

10.접지설계 계산서

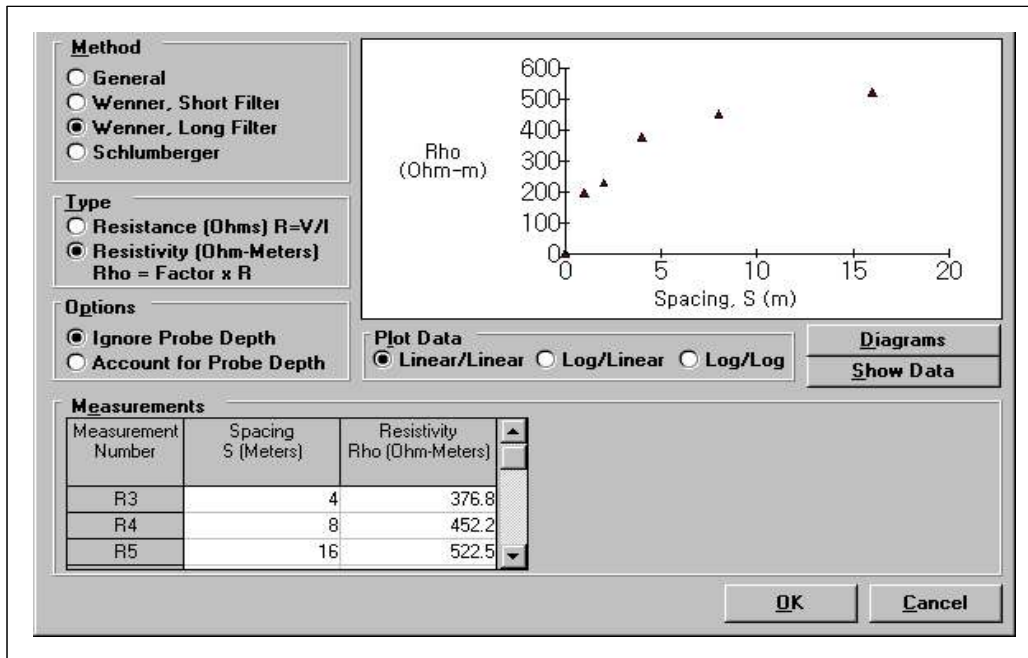
1) 대지저항률의 분석

① 잠실역 지하상가 개보수 공사 현장부지 측정

SES社의 CDEGS(Current Distribution, Electromagnetic interference, Grounding & Soil structure analysis)을 이용한 대지저항률 분석이다. 4-점 웨너법(4-Point Wenner Method)에 의해 측정된 대지저항률 데이터를 이용하여 현장의 지질구조 및 대지 특성을 분석하기 위해 컴퓨터분석 프로그램에 입력한다.

1> 측정치 입력

대지저항률 측정치 입력	<p>RESAP</p> <p>TEXT, 잠실역 지하상가 개보수 공사 현장부지 TEXT, 대지저항률 분석 TEXT, 2005.05.02(월)</p> <p>OPTIONS UNITS, METRIC RUN-IDENTIFICATION, TYJSA PRINTOUT, DETAILED MEASUREMENTS, RESISTIVITY METHOD, WENNER</p> <p>RESULTS, 1, 197.8 RESULTS, 2, 228.6 RESULTS, 4, 376.8 RESULTS, 8, 452.2 RESULTS, 16, 522.5</p>
-----------------	--

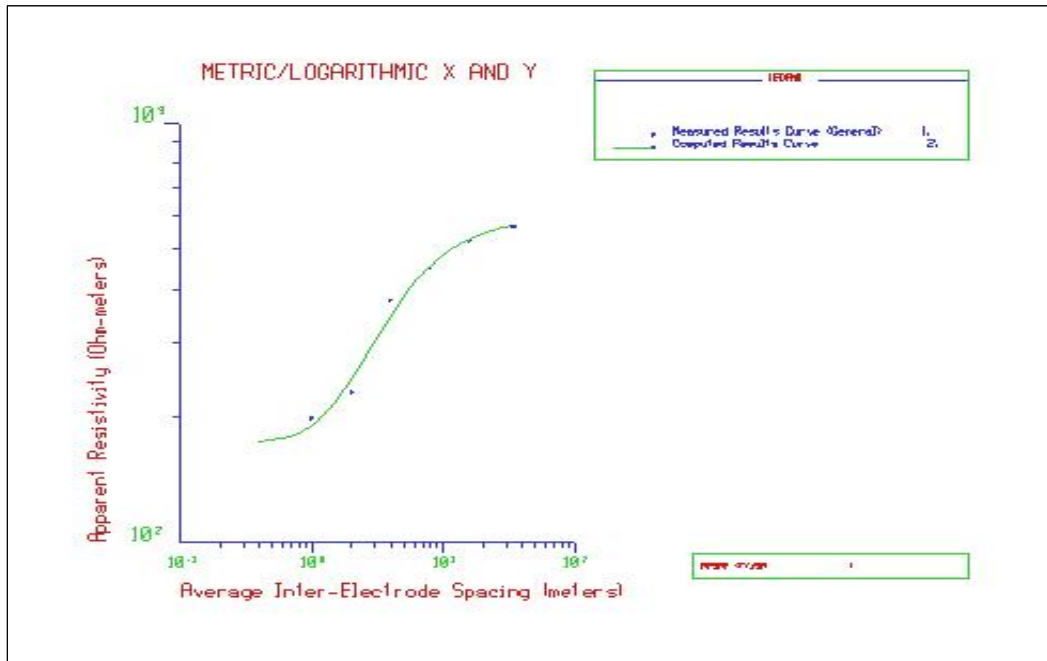


[그림] 측정 대지저항률의 입력

2> 대지저항률 분석 결과

대지저항률 분석치	===== < RESISTIVITY (SYSTEM INFORMATION SUMMARY) > =====			
	Run ID.....: TYJSA System of Units: Meters Soil Type Selected.....: Multi-Layer Horizontal RMS error between measured and calculated...: 5.19282 in percent resistivities (Note RMS=SQRT(average(Di**2))).			
	<--- LAYER CHARACTERISTICS --->			
	Layer Number	Resistivity (ohm-m)	Thickness (Meters)	Reflection Coefficient (p.u.)
				Resistivity Contrast Ratio
	1	infinite	infinite	0.0
	2	172.2577	1.407529	-1.0000
	3	583.3395	infinite	0.54405

