creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

碩士學位論文

보정계수를 이용한 고저항 지대의 접지설계 방안

濟州大學校 産業大學院

電氣工學科

高 榮 秀

2020년 8월

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

보정계수를 이용한
고저항 지대의 접지설계 방안

指導敎授 金 世 鎬

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2020年 6月

高榮秀의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 진 영 규 (印)

委 員 김 일 한 (印)

委 員 강 세 호 (印)

濟州大學校 産業大學院

2020年 6月

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

A Study on the Ground Design of High-Resistance Zone Using the Compensation Factor

Young Su Ko
(Supervised by professor Se-Ho Kim)

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

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

2020. 6.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

목 차

그림 목차 ····· iii

표 목차 ····· iv

SUMMARY ····· v

1. 서 론 ····· 1

2. 일반접지 ····· 3

2.1 접지저항 측정방법 ····· 3

2.2 대지저항률 측정방법 ····· 4

2.3 일반 접지설계 ····· 5

3. 고저항 지대의 접지설계 ····· 8

3.1 지층구조 ····· 8

3.2 대지 저항과 대지 저항률 관계 ····· 9

3.3 보정계수를 이용한 접지설계 ····· 10

4. 사례연구 ····· 17

4.1 지질구조 및 분석 ····· 17

4.2 접지설계 및 시공사례 ····· 18

4.3 결과 및 고찰 ····· 31

5. 결론 ····· 33

참 고 문 헌 ····· 34

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그 림 목 차

그림 2.1 3점 전위차 측정법의 기본원리를 나타내는 등가회로 ····· 3
그림 2.2 Wenner 4전극법 구성도 ····· 5
그림 2.3 일반접지 순서도 ····· 7
그림 3.1 제주지역 지층구조의 일부 ····· 8
그림 3.2 고저항 접지설계 순서도 ····· 11
그림 3.3 등가 대지 고유저항 분석 ····· 14
그림 3.4 겉보기 저항과 이론 비저항 비교 ····· 15
그림 4.1 제주지역 암석분포와 지질구조 ····· 17
그림 4.2 동부 지역 A 현장의 지층구조 ····· 18
그림 4.3 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽의 등가 저항분석 ····· 22
그림 4.4 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽의 등가 저항분석 ····· 23
그림 4.5 동부 지역 A 현장 연못 남쪽의 등가 저항분석 ····· 24
그림 4.6 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽 ρ-α곡선 분석 ····· 24
그림 4.7 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽 ρ-α곡선 분석 ····· 25
그림 4.8 동부 지역 A 현장 연못 남측 ρ-α곡선 분석 ····· 26
그림 4.9 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석 26
그림 4.10 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석 ···· 27
그림 4.11 동부 지역 A 현장 연못 남쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석 ····· 27

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표 목 차

표 3.1 대지 저항률 측정표 ····· 12
표 4.1 대지 저항률 측정표_ 심정입구 오른쪽 ····· 19
표 4.2 대지 저항률 측정표_ 심정입구 왼쪽 ····· 20
표 4.3 대지 저항률 측정표_ 연못남쪽 ····· 21
표 4.4 설계시공 사례 ····· 30

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

SUMMARY

The breakthrough in the power and telecommunications industry is an important part of our life culture and should continue to develop.

In particular, if part of the high-tech industry stops functioning or accidents such as human casualties, damage to equipment, and malfunction of damage occur, the damage can be seen as an unimaginable disaster.

Therefore, major equipment should be prevented from being damaged in advance by high-speed discharge of a strong inrush current from the outside or from the indirect induced brain to the site.

However, depending on the geological form, the earth resistance is considerably high and the ground age changes are severe, so a grounding design for securing stable and reliable ground resistance is absolutely necessary.

In this paper, the ground design method was discussed in the high resistance zone considering the correction factor.

This is an example of securing ground resistance required by applying and analyzing the site resistance data measured in the ground resistance program of Korea Electric Power Corp. by measuring ground resistance using the Wenner 4 electrode method and analyzing the site resistance data measured in the ground resistance support program of Korea Electric Power Corp. and substituting the optimal depth and deep ground resistance to the ground resistance calculation formula, and applying correction factors to the calculated composite resistance if the analyzed in depth of land resistance rate is 500 ohms or higher.

In today's era, when planning a grounding design, the ground resistance should be measured several times for the grounding design in order to achieve effective grounding suitable for the grounding purpose, and for securing the required ground resistance rate for the earth-pole system and ground-design site.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

1. 서 론

접지란 다양한 전기, 전자, 통신설비 기기를 대지와 전기적으로 접속하는 것이며, 접속을 위한 단자가 접지극이다. 이 전극이 대지와의 사이에 전기적 저항, 소위 접지저항을 가지며, 지락전류와 함께 옴의 법칙에 따른 전위상승이 발생하고, 여러 가지 장해를 일으키게 된다. 이상적으로 접지저항이 0일 경우에는 어떠한 장해도 발생하지 않으나 현실적으로 불가능하므로, 접지설계가 필요하게 되었다. 접지의 설계기술에 대해서는 예전부터 여러 가지가 검토됐으며, 대표적으로 대지 저항의 계산방법이다. 그러나 설계하기 위해서는 봉형 전극의 병렬접지저항 또는 직육면체 전극계의 접지저항 등에 대한 구체적인 계산방법이 필요하게 되었다. 접지저항은 대지 토양의 전기적 저항에 강한 영향을 받는다[1].

일본의 경우는 기존의 접지방식을 폐지되고 국제표준의 접지설계 방식 도입을 통한 현장 특화된 접지 시스템 구분선정과 접지설계방식의 국내 수용성 향상을 위한 접지 시스템의 시설 종류 선정, 저·고압 수용가, 수전 전압별 접지설계 시 고려사항으로 새로운 접지방식이 적용되고 있다[2].

프랑스의 접지 관련 RCC-E 규정은 발전소 접지저항을 1 Ω 이하로 유지하도록 규정하고 있고 캐나다 접지 관련 규정 또한 CSA C22.1-1994에서 최대 대지 전위상승을 5,000 V로 제한하고 최대전위상승의 억제와 동시에 접촉전압과 보폭전압을 안전 허용치 이하로 억제할 것을 규정하고 있다[3].

국내 접지기술 수준은 아주 낮은 수준이며, 현재 대부분 전기설계용역을 담당하는 엔지니어링 회사는 접지설계를 위한 기본적인 대지 저항률 특성을 분석하지 않으며 접지저항 값의 계산도 하지 않고 설계도면에 접지공사의 종류만 표시하고 있는 경우도 있다[4].

요구하는 접지저항 확보를 위한 접지설계에서는 대지 고유저항이 가장 중요한 요소로써 대지 고유저항이 높은 지역은 접지설계에 어려움이 있어 낮은 대지 저항 확보가 매우 중요하다.

따라서 본 논문에서는 고저항 지역의 접지설계 방법을 제시하였으며 다층지질 구조이면서 고저항 지역의 지층구조를 파악하고 설계부지의 대지 저항을 여러 번 측정해서 대지 저항률을 계산하였다. 계산된 대지 저항률을 이용하여 다층지질분석과 등가 대지 고유저항을 분석하였으며, 균질매질에 관한 비저항 산출 식을 이용하여

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

구한 겉보기 비저항과 이론 비저항을 그래프로 비교하였다. 분석된 자료를 토대로 심층 대지 저항률이 높은 지역은 보정계수를 적용하는 방법으로 고저항지대의 접지 설계 방법을 제시하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2. 일반접지

양호한 접지 시스템은 장비 보호, 정전기에 대한 보호, 그리고 장비 운용자를 안전하게 보호하고 지락전류, 낙뢰 전류, 그리고 전력선 혹은 내외부의 강한 서지전압 혹은 전류로부터 통신 및 각종 제어장치의 손실을 예방한다. 그러므로 접지 시스템이 이러한 본래의 보호기능을 수행하기 위해서는 세계적으로 공인된 IEEE, ANSI 등의 규정에 따른 권고 사양을 만족하게 하는 높은 신뢰성의 접지 시스템이 요구되며, 이러한 안정성과 신뢰성을 지닌 접지 시스템을 시공하기 위해서는 정확한 접지저항 측정 및 설계가 중요하다[5].

2.1 접지저항 측정방법

접지저항 측정방법에는 여러 가지 있으나 많이 사용하는 3점 전위차 방식을 사용한 접지저항 측정과 클램프온 식을 사용한 접지저항 측정방법을 제시하였다.

2.1.1 3점 전위차 방식을 사용한 접지저항 측정

3점 전위차 측정법은 접지 시스템의 접지저항을 비교적 간단하지만 정확하게 측정 할 수 있는 방법으로 전위차 측정법(fall of potential)이라고도 한다. 그림 2.1은 3점 전위차 측정법의 기본원리를 나타내는 등가회로이다.

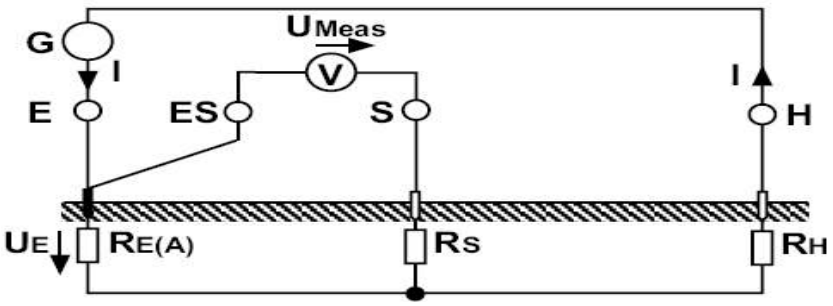


그림 2.1 3점 전위차 측정법의 기본원리를 나타내는 등가회로

측정방법은 2개의 극점 탐침 전극을 이용하여, 측정하고자 하는 접지봉으로 부터 일직선상으로 원거리로 떨어진 지점(H점)에 고정으로 탐침 하나를 박아놓고 다른 하나(S점)를 일정 간격으로 H점을 향해 박아 나가며 측정하는 방법이다. 측정원리

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

는 측정하려는 접지 시스템(E)과 원거리 (H점)에 고정된 측정 전극(H) 사이로 장비의 전류원에서 일정한 전류를 공급하고, 다른 한 개의 측정 전극(S)은 접지봉(E)과 측정전극(H)사이에서 일직선 등거리 간격으로 H점을 향해 대지에 박아 접지봉(E)과 측정 전극(S) 사이의 전압강하를 측정하는 것이다.

