

# 구조체접지극 활용을 위한 모형블록의 저항률 분석

(Resistivity Analysis of Model Block for Using of Structure Grounding Electrode)

김성삼\* · 정만길 · 최종규 · 고희석

(Sung-Sam Kim · Man-Gil Jeong · Jong-Kyu Choi · Hee-Seog Koh)

## 요 약

건축물의 기초를 구조체접지 및 대용접지극으로 활용하기 위한 기초실험으로 모형블록의 저항률 특성에 관해 검토하였다. 콘크리트와 몰탈의 모형블록을 제작 후 상온과 함수 상태에서 저항률을 측정하였으며, 저항률을 저감시키기 위해 접지저항 저감제를 혼합한 블록을 제작 하여 비교 하였다. 블록의 저항 값은 블록 저항률에 의해 가장 많은 영향을 받으며, 블록 저항률이 동일하거나 유사한 값일 때 대지저항률 값의 차이만큼 접지저항 값의 차이가 발생하였다.

## Abstract

This study analyzed the resistivity characteristic of model block to make the good use of structure grounding and substitution grounding electrode base of building. After making the model block of mortar and concrete block, it measured resistivity in hydrous condition and dry condition and compared with the blocks that is mixed earth resistance lowering agent to decrease resistivity.

The resistance value of block accepted much influence by block resistivity. When the block resistivity was same or similar value, the value of soil resistivity has occurred as different as the value of grounding resistance.

Key Words : Concrete, Structure Grounding Electrode, Substitution Grounding Electrode, Resistivity, Test block

## 1. 서 론

최근 건축물 시스템은 고층화, 대형화, 인텔리전트화를 통한 전력을 공급하는 전원설비, 변전·배전설비 및 정보통신 설비 그리고 보안 및 방범설비, 빌딩

관리 시스템, 통합관리 시스템 등 다양한 설비가 혼재 되어 설치 운영되고 있어 안전성과 신뢰성이 바탕이 되는 시스템을 구축하여야 한다[1].

철근콘크리트조등의 건축물의 구조체는 구조적으로 일체화되어, 그 전기저항도 낮다. 그들의 기초(지하부분)는 큰 표면적에서 자연히 대지와 접촉하고 있고, 건축 구조체 그 자체를 접지극으로 채용하는, 소위 「구조체접지」라는 사고방식은, 우리나라에서는 전기설비 기술기준 및 한국산업규격, 한국 산업

\* 주저자 : 경남대학교 전기공학과  
Tel : 055-249-2628, Fax : 055-249-2839

E-mail : dandissam@naver.com

접수일자 : 2006년 9월 19일

1차심사 : 2006년 9월 26일, 2차심사 : 2006년 11월 9일

심사완료 : 2006년 12월 20일

안전보건법에 정의되어 있고, 각 방면에 실용화되어 있다[2-4]. 접지전극으로 봉상, 판상 등 금속체를 대지에 매설하는 이른바 인공 접지극과 대지와 접촉하고 있는 도전성 물체를 접지극으로 이용하는 자연접지극 또는 구조체 접지극의 두 가지 방식이 있다[5]. 그러므로 인공 접지극과 달리 정형화 되어 있지 않은 접지체를 접지극으로 대용한 경우를 대용 접지극이라 한다. 본 논문에서는 건축물 기초 콘크리트를 가정하여 제작한 모형블록의 저항률 측정과 분석을 통하여 대용접지극 이용에 관한 기초 자료로 활용하고자 한다. 따라서 콘크리트 블록 모델과 몰탈 블록 모델을 제작, 저항률 측정 결과를 통해 두 블록의 특성에 관해서 검토 하였다. 그리고 저항률 감소 효과를 얻기 위해 자갈을 넣지 않고, 접지저항제를 넣은 저항제 블록 모델을 제작하여, 건조 상태와 함수 상태에 따른 블록의 저항률을 비교 분석하였다.

## 2. 콘크리트와 몰탈의 저항률

### 2.1 실험방법

콘크리트(시멘트, 모래, 자갈, 물, 비율=2 : 4 : 6 : 1)와 몰탈(시멘트, 모래, 물, 비율=2 : 4 : 1)의 저항률 특성을 알기 위해 그림 1에 나타난 장치로 실험을 하였다.

