



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩 士 學 位 論 文

고저항률 지역에서의 효율적인
접지설계에 관한 연구



濟州大學校 大學院

電氣電子工學科

安 栽 賢

2006年 12月

고저항률 지역에서의 효율적인
접지설계에 관한 연구

指導教授 金 世 鎬

安 栽 賢

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2006年 12月

安栽賢의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2006年 12月

A Study On The Effective Grounding Design In The High Resistivity Areas

Jae-Hyun Ahn

(Supervised by professor Se-Ho Kim)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF
ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC
ENGINEERING GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2006年 12月

목 차

LIST OF FIGURES	i
LIST OF TABLES	ii
SUMMARY	iii
I. 서 론	1
II. 본 론	2
2.1 대지저항률	2
2.2 $\rho-a$ 곡선에 따른 대지모델	5
2.3 Wenner 4-전극법	8
III. 접지시스템 시뮬레이션	10
3.1 대지저항률 측정	10
3.2 설계분석 및 활용방안	14
IV. 결 론	24
참 고 문 헌	25

LIST OF FIGURES

Fig. 1	$\rho-a$ Curve (Model A)	6
Fig. 2	$\rho-a$ Curve (Model B)	7
Fig. 3	$\rho-a$ Curve (Model C)	7
Fig. 4	$\rho-a$ Curve (Model D)	7
Fig. 5	Wenner's 4-electrode method	9
Fig. 6	The structure of the coring grounding rod	15
Fig. 7	The structure of coring grounding system	15
Fig. 8	The soil model analysis	16
Fig. 9	The grounding system design	16
Fig. 10	$\rho-a$ Curve at Hanhwal	17
Fig. 11	$\rho-a$ Curve at Chungsusun	17
Fig. 12	$\rho-a$ Curve at Mookjangsun	17
Fig. 13	$\rho-a$ Curve at Sakye-Wasan	17
Fig. 14	$\rho-a$ Curve at Hanhwa2	17
Fig. 15	$\rho-a$ Curve at Namwon	17

LIST OF TABLES

Table 1	Classes of ground according to resistivities	2
Table 2	Classes of soils and resistivities	3
Table 3	Geological structures and resistivities in the Jeju areas	4
Table 4	The measured instructors and method of resistivities	10
Table 5	The measured resistivity data at Hanhwa1	11
Table 6	The measured resistivity data at Chungsusun	11
Table 7	The measured resistivity data at Mookjangsun	12
Table 8	The measured resistivity data at Sakye-wasan	12
Table 9	The measured resistivity data at Hanhwa2	13
Table 10	The measured resistivity data at Namwon	13
Table 11	Data for grounding design	14
Table 12	Soil model according to the measured areas	16
Table 13	Comparisons of the grounding resistance at Hanhwa1	19
Table 14	Comparisons of the grounding resistance at Chungsusun	19
Table 15	Comparisons of the grounding resistance at Mookjangsun	20
Table 16	Comparisons of the grounding resistance at Sakye-wasan	21
Table 17	Comparisons of the grounding resistance at Hanhwa2	22
Table 18	Comparisons of the grounding resistance: Namwon	23

SUMMARY

The ground is composed of various soils and the resistivity of the soil depends on many parameters. It depends on the type of soil and varies with distance as well as with depth. Especially soil resistivity of volcanic area is very high and it is difficult to acquire necessary grounding resistivity. Wenner 4-electrode method used most widely by the method to measure soil resistivity and the measured data with the Wenner method are apparent resistivities of the soil. Therefore, the soil model($\rho-a$ curve) can be analyzed easily from the measured apparent resistivity.

This paper introduces a method that can be used to decide the suitable grounding design effectively according to the 4-type soil models. This investigation is conducted on a simulated grounding design using CEDGS.

I. 서론

최근 산업발전과 전력기기의 발달로 접지의 중요성이 강조되고 있고, 접지설비는 전력시설물의 각종 사고나 절연 불량, 자연적 열화, 또는 전원회로나 전자장치에 뇌서지 및 개폐서지 등과 같은 과도 이상전압의 침입으로부터 취급자를 보호하고, 설비기기의 절연과괴를 방지할 뿐만 아니라, 정보설비, 통신설비의 잡음 제거로 정보통신의 양질화를 이루는 중요한 역할을 하게 된다.

사암 및 암반지대나 고저항률 지역은 대지 저항률이 $1,000[\Omega\text{-m}]$ 이상으로서 산악지대나 화산암으로 구성되어 있는 제주 및 도서지방이 이에 해당되며 제주지역 지질구조를 보면 주로 암이나 사력층(일명 송이)으로 구성되어 있어 대지저항률 자체로만 보아도 접지저항을 얻기가 어려움을 알 수 있다. 이러한 지역에서 기존의 동봉을 이용한 접지 공사로는 동봉수량에 따라 저항이 낮아지다가 한계에 도달하여 더 이상 저항을 낮추는 것이 불가능하게 된다. 따라서 산악지대나 도서지방 등 대지 저항률이 높은 지역에서의 접지공사는 수 십 미터까지 굴착하여 접지극을 매설하는 심타(보어링) 공법이 이용되고 있다. 일반적인 심타공법은 동봉을 1개 또는 2개 이상 직렬로 하여 깊은 곳에 천공하는 방법이지만 이러한 방법으로도 고저항 지대에서는 낮은 저항을 얻기가 어려워 직경 $0.12\text{-}0.15[\text{m}]$ 로 $10\text{-}40[\text{m}]$ 까지 굴착하여 동관과 저감제를 같이 매설하는 방법(이하 코어링 접지)이 사용되고 있다. [1]

본 논문에서는 국내에서 접지저항을 얻기 어려운 대표적인 고저항률 지역인 제주지역을 대상으로 대지저항률을 측정하여, 대지모델별로 접지전문 설계 S/W인 CDEGS를 이용하여 분석하고 분석결과를 코어링 접지공법에 적용시켜 효율적인 접지시스템 설계하고자 하며, 또한 실제 현장에서의 활용방안을 제시하고자 한다.

II. 본 론

2.1 대지저항률

대지는 거대한 도전체로 볼 수 있으나 측정 장소, 측정시간 및 온도, 대지에 포함된 함수량 등 여러 가지 여건에 따라 그 전기적인 특성이 다르게 나타나고 있으며, 같은 지역이라도 토양성분에 따라 특성이 다르다. 일반적인 토양의 전기적인 특성은 대지 저항률에 따라 저저항률 지대, 중저항률 지대, 고저항률 지대로 구분하며 이들의 특징은 Table 1과 같다. [2]

Table 1 Classes of ground according to resistivities

분류	대지저항률[Ω -m]	특징
저저항률지대	$\rho < 100$	항상 토양에 수분이 많이 함유되어있는 하구 또는 해안지역
중저항률지대	$100 \leq \rho < 1000$	지하수를 쉽게 얻을 수 있는 내륙의 평야지대
고저항률지대	$1000 \leq \rho$	배수가 잘되는 구릉지대, 고원, 암반지대

1) 토양과 대지저항률

대지는 저항률에 따라 전기적인 특성이 매우 상이하게 나타나며, 이러한 저항률에 관계하는 요소로는 먼저 토양의 종류를 들 수 있는데, 토양의 성분, 입자크기, 분포도, 균질성과 조밀성 등에 따라 대지 저항률이 다르게 나타나고 있다. Table 2는 이러한 토양의 종류에 따른 저항률을 나타내고 있다.