대지저항률 분석 결과		대지저항률 (Ω-m)	지층두께 (m)	비고
	상지층	172.2577	1.407529	
	하지층	583.3395	∞	



[그림] 측정 대지저항률의 특성 그래프

1. 대지저항률 측정

1) 대지저항률 측정법{4-점웨너법(Wenner 4-Point Method)}

① 측정원리 및 계산식

대지저항률 측정은 4개의 같은 크기를 갖는 금속탐침(Test Probe)을 같은 거리 간격으로 대지에 박아서 측

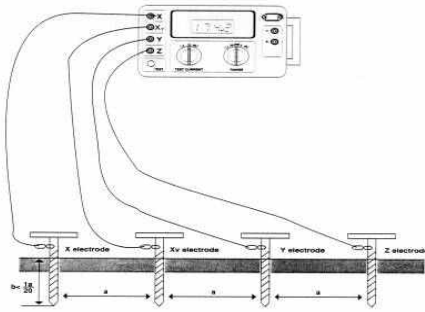
정하며, 측정을 위한 연결 방법은 다음과 같다.

[그림 1]에서 바깥쪽 탐침(X, Z)은 전류회로이고, 내부쪽 탐침(Xv, Y)은 전원회로이다.

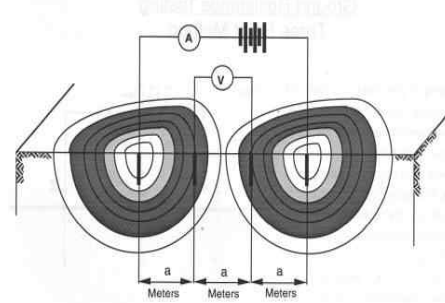
- 1> 외부 2개의 탐침에 직류전원과 전류미터를 연결
- 2> 내부 2개의 탐침에는 전위차 측정을 위한 전압계를 함께 연결

이러한 2개의 전압계 및 전류계로 얻어진 측정값은 식 $R=E/I$ 로부터 계산된 대지저항(R)을 얻게 된다.

이때 전류는 [그림 2]에 나타난 바와 같이 탐침으로부터 등심원을 그리며 토지를 통하여 흐르게 되며 각각 토양의 영향범위(Shell)에서 탐침 간의 거리 “a” 를 조절함으로써 효율적인 측정값을 얻을 수 있다.



[그림 1] 탐침간의 구성도



[그림 2] 탐침 간의 대지전류전계구

② 대지저항률 계산

[그림 2]로부터 알 수 있듯이 저항률은 대지 내 전류의 영향 범위인 전계반구 표면적의 함수로서 이러한 2개의 반구 사이를 흐르는 전류에 의해 저항값은 $R=\rho \iota /S$ 로 표시할 수 있다. 여기서 ι 은 2개의 대지전계구 사이로 흐른 전류의 평균거리이며, S는 반경 a를 갖는 반구의 표면적($S=2\pi a^2$)이다.

따라서 대지저항 R과 대지저항률 ρ 는
$$R = \frac{\rho \iota}{2\pi a^2}, \quad \rho = \frac{2\pi a^2 R}{\iota}$$

위의 두 식을 이용하여 ι 과 ρ 를 구할 수 있다. 이때, 두 식으로부터 ι 를 구하면,

$$\iota = \left(a + \frac{2a^2}{\sqrt{a^2 + 4d^2}} - \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + d^2}} \right) \div 2$$

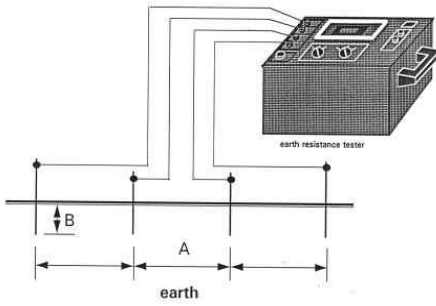
대지저항률 ρ 는 다음과 같다.

$$\rho = \frac{4\pi a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4d^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + d^2}}} \quad (\text{단, } d=4\text{개의 금속탐침길이, } R=\text{측정장비로부터 읽은 저항치})$$

만일, $a \gg 20d$ 라면, 대지저항률은 $\rho = 2\pi a R$, $\rho = 6.28aR$ (단, 대지저항률의 단위는 $\Omega\text{-m}$)

③ 장비에 의한 4-Point 측정분석법

측정기장비를 이용하여 대지저항률의 측정회로를 구성하면 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 대지저항률 측정구성도



[그림 4] 대지저항률 측정기

구성도로부터 탐침간의 이격거리와 탐침의 깊이 등으로부터 대지저항률의 계산식을 유도한다.

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}} \quad (\text{단, } \rho = \text{대지저항률, } A = \text{탐침간격, } B = \text{탐침의 깊이, } R = \text{장비의 측정저항치})$$

만일, $a \geq 20B$ 라면, 앞에서 얻은 식과 동일한 결과식이 된다.

$$\rho = 2\pi AR, \quad \rho = 6.28AR [\Omega \cdot \text{m}]$$

따라서, 대지저항률은 상수 6.28(2π), 탐침간의 간격(A), 탐침의 깊이(B), 그리고 측정된 대지저항(R)으로부터 구할 수 있다.