목재 상자의 양단에 스테인리스 제 전극 판(0.1×0.1[m])을 두고, 콘크리트와 몰탈의 모형블록을 제작 후 전원(50[V])을 인가하여, 회로전류와 스테인리스 제 전극 판 양단의 전압에서 저항(R)을 측정했다. 그리고 다음 식에 의해 저항률( $\rho$ )을 구했다.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

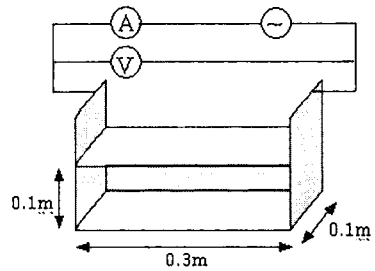
여기에서,

$L$  : 블록의 가로길이[m]

$A$  : 전극 판의 면적[m<sup>2</sup>]

또한 그림 2와 같이 모형콘크리트블록을 이용하여 대지에서 실증 실험을 병행하였다. 동일한 치수의 모형블록 중앙에 리드선을 접속한 철근을 넣어, 충

분히 건조시켜서 대지에 매설하였다. 그리고 대지의와의 접촉을 위하여 매설 1개월 경과한 후, 간이형 접지저항계를 이용하여 블록저항률, 대지저항률, 그리고 접지저항을 관측하였다. 모형블록의 치수는 폭 0.3[m], 길이 0.15[m], 높이 0.2[m]이며, 블록에 넣은 도체는 이형철근(반경 6.5[mm], 길이 200[mm])을 사용했다.



(a) 시험회로



(b) 모형 블록 외형

그림 1. 모형 블록  
Fig. 1. Model block

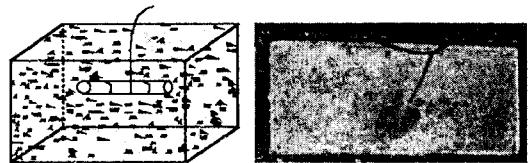


그림 2. 모형콘크리트블록  
Fig. 2. Model concrete block

### 2.2 측정결과와 고찰

콘크리트 및 몰탈의 모형블록을 제작 후 약 30여 일간, 정기 적으로 저항을 측정하고 (1)식에 의해 저항률을 산출했다. 그 결과를 그림 3에 나타낸다.

예상한대로 몰탈의 저항률은 콘크리트에 비해 약 40%정도 낮게 나타났다. 이것은 몰탈에는 절연물

구조체접지극 발을 위한 모영블록의 저항률 분석

인 자갈이 포함되어 있지 않기 때문이라고 생각된다. 또 시간이 경과할수록 콘크리트나 몰탈의 저항률이 증가하고 있다. 이것은 시간의 경과에 따라 콘크리트도 몰탈도 그 중에 포함된 증발성의 물이 감소해, 시멘트와 물의 수화 반응이 없어졌기 때문에 저항률이 증가한 것으로 사료된다.

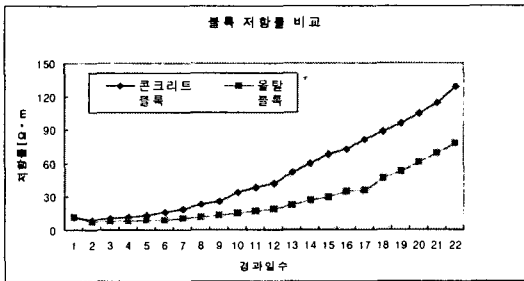


그림 3. 콘크리트와 몰탈의 저항률  
Fig. 3. The resistivity of concrete and mortar

실험에서 30여 일간 경과한 콘크리트 시험체의 수분이 포함된 정도는 분명하지 않지만 충분히 건조된, 함수율 0[%]의 상태로 간주하여 이하의 실험을 했다. 여기에서 함수율  $\alpha$ 는 다음 식으로 정의한다[3].

$$\alpha = \frac{W_a - W_0}{W_0} \times 100 \quad (2)$$

여기에서,

$W_a$  : 수분을 포함한 상태에서의 중량[kg]

$W_0$  : 대기 중에 있어서의 건조시의 중량[kg]

콘크리트조의 물체가 지중에 존재하는 경우는 수분에 의해 함수 상태에 있고, 도전체로 간주할 수 있다고 말해지고 있다. 이것을 확인하기 위해 이하에 나타낸 실험을 했다.

