

지하구내 수·변전설비 안전실태 조사

(A Research on the Safety Condition of Power Utilities
Installed on Underground Premises)

정종욱* · 정진수* · 이건호* · 김영석* · 배석명*

(Jong-Wook Jung · Jin-Soo Jung · Geon-Ho Yi · Young-Seok Kim · Seok-Myung Bae)

Abstract

This paper describes the safety condition of power utilities installed on underground premises when flooding occurs. As advance preparations, the statistical data were investigated based on the rainfall trend; the flooding damage; the power utilities installation; the electric shock accidents, and domestic and foreign regulations pertaining to the power utilities installation on underground premises were also compared and analyzed. After the preliminaries, the safety condition of underground power utilities was inspected at site and the results were reflected on considering countermeasures.

Based on the further studies, the regulations closely related to the underground power utilities installation can be modified.

1. 서 론

우리나라는 근대화로 접어든 이후, 도시로의 과도한 인구집중으로 인해 가용부지가 점점 줄어들어 따라 건축물이 고층화/지하화되기 시작하였으며, 밀집된 수용가에서 요구하는 전력수요는 점점 증가하는 양상을 띠게 되었다. 이같은 도심지에서의 전력수요를 충족시키고자, 전력설비는 용량과 효율, 모든 면에서 괄목할만한 신장을 이루어왔으나, 이들을 설치하는데 필요한 부지를 충분히 확보하는 것은 날이 갈수록 곤란해지고 있으며, 또한 전력을 수전·변성하기 위한 계반설비들은 일반인들에게는 혐오시설로 간주되어 왔다. 이같은 이유로 대부분의 전력설비들은 인간의 생활공간과는 이격된 지하나 옥상과 같은 장소에 설치되고 있어 이로 인한 또다른 문제를 야기하기도 한다. 그 대표적인 경우가 침수로 인한 감전사고라고 할 수 있으며, 특히, 전세계적인 이슈로 대두되어 온 기상이변 중, 계절라성 집중호우는 도시화에 따른 불투수면의 급증과 함께, 감전사고를 야기하는 전형적인 원인으로 작용하고 있다.

국내 건축물의 수전전압은 대부분 22.9[kV]이지만, 이외에도 저압(380/220[V]), 고압(3.3[kV], 6.6[kV]) 및 특고압(154[kV], 345[kV])으로 수전되기도 한다. 일반적으로 수·변전설비란 배전반, 변압기, 보안개폐장치, 계측장치 등과 이들을 수납하는 수전실 또는 큐빅클 등을 의미한

다. 일반적으로 수전점에서 변압기 1차측까지의 설비를 수전설비, 변압기 2차측에서 배전반까지의 설비를 변전설비라고 하지만, 본 논문에서는 이를 모두 수·변전설비로 명명하고 국내 지하구내에 설치된 이들 기기의 안전실태를 조사·분석하기로 한다.

2. 통계자료 조사

2.1. 피해현황

우리나라는 매년 수해로 인해 막대한 인적·물적 피해를 입고 있다. 중앙재해대책본부의 통계에 따르면, 매년 평균 140여명의 인명피해와 35,000여명의 이재민 및 11,160억원(2002년도 환산액)에 이르는 경제적 피해를 입는 것으로 보고되어 있다. 급세기 들어 기록된 일일 강수량 및 피해현황을 표 1과 2에 각각 나타내었다.

표 1. 일일 강수량 순위(1)
Table 1. Ranking of Daily Precipitation

순위	태풍명	지명	일일 강수량 [mm]	발생일자
1	Rusa	강릉	870.5	'02. 8. 31
2	Agnes	장흥	547.4	'81. 9. 2
3	Yanni	포항	516.4	'98. 9. 30
4	Gladys	부산	439.0	'91. 8. 23
5	Maemi	남해	410.0	'03. 9. 12

표 2. 국내 태풍규모별 피해(2)

Table 2. Damage from Domestic Typhoon

순위	인명피해(명)				재산피해(억원)		
	기간	태풍명	사망	실종	기간	태풍명	피해액
1	'36.8.26~28	3633	1,232	1,646	'02.8.31~9.1	Rusa	51,479
2	'23.8.11~14	2353	1,157	-	'03.9.12~13	Maemi	47,810
3	'59.9.15~18	Sarah	849	2,533	'99.7.23~8.4	Olga	10,704
4	'72.8.18~20	Betty	550	405	'87.7.15~16	Thelma	5,965
5	'25.7.15~17	2560	516	275	'95.8.19~30	Janis	5,484

2.2. 설비현황

그림 1에 전국에 설치된 수·변전설비 현황을 지역별로 나타내었다.