대지 저항률은 토양 속에 포함되어 있는 수분의 영향에 따라 다르게 나타나는데, 토양 중에 수분이 증가하면 대지 저항률이 저하된다. 따라서 수분의 함유량

이 증가하면 대지 저항률은 급격히 감소하며, 토양의 함수량은 토양 입자의 크기와 다양성, 조밀도에 따라 다르게 나타난다.

저항률은 똑같은 토질이라 할지라도 측정 장소 혹은 토양의 온도에 따라 다르게 나타나며, 온도가 상승하면 대지 저항률은 감소하고 반대로 온도가 내려감에 따라 저항값은 상승한다. 똑같은 점토 저항일지라도 측정일시에 따라 여름과 겨울의 측정값이 다른 것은 이 때문이다. 이 이외에도 토양 속에 포함되어 있는 염분, 산, 알칼리 등 화학물질의 양이나 조성에 따라서도 다르며, 토양 속의 염분의 농도에 따라서도 다르게 나타난다. [2]

Table 2 Classes of soils and resistivities

토양의 종류	대지저항률[Ω-m]
소성점토	50
양토(loam)	20 ~ 100
점토질의 논 또는 늪지	10 ~ 150
부식토(humic soil)	10 ~ 150
점토질의 밭	10 ~ 200
해안지대의 모래땅	50 ~ 100
점토질의 산지	200 ~ 2,000
자갈 옥석이 깔린 해안지대	1,000 ~ 5,000
암반지대의 산지	2,000 ~ 5,000
바위 및 암반지대	$10^4 - 10^7$

2) 제주지역 토양의 특징

제주지역의 토양은 화산암, 현무암 등의 암반지역과 송이(사력)층의 점토를 포함한 흙으로 이루어져 있으며, 송이(사력)층은 제주지역에 약 140억 톤 정도의 많은 양의 매장되어 있는 것으로 추정되고, 다공성으로 수분의 이동이 곤란하고 확산이 늦으며 수분의 완충 능력도 적은 단점이 있어서 전기적인 고유 저항은

매우 크다고 볼 수 있다.

지역별 특징을 보면, 동부지역은 구좌읍, 성산읍 지역으로써 암반과 자갈이 많고, 대지 고유 저항이 높고 변화가 심하며, 대지 저항률이 1,400 ~ 3,000[Ω-m]이 나 낮은 지역은 120[Ω-m]을 나타내는 지역도 있다. 서부지역은 애월읍, 한림읍, 한경면, 대정읍 지역으로써 표고가 낮은 평야부의 대지 저항률은 200 ~ 300[Ω-m]을 나타내며, 암반지역, 중·산간 지역은 1,000 ~ 2,000[Ω-m]의 대지 저항률을 보이고 있고, 평야부와 중·산간 지역 간의 대지 저항의 차가 크다. 남부지역은 서귀포시, 남원읍, 안덕면 지역으로 점토 또는 자갈 섞인 점토가 발달하고, 일부지역은 과수원 및 방풍림 등의 나무가 많은 지역으로서 함수량이 높아 대지 저항률이 비교적 낮다. 서귀포 지역의 일부는 200[Ω]의 다양한 대지 저항 값을 나타내기도 한다. 북부지역은 제주시, 조천읍 지역으로 바다와 접한 좁은 평야, 점토 및 자갈밭이 발달되어 있고, 보편적으로 100 ~ 300[Ω], 자갈밭인 경우 200 ~ 700[Ω]의 대지 저항을 보이며, 전반적으로 대지 고유 저항이 낮으나, 지질이 복잡한 구조이다. Table 3은 제주지역의 대표적인 현장의 지질구조 및 평균 대지 저항률을 조사하여 나타내고 있다. [2]

Table 3 Geological structures and resistivities in the Jeju areas

현장명	위치	깊이에 따른 지질구조	평균 대지저항률 [Ω-m]
4.3평화공원	동부	0-4[m]: 점토, 4-6[m]: 송이, 6-21[m]: 암반, 21-24[m]: 송이, 24-30[m]: 암반	6255.68
돌문화공원	동부	0-3[m]: 표토, 3-9[m]: 암반, 9-11[m]: 송이, 11-28[m]: 암반, 28-30[m]: 송이	6367.41
1100도로 (법정사)	서부	0-1[m]: 표토, 1-3[m]: 암반, 3-21[m]: 송이, 21-23[m]: 암반, 23-27[m]: 송이, 27-32[m]: 점토	3652.33
탐라대학	서부	0-8: 표토·송이, 8-10[m]: 암반, 10-25[m]: 송이·자갈	3824.33

2.2 ρ - a 곡선에 따른 대지모델

접지전극 설계시 가장 중요한 정보는 대지의 전기적 성질이다. Wenner의 4-전극법에서 얻어진 대지저항률 ρ 와 전극간격 a 를 이용하여 ρ - a 곡선을 그릴 수 있으며, 이 곡선의 모양을 참조하여 대지가 어떤 구조인가를 알 수 있다. 그러나 접지설계에서의 접지저항 계산에서는 전기적 성질을 정량적으로 파악해야 하고, 이를 위해서는 ρ - a 곡선을 해석하여 대지 파라미터를 추정할 필요가 있다. 대지를 수평 지층구조로 가정하고, 다층대지를 고려한 대지저항률 이론식에 대지 파라미터를 대입하여 ρ - a 곡선을 작성하는 것과 ρ - a 곡선에서 지층별 대지 파라미터를 추정하는 것은 등가적이다.

Fig. 1~4는 전형적인 ρ - a 곡선과 대지 파라미터를 나타낸 것이다. 현실적으로는 a 가 300[m] 이상인 데이터를 측정하는 것은 어렵다. 수평방향을 이 정도의 거리로 확보하는 것이 어려우며, 전극간격을 크게 하면, 지층의 심부까지 정보를 얻을 수 있다. a 가 100[m]까지인 ρ - a 곡선을 작성하였으며, ρ - a 곡선과 대지파라미터의 관계를 나타내기 위해 4가지 형태로 대지모델을 구분하였다.[3]

1) 모델 A

Fig. 1는 전형적인 3층 구조로 중간층의 ρ_2 가 높은 산 모양으로 되어 있는데, ρ - a 곡선은 1층의 ρ_1 에서 증가하고, 최종적으로는 3층의 ρ_3 값에 수렴한다. ρ_2 는 1000[Ω -m]인데, ρ_3 의 영향으로 최대값은 ρ_2 보다 낮은 300[Ω -m]정도가 된다.