약 30여일 건조시킨 콘크리트 시험체의 중량(6.5[kg])을 측정하고, 그것에 수분을 증가시키기 위해 스프레이로 정량(100[ml])의 수돗물(저항률 : 35 [Ω·m])을 뿌려서 저항을 측정했다. 이러한 동작을 되풀이 해, 함수율을 증가시켰다.

함수율이 3[%] 이상의 경우는 비이커로 물을 균일하게 스며들게 해서 중량을 측정하고, 그 후 저항을

측정했다. 그림 4에 나타낸 바와 같이, 콘크리트의 저항률은 함수율의 증가와 함께 급격히 감소하지만, 약 6[%]를 초과하면 거의 안정된 결과를 나타내었다.

대지에 대한 실증 실험은 (3)식에 의한 측정값에 대한 검증 결과 블록 저항률의 변화에 따른 접지저항과 대지저항율의 변화는 크지만, 대지저항율의 변화에 따른 접지저항과 블록저항율의 변화는 미비하며 비례적으로 변화하였다.

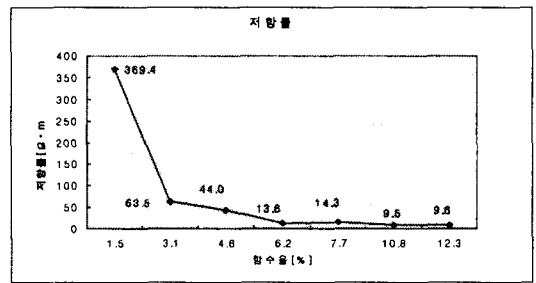


그림 4. 콘크리트의 함수율의 증분에 의한 저항률  
Fig. 4. The resistivity by increment of the percentage of water content of concrete

표 1. 측정값 비교결과

Table 1. Comparative result of measurement data

항 목	측정값 비교			
	블록 1		블록 2	
블록저항률[Ω·m]	73	72	26	26
대지저항률[Ω·m]	229	129	217	186
접지저항[Ω]	500	400	331	300

더구나 표 1과 같이 실제 측정값에서도 증명되었으며 블록 저항률이 동일하거나 유사한 값일 때 대지저항률 값의 차이만큼 접지저항 값이 차이가 발생하였다. 이것은 블록의 저항 값은 결국 블록 저항률에 의해 가장 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

따라서 대지의 온도, 함수 조건, 대지와 블록의 융합시간 등 여러 변수에 의해 대지저항률이 크게 변해야 블록의 저항률이 변한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 함수율을 고려하여 안정된 저항 값을 유지하도록 설계하는 방안도 건축물 기초를 활용한 구조체 접지, 대용접지극으로서의 효율적인 시공법이라 사

료된다.

반구상 전극의 접지저항 계산식 (3)식에 있어  $r_1$ 은 철근의 등가반경,  $r_2$ 는 블록의 등가반경,  $\rho_0$ 는 블록저항률,  $\rho_1$ 은 대지저항률이다.

$$R = \frac{\rho_0 r_2 + (\rho_1 - \rho_0) r_1}{2\pi r_1 r_2} \quad (3)$$

### 3. 저감제 블록의 저항률 특성

#### 3.1 실험장치 및 방법

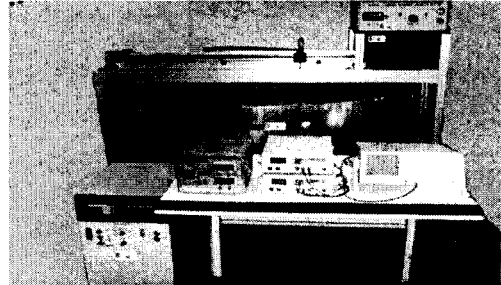
전술한 콘크리트 재료의 전기적 특성과 저항률 실험에서 자갈 주입 여부에 따라 콘크리트와 몰탈의 저항률 차이를 알 수 있었다. 따라서 대용접지극을 가정하여 저항률을 저감시키기 위한 방안을 모색한 결과 저항률 상승의 주요인자인 자갈을 넣지 않은 블록의, 건조 상태와 함수상태에 따른 저항률의 변화양상과 저감효과를 비교하기 위해 시멘트와 모래와 접지저감제를 혼합한 모형저감제블록(몰탈 : 접지저감제 = 5 : 5)을 제작하였다.