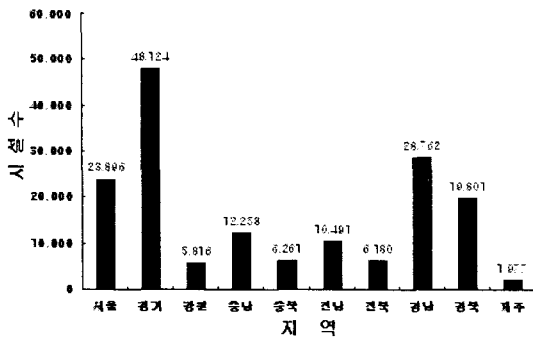


그림 1. 수·변전설비의 지역별 시설현황
Fig. 1. Status quo of Provincial Power Utilities

수·변전설비는 인천을 포함한 경기도가 29.4[%]로서 가장 높은 시설율을 나타내었으며, 이어 부산, 울산을 포함한 경남이 17.6[%], 서울이 14.6[%]를 점유하고 있었다.

2.3. 설비위치 및 형태

전국의 상습침수지역(FFA : Frequent flooding area) 중 87개 동, 읍에서 1,991개소 수·변전설비의 설치위치를 조사하여 표 3에 나타내었다.

표 3. 상습침수지역의 수·변전설비 설치위치 및 수납형태
Table 3. Location and Enclosing Mode of Power Utilities in FFA

구분	개소	지 하		육 상		지상 단독		구내	H변대	합계
		노출	큐비클	노출	큐비클	노출	큐비클			
도심 적지대	41	53	343	95	90	44	41	23	144	833
해안 적지대	46	88	266	269	70	70	83	77	235	1,158
합계	87	141	609	364	160	114	124	100	379	1,991
비율[%]	-	7.08	30.59	18.3	8.04	5.73	6.23	5.02	19.04	100

표 3에서 상습침수지역 중 지하 수·변전설비가 차지하는 비율이 가장 높음을 알 수 있으며, 이는 부지활용도, 설비소음 및 안전성 등의 제반요인으로 인해 설비가 지하에 시설되기 때문이다. 또한, 그림 2와 같이, 아파트의 수·변전설비도 대부분 지하에 설치되어 있었다.

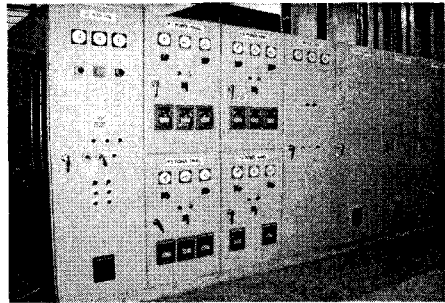


그림 2. 지하 수·변전설비(큐비클식)
Fig. 2. Power Cubicle Installed in Underground

그림 2는 아파트 지하에 설치된 수·변전설비를 나타낸 것이며, 최근에 시공된 건물일수록 큐비클식으로 시공되는 경향을 띠고 있었다.

2.4. 감전사고 현황

최근 5년간 국내에서 발생한 감전사고 발생현황 및 각국의 감전사망자 현황을 표 4와 5에 각각 나타내었다.