3점 전위차 측정법에 따른 접지전극의 저항 결정은 보조 귀환전류 전극과 측정대상 접지전극으로부터의 거리를 증가시키면서 측정하는 일련의 대지표면 전위측정이다[6].

2.1.2 클램프온 방식을 사용한 접지저항 측정

클램프온 측정법은 아주 간단한 원리에 의한 독특한 측정방법으로 3점 전위차 측정법을 대치할 수 있는 아주 간편한 방법이다. 이 방법의 가장 큰 특징은 접지저항을 측정할 때, 기존의 설치되어 운영되는 접지 시스템을 장비와 분리하지 않고 측정할 수 있으며, 접지 시스템에 연결된 모든 접지저항을 측정할 수 있는 장점이 있다. 또한 클램프온 측정법은 장비와 직접 접촉하지 않으므로 안전하며 측정 절차가 쉽고 일정 수준의 정확성을 갖추고 접지저항을 측정할 수 있는 장점도 갖고 있다. 측정방법은 계측기를 이용하여 내부에 내장된 전원으로부터 측정하고자 하는 접지전극에 전류가 인가되고, 인가된 전류를 접지 도선을 통해 검출하여 접지저항을 측정하게 된다[5].

2.2 대지 저항률 측정방법

대지 저항률은 토양의 종류, 습도, 계절 및 온도변화에 따라 큰 차이가 발생하고 있으며 대지의 깊이, 위치에 따라서 다르므로 토양에 대한 전기적 특성을 결정한다는 것은 대단히 어렵다. 실제로 여러 층으로 구분된 토양구조를 단일구조의 등가모델로 변환하여 접지설계에 적용한다. 그러나 이것은 실질적으로 토양이 균등하게 분포할 때만 비교적 정확한 해를 얻을 수 있어, 현실에 가깝도록 2지층 또는 3지층 구조로 토양을 모델링하는 것이 현실적으로 적합하다[5].

통상적으로 전극배열법 가운데 2차원 탐사에 사용될 수 있는 전극배열로는 단극자(pole-pole), 단극-쌍극자(pole-dipole), 쌍극자(dipole-dipole), Wenner 및 Schlumberger 배열을 들 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

현재 간접측정방법으로 Wenner 4전극법, Schlumberger 4전극법, 단극자(pole-pole) 전극법과 쌍극자(dipole-dipole) 전극법이 널리 쓰이고 있으며, 그중에서 Wenner 4전극법이 가장 널리 사용되고 있다[5].

그림 2.2는 Wenner 4전극법의 구성도를 보여주고 있다.

이 측정법은 사용되는 기기가 다양하고 측정결과의 해석방법이 간단하므로 적당한 대지 저항률 측정법으로 많이 이용되고 있다.

Wenner 4전극법의 배열은 그림 2.2와 같이 측정선 일직선상의 안쪽에 전위 전극 P_1, P_2를 두고 외부에 전류 전극 C_1, C_2를 설치하여 $C_1-P_1, P_1-P_2, P_2-C_2$의 거리 a를 등 간격이 되도록 한다. 외부전류 C_1, C_2 에 전류 I를 주입시키고 내부의 전위전극 P_1-P_2간의 전위차 V 를 측정하여 대지 저항 $R=\frac{V}{I}$를 구한다. 이 대지 저항 R 은 전극간격 a일 때 겉보기 대지 저항률 ρ에 비례하여 식 (1)와 같다[7].

$$\rho = K \cdot \frac{V}{I} = K \cdot R \tag{1}$$

K 는 전극간격 거리계수로 Wenner 4전극법인 경우 $K=2\pi a$이므로 식 (2)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\rho = 2\pi a \cdot R \tag{2}$$

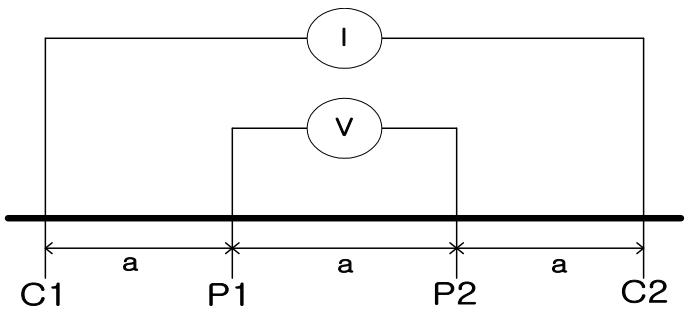


그림 2.2 Wenner 4전극법 구성도

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

2.3 일반 접지설계

접지극을 설계하기 위해서는 그 지표가 되는 기준 접지저항을 결정할 필요가 있다. 전기공작물을 크게 나누면 건물, 공장, 상점, 주택 등의 일반용, 자가용 전기공작물과 전력회사의 발·변전소와 같은 전기사업용 전기공작물이 있다[5].

그림 2.3은 일반접지 순서도이다. 작업에 들어가기 전의 단계로서, 접지를 요하는 설비 기기를 선정해야 한다. 다음으로 각 접지를 실시하는 목적이 있으므로, 선정된 설비 기기를 목적별로 분류하고 접지공사의 종류를 결정해야 한다. 그 후 접지공사 장소를 파악하고 분류된 설비를 개별로 접지할 것인가, 통합하여 공용접지로 할 것인가 즉, 접지형태를 선택할 필요가 있다. 접지저항을 계산하기 위해, 접지공사가 이루어지는 장소의 대지 저항률에 관한 정보가 필요하다. 따라서 대지 파라미터나 토질 조사 등의 단계를 밟기 위한 사전조사가 필요할지 판단한다. 이상의 작업에 의해 접지설계를 위한 기본적인 정보를 확보할 수 있다. 접지설계에 들어가기 전에 접지공법을 선정하면서 우선 접지공사가 가능한 장소를 결정해 둘 필요가 있다[1].

접지극 공법에는 봉형, 판형, 선형 전극 등을 이용하는 소규모 공법으로부터 보링 전극에 의한 병렬접지, 메시 접지, 루프 형 대형접지와 같은 대규모 공법이 있고, 이러한 접지공법에 대한 접지극 계산식이 있다. 그 계산식으로 접지저항을 계산한 결과 소요접지저항을 비교하여, 계산된 접지저항보다 소요접지저항이 크면 접지극 설계는 종료되고, 계산된 접지저항보다 소요접지저항이 작으면 접지공법을 재검토하여 각각의 접지공법에 대한 접지 설계를 실시한다[1].

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

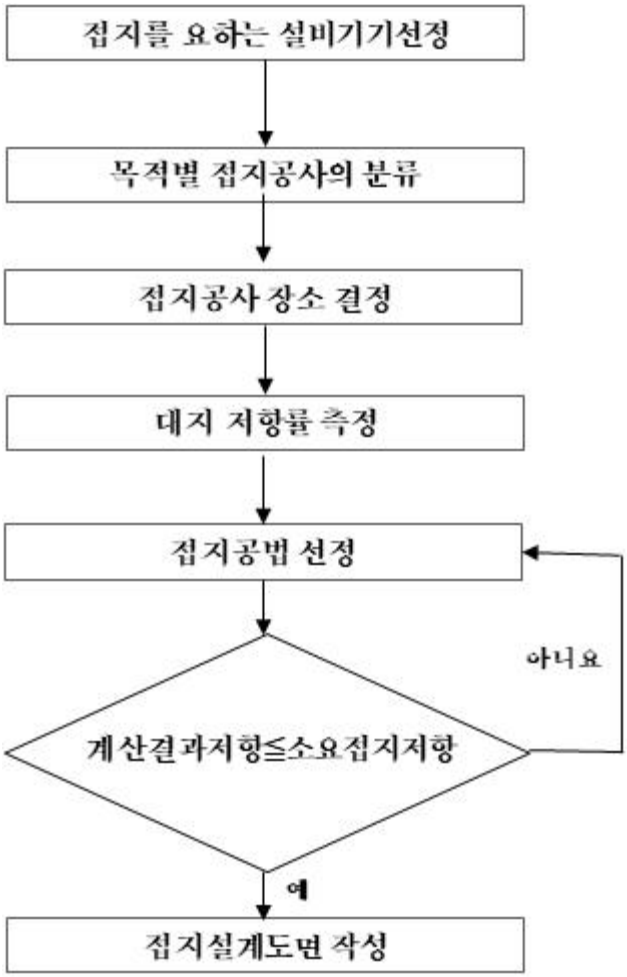


그림 2.3 일반접지 순서도

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3. 고저항 지대의 접지설계

고저항 지역의 접지설계를 하기 위해서는 접지공사가 이루어지는 장소의 대지 저항에 관한 정보가 필요하다. 지질구조가 다양하고 암반 송이가 있는 지역은 대부분 대지 저항률이 높은 곳이 많은 편이라 대지 저항측정이나 토질조사 등을 할 필요가 있을지 판단하여야 한다. 본 장에서는 고저항 지역의 대표적인 제주지역의 지층구조를 제시하였고 대지 저항을 측정 분석하여, 접지극 시공개수와 심층 저항률에 따라 보정계수를 적용하는 접지설계 방법을 제시하였다.

3.1 지층구조

그림 3.1은 실제 현장에서 접지설계를 하고 시공한 일부 제주지역의 지층구조를 보여주고 있다. 일부 점토를 제외하고는 송이(일명 스코리아)층, 연암 층, 암반층이 연속해서 나타나는 것을 알 수 있고, 제주지역의 해발이 높은 곳이 대부분이 고저항지역이고 심층구조가 다양하여, 다양한 지층구조에서의 시설물 및 인명보호를 위한 접지설계는 어려운 실정이다.

그림 3.1 제주지역 지층구조의 일부

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

3.2 대지 저항과 대지 저항률 관계

접지설계를 하기 위해서는 대지 저항을 측정하고 지층별 균질 대지의 접지저항률 계산식에 적용하려면 다층대지를 등가 균질대지로 치환하기 위한 평균적 또는 등가적인 대지 저항률을 검토하여야 한다[1].

대지 저항은 접지 시스템에서 가장 중요한 요소이며, 대지 저항의 측정치는 토양구조, 토양성분, 측정 장소에 따라 큰 차이를 나타내므로 다층구조 및 고저항 현장에서는 신뢰성 있게 대지 저항을 측정하는 것이 매우 바람직하다.