2) 모델 B

Fig. 2는 모델 A와는 다른 3층 구조를 나타내고 있다. 중간층의 ρ_2 가 낮은 골짜기 모양이다. ρ_1 에서 감소하고, ρ_3 에서 다시 증가한다. ρ_2 는 100[Ω -m]인데, ρ_3 의 영향으로 최소값은 ρ_2 보다 높은 250[Ω -m]정도이다.

3) 모델 C

Fig. 3는 4층 구조를 나타내고 있으며 중간층에서 변곡점이 두 군데 있다. 곡

선의 모양이 중간층 ρ 가 높은 지층과 낮은 지층이 있음을 알 수 있다. $\rho_1=1000$ [Ω -m]와 $\rho_4=100$ [Ω -m]는 뚜렷한 데 2층의 ρ_2 는 모델 B와 같이 변곡점의 대저 저항률 ρ 가 250 [Ω -m] 정도이므로 ρ_2 는 100 [Ω -m], ρ_3 는 모델 A와 같이 변곡점의 ρ 가 300 [Ω -m] 정도이므로 $\rho_3=1000$ [Ω -m]로 추정된다.

4) 모델 D

Fig. 4는 4층 구조를 나타내고 있으며 모델 C와 반대되는 모양이다. 이것도 중간층의 변곡점이 두 군데 있다. ρ_1 과 ρ_4 는 예측이 용이하다. 그러나 ρ_2 의 추정은 모델 A와 같이 300 [Ω -m]인데, ρ_3 의 추정이 어렵다.

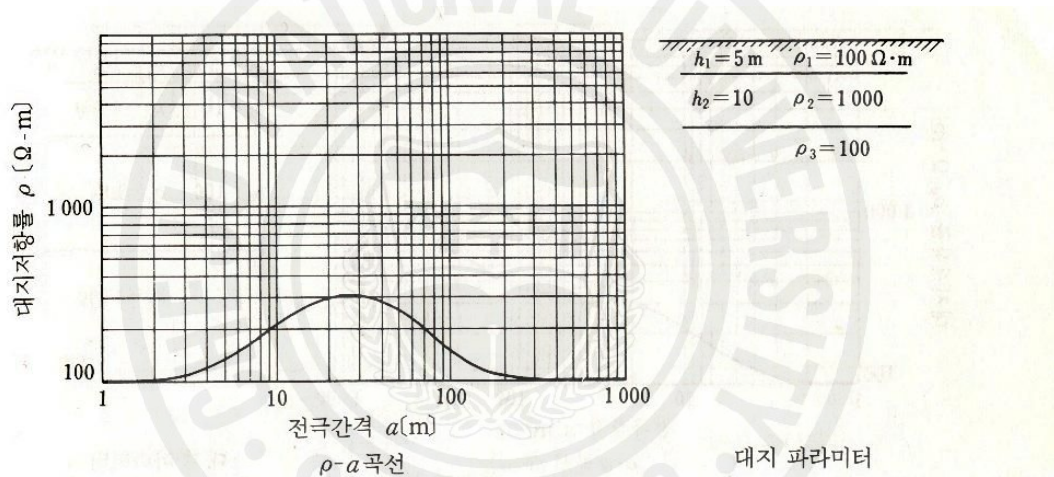


Fig. 1 ρ - a Curve (Model A)

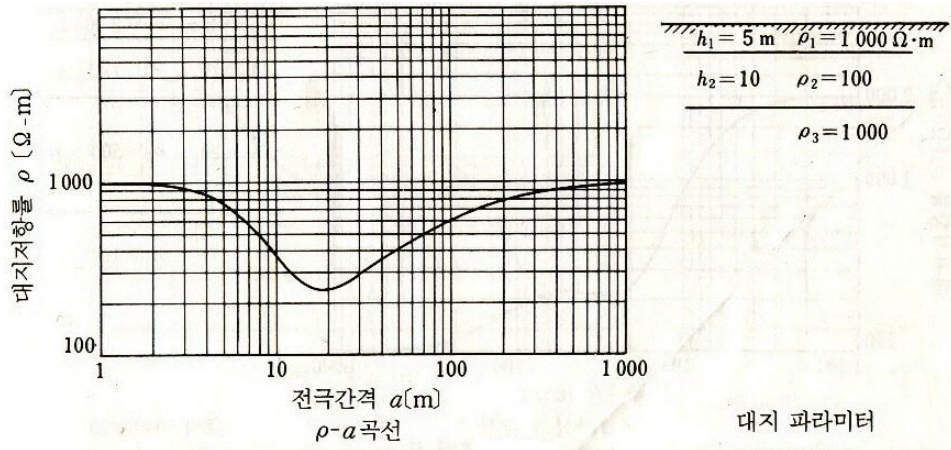


Fig. 2 ρ - a Curve (Model B)

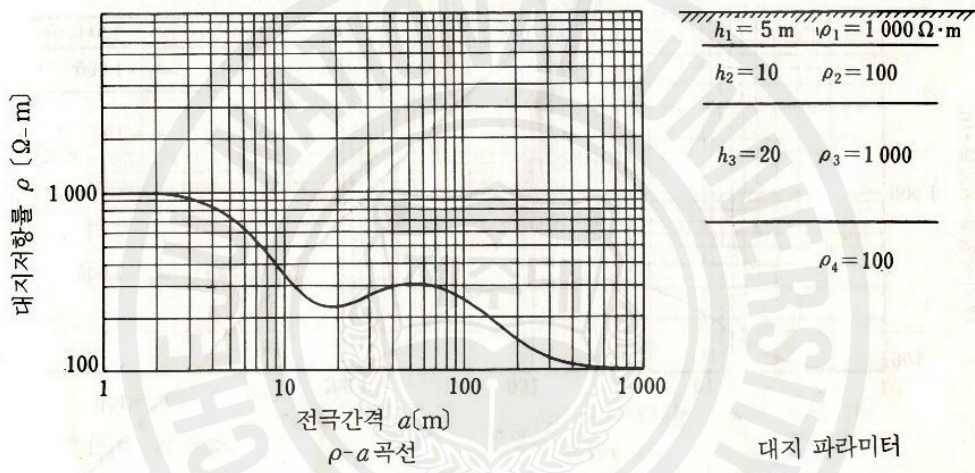


Fig. 3 ρ - a Curve (Model C)

