 높은 것을 알 수 있고, 더욱이 노출된 전선을 밟는 등과 같이 충전부를 접촉하게 되면 감전으로 인하여 사망할 가능성이 매우 높다고 할 수 있다.

Fig. 11은 이동용 전기기기의 코드부분이 벗겨져 노출된 경우에 발생하는 누설전류를 건조상태와 침수상태인 경우 각각 비교한 것을 나타낸다. 그림에서 보듯이 건조상태인 경우보다 침수상태인 경우에 더 많은 누설전류가 발생하고 전선피복이 많이 벗겨질수록 누설되는 전류의 양이 커지는 것을 알 수 있다.

Fig. 12, 13, 14는 이동용 전기기기를 사용상태 그대로 침수시켰을 때 발생하는 전위분포를 나타낸 것이다. Fig. 12는 그라인더 주위 전위분포를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 그라인더가 있는 부분의 전위가 가장 높은 값인 17 V로 나타났다. 따라서 그라인더가 침수되었을 경우 최고 보폭전압은 인체의 보폭을 50 cm로 가정할 때 약 15 V정도인 것을 알 수 있다. Fig. 13은 전기용접기 주위 전위분포를 나타낸 것으로 전기용접기가 있는 부분이 62 V로 가장 높은 전위분포를 나타냈다. 또한 최고 보폭전압은 약 50 V정도로 나타나 침수상태인 것을 고려해 볼 때 전원이 투입된 전기용접기가 침수된 상태이면 노출된 충전부분이 없다하더라도 기기 자체의 누전 때문에 높은 전위분포로 인하여 감전위험성이 높은 것을 알 수 있다. Fig. 14는 전기드릴 주위 전위분포를 나타낸 것으로 전기드릴이 있는 부분에서의 전위는 84 V로 나타났고, 보폭전압의 최고값은 약 72 V로 나타나 감전위험성이 가장 높은 것을 알 수 있다.

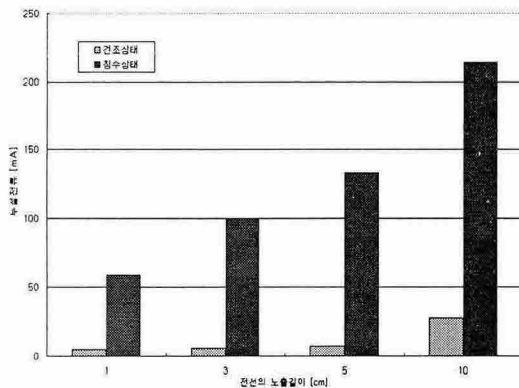


Fig. 11. 건조 및 침수상태 누설전류 비교

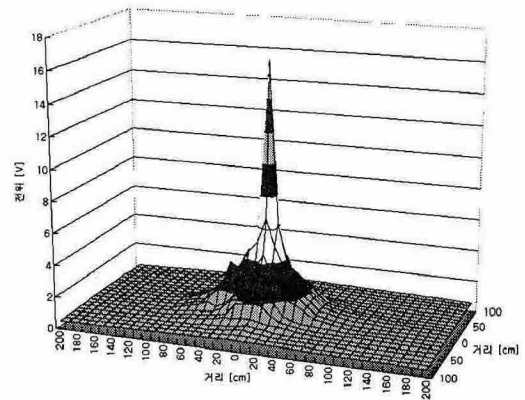


Fig. 12. 침수상태 그라인더 전위분포

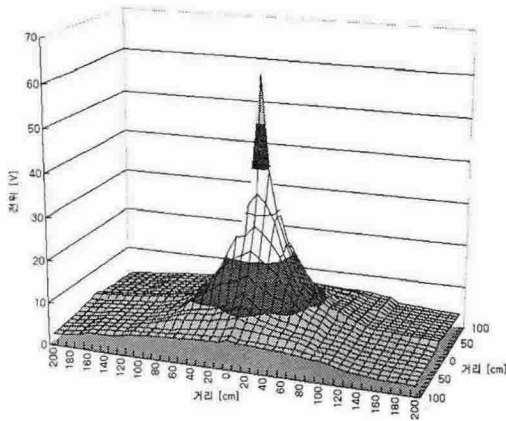


Fig. 13. 침수상태 용접기 전위분포

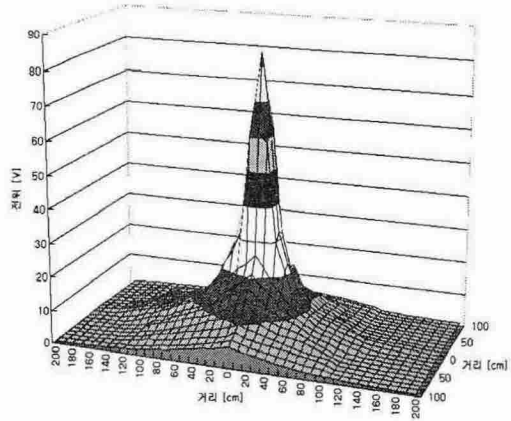


Fig. 14. 침수상태 전기드릴 전위분포

4. 결 론

본 논문은 이동용 전기기기를 이용한 누전실험을 통하여 이동용 전기기기에서의 감전위험성을 분석한 연구이다. 이동용 전기기기가 건조상태와 침수상태인 경우에 대하여 누전실험을 수행하였고, 각각의 경우에 있어서 전위분포 및 누설전류를 측정하여 감전위험성을 분석하였다. 그 결과 본 연구의 실험조건하에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 이동용 전기기기의 전원코드 피복을 벗겨 누전실험을 한 결과 건조상태에서는 인체에 인가되는 보폭전압은 낮게 나타났지만 노출된 충전부를 직접 접촉하게 되면 약 220 V의 높은 보폭전압이 인가되어 감전위험성이 높은 것으로 나타났다.
- 2) 이동용 전기기기의 전원코드 피복을 벗겨 침수상태로 누전실험을 한 결과 노출된 피복의 길이가 길수록 많은 누설전류가 흐르고 높은 전위분포를 나타내어 인체에 인가되는 보폭전압도 높은 것을 확인할 수 있었다.
- 3) 그라인더, 전기용접기, 전기드릴을 이용하여 침수실험을 한 결과 전기드릴의 주위 전위분포가 가장 높게 나타났고, 전기용접기의 경우에도 높은 전위분포를 나타내어 감전위험성이 높을 것으로 판단되며, 그라인더의 경우에는 상대적으로 낮은 전위분포를 나타냈다.

참고문헌

- 1) 권용준, 손병창, 이명희, 신승현, “전격재해의 유형 및 대책에 관한 연구”, 한국산업안전학회지, Vol. 15, No. 4, 2000
- 2) 최충석, 한운기, 한기봉, 길형준, “임시전력설비 감전재해 발생현황과 분석에 관한 연구”, 한국안전학회 추계학술발표회논문집, pp. 118~123, 2003
- 3) C. H. Lee, A. P. S. Meliopoulos, “Comparison of Touch and Step Voltage between IEEE Std 80 and IEC 479-1”, IEEE Proceedings of Generation, Transmission and Distribution, Vol. 146. No. 5, pp.593~601, 1999