일반적으로 대지 저항은 식 (3)과 같이 구하며 여기서, l은 2개의 대지 전구계 사이로 흐른 전류의 평균거리이며, S는 반경 a를 갖는 반구의 표면적이다.

대지 저항 R과 대지 저항률 ρ의 관계는 다음과 같다.

$$R = \frac{\rho l}{S} = \frac{\rho l}{2\pi a^2} \tag{3}$$

대지 저항률을 구하는 식은 식 (4)과 같다.

$$\rho = \frac{2\pi a^2 R}{l} \tag{4}$$

(3), (4) 식을 이용하여, 전극의 간격 l을 구하면,

$$l = \frac{[a + \frac{2a^2}{\sqrt{a^2+4d^2}} - \frac{a^2}{\sqrt{a^2+d^2}}]}{2} \tag{5}$$

여기서 대지 저항률 ρ를 식 (6)과 같이 계산할 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4d^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + d^2}}} \quad (6)$$

여기서, d는 금속 탐침의 길이이며, R은 측정 장비로부터 얻은 저항값이다.

만일, $a > 20d$이라면, 대지 저항률은 $\rho = 2\pi aR$이며, 단위는 Ω·m로 정리된다[3].

측정된 대지 저항을 대지 저항률로 계산하면 접지설계 장소의 지질 형태를 추측할 수 있다.

3.3 보정계수를 이용한 접지설계

산악지대나 화산암으로 구성되어 있는 도서지방이 고저항률 지역에 해당하며 지질 구조를 보면 주로 암반이나 송이, 자갈 그리고 일부 점토로 구성되어 있어 대지 저항률 자체로만 보아도 접지설계의 어려움을 알 수 있다.

그림 3.2는 고저항 접지설계 시공 순서도를 나타내고 있다.

여기서 ρ 값은 대지 저항 측정치를 프로그램을 이용하여 분석한 등가심층 저항율 값으로 등가심층 저항이 낮은 위치의 설계심층 저항값 으로 정하여진다. α 값은 등가대지 저항을 분석한 심층대지 저항 ρ 으로 대지 저항 반복 측정을 하기 위한 기준 값 이상으로 정하고 있고 기준 값 이상은 여러 번 대지 저항을 측정하여 분석하여야 한다. β 값은 분석이 끝나서 접지 전극 위치의 심층 대지 저항 기준 값 으로 하고, 기준 값 이상의 경우는 보정계수를 적용하여 설계하는 것이다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

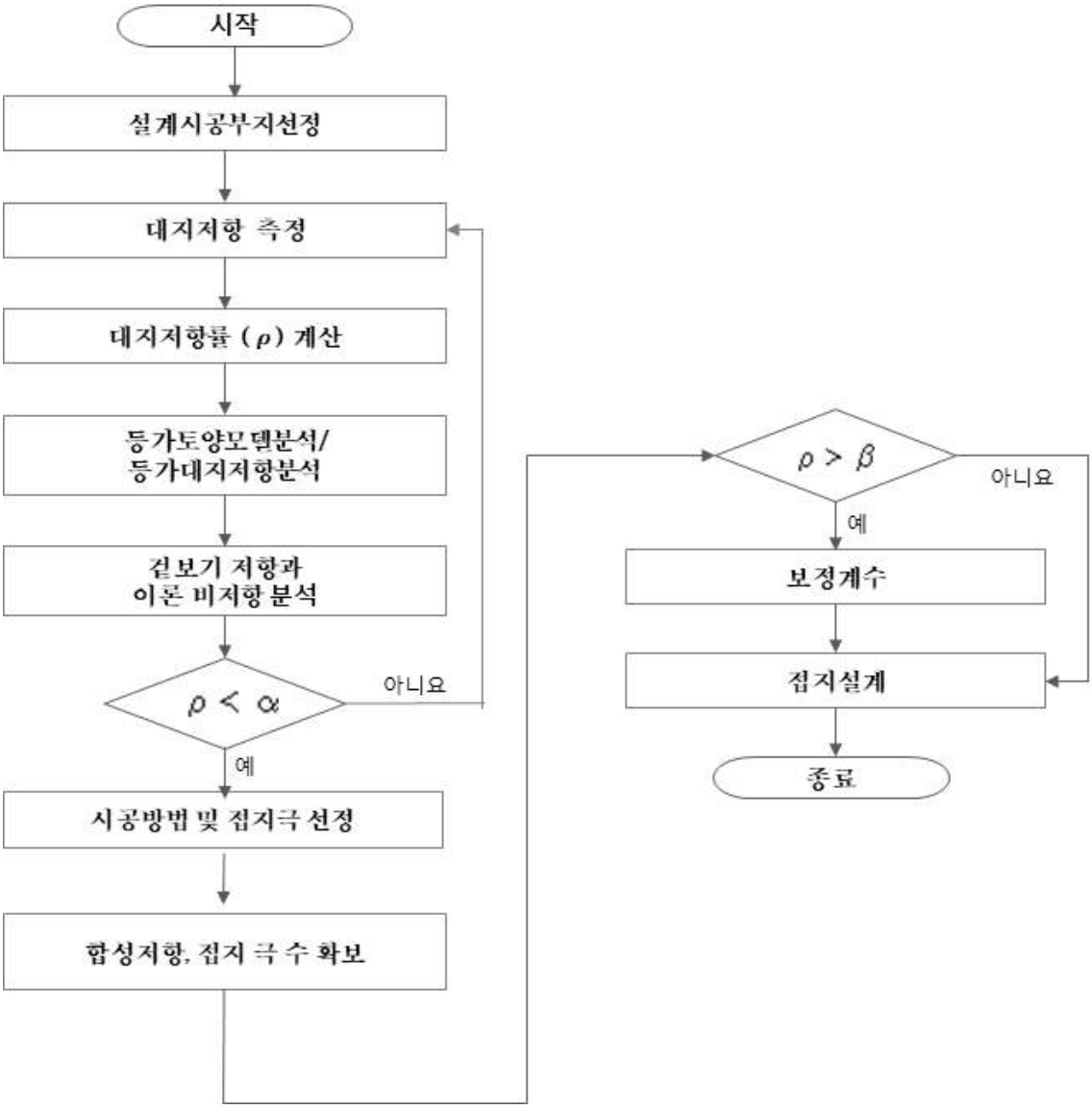


그림 3.2 고저항 접지설계 순서도

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

가. 설계 시공부지 선정

설계를 하는 데 있어, 어떠한 일이라도 순서라는 것을 고려해야 한다. 특히 접지공사는 기초에 시공을 하여야 하므로 시공 후 수정하려면 어렵다. 먼저 접지를 설계해야 할 접지시공 부지가 결정이 되면 접지설계에 착수할 수 있다.

나. 대지 저항 측정

접지설계 장소의 토질조사 등을 위하여 대지 저항 측정이 필요하고 대지 저항률 측정을 위한 대지 저항 측정방식은 Wenner법, Schumberger법, 단극자 전극법, 쌍극자 전극법이 있는데 일반적으로 많이 사용하는 Wenner 4전극법 측정기를 이용하여 설계부지의 대지 저항을 측정한다. 전위 전극 P_1, P_2를 내부에 두고 전류 전극 C_1, C_2를 외부에 설치하여 C_1-P_1, P_1-P_2, P_2-C_2의 측정 거리 간격(a)을 늘리면서 대지 저항 측정하는데 여기서는 2, 4, 6, 10, 30 m 전극간격을 유지하면서 측정하였다.

다. 대지 저항률 계산

대지 저항률은 $\rho = 2\pi aR$이며, Ω·m로 정리된다. 측정거리a는 Wenner 4전극법의 배열에 전위전극과 전류전극의 간격이고, R 은 측정된 저항치 이다.

표 3.1는 측정된 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 자료를 보여주고 있다.

표 3.1 대지 저항률 측정표

계산치	대지 저항율(Ω·m)=6.28*측정거리(m)*저항치(Ω)					
TEST 결과						
장소	측정거리 (m)	P극	C극	저항치(Ω)	계산 저항율 (Ω-m)	비고
1차	2	1	3	64.50	810.1	
	4	2	6	57.60	1,446.9	
	6	3	9	53.30	2,008.3	
	10	5	15	34.50	2,166.6	
	30	15	45	26.90	5,068.0	

Wenner 4전극법의 배열에 전위 전극 P_1, P_2 1/2지점을 기준점으로 측정 거리 간

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

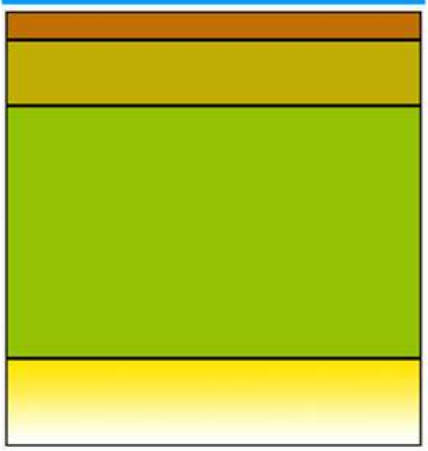
격(a)을 2 m로 측정하면 전위 전극 P_1은 기준점에서 1 m이고 전류 전극 C_2는 기준점에서 3 m로 간격을 유지하여 대지 저항을 측정하였을 때 저항치가 64.5 Ω이 측정되었다. 대지 저항률로 계산한 결과 810.1 Ω·m로 계산되었음을 보여주고 있고, 같은 방법으로 측정 거리 4, 6, 10, 30 m의 격을 유지하면서 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 결과로 측정 거리가 30 m로 하고 대지 저항을 측정했을 때 저항치는 26.9 Ω이고, 계산된 대지 저항률은 5,068 Ω·m을 보여 주고 있다.

라. 등가 토양 모델 분석과 등가 대지 저항분석

대지 저항률 계산이 끝나면 분석된 대지 저항을 대지 파라미터로 분석하기 위해 프로그램을 이용하여, 등가 토양 모델 분석과 등가 대지 고유저항분석을 한다. 여기서는 접지기술 프로그램을 이용하였다.