표 4. 국내 감전사고 발생현황
Table 4. Domestic Electric Shock Accident

구 분	사 망	부 상	계
'99	125	686	811
'00	107	714	821
'01	132	791	923
'02	87	767	854
'03	72	692	764

표 5. 각국의 감전사망자 현황
Table 5. Death from Electric Shock of Other Countries

구 분	한국	미국	일본	영국	독일	호주
사망자수	72	548	37	15	95	37
백만명당 사망자수	1.5	1.99	0.29	0.25	1.16	1.92
자료년도	'03	'98	'00	'02	'00	'00

그림 3은 1992년부터 2002년까지의 감전사고를 월별로 나타낸 것으로, 장마철인 7, 8월에 가장 많은 감전사고가 발생함을 알 수 있다.

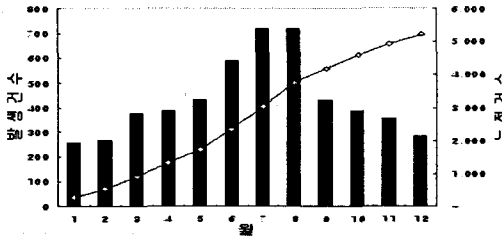


그림 3. 월별 감전사고 및 누적건수
Fig. 3. Monthly Record of Electric Shock Accident

3. 침수지역 수·변전실 시설규정

현재 침수지역의 수·변전실에 대한 설치규정을 구체적으로 정의해 둔 국가는 없으며, 해당 주정부 및 관련 기관에서 이에 대한 규제조항을 마련하여 시행하는 경우만이 조사되었다. IEC 61936-1에서는 「전기설비 운전장소는 습기를 최소화하고 침수로부터 보호되도록 시설해야 한다」고 설명하고는 있지만, 구체적인 방법까지는 제시하지 않고 있다.

국내의 경우에도 수·변전설비에 대한 침수대비책 등은 전기설비기술기준에는 정의되어 있지 않으며, 내선 규정만이 「수전실 설치장소는 물이 침입하거나 침투할 우려가 없는 장소로 해야 한다」고만 설명하고 있다.

표 6. 각국의 침수지역 수·변전실 설치규정
Table 6. Regulation Pertaining to Power Utility Installed in FFA

	수·변전실 침수방지 관련 규정	비고
한국	· 국내기술기준 : 수·변전실 침수방지규정 없음 · 내선규정 : 수전실 설치장소는 물의 침입우려를 배제할 수 있는 조치강구한 장소일 것 · 건축법, 건축법 시행령 및 관련법 · 지방 건축조례(경상남도, 경기도)	내선 규정 705-4
미국	· NEC : 침수방지 규정 없으며, 수·변전실 환기 및 배수에 관해 규정	NEC
영국	· 전기설비 운전장소는 습기를 최소화하고, 침수로부터 보호될 수 있도록 시설	IEC 61936-1
호주	· IEC 61936-1의 내용 적용	IEC 61936-1

표 7. 각국의 침수지역 전기설비 설치높이에 관한 규정
Table 7. Elevation of Power Utilities Installed in FFA

	침수지역에서 전기설비 설치 높이에 관한 규정	기관
한국	· 전기설비는 침수위 이상 시설 또는 침수위가 결정되지 않은 지역은 3[m] 이상으로 시설	경남 조례
미국	· 침수가능지역에서는 차단기, 배전반, 변압기, 지중케이블 등의 중요전기설비를 설치할 경우, 침수예방대책으로 예측침수수위 이상 또는 그 값으로 시설 만약 전기설비 중 규정에서 정한 최대수위를 초과하지 못하는 경우는 건물 내 더 높은 층으로 재설치.	NFIP
영국	· 전기측정기와 수용가 설비가 주거건물 내 낮은 위치에 설치된 경우, 지역전기공급회사의 승인에 의해 침수위험지역에서 예상된 침수위 이상으로 설치	PF
호주	· 메인 전기인입, 변전실, 측정설비는 침수예측수위에 1[m] 이상으로 설치	Camden 주정부

표 6과 7에서 알 수 있는 바와 같이, 각국의 관련법에서는 일반적인 사항만을 마련하고 구체적인 설치높이 등에 대해서는 각 주정부 및 해당기관에서 규제하고 있다. 침수지역에서의 수·변전설비 및 메인 전기설비 최소 설치높이나 침수방지대책에 대해서는 해당 주정부 및 지방정부에서 규정을 두어 시행하고 있다.