④ 측정절차

- ㉠ 4개의 탐침을 대지에 일렬로 같은 간격으로 박는다.
 - ㉡ X와 Xv(C1과 P1) 사이에 연결된 금속판이 있으면 서로 분리시킨다.
 - ㉢ 도선을 이용하여 측정기의 4단자 X, Xv, Y, Z(C1, P1, P2, C2)를 [그림 3]와 같이 측정 탐침에 연결한다.
 - ㉣ 좌측 하단의 Test 단추를 누른 상태에서 측정기의 LCD판에 표시된 값을 읽는다. 이때 값의 변화가 심하거나 표시되는 값이 없다면 각 단자와 탐침간의 연결을 다시 한번 확인한 후 전류계의 선택 범위를 바꾸어 보며 다시 측정한다.
 - ㉤ 측정 탐침의 거리를 표와 같이 바꾸어가며 ㉢, ㉣와 같은 방법으로 측정한 후 측정표에 기록한다.
 - ㉥ 대지저항률은 측정 기록된 저항값을 아래의 식에 대입하여 얻는다.
 $\rho = 2\pi AR = 6.28 \times A \times R \text{ } \Omega\text{-m ; meter 단위}$
 (6.28 : 상수, R : 측정기로부터 읽은 대지저항, A : 탐침간의 거리)
 - ㉦ 측정하고자하는 장소의 위치 및 방향을 달리하여 ㉢ ~ ㉥을 반복하여 측정한다.
- [표 2]는 대지 속의 측정 깊이를 나타낸다.

[표 2] 대지저항률의 측정 깊이

측정된 토양의 깊이(m)	측정 탐침 간의 간격(m)
2	1
4	2
8	4
16	8
24	12
32	16

대지저항률 측정표

측정일자	2005년 04월 30일 토요일
측정장소	잠실역 지하상가 개보수 공사 현장부지
Project	잠실역 지하상가 개보수 공사
기상상태	맑음
측정방법	4-점 Wenner 법(4-Point Wenner Method --- NEC, IEEE 규정)
측정장비	AEMC4500
계산법	대지저항률($\Omega \cdot m$) = 6.28 X 측정거리(m) X 저항값(Ω)

TEST 결과

위치	측정거리(m)	저항값(Ω)	계산 대지저항률($\Omega \cdot m$)
첫 번째 장소	1	31.5	197.8
	2	18.2	228.6
	4	15	376.8
	8	9	452.2
	16	5.2	522.5

비 고

대지저항률의 측정 사진

1. 잠실역 지하상가 개보수 공사 현장부지 대지저항률 측정

① 측정사진



② 측정사진



1. 접지 설계사양

1.1 전력접지 - 요구접지저항 : 5Ω 이하

구 분	내 용	비 고
접지분류	개별접지	
접지면적	-	
대지저항율	172.2Ω-m / 583.3Ω-m, 1.4m 깊이	
접지봉 모델	DAD 방사형 직선봉 9m, 직선봉 9m(Kp509m)	
지반천공	30m	
접지봉 수량	2 Sets	
접지망 포설면적	30m간격	
접지망 포설길이	30m	
구조체 접지	-	
접지봉 위치	건물 밑	
요구접지저항	5Ω 이하	
계산된 접지저항	4.9Ω	
접지시공 결과 제출	<ul style="list-style-type: none"> - 측정 Report 제출 · 접지 시스템 설치 도면 · 접지 시스템 기능 분석 · 접지 측정 값 	

1.2 통신접지 - 요구접지저항 : 5Ω 이하

구 분	내 용	비 고
접지분류	개별접지	
접지면적	-	
대지저항율	172.2Ω-m / 583.3Ω-m, 1.4m 깊이	
접지봉 모델	DAD 방사형 직선봉 9m, 직선봉 9m(Kp509m)	
지반천공	30m	
접지봉 수량	2 Sets	
접지망 포설면적	30m간격	
접지망 포설길이	30m	
구조체 접지	-	
접지봉 위치	건물 밑	
요구접지저항	5Ω 이하	
계산된 접지저항	4.9Ω	
접지시공 결과 제출	<ul style="list-style-type: none"> - 측정 Report 제출 · 접지 시스템 설치 도면 · 접지 시스템 기능 분석 · 접지 측정 값 	

2. 접지 계산

2.1.1 접지 계산데이터 -- 전력접지(요구접지저항:5Ω 이하)

DATE OF RUN (Start)= DAY 3 / Month 5 / Year 2005 -- 설계 일 월 년
STARTING TIME= 18:56:37:57 -- 설계시간

===== < G R O U N D I N G (SYSTEM INFORMATION SUMMARY) > =====

Run ID.....: TYJS1 -- 설계 I.D
System of Units: Metric -- 시스템의 단위는 미터
Earth Potential Calculations.....: None -- 전체접지시스템의 대지전위 계산
Mutual Resistance Calculations.....: NO -- 타 접지시스템간의 상호저항의 계산은 안함
Type of Electrodes Considered.....: Main Electrode ONLY -- 주접지전극(하나의 접지 시스템)
Soil Type Selected.....: Multi-Layer Horizontal -- 지질구조는 단일지층으로 설계반영
SPLITS/FCDIST Scaling Factor.....: 1.0000 -- 대지저항률의 지층분석

MULTI-LAYER EARTH CHARACTERISTICS USED BY PROGRAM -- 대지 저항률의 지층분석

Common layer height : 1.40000 METERS -- 대지의 통상 지층의 두께

LAYER No.	TYPE	REFLECTION COEFFICIENT	RESISTIVITY (ohm-meter)	HEIGHT METERS	
1	Air	0.00000	0.100000E+11	0.100000E+11	-- 대기층의 저항률
2	Soil	-1.00000	172.200	1.40000	-- 상지층 저항률
3	Soil	0.544143	583.300	0.100000E+11	-- 하지층 저항률

* 반사율 : 대지는 여러 지층으로 구성되어 있다.

상지층, 하지층 중 어떤 지층이 좋은지를 분석해서 효율적이고, 경제적으로 설계하기 위해서 반사율을 적용

CONFIGURATION OF MAIN ELECTRODE

Original Electrical Current Flowing In Electrode..: 1000.0 amperes -- 최초 설계된 접지전극에 1000 amperes의 전류를 흘려보냄

Current Scaling Factor (SPLITS/FCDIST/specified)..: 1.0000 -- 전류의 기준 계수

Adjusted Electrical Current Flowing In Electrode..: 1000.0 amperes -- 전극에 유입되는 전류

Number of Conductors in Electrode.....: 3 -- 전극 도체의 수

Resistance of Electrode System.....: 4.9352 ohms -- 접지저항치

SUBDIVISION

Grand Total of Conductors After Subdivision.: 5 -- 총 도체를 5등분으로 세분화해서 각각의 값(저항) 들을 계산해서 합한값이 접지시스템의 접지저항이다.