그림 3.3은 측정된 대지 저항을 입력하여 등가 토양 모델 분석과 등가 대지 고유저항을 분석한 모습을 보여주고 있다. 등가 토양 모델 분석을 위한 접지 시뮬레이션 시, 다층 대지 모델의 다양한 조건이 많이 고려되고 있지만 여기서는 수평 4층까지로 하였다. 지표면에서 1층 두께 1.259 m 이하는 대지 저항률 401.095 Ω·m, 심도 4.501 m 이하 2층 두께 3.242 m는 대지 저항률 3,310.437 Ω·m, 심도 17.33 m 이하 3층 두께 12.829 m는 대지 저항률 4,430.923 Ω·m이고, 심도 17.33 m 이후 4층 심층의 0으로 무한대를 표시하고 있고 대지 저항률이 1,228.823 Ω·m로 저항률이 떨어지고 있음을 알 수 있다. 등가 대지 저항 분석표에 의하여 등가심도의 등가 저항을 분석한다. 등가 고유저항 분석을 보면 등가심도 25 m 이후로 등가저항이 서서히 낮아지고 있음을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

층번호	전기 비저항 [Ohm-m]	층 두께 [m]	층상부까지 심도 [m]	층구조
1	401.095	1.259	0	
2	3310.437	3.242	1.259	
3	4430.923	12.829	4.501	
4	1228.823	0	17.33	

[등가 대지고유 저항]

등가 심도 [m]	0.75	2.55	5	10	15	20	25	30	35	40	45
등가 저항 [Ohm-m]	401	723	1182	1866	2312	2177	1886	1732	1636	1571	1524
등가 심도 [m]	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
등가 저항 [Ohm-m]	1488	1460	1438	1419	1403	1390	1379	1369	1361	1353	1346

※범례 : 실측자료 : 예측자료

그림 3.3 등가 대지 고유저항 분석

마. 겉보기 저항과 이론 비저항분석

등가 토양 모델 분석 및 등가 고유저항 분석이 끝나면 겉보기 저항과 이론 비저항 분석으로 이동한다. 그림 3.4는 겉보기 저항과 이론 비저항 비교를 나타내고 있고 전극 간격 2 m로 측정한 대지 저항 59.2 Ω이 겉보기 저항은 743.929 Ω·m, 이론 비저항은 774.394 Ω·m로 비슷함을 보여주고 있고, 4, 6, 10, 30 m의 전극 간격의 겉보기 저항과 이론 비저항도 비슷함을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

No	극 간격 [m]	측정 Potential [Ohm]	겉보기 비저항 [Ohm-m]	이론 비저항 [Ohm-m]
1	2	59.2	743.929	774.394
2	4	59	1482.832	1278.252
3	6	37.4	1409.947	1676.604
4	10	37.9	2381.327	2213.925
5	30	13.14	2476.832	2497.82

그림 3.4 겉보기 저항과 이론 비저항 비교

바. 등가 대지 저항 분석과 겉보기 저항과 이론 비저항 분석 판정

등가 대지 저항 분석과 겉보기 저항과 이론 비저항 비교 분석하여 접지설계 하는 심층대지 저항률 ρ 이 α(기준값)이상이면 고저항률 지역이라 대지 저항측정을 원점에서 다시 여러 번 측정하여 분석한다. 심층대지 저항률 ρ 값이 α 이하이면 다음 순서로 이동한다. 여기서는 심층대지 저항률 ρ 이 심도깊이 25 m에서 1,886 Ω·m로 α이상이므로 대지 저항 측정을 원점에서 다시 여러 번 측정 분석을 하였다. 여기서 대지 저항 반복 측정을 위한 α는 1,500 Ω·m 정도이다.

사. 시공방법 및 접지극 선정

시공 대지의 접지 저항률 분석이 완료되면 시공방법과 접지극을 선정해야 한다. 심층대지 저항률이 낮으면 일반접지로 설계할 수 있지만 심층대지 저항률이 높은

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

지역은 보링에 의한 접지방법을 병렬로 시공하는 효과적인 접지형태도 이용되고 있다.

아. 접지저항 접지극수 확보

고저항 지역의 요구하는 접지저항과 접지극의 수를 선정 하여야 하는데 여기서는 등가 고유저항에서 분석한 평균대지 저항률, 접지극과 접지극의 접지선 연결 길이, 접지극 연결하는 나동선인 매설지선 폭, 접지선 매설 깊이, 등가 고유저항 분석에 의한 적정한 위치의 등가심도인 심층 대지 저항률, 보링반경, 보링과 보링의 시공 간격을 정하여 상용프로그램을 이용하여 계산하고 프로그램에서 접지극 수를 조정하면서 설계에 요구하는 합성저항(R) 및 접지극 수를 확보한다.

자. 보정계수(N)

심층설계 대지 저항률 ρ 이 β(기준값) 이하 이면 보정계수를 적용하지 않고 접지설계를 종료하고, β 이상이면 접지설계 값과 실제 시공 값이 달라 설계 저항치(R)에 보정계수(N)를 적용하여야 설계의 오류를 피할 수 있으며 원하는 출력값(R_v) 을 도출할 수 있었다. 여기서 접지전극 위치의 심층 접지저항 β는 500 Ω·m 정도이다.

$$R_v = R \times N \tag{7}$$

여기서, R_v : 설계저항 [Ω]

R : 계산된 합성저항[Ω]

N : 보정계수[%]

차. 접지설계

보정계수를 적용해서 최종 요구 합성저항이 확보되면 심층 접지극 개수, 시공 길이, 매설 지선 폭, 접지선 연결 길이, 매설 깊이가 결정되어 고저항 지대의 접지설계가 이루어진다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

4. 사례 연구

해발이 높은 지역이나 산악지대는 대부분 고저항 지역이다. 본 장에서는 사례 연구로서 대표적인 현장으로 제주 동부지역의 A 현장의 접지설계 및 시공사례를 통하여 고저항 지대에서의 보정계수를 통한 설계방법의 사례를 제시한다.

4.1 지질구조 및 분석

제주도에는 용암분출로 인해 형성된 화산암과 화산폭발 때문에 형성된 화산 쇄설암이 있으며, 용암과 용암 사이에 퇴적암도 나타난다. 시추조사에 의하면 제주도 동부는 해수면 하부로 150 m까지, 서부 지역은 해수면 하부 50~70 m까지 현무암이 차지하고 있고, 그 밑으로는 미 고결 퇴적층(U층)이 더 깊은 곳에는 중생대 화강암과 용결응회암이 분포하고 있다. 그림 4.1은 제주지역 암석분포와 지질구조를 보여주고 있다[8].

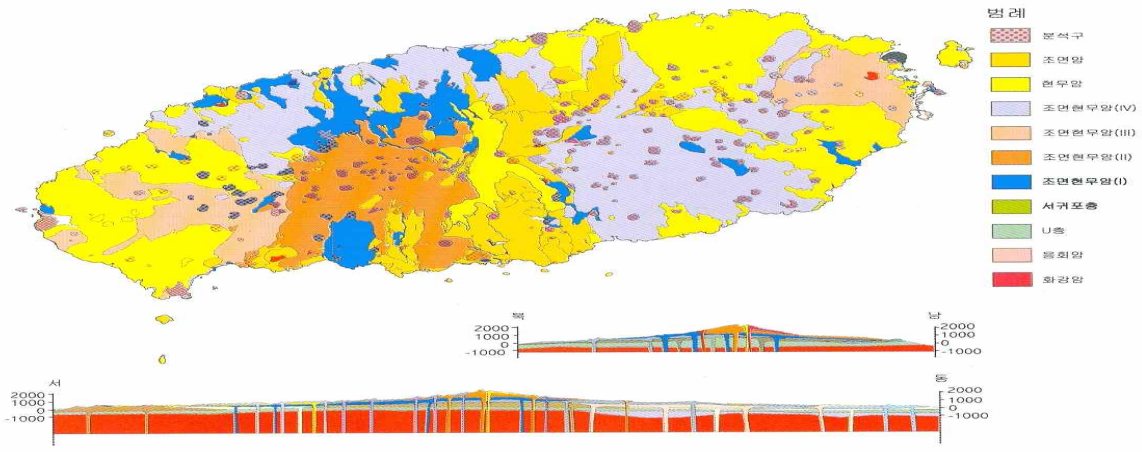


그림 4.1 제주지역 암석분포와 지질구조

그림 4.2는 실제 시공한 동부지역 A 현장의 지층구조를 보여준다.

부지 내의 4곳의 지층구조를 나타내고 있으며, 4곳 모두 표피층의 표토와 중간층 일부를 제외하고는 암반과 송이(일명 스코리아) 사층(모래층)으로 구성됨을 알 수

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

있고, 지층구조가 다양한 지대임을 보여주고 있다. 1, 2, 3, 4 총 4곳이 붙어있는 인근이지만 그림에서와 같이 지층구조가 일정하지 않고 다양함을 보여주고 있다.

동부지역 A현장 지층구조

공수	깊이	지질
1공	0-2M	표토
	2-5M	암반
	5-12M	점토
	12-19M	송이
	19-23M	점토
	23-30M	송이
2공	0-3M	표토
	3-6.5M	암반
	6.5-12.5M	점토
	12.5-28M	사력층
	28-30M	송이
3공	0-3M	표토
	3-7M	암반
	7-8M	송이
	8-12M	암반
	12-24M	점토
	24-30M	송이,자갈
4공	0-3M	표토
	3-9M	암반
	9-11M	송이
	11-28M	암반
	28-30M	송이