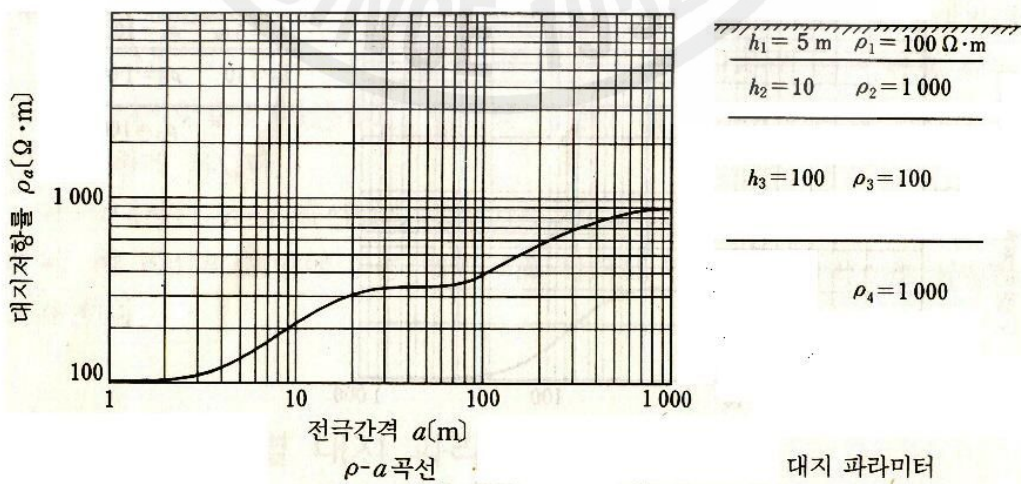


Fig. 4 ρ - a Curve (Model D)

2.3 Wenner 4-전극법

이 측정법은 Frank Wenner가 처음으로 제안한 등각격 4전극법을 변형시킨 기술로 전류 전극과 전위 전극의 4점을 등간격으로 변형시키면서 대지의 겉보기 저항값을 측정하는 방법이다. 그러나 이 방법은 전극 간격이 특히 긴 경우 전위 전극에서 발생하는 전위차가 매우 작다는 측정의 단점을 가지고 있다. 그러나 전력 사용 시설물 설계에 적용할 대지 고유 저항의 조사시는 그리 멀지 않은 전극 간격이 요구되므로 Wenner 4-전극법은 대부분의 경우에 적용되어 왔다. 일반적으로 이 측정에 사용되는 기기가 다양하고 측정결과의 해석 방법이 간단하므로 적당한 대지 고유 저항 측정 방법으로 추천되고 있다.

대지저항률 측정은 4개의 같은 크기를 갖는 금속 탐침을 같은 거리 간격으로 대지에 매설하여 측정한다.

Fig. 5에서 바깥쪽 탐침(C_1, C_2)은 전류 회로이고, 내부쪽 탐침(P_1, P_2)은 전원회이다. [4]

- (1) 외부 2개의 탐침에 직류 전원과 전류계를 연결
- (2) 내부 2개의 탐침에는 전위차 측정을 위한 전압계를 함께 연결

이러한 2개의 전압계 및 전류계로 얻어진 측정값은 $R = E/I[\Omega]$ 로부터 계산된 대지저항을 표시하게 된다.

측정 구성회로에서 탐침 간의 이격거리와 탐침의 깊이 등으로부터 대지저항률의 계산식을 유도하면 종합적으로 계산하면 다음과 같다.

$$\rho = 2\pi a R$$

단, a 는 탐침간 이격거리를 나타내고, 대지저항률의 단위는 $[\Omega\text{-m}]$ 이다.

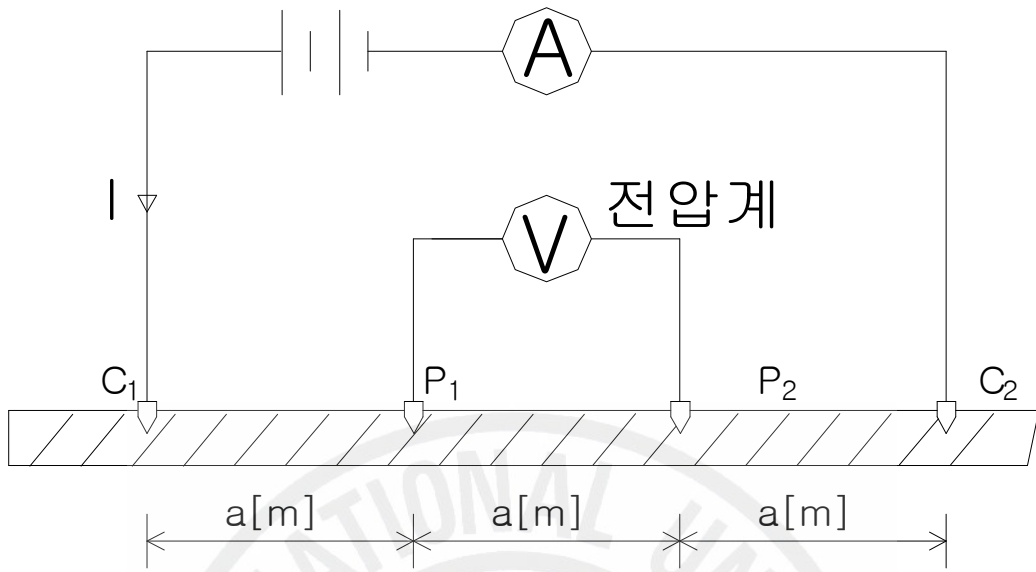


Fig. 5 Wenner's 4-electrode method

Ⅲ. 접지시스템 시뮬레이션

3.1. 대지저항률 측정

2006년 3월~8월까지 대지저항률 DATA를 수집하였으며, 측정 계측기 및 측정방식을 Table 4에 나타내었다.

대지 저항률을 측정하기 위한 전극배열은 일직선상에서 내부에 전위전극(P1,P2), 외부에 전류전극(C1,C2)를 설치하고, C1-P1, P1-P2, P2-C2의 거리를 등간격이 되도록 하였다. 전극의 간격은 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 [m]를 표준으로 하였다. 측정결과는 측정 계기로부터 대지저항[Ω]을 읽어 기록하였고, 대지고유저항 측정값을 Table 5 ~10에 수록하였다.[1]

Table 4 The measured instructors and method of resistivities

측정계측기	YOKOGAWA 3244 ,DET 2/2
측정 방식	WENNER-METHOD(4극 전위법)
해석 S/W	캐나다의 SES사의 CDEGS 프로그램

Table 5 The measured resistivity data at Hanhwal

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	215	675.1
R2	1	0.5	1.5	153.4	963.4
R3	2	1	3	136.7	1717.0
R4	3	1.5	4.5	141.8	2671.5
R5	5	2.5	7.5	94.9	2979.9
R6	7	3.5	10.5	84.3	3705.8
R7	10	5	15	74.6	4684.9
R7	15	7.5	22.5	47.6	4483.9
R8	20	10	30	35.7	4483.9
R9	25	12.5	37.5	20.5	3218.5
R10	30	15	45	16.11	3035.1

Table 6 The measured resistivity data at Chungsusun

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	769	2414.7
R2	1	0.5	1.5	415	2606.2
R3	2	1	3	200	2512.0
R4	3	1.5	4.5	220	4144.8
R5	5	2.5	7.5	152.9	4801.1
R6	7	3.5	10.5	111.8	4914.7
R7	10	5	15	75.3	4728.8
R7	15	7.5	22.5	48	4521.6
R8	20	10	30	35.4	4446.2
R9	25	12.5	37.5	28.7	4505.9
R10	30	15	45	22	4144.8