Total Current Flowing In Main Electrode.....: 1000.0 amperes -- 주전극에 흐르는 시스템의 접지저항이다.

Average Current Density of Conductor Segments: 11.111 amperes /meter -- 도체전극의 평균전류밀도(미터당)

Total Buried Length of Main Electrode.....: 90.000 meters -- 주접지전극의 총 길이

EARTH POTENTIAL COMPUTATIONS

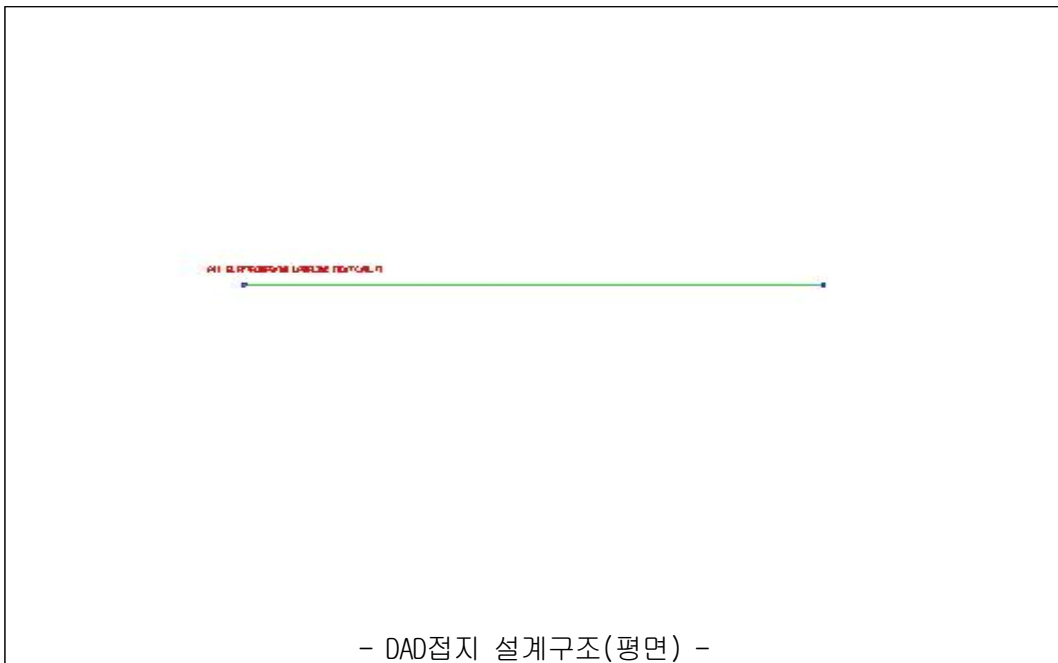
Main Electrode Potential Rise (GPR).....: 4935.2 volts -- 전극시스템에 1,000 amperes가 유입되면 접지 시스템의 전압이 4,935.2 volts가 되고 어느 지점까지 가면 대지 전위와 같은 "0" 전위가 되는 지점이 존재한다. 4,935.2 volts와 "0" volts 두기준점에 대한 접지 시스템의 상승 전위를 말함.

(based on two representative points) -- 2차원의 전압부분 그래프 특성을 나타낸다.

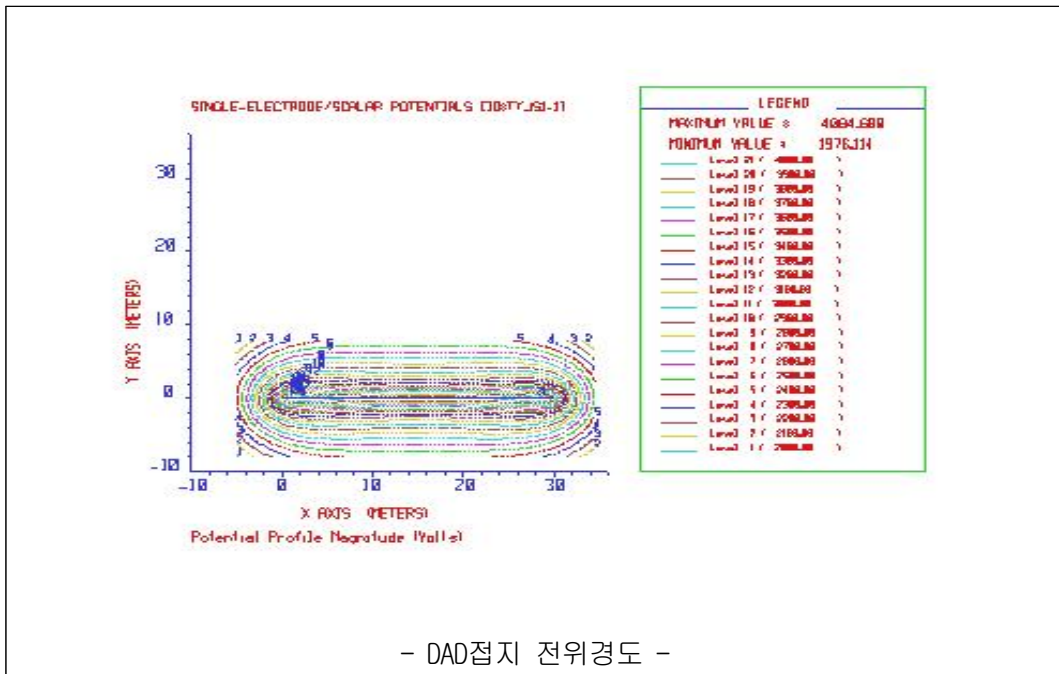
2.1.2 접지 설계사양 -- 전력접지(요구접지저항 : 5Ω 이하)