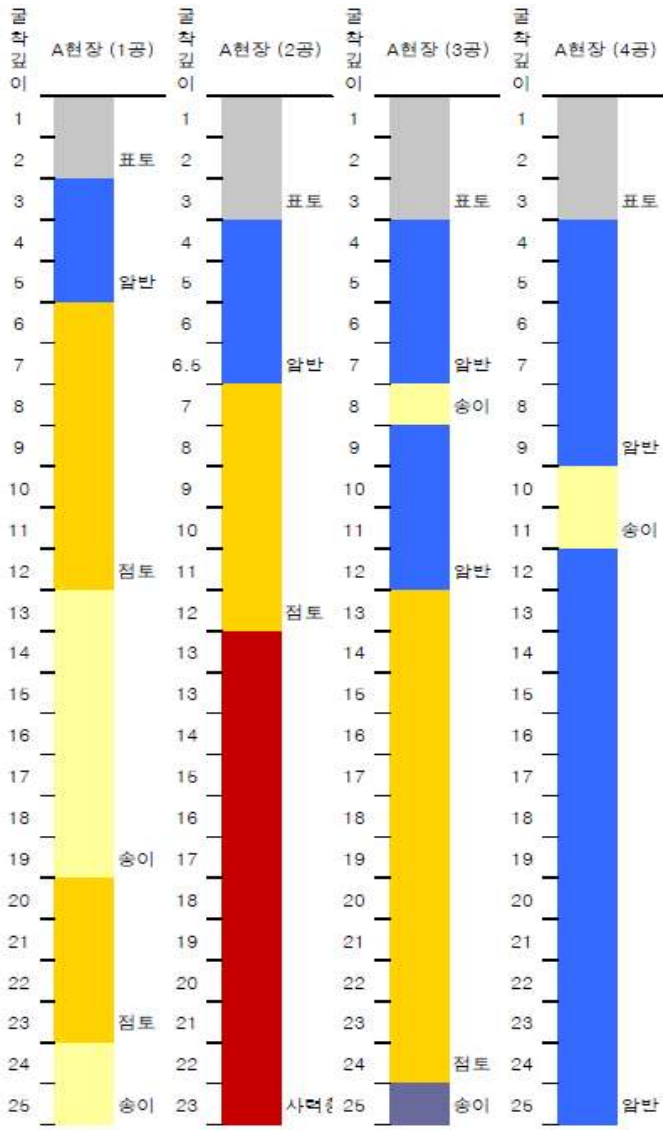


그림 4.2 동부 지역 A 현장의 지층구조

4.2 접지설계 및 시공사례

접지설계 장소가 결정되면 토지분석을 위하여 지층구조 파악과 대지 저항을 측정해서 대지 저항률을 계산하여야 하고, 대지 저항률이 높은 고저항 지역은 대지 저항을 여러 번 측정하여 적정한 접지설계 시공 장소를 선정하여야 한다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

4.2.1 대지 저항 측정 및 대지 저항률 계산

대지 저항 측정은 설계부지 내에서 Wenner 4 전극법을 이용하여 대지 저항을 측정하였다. 같은 부지에서도 여러 번 측정하였다. 여기서는 동부지역 A 현장 내의 심정 입구 오른쪽, 심정 입구 왼쪽, 연못 남쪽 세 군데 장소를 측정분석하였고 심정 입구 오른쪽의 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 값을 표 4.1에 나타내었다. 전위 전극 P_1, P_2 1/2지점을 기준점으로 측정 거리 간격 (a)을 0.5 m로 측정 하면 전위 전극 P_1은 기준점에서 0.25 m이고 전류 전극 C_2는 기준점에서 0.75 m로 간격을 유지하여 대지 저항을 측정하였을 때 저항치가 314 Ω이 측정되어 대지 저항률로 계산한 결과 986 Ω·m으로 계산되었음을 보여주고 있다. 같은 방법으로 측정 거리 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 m의 간격을 유지하면서 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 결과를 보여 주고 있다.

표 4.1 대지 저항률 측정표_ 심정입구 오른쪽

계 산 치	대지 저항율(Ω·m)=6.28*측정거리(m)*저항치(Ω)					
	TEST 결과					
횟 수	측정거리 (m)	P극	C극	저항치 (Ω)	계산 저항율 (Ω-m)	비고
심정입구R	0.5	0.25	0.75	314	986.0	
	1	0.5	1.5	183.4	1,151.8	
	2	1	3	146.9	1,845.1	
	3	1.5	4.5	122.8	2,313.6	
	5	2.5	7.5	84.5	2,653.3	
	7	3.5	10.5	74.5	3,275.0	
	10	5	15	65.4	4,107.1	
	15	7.5	22.5	48.7	4,587.5	
	20	10	30	42.3	5,312.9	
	25	12.5	37.5	32.8	5,149.6	
	30	15	45	29.4	5,539.0	

동부지역 A 현장 내의 심정 입구 왼쪽의 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 값을 표 4.2에 나타내었다. 전위 전극 P_1, P_2 1/2지점을 기준점으로 측정 거리 간격 (a)를 0.5 m로 측정하면 전위 전극 P_1은 기준점에서 0.25 m이고 전류 전극 C_2는 기준점에서 0.75 m로 간격을 유지하여 대지 저항을 측정 하였을 때 저항치가 778 Ω로 측정되며 대지 저항률로 계산한 결과는 2,442.9 Ω·m로 계산 되었음을 보여주고

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

있다. 같은 방법으로 측정 거리 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 m의 간격을 유지하면서 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 결과를 보여 주고 있다.

표 4.2 대지 저항률 측정표_ 심정입구 왼쪽

계 산 치	대지 저항율(Ω·m)=6.28*측정거리(m)*저항치(Ω)					
TEST 결과						
횟 수	측정거리 (m)	P극	C극	저항치 (Ω)	계산 저항율 (Ω-m)	비고
심정입구L	0.5	0.25	0.75	778	2,442.9	
	1	0.5	1.5	553	3,472.8	
	2	1	3	423	5,312.9	
	3	1.5	4.5	356	6,707.0	
	5	2.5	7.5	297	9,325.8	
	7	3.5	10.5	174.1	7,653.4	
	10	5	15	118.5	7,441.8	
	15	7.5	22.5	83.7	7,884.5	
	20	10	30	60.8	7,636.5	
	25	12.5	37.5	41.5	6,515.5	
	30	15	45	31.4	5,915.8	

동부지역 A 현장 내의 연못남쪽을 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 값을 표 4.3에 나타내었다. 전위 전극 P_1, P_2 1/2지점을 기준점으로 측정 거리 간격(a)을 0.5 m로 측정하면 전위 전극 P_1은 기준점에서 0.25 m이고, 전류전극 C_2는 기준점에서 0.75 m로 간격을 유지하여 대지 저항을 측정하였을 때, 저항치가 418 Ω로 측정되어 대지 저항률로 계산한 결과 1,312.5 Ω·m로 계산되었음을 보여주고 있다. 같은 방법으로 측정 거리 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30 m의 간격을 유지하면서 측정한 대지 저항을 대지 저항률로 계산한 결과를 보여 주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

표 4.3 대지 저항률 측정표_ 연못남쪽

계 산 치	대지 저항율(Ω·m)=6.28*측정거리(m)*저항치(Ω)					
TEST 결과						
횟 수	측정거리 (m)	P극	C극	저항치(Ω)	계산 저항율 (Ω-m)	비 고
연못 남쪽	0.5	0.25	0.75	418	1,312.5	
	1	0.5	1.5	305	1,915.4	
	2	1	3	159.9	2,008.3	
	3	1.5	4.5	122	2,298.5	
	5	2.5	7.5	137	4,301.8	
	7	3.5	10.5	103.6	4,554.3	
	10	5	15	82.4	5,174.7	
	15	7.5	22.5	69.5	6,546.9	
	20	10	30	51.3	6,443.3	
	25	12.5	37.5	34.7	5,447.9	
	30	15	45	27	5,086.8	

상기 대지 저항 측정표만 보아도 같은 부지 내에서 인접 지역인데도 계산된 저항률이 다른 모습을 보여주고 있다.

4.2.2 등가 토양 모델 분석 및 등가 대지 저항분석

등가심도란 다층구조의 대지를 등가의 균일한 토양의 깊이 대지로 나타내는 방법이고, 등가 저항 또한 다층구조의 대지의 등가의 균일한 토양의 대지에 저항을 등가 저항이라 하고 있다. 분석은 접지 기술지원 프로그램을 이용하였다.

그림 4.3은 동부지역 A 현장 심정 입구 오른쪽의 대지 저항률을 분석한 자료로, 4층의 지층구조를 보여주고 있다. 지표면에서 1층 두께 0.706 m 이하는 대지 저항률이 864.196 Ω·m, 심도 3.111 m 이하 2층 두께 2.406 m는 대지 저항률이 2,501.812 Ω.m, 심도 22.574 m 이하 3층 두께 19.463 m는 대지 저항률이 6.048.175 Ω·m, 심도 22.574 m 이후 4층 두께는 0으로 무한대를 표시하고 있고 대지 저항률이 6,425.472 Ω·m로 점점 높아지고 있음을 알 수 있다.

등가 대지 고유저항 분석을 보면 등가심도 8 m 이후로 등가 저항이 3,000 Ω·m 이상으로 등가심도가 깊을수록 등가저항이 높아지고 있음을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

[역산된 전기비저항 값]

층번호	전기 비저항 [Ohm-m]	층 두께 [m]	층상부까지 심도 [m]	층구조
1	864.196	0.706	0	
2	2501.812	2.406	0.706	
3	6048.175	19.463	3.111	
4	6425.472	0	22.574	

[등가 대지고유 저항]

등가 심도 [m]	0.75	2.55	1	2	3	4	5	6	7	8	9
등가 저항 [Ohm-m]	899	1641	1070	1499	1730	2077	2391	2659	2891	3092	3270
등가 심도 [m]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
등가 저항 [Ohm-m]	3427	4006	4375	4652	4876	5050	5189	5302	5397	5476	5545

※범례 : 실측자료 : 예측자료

그림 4.3 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽의 등가 저항분석

그림 4.4는 동부지역 A 현장 심정 입구 왼쪽의 대지 저항률을 분석한 자료로 4층의 지층구조를 보여주고 있다.

지표면에서 1층 두께 0.676 m 이하는 대지 저항률이 2,025.68 Ω·m, 심도 3.066 m 이하 2층 두께 2.39 m는 대지 저항률 13,635.689 Ω·m, 심도 23.909 m 이하 3층 두께 20.843 m 대지 저항률이 7,604.379 Ω·m, 심도 23.909 m 이후 4층 두께가 0로 무한대를 표시하고 있고 대지 저항률이 3,080.521 Ω·m로 저항률이 점점 높아지다가 낮아지고 있음을 알 수 있다. 등가 대지 고유저항 분석을 보면 등가심도 30 m 이후로 등가 저항이 서서히 낮아지고 있지만, 대지 저항률이 5,000 Ω·m 이상으로 높게 나타나고 있음을 알 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

[역산된 전기비저항 값]

층번호	전기 비저항 [Ohm-m]	층 두께 [m]	층상부까지 심도 [m]	층구조
1	2025.68	0.676	0	
2	13635.689	2.39	0.676	
3	7604.379	20.843	3.066	
4	3080.521	0	23.909	

[등가 대지고유 저항]

등가 심도 [m]	0.75	2.55	1	2	3	4	5	6	7	8	9
등가 저항 [Ohm-m]	2211	5412	2797	4642	5951	6331	6550	6705	6820	6909	6980
등가 심도 [m]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
등가 저항 [Ohm-m]	7038	7217	7310	6937	5739	5109	4721	4457	4266	4122	4009

※범례 : 실측자료 : 예측자료

그림 4.4 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽의 등가 저항분석

그림 4.5는 동부지역 A 현장 연못 남쪽의 대지 저항률을 분석한 자료로 4층의 지층구조를 보여주고 있다.