Table 7 The measured resistivity data at Mookjangsun

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	112.6	353.6
R2	1	0.5	1.5	54.6	342.9
R3	2	1	3	21.6	271.3
R4	3	1.5	4.5	15.76	296.9
R5	5	2.5	7.5	9.97	313.1
R6	7	3.5	10.5	7.49	329.3
R7	10	5	15	6.05	379.9
R7	15	7.5	22.5	5.43	511.5
R8	20	10	30	4.58	575.2
R9	25	12.5	37.5	3.75	588.8
R10	30	15	45	3.93	740.4

Table 8 The measured resistivity data at Sakye-wason

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	465	1460.1
R2	1	0.5	1.5	284	1783.5
R3	2	1	3	81.7	1026.2
R4	3	1.5	4.5	49.4	930.7
R5	5	2.5	7.5	32.9	1033.1
R6	7	3.5	10.5	30.1	1323.2
R7	10	5	15	27.2	1708.2
R7	15	7.5	22.5	24.9	2345.6
R8	20	10	30	20.7	2599.9
R9	25	12.5	37.5	19.08	2995.6
R10	30	15	45	16.8	3165.1

Table 9 The measured resistivity data at Hanhwa 2

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	584	1833.76
R2	1	0.5	1.5	240	1507.2
R3	2	1	3	107.1	1345.176
R4	3	1.5	4.5	61.2	1153.008
R5	5	2.5	7.5	31.7	995.38
R6	7	3.5	10.5	28.9	1270.444
R7	10	5	15	22.6	1419.28
R7	15	7.5	22.5	13.38	1260.396
R8	20	10	30	9.26	1163.056
R9	25	12.5	37.5	6.43	1009.51
R10	30	15	45	4.26	802.584

Table 10 The measured resistivity data at Namwon

구 분	거리 [m]	P 극 [m]	C 극 [m]	대지저항 [Ω]	대지저항률 [Ω -m]
R1	0.5	0.25	0.75	110.2	346.03
R2	1	0.5	1.5	74.6	468.49
R3	2	1	3	38.1	478.54
R4	3	1.5	4.5	27.1	510.56
R5	5	2.5	7.5	17.67	554.84
R6	7	3.5	10.5	12.46	547.74
R7	10	5	15	5.12	321.35
R7	15	7.5	22.5	2.82	265.64
R8	20	10	30	1.92	241.40
R9	25	12.5	37.5	2.47	387.79
R10	30	15	45	4.06	764.90

3.2 설계분석 및 활용방안

1) 코어링 접지시스템 설계

코어링 접지공법은 일종의 심타 접지방식으로 지반을 천공하여 파이프 형태의 동봉을 매입하고, 동봉 주위에 저감제를 채워 접지하는 방식이다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이, 접지동관봉의 코어링 굴착구조는 대지에 소정 직경(0.12~0.15m)과 소정 깊이(10~40m)만큼 천공되어 형성되는 굴착공과 굴착공 하단부 하면과 둘레에 접촉되도록 중공되어 형성되는 벤토나이트부, 내부가 중공된 원통 형상의 몸체와 지면에 압착되어 안착 가능한 구조를 갖는다. 굴착공 하단부에 형성되는 침단침부와 구조물에 설치되는 접지도선에 연결되도록 구성되는 동관단자를 포함하는 접지동관봉과 굴착공 내부로 유입되어 밀착강도를 높여주는 충전제인 접지저감제와 흙다짐층으로 마감하는 것으로 구성되는 것을 특징으로 한다.

벤토나이트는 몬모릴로나이트를 함유한 점토로서, 석영, 장석, 제올라이트 등을 포함한 것을 말하며, 일반적으로 물을 흡착하여 팽윤하고, 양이온 교환성이 뚜렷한 것 등 몬모릴로나이트의 성질과 흡사하여, 석유정굴진용 이수의 주성분, 주물형의 결합제, 요업원료의 혼입제, 연고의 기초제로서 사용되기도 한다. [1]

접지시스템 설계시 저감제의 영향을 고려하기 위해 접지전극 반경을 실제 코어링 전극의 반경보다 큰 0.25[m]을 설정하여 접지저항을 계산하였다. 고장전류를 1[KA]로 가정하여 반복 설계한 결과 Table 11과 같은 설계조건을 구하였으며, 시뮬레이션 모델구조는 Fig. 7과 같다.

Table 11 Data for grounding design

접지봉 모델	6[m] / 0.25[m]
접지방식	직렬, 병렬, 직·병렬
병렬 이격거리	20[m]
접지선 반지름	0.019[m]
매설깊이	30[m]