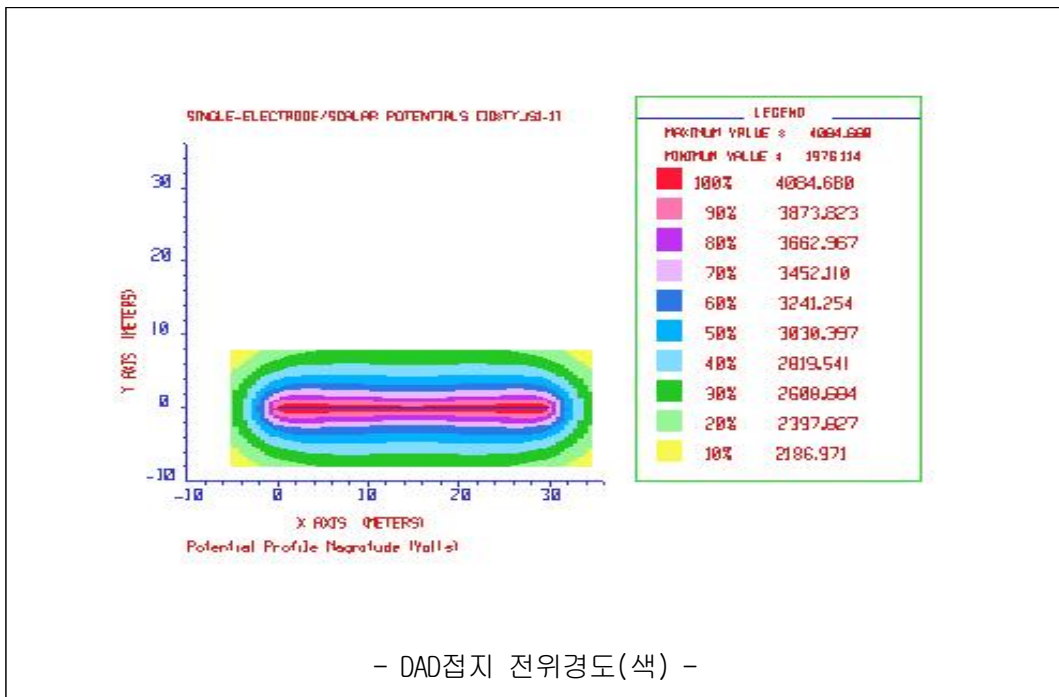
- 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉 + 방사망 포함) 9m(30m 천공후) x 1set + 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉) 9m(30m 천공후) x 1set + MESH(30m간격)
- 설계구조 3차원 설계구조를 나타냄(X축, Y축은 거리 / Z축은 깊이).



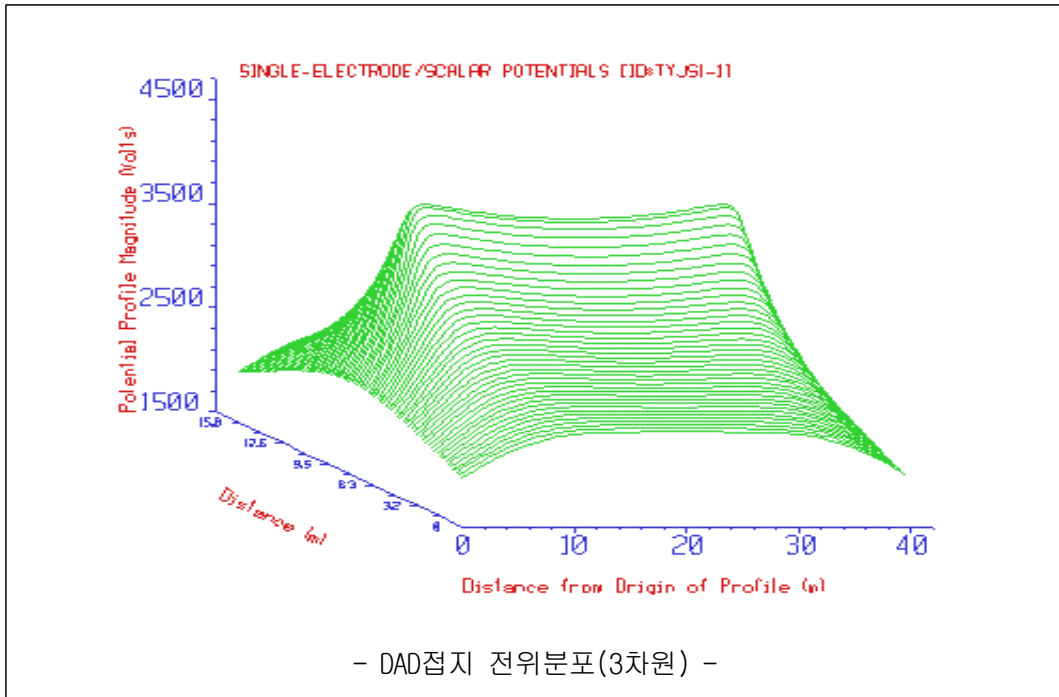
- 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉 + 방사망 포함) 9m(30m 천공후) x 1set + 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉) 9m(30m 천공후) x 1set + MESH(30m간격)
- 설계구조 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리).



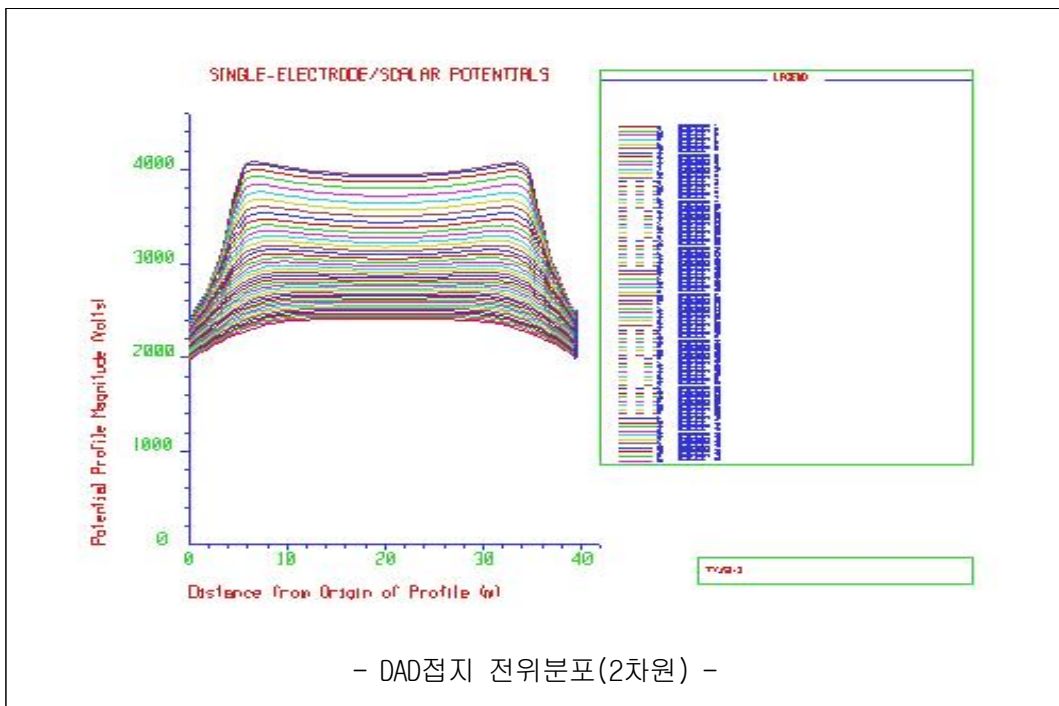
- 1,000A의 전류를 설계된 접지 전극에 유입시켜 전위의 경도를 수치를 나타냄.
- 전위경도 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리)