지표면에서 1층 두께 0.28 m 이하는 대지 저항률 1,022.582 Ω·m, 심도 2.674 m 이하 2층 두께 2.394 m는 대지 저항률이 1,918.29 Ω·m, 심도 12.73 m 이하 3층 두께 10.055m는 대지 저항률이 14,596.669 Ω·m, 심도 12.73 m 이후 4층 두께가 0로 무한대를 표시하고 있고, 대지 저항률이 1,618.772 Ω·m로 저항률이 심층부로 갈수록 낮아지고 있음을 알 수 있으며 등가대지 고유저항 분석을 보면 등가심도 20 m 이후로 등가저항이 서서히 낮아지고 있음을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

[역산된 전기비저항 값]

층번호	전기 비저항 [Ohm-m]	층 두께 [m]	층상부까지 심도 [m]	층구조
1	1022.582	0.28	0	
2	1918.29	2.394	0.28	
3	14596.669	10.055	2.674	
4	1618.772	0	12.73	

[등가 대지고유 저항]

등가 심도 [m]	0.75	2.55	1	2	3	4	5	6	7	8	9
등가 저항 [Ohm-m]	1446	1750	1540	1709	1943	2480	2974	3429	3850	4240	4603
등가 심도 [m]	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
등가 저항 [Ohm-m]	4941	4152	2984	2554	2329	2192	2099	2032	1981	1942	1910

※범례 : 실측자료 : 예측자료

그림 4.5 동부 지역 A 현장 연못 남쪽의 등가 저항분석

4.2.3 겉보기 저항과 이론 비저항분석

그림 4.6는 동부지역 A 현장 내의 심정 입구 오른쪽의 대지 저항률을 분석한 자료이며 겉보기 저항과 이론 비저항을 비교·분석한 ρ-α곡선과 3개의 지층구조를 보여주고 있다. 표피층에서 2.33 m 까지는 대지 저항률 1,583.9 Ω·m, 2.33 m에서 21 m 까지는 대지 저항률 7,919.5 Ω·m, 21 m에서 52.5 m 이하에서는 대지 저항률이 4,386.2 Ω·m로 나타나고 있고, 평균대지 저항률은 6367.41 Ω·m으로 높은 대지 저항률을 나타내고 있다.

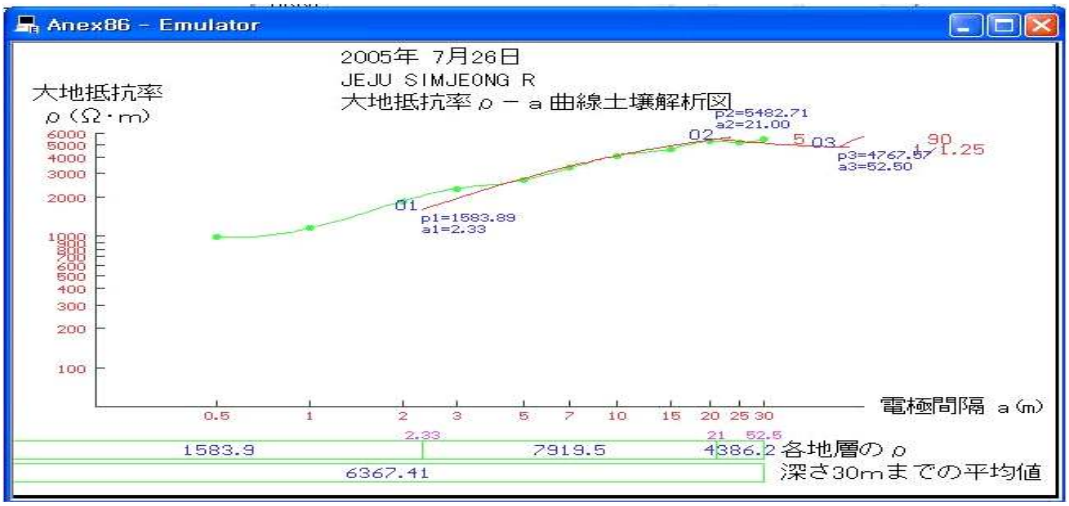


그림 4.6 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽 ρ-α곡선 분석

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

그림 4.7는 동부지역 A 현장 내의 심정 입구 왼쪽의 대지 저항률을 분석한 자료이며 겉보기 저항과 이론 비저항을 비교 분석한 ρ-α곡선과 3개의 지층구조를 보여주고 있다. 표피층에서 2.41 m 까지는 대지 저항률 8,749 Ω·m, 2.41 m에서 17.87 m까지는 대지 저항률이 6,999.2 Ω·m, 17.87 m에서 30 m 이하에서는 대지 저항률이 16,191.9 Ω·m로 나타내고 있고, 15 m 이하 평균대지 저항률은 7,280.36 Ω·m으로 높은 대지 저항률을 나타내고 있다.

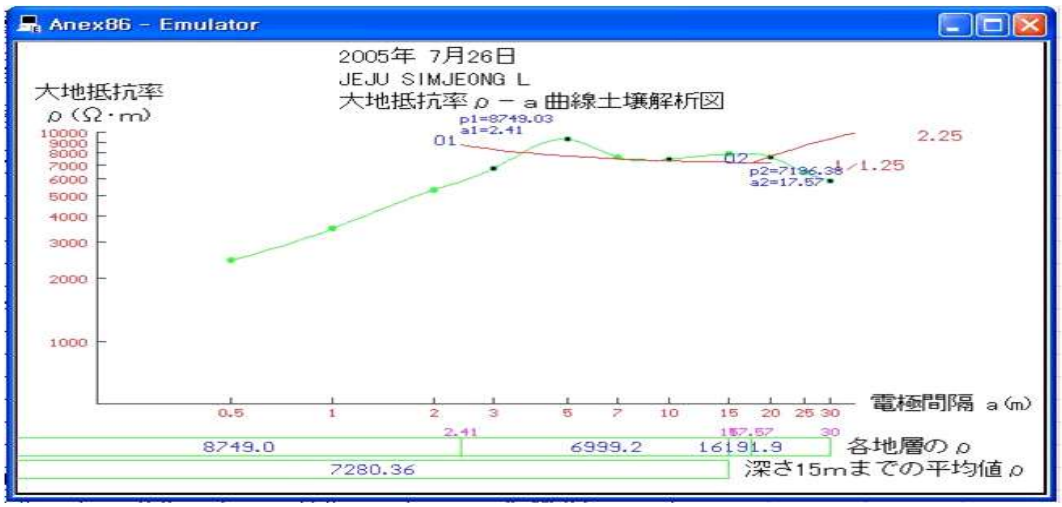


그림 4.7 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽 ρ-α곡선 분석

그림 4.8는 동부지역 A 현장 부지 내의 연못 남측의 대지 저항률을 분석한 자료이며 겉보기 저항과 이론 비저항을 비교 분석한 ρ-α곡선과 3개의 지층구조를 보여주고 있다. 표피층에서 2.11 m 까지는 대지 저항률 1,819.5 Ω·m, 2.11 m에서 14.74 m 까지는 대지 저항률 12,736.5 Ω·m, 14.74 m에서 30 m 이하에서는 대지 저항률 3,918.9 Ω·m로 나타내고 있고, 30 m 이하 평균대지 저항율은 7,483.48 Ω·m로 심층 저항률보다 평균대지 저항률이 높게 나타내고 있고 저항률이 서서히 낮아지고 있음을 알 수 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

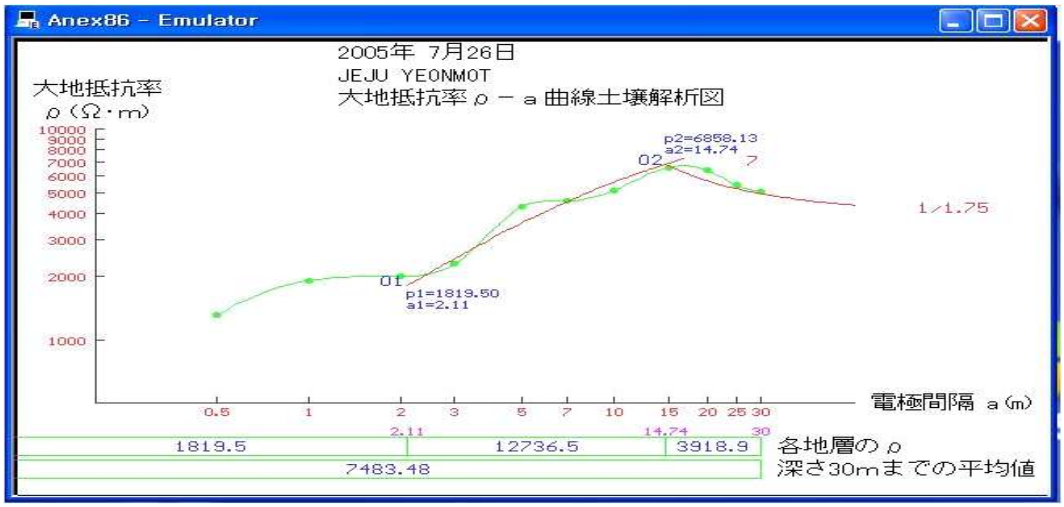


그림 4.8 동부 지역 A 현장 연못 남측 ρ-α곡선 분석

그림 4.9는 동부지역 A 현장 부지 내 심정 입구 오른쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 그래프로 겉보기 저항과 이론 비저항의 비슷한 향상을 보여주고 있고 극 간격이 멀어질수록 대지 저항률이 높아지고 있음을 보여주고 있다.