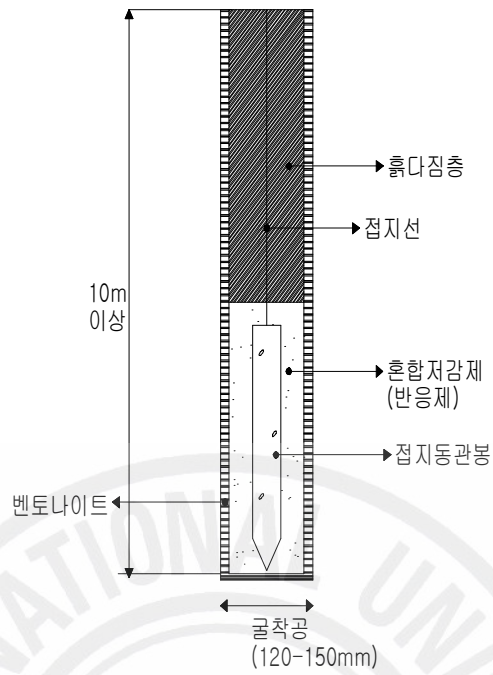


Fig. 6 The structure of the coring grounding rod

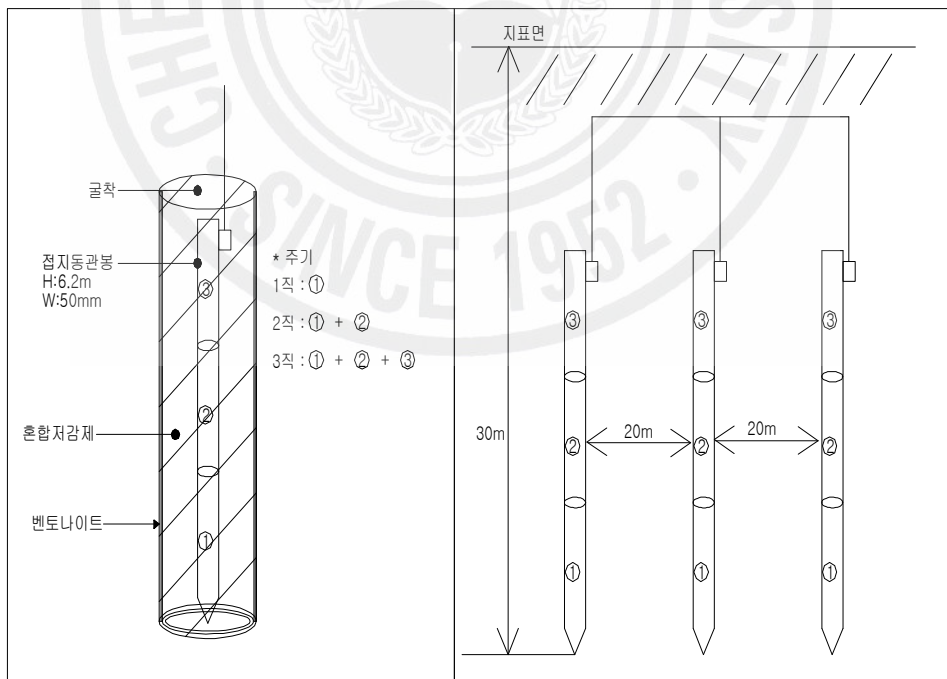


Fig. 7 The structure of coring grounding system

2) 대지저항률 분석

CDEGS 접지 설계 프로그램을 간단히 살펴보면 측정방법(웨너, 슬럼프저), 데이터 입력형태(저항, 저항률), 옵션(탐침의 매설깊이의 유·무) 등으로 데이터를 입력하는 형식을 띄고 있다. 컴퓨터 프로그램을 이용한 접지 시스템의 설계는 정확한 접지전극의 성능을 예측할 수 있도록 하며, 시뮬레이션을 통해 다양한 모델의 접지전극을 설계할 수 있게 한다. Fig. 8은 토양의 대지모델을 분석하는 과정을, Fig. 9는 대지모델에 따른 접지시스템 설계과정을 나타낸 것이다.[5][7]

각각 측정된 대지저항률 데이터를 접지 해석 프로그램인 CDEGD의 RESAP 모듈에 입력하여 분석된 대지모델을 Fig. 10 ~ 15에 나타내었다. 분석된 측정장소에 대한 대지모델은 Table 12와 같다.