- 1,000A의 전류를 설계된 접지 전극에 유입시켜 전위의 경도를 각각의 색의 전위치로 나타냄.
- 전위경도 색을 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리).



- 접지시스템에 1,000A의 전류가 유입 시 전위상승치를 나타냄.
- Z축은 전위의 상승되는 VOLT와 X-Y축은 거리를 나타냄.
- 전위분포 3차원 그래프 특성을 나타냄.



- 접지시스템에 1,000A의 전류의 유입 시 전위상승치를 나타냄.
- X축은 거리, Y축은 전위의 상승되는 VOLT를 나타냄.
- 전위분포 2차원 그래프 특성을 나타냄.

2.2.1 접지 계산데이터 -- 통신접지(요구접지저항:5Ω 이하)

DATE OF RUN (Start)= DAY 3 / Month 5 / Year 2005 -- 설계 일 월 년
 STARTING TIME= 18:56:37:57 -- 설계시간

===== < G R O U N D I N G (SYSTEM INFORMATION SUMMARY) > =====

Run ID.....: TYJS2 -- 설계 I.D
 System of Units: Metric -- 시스템의 단위는 미터
 Earth Potential Calculations.....: None -- 전체접지시스템의 대지전위 계산
 Mutual Resistance Calculations.....: NO -- 타 접지시스템간의 상호저항의 계산은 안함
 Type of Electrodes Considered.....: Main Electrode ONLY -- 주접지전극(하나의 접지 시스템)
 Soil Type Selected.....: Multi-Layer Horizontal -- 지질구조는 단일지층으로 설계반영
 SPLITS/FCDIST Scaling Factor.....: 1.0000 -- 대지저항률의 지층분석

MULTI-LAYER EARTH CHARACTERISTICS USED BY PROGRAM -- 대지 저항률의 지층분석

Common layer height : 1.40000 METERS -- 대지의 통상 지층의 두께

LAYER No.	TYPE	REFLECTION COEFFICIENT	RESISTIVITY (ohm-meter)	HEIGHT METERS	
1	Air	0.00000	0.100000E+11	0.100000E+11	-- 대기층의 저항률
2	Soil	-1.00000	172.200	1.40000	-- 상지층 저항률
3	Soil	0.544143	583.300	0.100000E+11	-- 하지층 저항률

* 반사율 : 대지는 여러 지층으로 구성되어 있다.

상지층, 하지층 중 어떤 지층이 좋은지를 분석해서 효율적이고, 경제적으로 설계하기 위해서 반사율을 적용

CONFIGURATION OF MAIN ELECTRODE

Original Electrical Current Flowing In Electrode..: 1000.0 amperes -- 최초 설계된 접지전극에 1000 amperes의 전류를 흘려보냄

Current Scaling Factor (SPLITS/FCDIST/specified)..: 1.0000 -- 전류의 기준 계수

Adjusted Electrical Current Flowing In Electrode..: 1000.0 amperes -- 전극에 유입되는 전류

Number of Conductors in Electrode.....: 3 -- 전극 도체의 수

Resistance of Electrode System.....: 4.9352 ohms -- 접지저항치

SUBDIVISION

Grand Total of Conductors After Subdivision.: 5 -- 총 도체를 5등분으로 세분화해서 각각의 값(저항) 들을 계산해서 합한값이 접지시스템의 접지저항이다.

Total Current Flowing In Main Electrode.....: 1000.0 amperes -- 주전극에 흐르는 시스템의 접지저항이다.

Average Current Density of Conductor Segments: 11.111 amperes /meter --도체전극의 평균전류밀도(미터당)

Total Buried Length of Main Electrode.....: 90.000 meters -- 주접지전극의 총 길이

EARTH POTENTIAL COMPUTATIONS

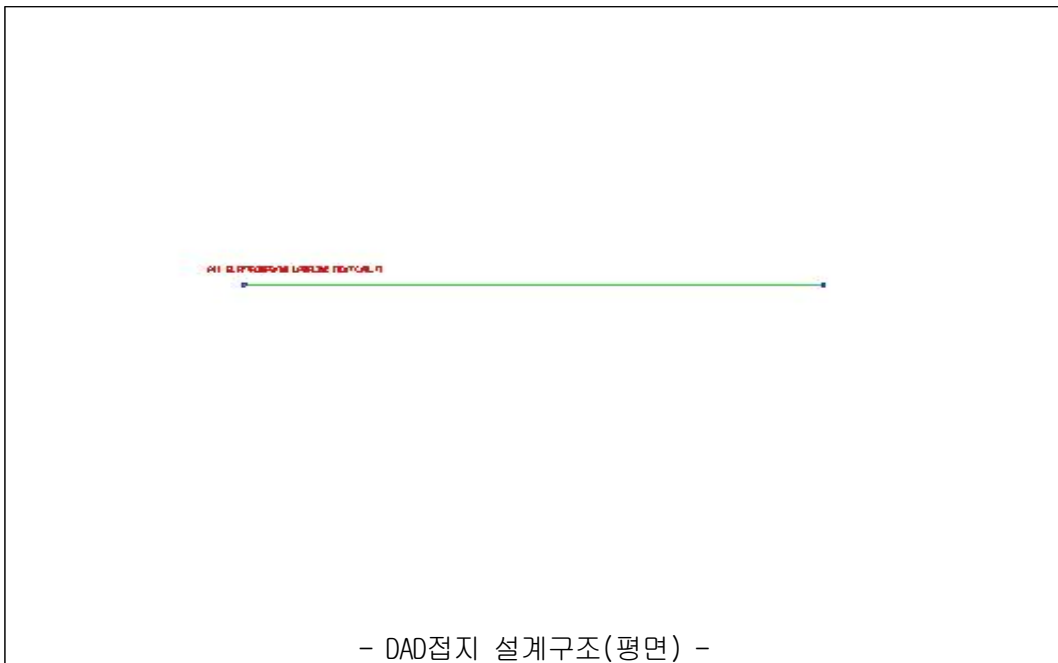
Main Electrode Potential Rise (GPR).....: 4935.2 volts -- 전극시스템에 1,000 amperes가 유입되면 접지 시스템의 전압이 4,935.2 volts가 되고 어느 지점까지 가면 대지 전위와 같은 "0" 전위가 되는 지점이 존재한다. 4,935.2 volts와 "0" volts 두기준점에 대한 접지 시스템의 상승 전위를 말함.