4. 지하구내 수·변전설비 안전실태

4.1. 현장실태 조사범위

현장실태 조사지역으로, 행자부에서 지정한 상습침수 지역의 도심 저지대 67개소, 해안 저지대 45개소 지하, 건물 옥상, 옥외 지상 수·변전설비 및 H형 변대 23개소를 조사하였다. 그림 4에 현장실태 조사지역을 구분하여 나타내었다.

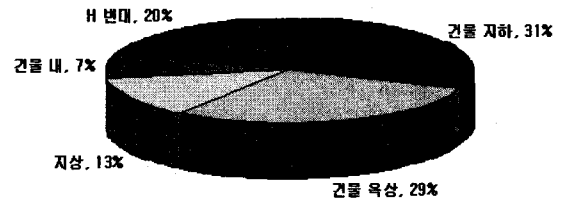


그림 4. 지하 수·변전설비의 건물용도
Fig. 4. Use of Buildings where Underground Power Utilities are Installed

4.2. 현장실태 조사내용

지하에 위치한 수·변전실은 공장용도를 제외한 상가, 아파트, 관공서에서 비슷한 비율로 설치되어 있었으며, 옥상 및 옥외 지상의 경우 아파트 이외 용도의 건물에서는 거의 비슷한 비율로 사용되고 있었다. 조사 결과, 아파트 경우에는 옥상이나 구내에 설치하기 곤란하였으며, 공장은 지하공간보다는 지상이나 H형 변대를 이용하여 수전하고 있었다. H형 변대의 경우, 총 23개소 중 14개소(60.8%)가 공장에서, 나머지가 공공시설(관공서, 유원시설, 배수펌프장 등)에서 사용되고 있었다.

4.3. 결과분석

지하 수·변전실 침수방지시설에 대한 조사결과를 분석하였다. 지하실 출입구, 건물 옥상 및 옥외 지상에 단독 구획으로 설치된 수·변전실 출입구에 물침입 방지를 위한 최소시설이 되어 있는지를 조사한 결과, 방지턱은 총 50개소 중 30개소(60%)에서 15~30[cm] 정도 높이로 설치되어 있었으며, 나머지는 바닥면과 동일높이에 설치되어 있었다.

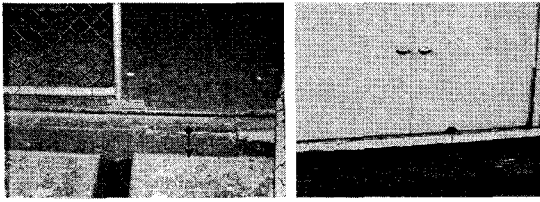


그림 5. 지하 및 옥상 수변전실 입구 침수방지턱
Fig. 5. Underground and Roof Doorsills for Waterproof Purpose

영국의 경우에는 침수대비용으로 일반건물에도 지하실 침수방지용 방벽이나 차단막을 시설하도록 하고 있다. 상습침수지역에서의 지하 수·변전실 침수대비용에 대한 조사 결과, 이들 시설이 마련되어 있는 개소는 전체 50개소 중 9개소(18%)에 불과하였으며, 침수로 인해 옥외 지상 및 건물 옥상 등으로 이설한 경우도 찾아볼 수 있었다. 또한, 침수 전에 내부에서 자동으로 차수철문을 동작시키는 경우나 고급아파트 지하 4층에 수·변전실을 설치하고 지하 일부공간에 집수설비를 설치하여 침수시 이를 감지·배수펌프를 자동으로 작동시키는 등의 침수방지책을 마련한 경우도 있었다. 그러나, 적당한 침수대비용이 마련되어 있지 않은 경우가 대부분이었다.