Table 12 Soil model according to the measured areas

구 분	측 정 장 소
모델 A	한화1, 청수선
모델 B	목장선, 사계-와산
모델 C	한화2
모델 D	남원

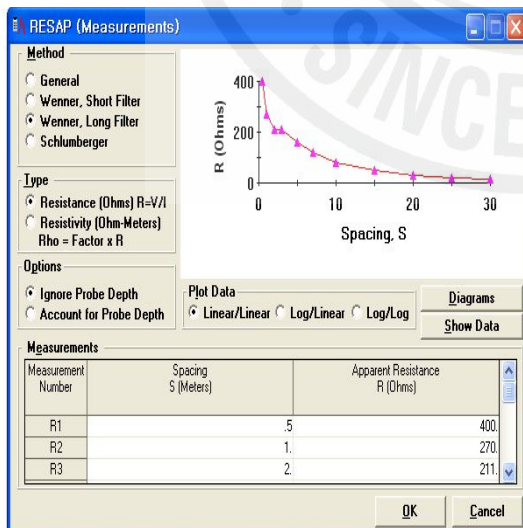


Fig. 8 The soil model analysis

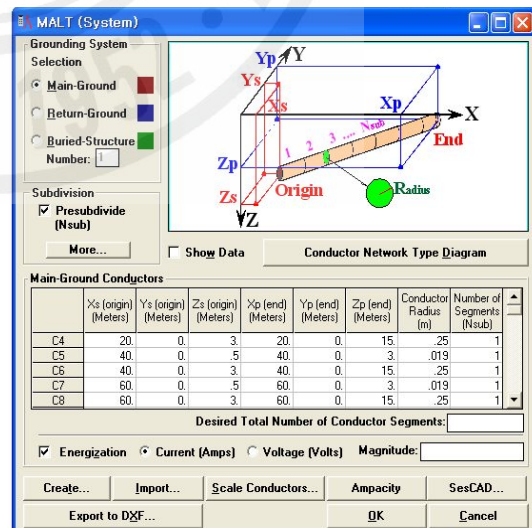


Fig. 9 The grounding system design

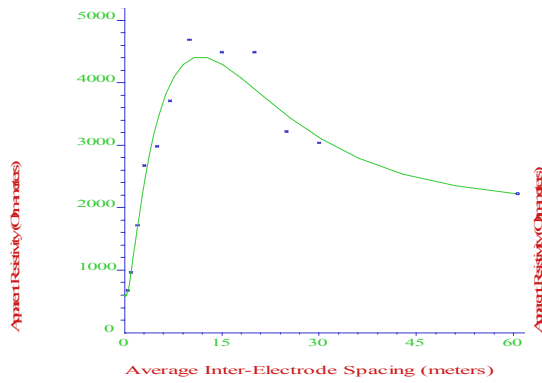


Fig. 10 $\rho - a$ Curve at Hanhwal

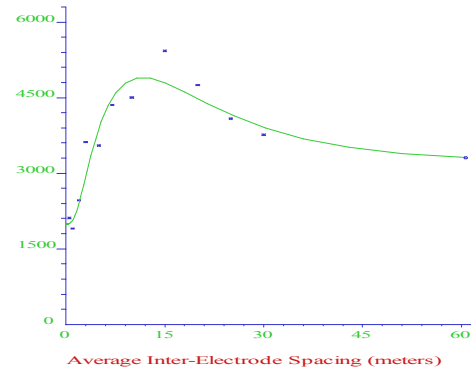


Fig. 11 $\rho - a$ Curve at Chungsusun

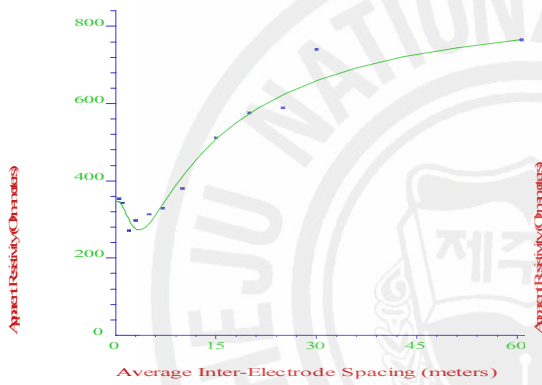


Fig. 12 $\rho - a$ Curve at Mookjangsun

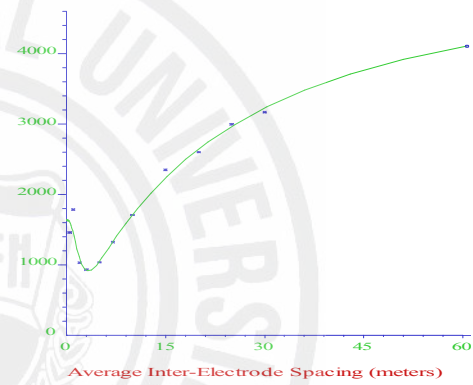


Fig. 13 $\rho - a$ Curve at Sakye-Wasan

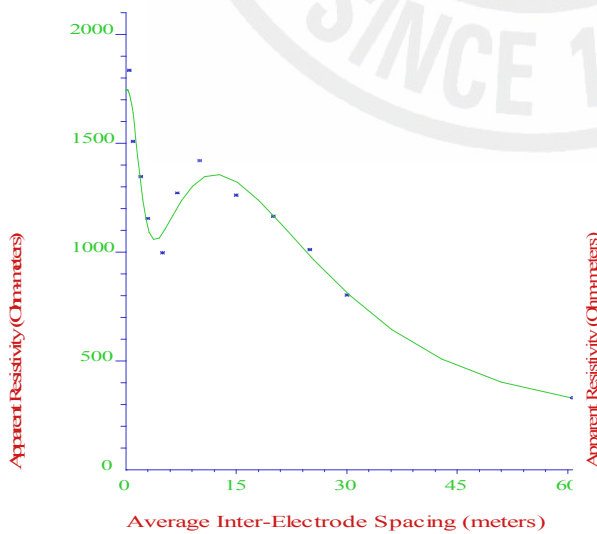


Fig. 14 $\rho - a$ Curve at Hanhwa2

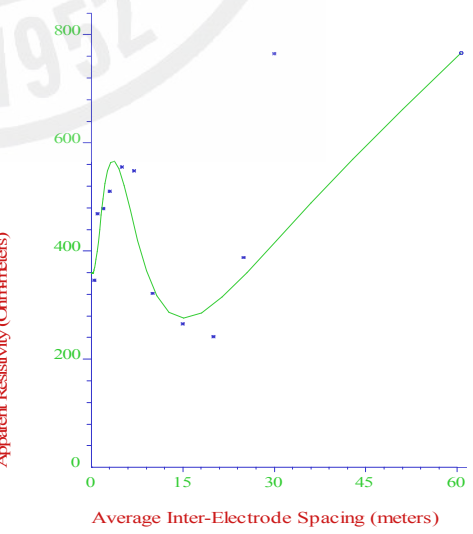


Fig. 15 $\rho - a$ Curve at Namwon

3) 대지모델별 분석 및 활용방안

접지 해석 프로그램인 CDEDG의 RESAP 모듈에 의해 분석된 대지모델을 MALT 모듈을 사용하여 접지시스템 설계결과를 분석하고, 그 대지모델별 활용방안에 대해 추정하였다. Table 13~18은 각 대지모델별 직렬, 병렬, 직·병렬구조의 접지방식에 대해 접지 설계한 것이다.

(1) 대지모델 A ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$)

“한화1”, “청수선”이 대지모델 A에 해당되는 3층 구조를 나타내며, 접지방식별 접지저항 시뮬레이션 결과는 Table 13, 14에 나타내었다.

① 분석결과

- 가. 병렬 접지극 수가 2-3본일 때 접지저항 저감 효과가 가장 좋게 나타난다.
- 나. 직렬 접지극 수가 2본일 때 접지저항 저감효과가 가장 좋게 나타난다.
- 다. 직렬접지는 대지저항률에 따라 약 3~10%까지 접지효과가 나타난다.
- 라. 병렬접지는 대지저항률에 따라 약 60~45%까지 접지효과가 나타난다.
- 마. 직·병렬접지를 혼용할 때 병렬접지보다 약 3~4%의 접지효과를 더 볼 수 있다.

② 활용방안

- 가. 높은 대지저항률을 벗어나는 지점에 접지전극을 매설해야 하며, 매설깊이를 증가시킨다.
- 나. 소요 접지저항이 높을 경우 직렬접지공법을 활용한다.
- 다. 소요 접지저항이 낮을 경우 병렬접지공법을 활용한다.

Table 13 Comparisons of the grounding resistance at Hanhwal

Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[본수]		1직	2직	3직
	병렬[본수]				
30	1병		75.15	68.67	60.70
	2병		38.82	36.40	34.77
	3병		28.29	26.73	25.71
	4병		22.70	22.07	20.81
20	1병		103.10	90.36	85.04
	2병		49.44	45.62	43.92
	3병		35.30	32.93	31.95
	4병		27.98	26.25	25.56
15	1병		125.16	111.34	-
	2병		57.74	53.31	-
	3병		40.66	37.97	-
	4병		31.98	30.05	-

Table 14 Comparisons of the grounding resistance at Chungsusun

Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[본수]		1직	2직	3직
	병렬[본수]				
30	1병		114.67	105.10	98.14
	2병		59.85	56.22	53.79
	3병		43.52	41.21	39.70
	4병		34.93	34.00	32.15
20	1병		155.55	137.27	126.96
	2병		75.78	70.91	67.35
	3병		53.98	50.51	48.94
	4병		42.76	40.27	39.18
15	1병		186.59	168.30	-
	2병		88.00	81.90	-
	3병		61.79	58.16	-
	4병		48.51	58.16	-

(2) 대지모델 B($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$)

“목장선”, “사계-와산”이 대지모델 B에 해당되는 3층 구조를 나타내며, 접지방식별 접지저항 시뮬레이션 결과는 Table 15, 16에 나타내었다.

① 분석결과

가. 병렬 접지극 수가 2-3본일 때 접지저항 저감 효과가 가장 좋게 나타난다.

나. 직렬접지는 접지효과가 나타나지 않는다.

다. 병렬접지는 대지저항률에 따라 약 60~45%까지 접지효과가 나타난다.

라. 직·병렬접지를 혼용할 때 병렬접지에 비해 접지효과가 미미하다.

② 활용방안

가. 낮은 깊이에서 병렬접지가 가장 유리하다.

나. 직·병렬접지를 혼용보다는 병렬접지 본수를 늘리는 것이 효과적이다.

Table 15 Comparisons of the grounding resistance at Mookjangsun Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[본수]		1직	2직	3직
	병렬[본수]				
30	1병		22.97	21.56	20.48
	2병		11.74	11.26	10.94
	3병		8.65	8.35	8.16
	4병		7.04	6.92	6.68
20	1병		28.30	26.05	21.98
	2병		13.66	13.05	12.12
	3병		9.91	9.55	9.04
	4병		7.98	7.73	7.38
15	1병		31.74	26.82	-
	2병		14.88	13.72	-
	3병		10.68	10.04	-
	4병		8.553	8.11	-

Table 16 Comparisons of the grounding resistance at Sakye-wasan Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[분수]		1직	2직	3직
	병렬[분수]				
30	1병		110.45	105.07	100.94
	2병		56.90	55.12	53.88
	3병		42.43	41.30	40.56
	4병		34.88	34.42	33.51
20	1병		128.47	121.66	101.88
	2병		63.78	61.68	57.25
	3병		47.01	45.75	43.34
	4병		38.36	37.47	35.82
15	1병		140.72	131.52	-
	2병		67.87	65.74	-
	3병		49.64	48.44	-
	4병		40.30	39.47	-

(3) 대지모델 $C(\rho_1 > \rho_2 < \rho_3 > \rho_4)$

“한화2”가 대지모델 C에 해당되는 4층 구조를 나타내며, 접지방식별 접지저항 시뮬레이션 결과는 Table 17에 나타내었다.