그리고 모형저감제블록의 저항률 변화를 측정하기 위한 실험을 하였다.

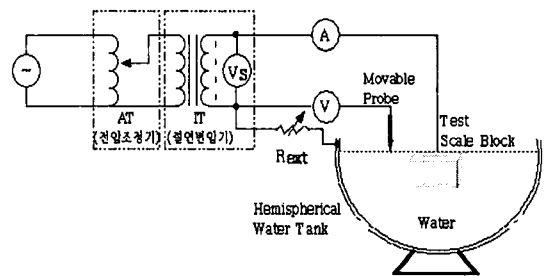
실험조건은 상온에서 측정하는 건조 상태와 함수 상태 조건으로 구분할 수 있다. 두 실험 조건의 장치 차이는 수조 내 측정을 위한 반구수조의 사용 유무에 의해 구별된다. 저항률 측정을 위한 실험 장치의 개요는 그림 5와 같다. 접지의 모형실험법은 그림 5와 같이 수조 속에 접지전극의 축척모형을 배치하여 측정하는 방법으로, 장치구성은 단상 220[V], 60[Hz] 교류 전원공급 장치, 측정점의 위치와 수표면의 전위상승을 측정하는 이동형 전위계측 장치, 모형블록, 반구형 수조 등으로 구성하였다.

임의의 축척으로 축소시킨 모형저감제블록을 수조의 수면아래 중심부에 장착하고 블록과 수조의 외함 사이에 전류를 인가시켜 그에 따른 수표면의 전위상승을 프로브를 통해 측정하였다. 전위상승을 측정하기 위한 프로브는 이동형 전위 계측장치에 장착되어 있으며 물의 표면 혹은 내부의 전위를 측정하기 위한 것이고 컨베이어를 통해 수조의 직경을 따라 이동되며, 전위 계측장치에서 프로브의 이동위치

가 표시된다. 그림 5에서 가변저항은 무한점에 대한 반구까지의 저항을 의미하는 것으로 반구의 크기와 대지저항률에 의존하는 값으로 6[Ω]으로 상정하였고, 토양의 특성을 모의하기 위해 저항률 27.9[Ω · m]의 수돗물을 사용하였다.



(a) 실험장치 외형



(b) 실험 장치도

그림 5. 수조 실험 장치도  
Fig. 5. Arrangement of water tank experiment device

인가전압을 지시하는 전압계(Vs)는 모형블록과 무한점간의 전압이 얼마인지를 모의하기 위한 것이며 전압계(V)는 프로브와 무한원점간의 대지전위를 나타낸다. 또한 전류계(A)는 블록과 수조사이에 흐르는 전류를 측정하며, 전압계와 전류계 지시 값의 비로서 접지저항을 구하고, 인가전압과 수표면 전위상승은 각각 오실로스코프를 통해 검출하였다[6-7].

블록에 전원을 인가하기 위한 전극으로 블록 중앙 하단 0.06[m] 깊이에 동판이 연결된 리드 선을 상부에 인출하였다. 블록 내 동판의 치수는 가로, 세로 80[mm]의 전극을 사용하였다.

건조 상태인 상온에서의 블록 저항률 측정은 리드 선에 전원을 인가하고 리턴전극으로 블록의 측면에

구조접촉기극 활성을 위한 모형블록의 저항률 분석

전극을 설치하여 저항을 측정 후 저항률을 산출하였다. 함수 상태에서의 저항률 측정은 (2)식의 함수율 산출 공식에 의해 함수율을 증가시켜 저항률을 산출하였다. 건조 상태, 함수 상태의 저항률과 변화 추이를 관측하기 위해 최종적으로 수조 내 블록을 배치 후 리드 선에 전원을 공급하고 전위측정용 프로브와 전류계로 전위와 전류 측정 후 저항 및 저항률을 산출하였다. 인가전압은 측정결과의 변화양상을 관측하기 위해 전압조정기를 이용하여 블록 상부 리드 선에 10~50[V]의 전압을 인가하였다. 모형저감제블록 크기는 2.1의 모형콘크리트블록과 동일한 치수로 제작 하였으며, 충분히 건조시킨 후 실험에 사용하였다. 상온에서의 중량은 12.2[kg]이며, 모형블록을 그림 6에 나타낸다.