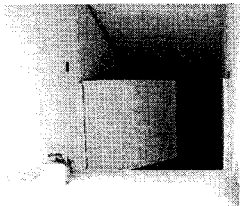


그림 6. 침수방지문
Fig. 6. Water Door

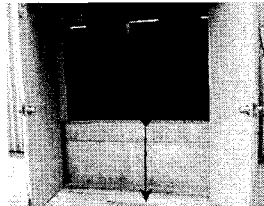


그림 7. 침수방지벽
Fig. 7. Water Wall

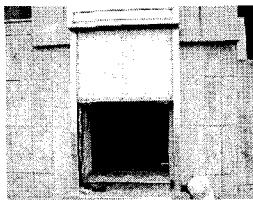


그림 8. 자동 침수방지문
Fig. 8. Automatic Door

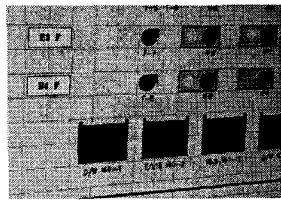


그림 9. 배수펌프 자동화시설
Fig. 9. Automatic Pump System

또한, 지하 배수설비는 전기실과 기계실이 공존하는 경우, 기계실에 배수펌프와 배수로가 연결된 경우도 전기실에 배수설비가 설치되어 있었다. 또한 건물 옥상 및 옥외 지상의 경우에도 수·변전실 지하에 최소한의 배수로도 되어있지 않은 경우가 총 50개소 중 18개소(37%)로 비교적 많았으며, 옥상의 수·변전실 배수설비도 배수가 원활하지 못한 경우가 있었다.

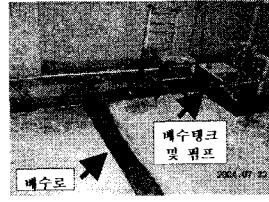


그림 10. 지하 배수시설
Fig. 10. Underground Drainage

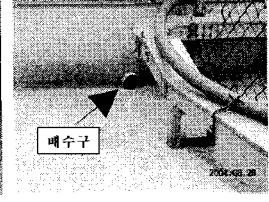


그림 11. 옥상 배수시설
Fig. 11. Roof Drainage

또한, 조사대상 50개소 중 10개소(20%)는 침수이력이 지니고 있었으며, 이에 따른 피해도 컸던 것으로 조사되었다. 특히, 한번 침수되었던 장소가 반복해서 피해를 입는 경우가 많음을 알 수 있었다. 또한, 건물 옥상 및 옥외 지상 수·변전설비 중에는 침수 이후 이설한 곳도 총 62개소 중 9개소(15%)인 것으로 조사되었다. 그림 12은 지하구내 전체가 침수되어 입구 주변에 흔적이 남아 있는 경우이며, 그림 13, 15는 지하 수·변전설비 및 지상 수·변전설비의 과거 침수높이를 나타내고 있다.



그림 12. 침수흔적
Fig. 12. Submergence Trace



그림 13. 지하실 침수위
Fig. 13. Basement Submergence

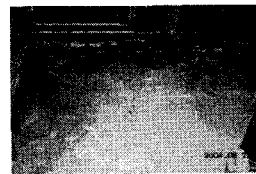


그림 14. 지하실 침수흔적
Fig. 14. Submergence Trace

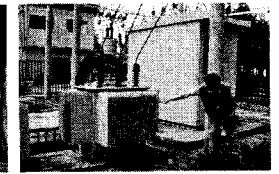


그림 15. 지상설비 침수위
Fig. 15. Pad Tr. Submergence

5. 결론

수·변전설비 침수시 정전 및 감전 등에 의한 1차피해도 크지만, 이로 인한 2차재해의 파급효과도 무시할 수 없다. 본 논문에서는 지하구내에 설치된 수·변전설비에 대한 다각적인 검토 및 현장을 실사함으로써 안전상태를 분석하였으나, 앞으로 다양한 방법에 의한 침수·안전대책과 관련법규의 마련에 대한 연구도 병행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 배석명 외, “수·변전설비의 안전상태 조사 및 대책 연구”, 전기안전연구원, pp.9-11, 2004. 12.
- [2] 정종욱 외, “지하구내 전기설비의 침수에 의한 2차재해에 대한 안전성 연구(중간보고서)”, 전기안전연구원, 2005. 10.