① 분석결과

- 가. 병렬 접지극 수가 2-3본일 때 접지저항 저감 효과가 가장 좋게 나타난다.
- 나. 직렬접지는 대지저항률에 따라 약 2~3%까지 접지효과가 나타난다.
- 다. 병렬접지는 대지저항률에 따라 약 50~55%까지 접지효과가 나타난다.
- 라. 직·병렬접지를 혼용할 때 병렬접지에 비해 접지효과가 미미하다.

② 활용방안

- 가. 매설깊이를 증가하여 병렬접지하는 것이 유리하다.
- 나. 직·병렬접지를 혼용보다는 병렬접지 분수를 늘리는 것이 좋다.

Table 17 Comparisons of the grounding resistance at Hanhwa2

Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[본수]		1직	2직	3직
	병렬[본수]				
30	1병		10.54	9.44	8.69
	2병		5.88	5.35	5.02
	3병		4.24	3.89	3.68
	4병		3.37	3.23	2.96
20	1병		15.56	14.03	13.65
	2병		8.53	7.66	7.53
	3병		6.03	5.46	5.38
	4병		4.72	4.30	4.25
15	1병		22.09	21.30	-
	2병		11.67	11.27	-
	3병		8.09	7.93	-
	4병		6.27	6.15	-

(4) 대지모델 D ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3 < \rho_4$)

“남원”이 대지모델 D에 해당되는 4층 구조를 나타내며, 접지방식별 접지저항 시뮬레이션 결과는 Table 18에 나타내었다.

① 분석결과

- 가. 병렬 접지극 수가 2-3본일 때 접지저항 저감 효과가 가장 좋게 나타난다.
- 나. 직렬접지는 대지저항률에 따라 약 2~3%까지 접지효과가 나타난다.
- 다. 병렬접지는 대지저항률에 따라 약 40~45%까지 접지효과가 나타난다.
- 라. 직·병렬접지를 혼용할 때 병렬접지에 비해 접지효과가 미미하다.

② 활용방안

- 가. 낮은 깊이에서 병렬접지가 가장 유리하다.
- 나. 직·병렬접지를 혼용보다는 병렬접지 본수를 늘리는 것이 좋다

Table 18 Comparisons of the grounding resistance: Namwon

Unit:[Ω]

깊이 [m]	직렬[본수]		1직	2직	3직
	병렬[본수]				
30	1병		16.84	16.72	16.62
	2병		10.54	10.49	10.45
	3병		8.48	8.44	8.42
	4병		8.48	7.34	7.31
20	1병		17.16	15.30	12.96
	2병		10.71	9.98	9.03
	3병		8.60	8.14	7.54
	4병		7.45	7.12	6.67
15	1병		16.43	13.08	-
	2병		10.43	9.09	-
	3병		8.42	7.58	-
	4병		7.32	6.71	-

IV. 결 론

본 논문에서는 4가지 대지모델에 따른 코어링 접지형태를 CDEGS프로그램을 이용하여 직렬, 병렬, 직·병렬 접지방식에 대하여 설계하였으며, 각 접지방식에 따라 접지저항을 분석하여 어떠한 시공형태가 접지저항 저감 효과가 가장 좋은 지에 대해 살펴보았다. 측정장소, 측정기간, 측정회수 등의 빈도가 높지 않은 이유로 다소의 오차를 포함하고는 있으나, 다음과 같은 사항을 알 수 있었다.

병렬접지극 수가 3-4본일 때 접지저항 저감효과가 가장 좋게 나타나고 있으며, 병렬접지와 직렬 접지를 혼용할 때 직렬접지효과가 미미하다. 직렬접지 효과는 대지모델 A가 대지모델 B가 더 효과적이고, 병렬접지 효과는 대지모델 A와 B가 거의 동일하다.

대지모델 A는 직렬, 병렬접지할 때 좋은 접지저항 저감효과를 나타냈으며, 대지모델 B와 대지모델 D는 낮은 깊이에서 병렬접지 분수를 늘리는 것이 유리하고, 대지모델 C는 매설깊이를 증가하여 병렬접지하는 것이 유리한 것으로 나타나고 있다.

차후에는 코어링 접지공법을 고려한 메쉬(mesh)형태의 접지방식에 대한 스텝 전압 및 접촉전압에 대한 연구가 수행되어야 하며 장기간에 걸친 접지저항의 경년변화 및 부식 특성도 지속적으로 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 산업자원부, 2005, 전력설비 안정운동을 위한 코어링 접지공법의 접지저항 저감기술개발, p9~14, p39~41
- [2] 양문길, 2003, 고저항률 지역에서의 코어링 접지공사에 관한 연구, p2~4
- [3] 동일출판사, 2006, 접지설계입문, p50~55
- [4] 성안당, 2006, 접지설비 및 설계, p140~144, p218~222
- [5] XIT KOREA, 2000, XIT 접지시스템, p76~79,
- [6] 기초전력연구원, 2006, 다양한 측정방법을 적용한 대지의 전기적 구조해석, 대한전기학회, p1492~1493
- [7] SES, 2004, "CDEGS User's Primer", p-3-1 ~ p-4-12

감사의 글

시작한지 엇그제 같은데 어느덧 지나버린 2년이라는 세월이 아직도 부족한 점이 많은 저에게는 너무나도 짧게만 느껴지고, 한편으론 배움의 과정에서 경험했던 많은 일들을 생각하면 결코 짧지만은 않은 시간인 것 같습니다. 그리고 대학원 생활에서 얻은 지식과 경험들은 저의 인생에서 소중한 밑거름이 될 것이라고 확신하며 이런 배움의 기회를 가질 수 있었던 것에 대해서 진심으로 감사합니다.

먼저 그동안 저를 성심으로 지도해 주시고 따뜻한 격려와 많은 가르침을 주신 김세호 교수님께 감사를 드립니다. 또한 대학원 생활동안 따뜻한 배려와 격려를 아끼지 않으신 좌종근, 오성보, 이개명, 김호찬 교수님, 김일환 교수님께도 감사드립니다.

2년간 함께 연구실에서 지내면서 많은 도움을 준 고성민에게 너무나 고맙고, 언제나 도움을 청하면 자기 일처럼 나서서 도와준 부창진 선배님에게도 감사드립니다. 그리고 친구로서 항상 기쁨과 슬픔을 함께해준 라경윤 선배님과 사무실에서 많은 부분을 챙겨준 이상민, 현진엽에게도 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 오늘이 있기까지 변함없는 관심과 헌신적인 사랑으로 돌보아 주신 부모님과 나의 동반자인 아내에게도 고개 숙여 감사드리며 이 논문을 드립니다.

비록 석사과정은 끝났지만 배움에 있어서는 시작이라고 생각으로 앞으로도 계속 노력하고 발전하는 사람이 되도록 노력하겠습니다.

2006년 12월

안재현 올림