(based on two representative points) -- 2차원의 전압부분 그래프 특성을 나타낸다.

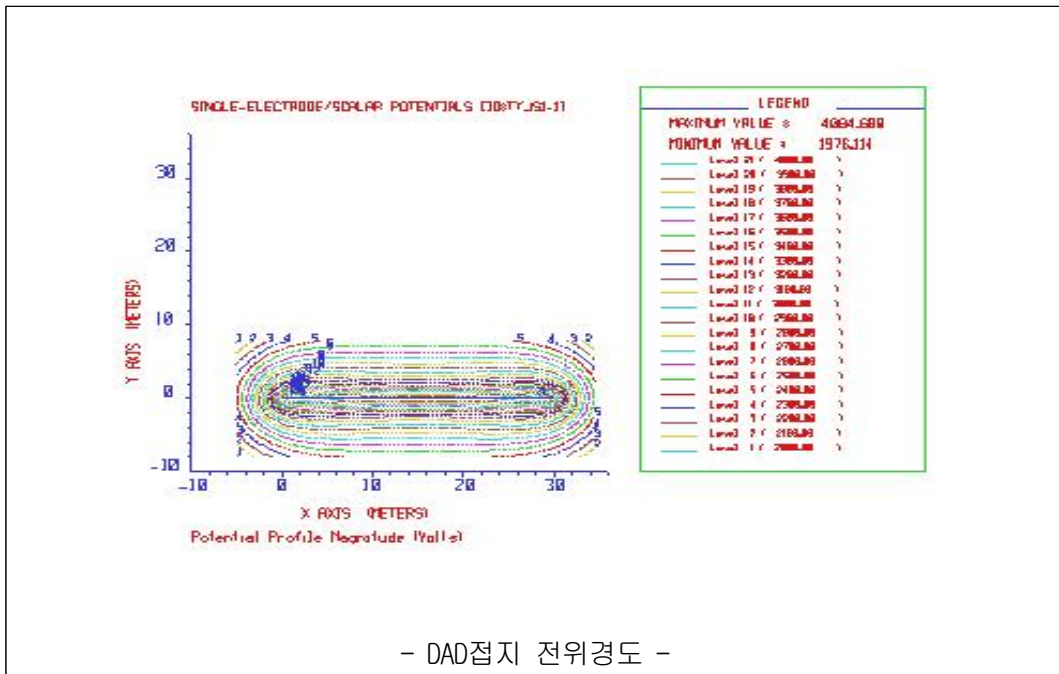
2.1.2 접지 설계사양 -- 통신접지(요구접지저항 : 5Ω 이하)



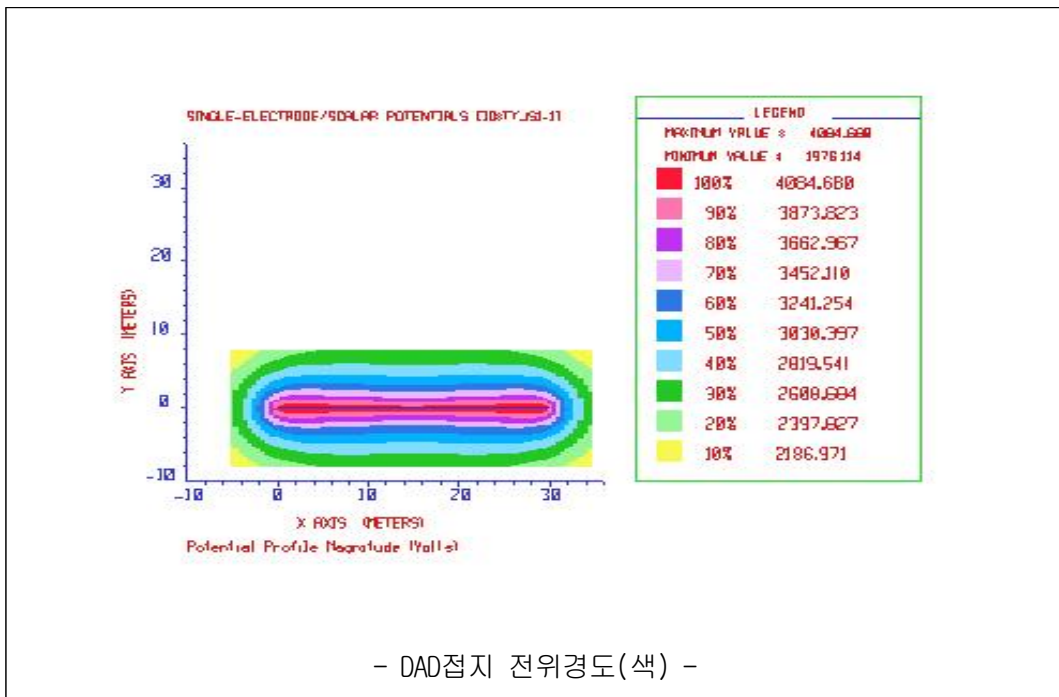
- 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉 + 방사망 포함) 9m(30m 천공후) x 1set + 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉) 9m(30m 천공후) x 1set + MESH(30m간격)
- 설계구조 3차원 설계구조를 나타냄(X축, Y축은 거리 / Z축은 깊이).