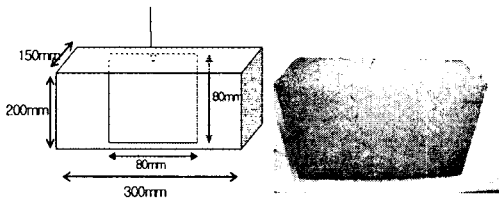


그림 6. 모형저감제블록  
Fig. 6 Model lowering agent block

3.2 결과 및 고찰

3.2.1 상온에서의 저항률

블록 제작 약 5개월의 전, 후 간격을 두고 상온에서의 블록 저항률 측정결과 동일 블록의 저항률 변화가 상당한 차이를 나타냈다. 전술한 시멘트와 물의 수화 반응에 의해 5개월 간격의 블록에서도 약 6배의 저항률 차이가 발생하였다. 하지만 수조 내 유사한 시간 조건에서의 블록 저항률은 거의 동일한 값을 나타냈다. 이것은 상온과 달리 블록의 함수율이 유사해지면, 블록의 성질이 비슷한 조건에 의한 결과라고 판단된다.

블록모델의 각 인가전압별 상온과 수조 내 저항률 결과를 표 2에, 블록의 상온에서의 저항률 추이를 그림 7에 나타내었다. 블록의 상온과 수조에서의 저항률 차이는 10~50[V] 각 인가전압마다 균일하게 약 10배가량 차이가 발생하였다.

표 2. 블록모델 측정결과

Table 2. The measurement result of block model

인가 전압[V]	측정전류[mA]		저항률[Ω · m]	
	블록(상온)	수조 내	블록(상온)	수조 내
10	0.98	9.6	22,922	2,364
20	1.99	19.3	21,837	2,266
30	3.12	29.8	20,752	2,157
40	4.34	42.8	19,810	2,019
50	5.73	57.2	18,764	1,865

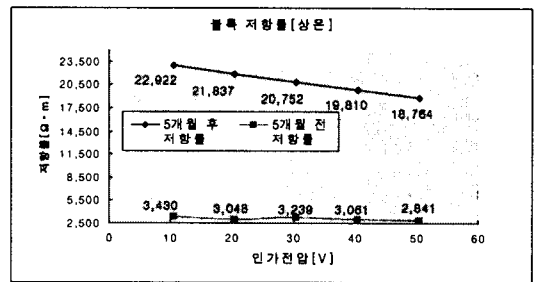


그림 7. 블록 저항률(상온)  
Fig. 7. The resistivity of block(normal temperature)

3.2.2 함수 및 수조에서의 저항률

전술한 2.2의 함수율 산출 방법과 동일하게 함수 상태 및 수조에서의 저항률을 측정하였다. 블록의 완전건조로 인해 함수율을 증가시키기가 어려워 수조 내 침수시켜 물이 스며들게 하여 일정시간 경과 후 중량과 저항을 측정했다.

표 3과 그림 8에 나타낸 바와 같이 함수율이 약 4[%]에서 수조 내 저항률과 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 블록의 함수율을 증가시키기 위해 수조

표 3. 함수율 증가에 의한 저항률

Table 3. The resistivity by increasing of the percentage of water content

블록의 중량[kg]	함수율[%]	저항률[Ω · m]
12.3	0.820	3,107
12.4	1.639	2,546
12.5	2.459	2,339
12.6	3.279	2,221
12.7	4.098	1,986
수조 내		1,865

내 약 48시간가량 담근 후 측정된 함수율과 저항률은 각각 10.7(%)와 288.3( $\Omega \cdot m$ )을 나타내었다.

따라서 블록의 함수 조건과 시간에 따라 함수율과 저항률이 급격하게 변화하였다.