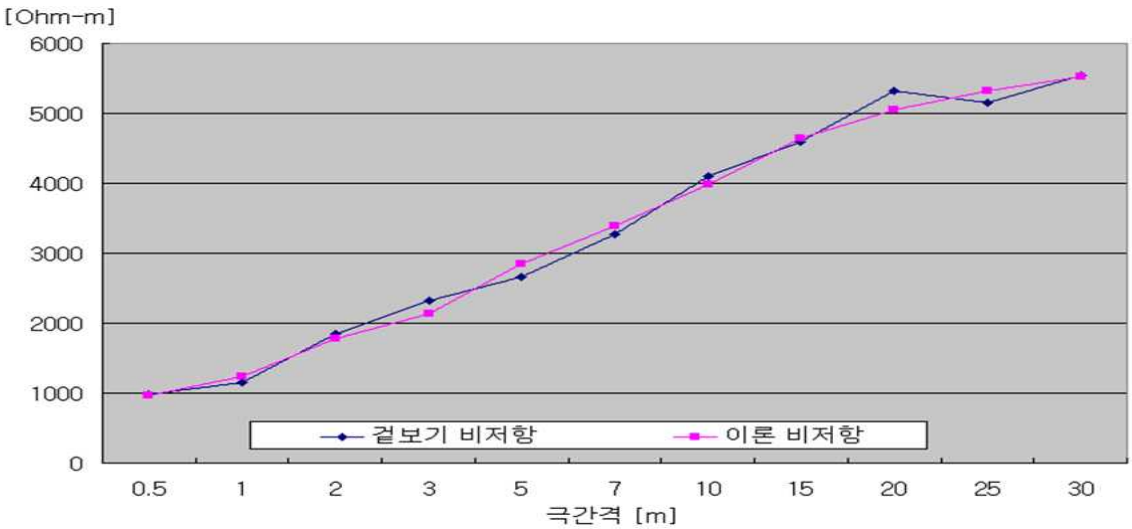


그림 4.9 동부 지역 A 현장 심정 입구 오른쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석

그림 4.10는 동부지역 A 현장 부지 내 심정 입구 왼쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 그래프로 심도 5 m에서 약간의 편차가 있으나 겉보기 저항과 이론 비저항의 비슷한 향상을 보여주고 있고 극 간격이 멀어질수록 대지 저항률이 서서히 낮아짐을 보여주고 있다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

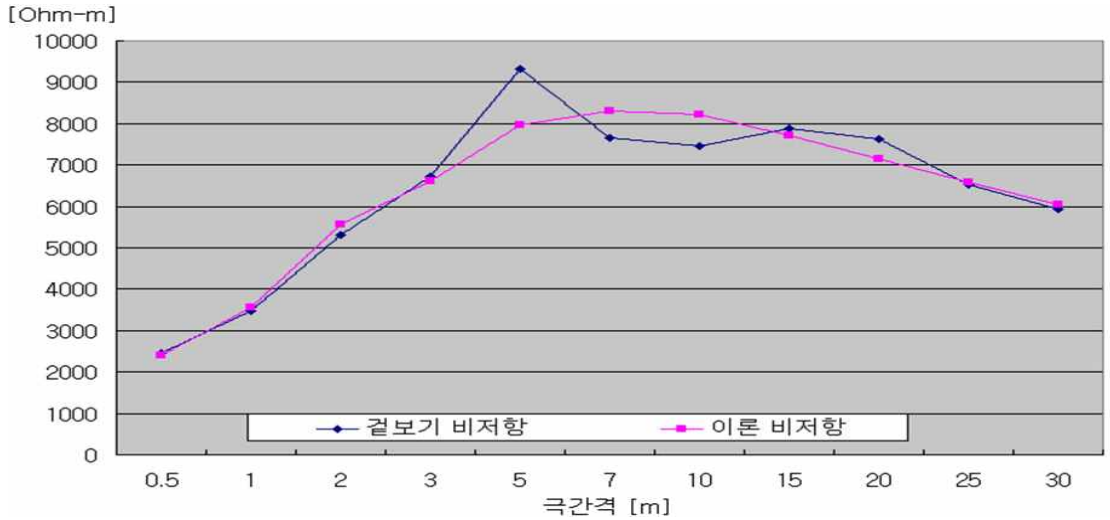


그림 4.10 동부 지역 A 현장 심정 입구 왼쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석

그림 4.11는 동부 지역 A 현장 부지 내 연못남쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 그래프로 겉보기 저항과 이론 비저항의 비슷한 향상을 보여주고 있고, 극 간격이 멀어 질수록 대지 저항률이 높다가 극 간격 23 m 이후로 낮아지고 있음을 보여주고 있다.

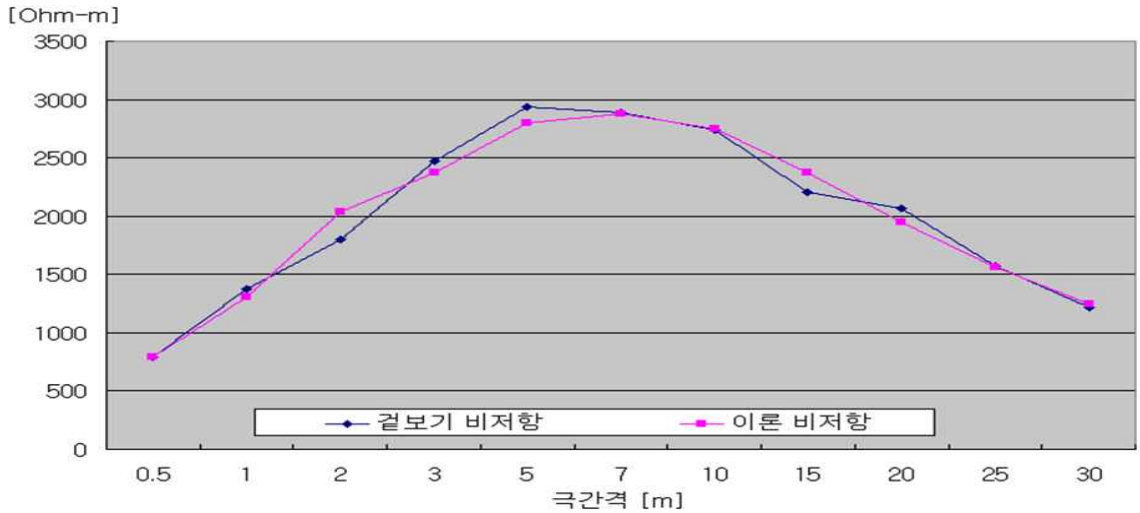


그림 4.11 동부 지역 A 현장 연못 남쪽 겉보기 저항과 이론 비저항 분석

4.2.4 등가 대지 저항 분석과 겉보기과 이론 비저항 비교 분석판정

동부 지역 A 현장은 현장 내 심정 입구 오른쪽 지역을 먼저 대지 저항 측정하여

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

분석한 결과 심층 대지 저항률 ρ 값이 α이상 이어서 원점에서 다시 대지 저항을 여러 번 측정하여 분석하였다.

같은 부지 내 인접 지역 3곳의 대지 저항을 측정 분석하였고, 심정입구 오른쪽은 대지 저항률이 심층부로 갈수록 계속 높아지는 경향을 나타내었다. 심정입구 왼쪽은 중간층에서 대지 저항률이 상당히 높았고, 깊은층 에서는 낮아지는 모습이었으나 ρ-α곡선 분석에서 불규칙한 형태를 나타 내었다.

상기와 같이, 같은 접지장소가 인접한 지역인데도 심층 대지 저항률이 다르게 나타나기 때문에, 접지설계 장소 선정이 어려웠지만 그 중에서도 심층부로 갈수록 저항률이 낮아지는 연못 남쪽을 선정하여 접지설계 장소로 정하였다.

4.2.5 접지시공 방법 및 접지극 선정

그림 4.4에서 그림 4.12까지 등가 고유 저항과 겉보기 저항과 이론 비저항, 평균 대지 저항률과 심층부 대지 저항률을 분석하여 심층 저항치가 낮은 연못 남측의 접지설계 위치를 정하였다. 연못 남쪽이 등가 고유저항 분석을 보면 20 m 이후로 심층 저항률이 서서히 감소하는 모습을 나타내었고, 심층저항률이 2,329 Ω·m로 다른 부지보다 낮아 설계깊이로 정하였다. 접지극은 6 m로 하여 설계하였으며 표피층에서 중간 층까지 대지 저항률이 높게 나타나 심도 0.75 m 이하 깊이의 심층저항률 1,446 Ω·m의 장소에 매설지선을 연결하는 시공방법을 사용하였다.

4.2.6 합성저항과 접지극 수 확보

시공 심도 깊이와 접지극을 선정하여 합성저항과 접지극수를 선정하였다. 심층 접지간 연결선 접지저항 확보를 위하여 평균대지 저항률, 접지선 연결 길이, 매설지선 폭, 매설지선 깊이에 의하여 저항을 확보하였다. 심층 접지저항(병렬접지저항)을 확보하기 위해선 심층부 대지 저항률, 심층 시공 깊이, 보링굴착 깊이, 시공 간격, 심층 접지극 1본의 접지저항에 의하여 심층 접지저항을 확보하고, 연결선과 심층 접지의 간섭현상의 저항확보는 평균대지 저항률, 접지간 연결선 접지저항, 심층 접지저항을 병렬식에 의하여 확보된다. 확보된 저항을 합성저항 식에 의하여 합성저항을 구하는데, 요구되는 합성저항에 가깝도록 심층 접지극 수를 늘리면서 합성저항과 접지극 수를 확보하였다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

4.2.7 심층대지 저항률과 접지전극 심층 저항 기준 값의 비교

합성저항과 접지극 수가 결정되고, 접지설계를 종료하여야 하는데, 심층대지 저항률 ρ 값이 β이상 높은 지역은 설계 값과 시공 값이 달라 합성저항에 보정계수를 적용하여 접지설계를 하였다. 동부지역 A 현장 연못남쪽 부지도 심층부 설계 시공 위치 저항률이 2,329 Ω·m로 높은 고저항 지역이라 보정계수를 적용하여 시공한 사례이다.

4.2.8 보정계수(N) 적용

보정계수는 측정값의 접지저항 확보를 위한 여유율을 의미한다.