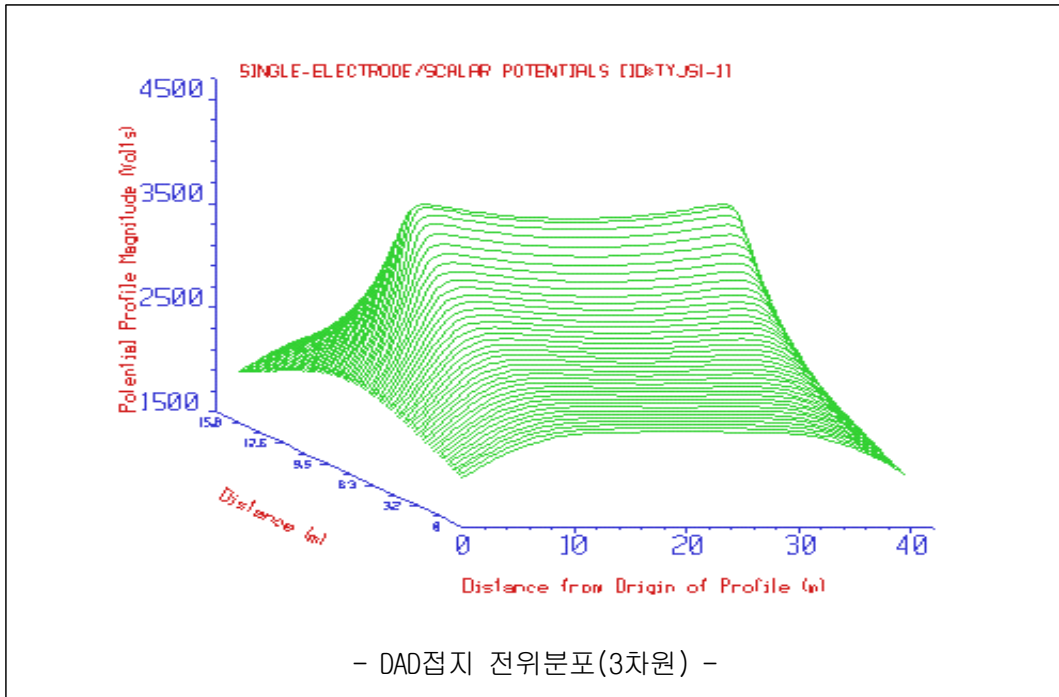
- 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉 + 방사망 포함) 9m(30m 천공후) x 1set + 방사형 전해질 생성 접지봉(DAD접지봉) 9m(30m 천공후) x 1set + MESH(30m간격)
- 설계구조 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리).



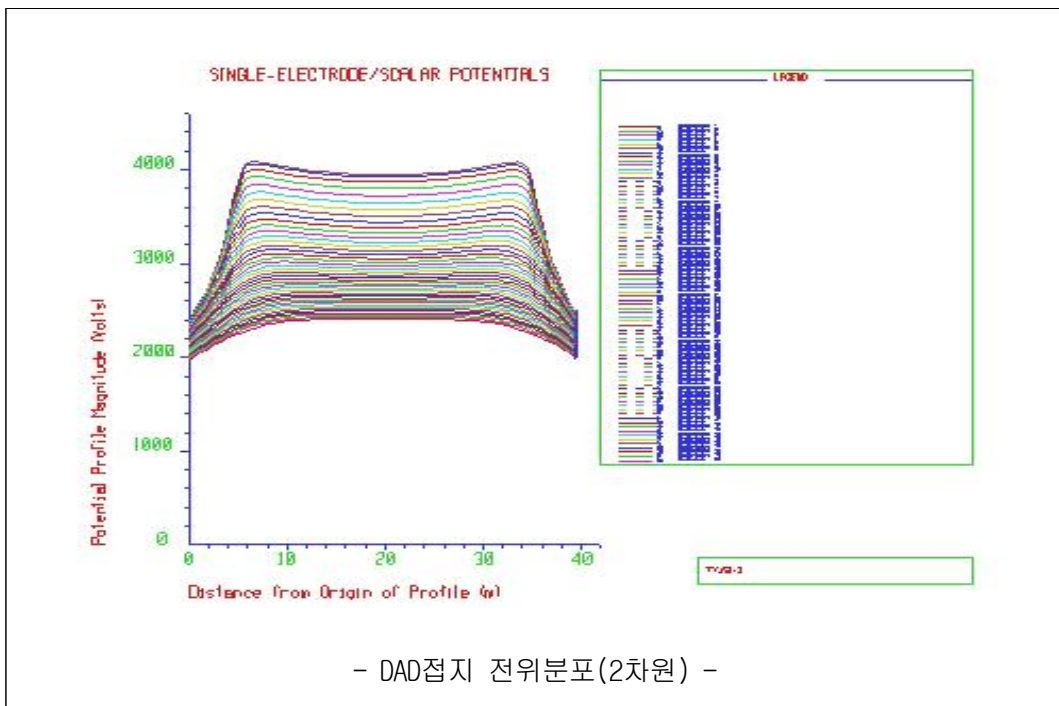
- 1,000A의 전류를 설계된 접지 전극에 유입시켜 전위의 경도를 수치를 나타냄.
- 전위경도 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리)



- 1,000A의 전류를 설계된 접지 전극에 유입시켜 전위의 경도를 각각의 색의 전위치로 나타냄.
- 전위경도 색을 평면을 나타냄(X축, Y축은 거리).



- 접지시스템에 1,000A의 전류가 유입 시 전위상승치를 나타냄.
- Z축은 전위의 상승되는 VOLT와 X-Y축은 거리를 나타냄.
- 전위분포 3차원 그래프 특성을 나타냄.



- 접지시스템에 1,000A의 전류의 유입 시 전위상승치를 나타냄.
- X축은 거리, Y축은 전위의 상승되는 VOLT를 나타냄.
- 전위분포 2차원 그래프 특성을 나타냄.