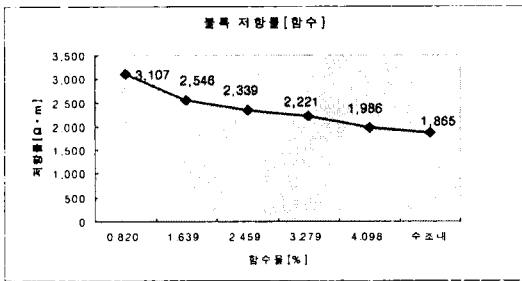


그림 8. 블록 저항률(함수)  
Fig. 8. The resistivity of block(hydrous)

#### 4. 결 론

본 논문에서는 건축물기초를 구조체접지 및 대응 접지극으로 활용하기 위해, 콘크리트와 몰탈의 저항률에 관해서 실험을 하였다. 또한 콘크리트 및 몰탈 모델과 저항률 저감효과를 비교하기 위해, 저감제 모델을 제작 후 건조 상태와 함수 상태의 저항률에 관해서 실험을 하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

몰탈과 콘크리트 블록의 완전건조로 인해 함수율 증가 작업이 난이 하였으나 함수율이 증가할수록 저항률이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 대지에 대한 실험결과 블록의 저항 값은 블록 저항률에 의해 가장 많은 영향을 받으며, 블록 저항률이 동일하거나 유사한 값일 때 대지저항률 값의 차이만큼 접지저항 값의 차이가 발생하였다.

5개월 간격의 동일 저감제 블록에서 상온의 저항률 변화가 시간에 따른 수화반응에 의해 약 6배 넘는 상당한 차이를 나타냈다. 하지만 수조 내 유사한 시간 조건에서의 블록 저항률은 거의 동일한 값을 나타냈으며, 이것은 상온과 달리 블록의 함수율이 유사해지면 블록의 성질이 비슷한 조건에 의한 결과라고 판단된다. 또한 저감제 블록은 함수율이 약 4(%)일 때 완전 침수인 수조 내와 유사한 저항률을 나타내지만, 블록의 함수 조건과 시간에 따라 함수율과 저항률이 급격하게 변화하였다.

본 연구는 2006년도 경남대학교 학술논문게재연구비 지원으로 이루어졌음.

#### References

- (1) 최홍규, 송영주, "접지도체 굵기 선정에 관한 수식제어 모델링" 조명·전기설비학회논문지 제20권 제4호, pp.107-116, 2006.
- (2) 김성삼, 김주찬, 이충식, 고희석, "건축물기초접지극의 비교분석에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 pp. 271-273, 2005.
- (3) 右田理平, 高橋健彦, "戸建住宅基礎の代用接地極に関する基礎的検討", 電気設備學會誌, Vol 24 NO.4, pp.296-301, 2004.
- (4) 中村秀親, 高橋健彦, "鐵筋コンクリート代用接地極導電性", 第17回 電気設備學會全國大會, E-12, pp.147-148, 1999.
- (5) 최홍규, 최병숙, 송영주 "접지설비 및 설계" 성인당. pp. 104-107, 2005.
- (6) 최종규, 고희석, 이충식, 김주찬, "수조모델 실험에 의한 접지저항 추정", 한국조명·전기설비학회논문지 pp. 41-48, 2003.
- (7) 길형준, 김동우, 최충식, 이복희 "수조모델을 이용한 구조체의 전위상승에 대한 측정값과 계산값의 비교", 한국 조명·전기설비학회 논문지, Vol. 20, No. 5, pp72~77. 2006.

#### ◇ 저자소개 ◇

##### 김성삼 (金聖三)

1973년 5월 3일생. 2001년 경남대학교 전기공학과 졸업. 2003년 동 대학원 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사학위 과정.

##### 정만길 (鄭萬吉)

1964년 3월 31일생. 2000년 경남대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 현재 동 대학원 박사학위 과정.

##### 최종규 (崔鍾圭)

1964년 3월 1일생. 1987년 경남대학교 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 졸업(석사). 2003년 동 대학원 졸업(박사). 현재 마산대학 컴퓨터전기공학부 부교수.

##### 고희석 (高羲石)

1942년 8월 21일생. 1966년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1985년 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1999년 대한전기학회 부회장. 2005년 한국조명·전기설비학회 부회장. 현재 경남대학교 전기공학과 교수.