동부지역 A 현장 연못 남쪽 부지는 심층 30 m의 대지 저항률이 2,329 Ω·m으로 높고 설계 시공부지도 여유가 있었지만, 상기 방법으로 시공한 결과 요구되는 접지저항이 5Ω 이하였는데 심층깊이 30m에 6m 접지극으로 21공을 병렬로 깊이 0.75m에 접지극을 연결 매설 하였을 때 4.9 Ω의 합성저항이 설계치가 확보되었다. 하지만 일정 기준 값 이상 고저항률 지대는 설계 치와 실제 시공치의 차이가 있어서 힘들었던 현장으로 설계 합성저항 값에 보정계수 30%를 적용하여 심층깊이 30 m에 6 m 접지극으로 29공을 병렬로 깊이 0.75 m에 접지극을 연결 매설하여 요구되는 접지저항 5 Ω을 확보할 수 있었던 결과이다.

4.2.9 접지설계

동부지역 A 현장과 같이 고저항 지역의 접지설계는 매우 어렵고 측정과 분석에 많은 관심을 가져야만 요구되는 근사치에 도달할 수 있었으며 접지설계를 할 수 있었다. 현장의 설계 내용을 보면 0.06 m의 반경으로 굴착하여 30 m의 깊이에 6 m 접지극을 29공 시공하고 접지극과 접지극의 시공 간격을 30 m를 유지하여 접지선 100 ㎟로 0.75 m의 깊이에 접지극과 접지극을 연결 매설하여 접지설계를 완성하였다.

4.2.10 설계시공 사례

표 4.4는 고저항지역의 접지설계 방법으로 설계 시공한 실제 현장사례를 보여주고 있으며, 심층대지 저항률이 높은 경우에는 보정계수를 적용하여 요구한 접지저항을 확보를 하였고, 심층대지 저항률이 낮은 경우에는 보정계수를 적용하지 않고

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

시공한 사례이다.

표 4.4에서 A 현장인 제주시 위치는 평균대지 저항률이 4,244 Ω·m이고 심층대지 저항률이 2,869 Ω·m로 심층이 매우 높은 고저항 지역이라서 접지설계 시공이 어려웠다. 하지만 설계치 합성저항 값에 보정계수 35%를 적용하고 넓은 부지에 시공 간격을 충분히하여 접지극과 접지극을 연결하였고 지표면 표토를 최대한 활용하여 요구 저항 값을 확보한 사례이다.

E 현장은 평균대지 저항률이 2,180 Ω·m이고 심층대지 저항률이 1,791 Ω·m로 심층대지 저항률이 A 현장보다 낮은 편이나 설계부지가 협소하여 요구한 접지저항 확보가 힘들었다. 하지만 합성저항에 보정개수를 35% 적용 하고 접지극 개수를 늘려 요구하는 저항 값을 확보한 사례이다.

O 현장인 법환동 위치는 평균대지 저항률이 30,813 Ω·m이고 심층대지 저항률이 477 Ω·m로 중간층이 저항률 높아 평균대지 저항률이 높았었는데 심층부에서 대지 저항률이 낮고 설계부지도 여유가 있어서 보정계수를 적용하지 않고 요구하는 저항 값을 확보한 사례이다. 그 외에 다른 현장도 심층 저항률이 높은 지역은 보정계수를 적용하여 시공한 사례이다.

표 4.4. 설계시공 사례

명칭	위치	평균 저항률(ρ)	심층 저항률(ρ)	보정할증(%)	적용유무
A 현장	제주시	4,244	2,869	35%	0
B 현장	조천읍	4,297	2,805	35%	0
C 현장	구좌읍	3,649	2,112	30%	0
D 현장	표선면	2,269	1,886	30%	0
E 현장	제주시	2,180	1,791	35%	0
F 현장	서귀포시	2,614	1,523	25%	0
G 현장	한림읍	1,202	1,194	25%	0
H 현장	제주시	1,121	754	20%	0
I 현장	제주시	1,323	744	30%	0
K 현장	구좌읍	1,543	606	30%	0
L 현장	서귀포시	745	579	30%	0
M 현장	한림읍	738	518	35%	0
N 현장	표선면	4,644	279	0%	x
O 현장	법환동	30,813	477	0%	x
P 현장	서귀포시	1,056	381	0%	x

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

4.3 결과 및 고찰

제주 동부지역 A 현장은 여러 접지방법으로 접지설계 시공하였으나 실패를 하여 어려움이 많았던 현장이다. 본 논문에서는 설계 대상 부지에 대지 저항을 측정하여 대지 저항률로 계산한 결과 계산된 대지 저항률이 높아 여러 장소의 대지 저항률 확보를 위한 대지 저항 측정을 하였으며, 대지 저항률이 타 장소보다 낮은 세 군데 장소를 선정 분석하였다. 분석한 결과 심정 입구 오른쪽은 심층 4 m에서 등가저항이 2,000 Ω·m 이상으로 깊이 갈수록 저항률이 계속 높아지는 모습을 나타내었고, 심정 입구 왼쪽은 심층 1 m에서 등가 저항이 2,000 Ω·m 이상으로, 깊이 갈수록 저항률이 높고 심층 40 m 이후로 등가 저항이 4,000 Ω·m 이하로, 조금씩 감소하고 있지만 대체로 저항률이 높았다. 연못 남쪽은 심층 4 m에서 등가 저항이 2,000 Ω·m 이상으로 깊을수록 높아지다가 심층 20 m 이후로 계속 감소하는 모습을 나타내었다.

심정 입구 오른쪽 ρ-α곡선 분석도 비슷한 모습을 나타내었고, 심층 30 m까지 평균저항률은 6,367 Ω·m이었다. 심정 입구 왼쪽 분석은 ρ-α곡선이 일정 부분에서 불규칙하게 나타났으며, 심층 15 m까지 평균저항률도 7,280 Ω.m으로 높게 나타났다. 연못 남쪽은 ρ-α곡선 분석이 비슷한 모습을 나타내었고 심층 30 m까지 평균저항률은 7,483 Ω·m으로 분석되었다. 세 곳을 심층 분석한 결과 심층부로 갈수록 대지 저항률이 감소하는 연못 남쪽을 접지설계 위치로 선정하였다. 연못 남쪽도 심층부 대지 저항률이 2,000 Ω·m 이상으로 높은 지역이였지만, 타 장소 보다 접지설계위치가 적당하여 선정하였지만, 연못 남쪽이 심층대지 저항률 ρ Ω·m 값이 β보다 높아 실제 시공 치와 설계 치에 차이가 있어서 설계 합성저항에 보정계수를 적용하여 시공한 사례이다.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

5. 결 론

고저항 지역은 접지설계가 어려워 접지설계 시 현장 상황을 정확히 파악하지 않고 설계가 이루어지는 현장도 있어서 시공 시 많은 문제가 발생하기도 한다. 그밖에 다른 현장 설계에서도 심고대지 저항률이 높은 지역은 접지설계가 어려워 합성저항 값에 보정계수를 적용 설계하여야 접지저항을 확보할 수 있었다.

이처럼 고저항 지역은 접지설계가 어려울 뿐만 아니라 설계가 이루어져서도 문제가 많이 발생하고 있다. 심층대지 저항률 값이 1,500 Ω·m정도 이상은 대지저항을 여러 번 측정하여 분석을 하여야 하고 분석된 설계 심층대지 저항률 값이

500 Ω·m정도 이상은 합성저항에 보정계수를 적용하여야만 요구하는 조건의 접지설계를 할 수 있을 것으로 생각한다.

본 논문은 접지저항 확보가 어려운 고저항 지역의 접지설계를 위한 것으로 같은 부지 내에서 여러번 저항을 측정하고 접지분석 프로그램에 의하여 요구하는 접지값을 확보를 위한 설계방법으로 심층대지 저항률이 높은 지역은 접지저항 분석 값에 보정계수를 꼭 적용하여야 접지설계의 오류를 범하지 않는다는 것을 보여주고 있으며, 접지설계에 표본이 되었으면 하는 바람이다.

고저항 지역의 접지설계 시 중요사항은 다음과 같다.

(1) 접지설계 부지의 여러 번 대지 저항측정

(2) 접지설계 부지의 등가대지 고유저항분석

(3) 심층대지 저항률이 높은 부지는 합성 저항치에 보정계수적용

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

참 고 문 헌

[1] 정종욱,高僑健彦 접지. 등전위 본딩 설계실무지식 성안당 2004.

[2] 이창원박사가 참고하는 서적 및 논문 log.naver.com/jangweon02/220391585095 2015.

[3] 이성우 접지 시스템기획 기다리 2003.

[4] 조영철 접지전극의 접지저항 보정계산과 경제성평가에 대한연구 2018.

[5] (주)신원전기 전력설비 안정운영을 위한 코아링 접지공법의 접지저항기술개발 2006.

[6] 이규성 통신접지시설 도서출판 진한도서 2001.

[7] 木島 均 접지와 뇌방호 동일출판사 2001.

[8] 高橋健彦 접지설계입문 동일출판사 1999.

[9] 전기설비설계연구회 전기설비설계 청문각 1985.

[10] 이성우 지락보호시스템 기다리 2003.

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

감사의 글

배움의 배고픔은 끝이 없는 것일까 생각이 들면서 만학도 임에도 본 논문의 결과가 나오자 묘한 느낌이 듭니다.

산업대학원 공백 기간도 길어서 포기하려고 하였는데도 끝까지 이끌어 논문의 결실을 있게 해주신 김세호 교수님께 깊은 감사를 드리며 잊지 못할 것입니다.

또한 학부생활과 산업대학원 입문을 조원해주시고 물심양면으로 지도해주신 좌종근 교수님과 오성보 교수님께도 진심으로 감사의 말씀을 전하고 싶고 산학연 연구에서 대학생활까지 많은 격려와 가르침을 주신 공과대학장 이신 김일환 교수님과 이개명 교수님, 김호찬 교수님께도 감사드리고, 진영규 교수님과 김호민 교수님께도 고맙다는 말씀을 드립니다.

논문이 완성되기 까지 정리를 도와주신 SK D&D 명호산 과장과 두산 이창우 팀장, 계통연구실 양군호 에게 고마움을 전합니다.

아울러 만학에 시작한 학부생활과 산업대학원 생활을 헌신적인 내조와 뒷바라지를 하여준 아내 양순희 와 나의 딸 연숙, 명희 그리고 아들 의진 에게도 사랑한다고 말하고 싶고, 그동안 저를 아끼고 사랑해주신 모든 분들께 다시 한 번 감사의 인사를 드리면서 인사를 마치고자 합니다.

2020년 8월

고 영 수 올림

제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY