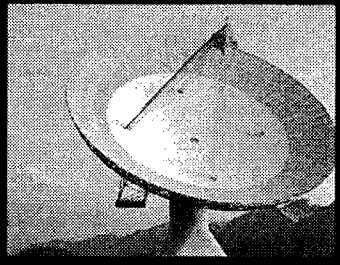


Session 2: 정보통신 접지 동향



고속전철화를 대비한 통신시설 접지시공

KT 오 호 석



내 용

개요

접지저항 기준 및 시공 방법

고속전철에 의한 유도 대책 현황

보링접지 시공사례

요약 및 결론

"The Value Networking Company"

개요

□ 접지의 목적

- 낙뢰, 과도전류, 과도전압으로부터 인명 및 시스템 보호
- 낙뢰 및 전원개폐기에서 발생하는 서지(Surge)에 대한 방전로 제공
- 정전기로부터 시스템 보호
- 락 및 외부항체로부터 불요전자파의 영향 제거 또는 감소
- 대지에 대한 회로기준 전위의 안정화
- 차폐용 도체를 이용한 전자유도 발생 억제

□ 용도별 접지구분

- 통신용 접지 : 금속시설물 접지, 낙뢰보호기 접지, 신호 접지, 케이블 금속외피 접지 등
- 낙뢰방지용 피뢰접지 : 피뢰침 접지
- 수배전 시설용 보안접지

"The Value Networking Company"

통신시설의 접지 대상 및 접지저항 기준

- 전화교환 시설 : 회선 용량에 따라 구분 1(1만 회선 이상)~ 10Ω(500 회선 이하)
- 전송시설 : 1Ω, 2Ω, 10Ω
- 무선시설 : 공중선 철탑 10Ω 이하
- 선로시설
 - 유도중화코일 차폐권선 양단말 : 10Ω 이하
 - 차폐케이블 양단말합성저항 : 2Ω/km 이하
 - 일반케이블 보안 : 10Ω (300~500m) 이하
 - 가공자선(양단말) : 10Ω 이하
 - 가입자보호기 : 100Ω 이하
- 낙뢰방지용 피뢰접지 : 10Ω 이하
- 수배전 시설용 보안접지 (전기설비기준 제21조)
 - 제 1 종 접지공사 : 10Ω 이하
 - 제 2 종 접지공사 : 생략
 - 제 3 종 접지공사 : 100Ω 이하
 - 특별 제 3종 접지공사 : 10Ω 이하

"The Value Networking Company"

KT 접지 시공법 (1)

□ 접지봉 매설방법

- 환형 매설법
- 영렬 매설법

접지봉 1본 설치시 접지저항 (Sunde, Dwight)

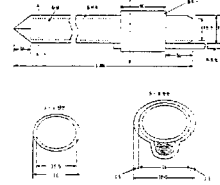
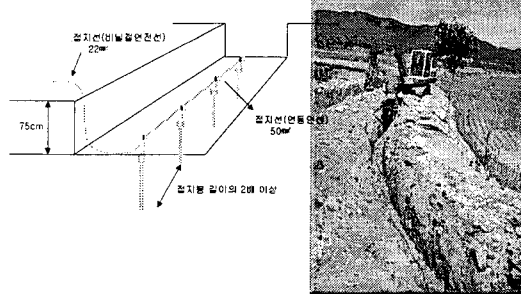
$$R = \frac{\rho}{2\pi l} (2.3 \log \frac{4l}{a} - 1) \quad [\Omega]$$

ρ : 대지고유저항 ($\Omega \cdot m$)
 l : 접지봉 길이 (m)
 a : 접지봉 반경 (m)

접지봉 등간격 다수 설치시 접지저항

$$R = \frac{\rho}{n} \left\{ \frac{1}{2\pi l} (2.3 \log \frac{4l}{a} - 1) + \frac{1}{\pi s} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} \right) \right\} \cdot \alpha \quad [\Omega]$$

n : 접지봉 수
 s : 접지봉 간격
 α : $1 + (2-s/l) \times 0.1$

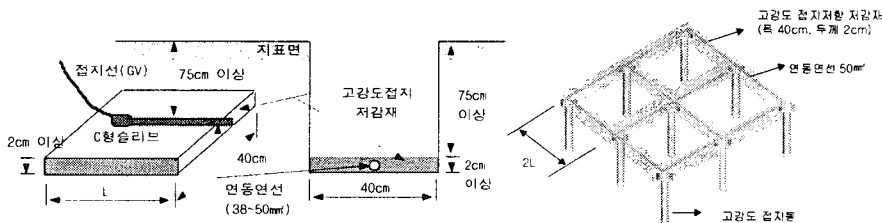


"The Value Networking Company"

KT 접지 시공법 (2)

□ 고강도 접지저감재(접지봉, 접지판)를 활용한 시공법

- 매설지선을 이용한 시공법 : 양반지등으로 접지봉의 매설이 적합하지 않은 장소에 시공
 - 폭 40cm, 깊이 75cm 이상, 저감재 2cm 이상 도포
- 망형공법을 이용한 시공법
 - 접지봉 간격 : 접지봉 길이의 2배
 - 접지봉간 연결선 : 폭 40cm, 두께 2cm 로 고강도 접지저항 저감재 도포



$$R = \frac{\rho}{2\pi l} (2.3 \log \frac{4l}{D}) \cdot M \quad [\Omega] \quad D: \text{시공 폭(m)}$$

"The Value Networking Company"

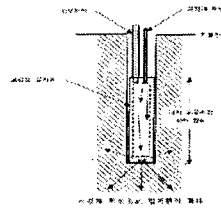
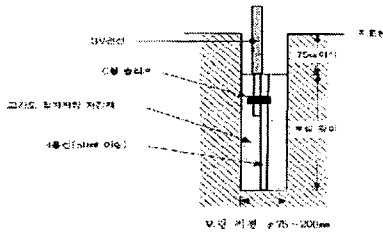
KT 접지 시공법 (3)

□ 보링공법

- ▶ 기계기구를 활용하여 지반을 직경 Φ 75~200mm으로 깊게 천공한 후 접지선 및 접지저항재를 투입하여 접지체 시공
 - 고강도 접지저항 저항재를 이용한 방법
 - 고강도 접지봉을 이용한 방법
- ▶ 일반 접지동봉 매설로 규정된 접지저항을 얻기 어렵거나 시공면적이 매우 좁은 지역에 적용

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(2.3 \log \frac{4l}{a} - 1 \right) \cdot M \quad [\Omega]$$

ρ : 대지고유저항 ($\Omega \cdot m$)
 l : 접지봉길이 (m)
 a : 보링 반경 (m)
 M : 보정계수 (1~1.5)



"The Value Networking Company"

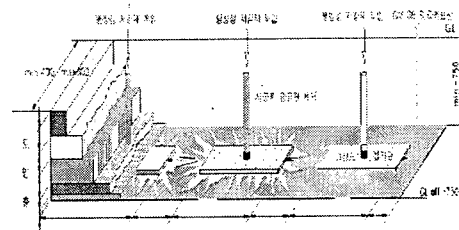
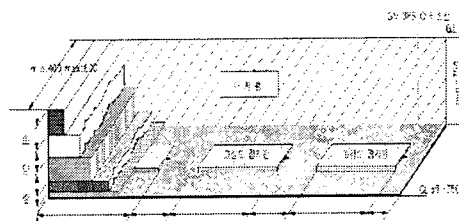
KT 접지 시공법 (4)

□ 고강도 접지판을 이용한 방법

- ▶ 폭 50cm, 깊이 75cm 이상의 터파기
- ▶ 종류
 - 비주입식
 - 주입식: 접지판에 평행성 저항재 투입

$$R = \frac{1.386\rho}{\pi l} \left(2.3 \log \frac{2l}{\sqrt{2wD}} - 1 \right) [\Omega]$$

ρ : 대지고유저항 ($\Omega \cdot m$)
 1.386 : 접지판 특성계수
 l : 접지판의 길이 (m)
 w : 접지판의 폭 (m)
 D : 매설깊이

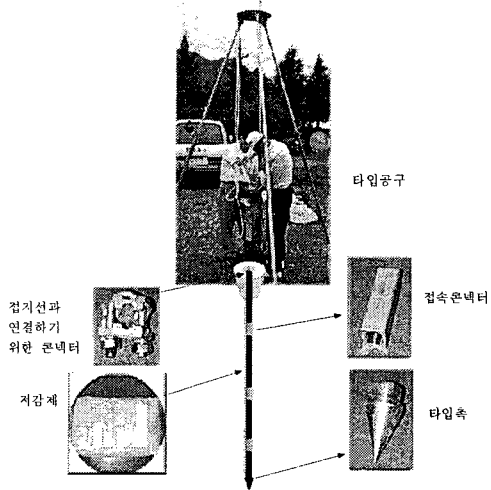


"The Value Networking Company"

KT 접지 시공법 (5)

□ 심타식 접지

- ▶ 소형 전동 햄머를 사용하여 서로 연결이 가능한 접지봉을 타입하는 방식
- ▶ 접지봉 타입 후 접지봉 주위에 접지저감재를 주입하여 접지효과를 극대화시킴(천공직경 34mm)
- ▶ 장점 : 비용이 저렴하고 협소한 면적에서 적용 가능
- ▶ 단점 : 소형의 공기구를 활용함에 따라 보링방식처럼 깊게 타입이 곤란하여 천공 깊이가 예측이 곤란
- ▶ 접지저항 산출식 : 보링방식과 동일



"The Value Networking Company"

접지 시공법 선택

- 요구 접지저항, 지층 구조, 경제성, 작업성, 시공면적, 경년변화 등을 고려하여 시공법 선택
- 접지 시공방법별 특징

구분	경제성	작업성	시공면적	경년변화	권장 접지저항
접지봉	⊙	△	×	△	10 Ω 이상
매설지선	○	⊙	×	⊙	10~100 Ω
보링 방법	×	△	⊙	⊙	1~10 Ω
심타 방법	○	○	○	○	5~20 Ω

(⊙ 매우 좋음, ○ 좋음, △ 보통, × 나쁨)

"The Value Networking Company"

고속전철에 의한 통신선 유도 대책

□ 고속전철 유도대책 현황

- 대상구간 : 13,817 구간 (고속철도 좌우 1km 이내 통신시설)
- 예측계산 초과구간 : 4,752 구간

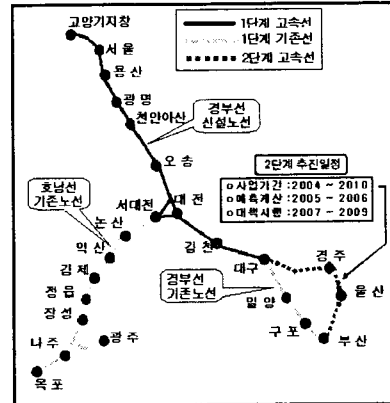
□ 대책기준 및 방법

(주요 대책방안 - 기준 1mV)

집음전압	대책방법
2mV 이하	차폐선
10mV 이하	유도중화코일
10mV 초과	차폐케이블
기타. 주요발생구간	광케이블화

- 관련 공사 : 관로증설, 맨홀 신설 또는 확대, 대지비저항의 측정, 대책방법에 따른 접지 시공

고속철도 노선도



- 전철 경과지도 인수 : 1993.5.
- 유도대책 협정체결 : 1996.12.
- 예측계산 및 분석 : 2002.5.
- 대책방안 수립 : 2002.12.
- 설계 및 대책공사 완료 : 2004.1.

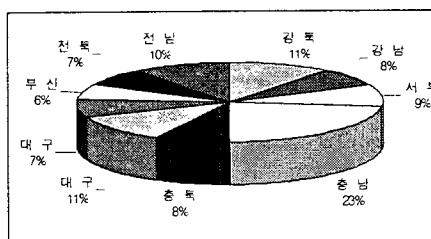
"The Value Networking Company"

접지 시공 현황

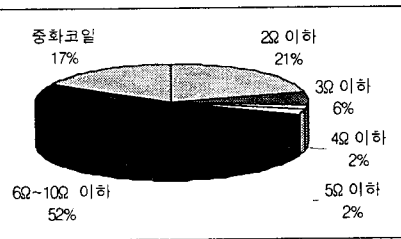
□ 접지시공

- 접지시공 방법 : 보링접지, 일반 동봉 접지
 - 일반 접지저항재 활용
 - 고강도 접지봉 활용
- 용도 : 차폐케이블단말 및 중간 보조접지, 유도중화코일 차폐권선 접지, 차폐선 단말 접지, 일반 케이블 단말 보강접지

지역분부별 분포



접지저항별 분포



"The Value Networking Company"

대책장치별 특징 (1)

□ 차폐선

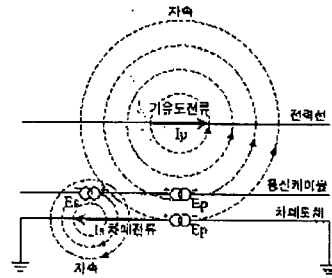
- 차폐선은 피유도원(통신선) 또는 기유도원(전력선)에 가까이 설치하고 양단을 접지시켜 전자유도 원리에 의해 통신선에 발생하는 유도전압을 경감시키는 기능을 함
- 활용 도체 : ACSR 58mm²

차폐계수 계산식

$$K = 1 - \frac{Z_{23}}{Z_{33} + \frac{R_a + R_b}{l}}$$

양단말 합성저항 [Ω/km]

Z₂₃ : 피유도선과 차폐선의 상호임피던스 (Ω/km)
 Z₃₃ : 차폐선의 자기임피던스 (Ω/km)
 R_a, R_b : 단말접지저항
 l : 병행거리(km)

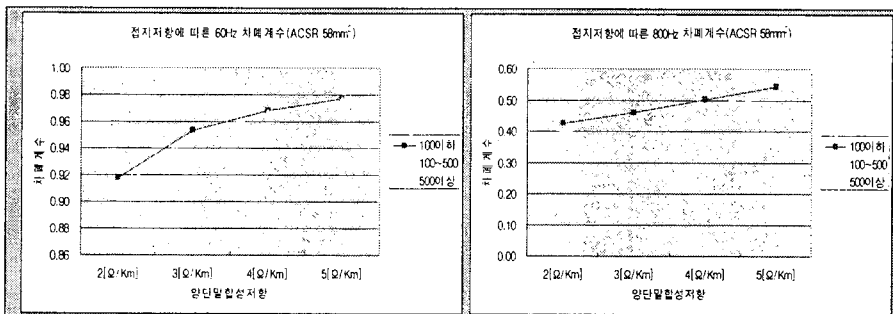


"The Value Networking Company"

대책장치별 특징 (2)

□ 차폐선 특징

- 60Hz 차폐효과 매우 작음 (차폐계수 0.92 이상)
- 잠음대책(800Hz)에 적합 (차폐계수 0.4~0.6)
- 대지비저항에 클수록 차폐효과 상승 → 대지고유저항에 따라 차등 적용
- 접지저항 작을 수록 차폐효과 상승

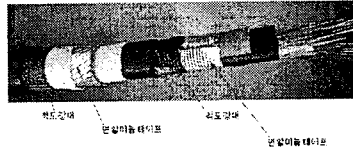


"The Value Networking Company"

대책장치별 특징 (3)

□ 차폐케이블

- 차폐케이블은 일반 케이블과 달리 알루미늄층이 두껍고(2mm) 바깥층을 강대(자성체)로 감싸(두께 1.2mmx2) 놓아 저주파수에서 차폐효과를 발휘하도록 고안된 케이블임
- 자성체의 두께, 구조 등에 의해 고유 차폐특성이 결정되며, 설치후의 실질적인 차폐계수는 접지저항에 의해 결정됨



차폐계수 계산식

$$K = \frac{R_s + \frac{R_a + R_b}{l}}{R_s + Z_E + Z_A + \frac{R_a + R_b}{l}}$$

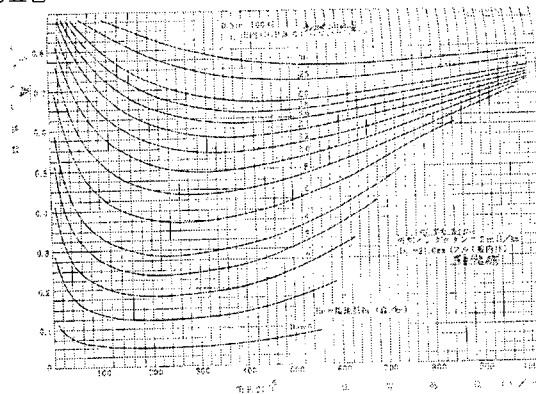
- R_s : 도선층의 직류저항 [Ω/km]
- Z_E : 차폐층의 대지귀로 임피던스 [Ω/km]
- $R_a + R_b/l$: 접지의 양단말합성저항 [Ω/km]
- Z_A : 자성체의 부가임피던스 (= $r_s + x_s$)
- r_s : 자성체의 저항 [Ω/km]
- x_s : 자성체내 자속에 의한 리액턴스 [Ω/km]

"The Value Networking Company"

대책장치별 특징 (4)

□ 차폐케이블의 접지저항에 따른 영향

- 발생하는 유도전압에 따른 차폐효과 상이
- 단말의 접지저항이 차폐효과를 결정하므로 단말 접지저항 및 케이블간의 분당이 매우 중요함



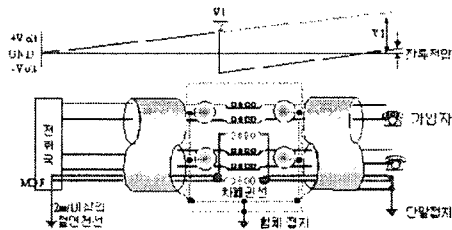
(출처: 유도 - 일본 전기통신협회)

"The Value Networking Company"

대책장치별 특징 (5)

□ 유도중화코일(Induction Neutralizing Transformer)

- 저저항(10Ω)으로 양단말이 접지된 1차 권선(차폐권선)에 흐르는 전류에 의해 2차 권선(통신선)에 기전력을 발생시켜 유도전압을 상쇄시키는 기능을 함
- 적용회선 : 600p 이하 케이블
- 유도전압 경감효과 : 90% (실험치)
- 중량 : 100p -120kg 이하, 200p-260kg 이하
- 삽입손실 : 0.4dB 이하 @800Hz, 3.2dB 이하 @1MHz



"The Value Networking Company"

접지시공 사례 - 보링 공법

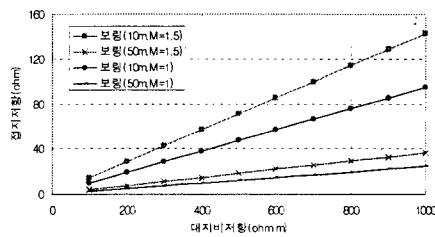
□ 적용 목적

- 지층 구조상 상층의 낮은 대지비 저항 지층 활용
- 협소한 면적에서 낮은 접지저항 필요시

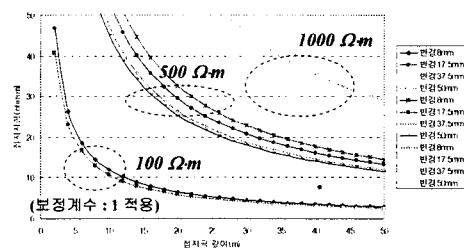
□ 보링 직경 및 깊이 영향

- 보정계수 및 대지비저항은 정비례, 보링깊이는 반비례함
- 대지비저항이 작을 수록 보링직경에 대한 효과는 작아짐
- 보링접지는 10Ω 이하의 차폐접지를 필요로 하는 경우에 적용되는 방법으로 대지비저항이 100Ω·m 이내의 지역에서 활용할 때 효과적

대지비저항에 따른 접지저항 (깊이 10m, 50m 고정)



보링 직경 및 깊이별 접지저항



"The Value Networking Company"

접지시공 사례 - 접지저항 저감재

□ 다양한 접지저감재에 대한 평가 필요에 따른 특성 시험 실시

- ▶ 실험 대상 시료 : 국내외 생산제품 16종
 - 접지저감재 시료 크기 : 직경 43mm x 높이 80mm
- ▶ 실험기간 : 2003년 6월 중순

□ 측정내용

- ▶ 형태변형 : 일정 시간 경과 후 시료의 공극, 형태변화를 육안으로 관찰
- ▶ 접지저항 변화 : 일반 접지용 동봉과 접지저감재를 활용하여 접지시공을 통해 시공 중, 시공 후, 1주일 후 접지저항 값을 측정하고 변화량 분석 (일반 동봉 $\Phi 16-1800\text{mm}$, 접지저감재-직경 75mm, 높이 2000mm.)
- ▶ 주파수별 임피던스 : 20Hz, 1kHz, 10kHz, 100kHz, 1MHz 주파수에 대한 임피던스 측정 (측정기 HP4284A LCR Meter)

시료별 특징

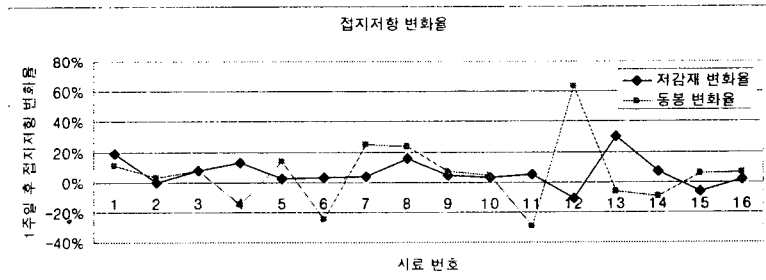
구분	분말색상	탄소성유	형태변형	전기저항	음고상태
1	회색	X	10mm축소	6500	갈
2	진회색	X	5mm축소	7000	갈
3	흑색	X	1mm축소	1950	약
4	진회색	X	5mm축소	1900	갈
5	백색	X	-	175	약
6	회색	O	-	270	갈
7	흑색	X	14mm축소	135	약
8	회색	X	1mm축소	150	갈
9	백색	X	-	50	약
10	회색	O	-	34	갈
11	진회색	O	30mm축소	175	갈
12	백색	X	4mm축소	140	약
13	진회색	X	14mm축소	380	중
14	진회색	X	1mm축소	900	중
15	백색	X	-	130	약
16	회색	O	-	165	갈

"The Value Networking Company"

접지시공 사례 - 접지저항 저감재

□ 접지저항 변화

- ▶ 측정내용 : 각 시료를 활용한 접지극을 시공하고 이 접지극과 인접하여 기준값 비교 목적으로 동봉 접지 → 시공 중, 시공 후, 1주일 후 측정값 비교
- ▶ 결과
 - 시공 직후 접지저항 : 일반 동봉 평균 43.4 Ω . 접지저감재 시료 평균 23.6 Ω
 - 1주일 후 접지저항 : 일반 동봉 평균 44.8 Ω . 접지저감재 시료 평균 25 Ω
 - 1주일 기간동안 각 시료별로 비교할 때 저감재의 변화량은 작은 편임. 증가한 시료를 대상으로 할 때 접지저감재는 평균 8% 증가하였고, 동봉은 평균 15% 증가하는 경향을 보임

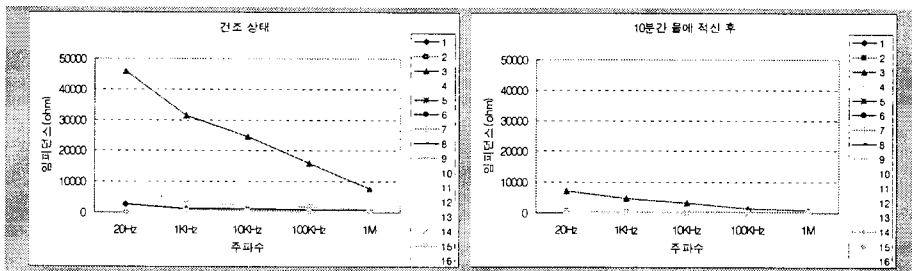


"The Value Networking Company"

접지시공 사례 – 접지저항 저감재

□ 임피던스

- ▶ 측정내용 : 임피던스 측정용 전극이 삽입된 저감재 시료에 대해 LCR Meter를 활용하여 건조상태 및 10분간 물에 적신 후 임피던스 측정 시행
- ▶ 결과
 - 건조 상태에서 접지저감재 시료에 따라 수 십~수 천 Ω
 - 10분간 물에 적신 후의 경우 대부분 수백 Ω 이내로 약 50% 감소
 - 접지저감재를 활용한 접지체는 대지에서 수분을 함유할 경우 낮은 접지저항 상태 유지 가능함을 보여줌



"The Value Networking Company"

접지시공 사례

□ 시공 사례(1) – 접지저항 예측

- ▶ 저감재 종류 : 1종
- ▶ 시공 내용 : 보링접지(직경 75mm 수냉식 보링장비 사용) 6구간, 심타접지(직경 34mm) 4구간

보링접지

구분	사공깊이 (m)	깊이별 대지비저항 (Ω.m)	예측값(Ω)		시공직후 측정값(Ω)
			M=1	M=1.5	
동봉	50	628	15.1	22.7	6.85
동영	30	266	10	14.9	9.55
도랑	15	66	4.5	6.7	5.35
수정	24	156	5.9	8.6	3.92
지산	40	433	10.4	15.7	6.72
선산	15	55	3.7	5.5	3.04

예측값과 시공직후 접지저항

- 보정계수 M=1을 적용한 예측값에 가까운 측정값을 보임
- 예측값에 적용된 대지비저항은 시공깊이에 해당 하는 값 활용

심타접지

구분	예측깊이 (m)	실제 시공 깊이	평균대지 비저항	예측값(Ω)		실측값 (Ω)
				M=1	M=1.5	
오태	10	3m (3분)	172	18.5	27.7	11.53
황산	10	10m	108	11.6	17.4	7.84
신평	10	4m (1분)	142	15.3	22.9	9.5
		3m (1분)				
		3m (1분)				
원남	10	5m (2분)	369	39.8	59.6	13.1

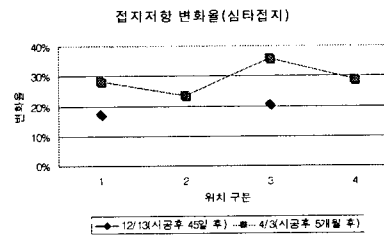
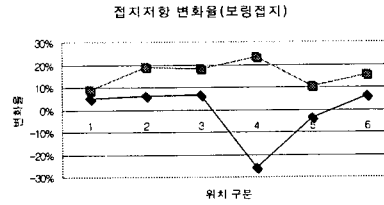
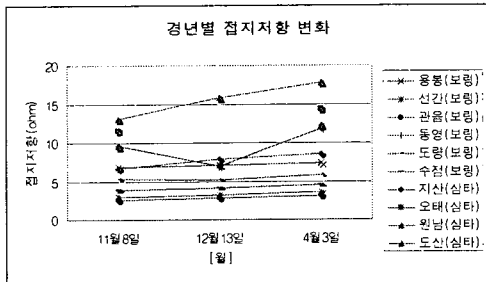
- 시공가능깊이를 10m로 추정하였으나 실제 시공 깊이는 5m 이내
- 이러한 이유로 접지저항 예측이 곤란한 경우가 발생

"The Value Networking Company"

접지시공 사례

□ 시공 사례(1) - 접지저항 경년변화

- ▶ 보링접지 : 시공 1.5개월 후 5% 증가하고, 5개월 후 10~20% 증가하는 경향을 보임 → 수냉식 보링장비를 사용으로 시공 후 수분의 함량이 줄어들어 따라 발생하는 현상으로 판단됨
- ▶ 심타접지 : 시공 1.5개월 후 20%, 5개월 후 24~36% 증가하는 경향을 보임

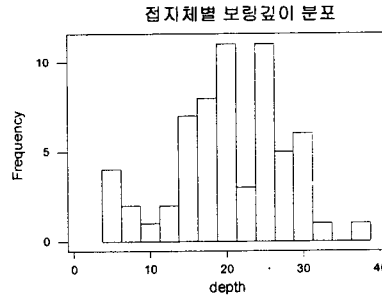
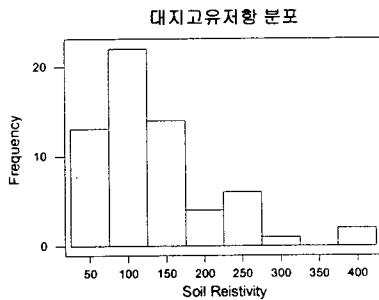


"The Value Networking Company"

접지시공 사례

□ 시공 사례(2)

- ▶ 시공방법 : 보링접지 62개소
- ▶ 사용 접지저감재 : 3종 → 전기저항 : M1(39개소) >> M2(17개소) ≈ M3(6개소)
- ▶ 접지저감재별 보정계수(M) 역산출 조건
 - 접지저항 측정 보조극 : 보링깊이와 관계없이 C극 40m, P극 24m 로 측정
 - 적용 대지고유저항 : 대지고유저항 측정시 보링깊이에 해당하는 간격(a)에 해당하는 값(ρ) 적용 ($\rho=2\pi aR$)

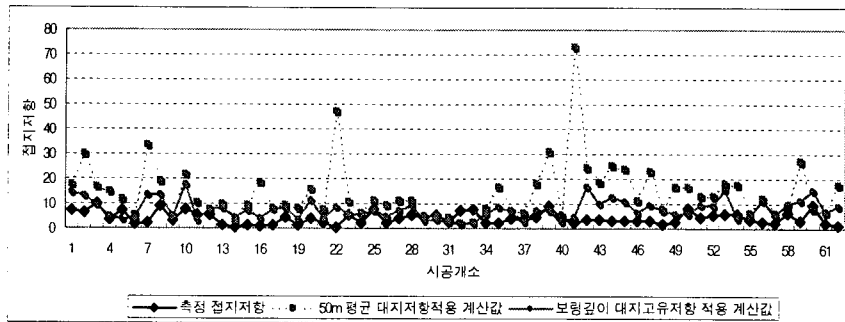


"The Value Networking Company"

접지시공 사례

□ 시공 사례(2) - 대지고유저항

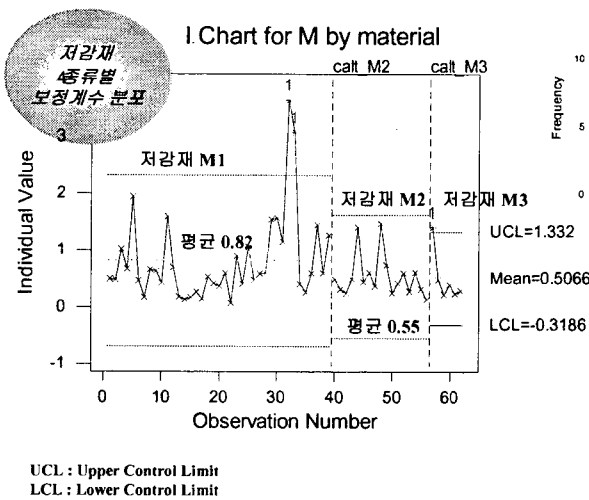
- ▶ 대지고유저항 적용에 따른 예측값과 실제 시공 후 측정값과의 비교
 - 계산값 : 보정계수 1 적용
 - 지층 분석을 통한 50m 깊이까지의 평균 대지고유저항 적용
 - 보링전극 길이에 해당하는 깊이까지의 대지고유저항 값 적용
 - 보링전극 깊이까지의 대지고유저항 적용이 적합



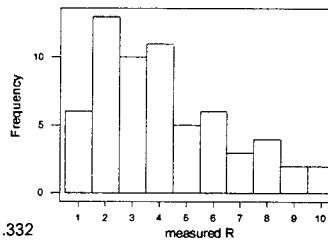
"The Value Networking Company"

접지시공 사례

□ 시공 사례(2) - 보정계수



측정된 접지저항 분포



- 접지저감재 종류에 따라 보정계수(M)의 평균값 및 변화분포가 다르게 나타남
- 접지저감재의 전기저항율이 작을 수록 접지저항 감소의 효과가 있음을 보여주고 있음
- 접지저감재별 보정계수에 대한 분포 검토를 통해 실제에 반영하는 절차가 필요

"The Value Networking Company"

접지시공(보링접지) 설계 고려사항

□ 적용 대지고유저항

- 대지고유저항 측정시 전극간격에 따른 대지고유저항을 활용하여 보링깊이에 따른 접지저항 예측 → 모든 접지극을 대상으로 50m 평균값 적용은 실제 시공 후 접지저항과 큰 차이 발생
- 지층 분석은 지하 심층의 작은 대지고유저항을 활용할 때 효과적임

□ 보링장비의 생각방식

- 수냉식 장비의 경우 시공 직후 측정값으로부터 향후 지속적으로 접지저항이 증가할 수 있으므로 이를 고려하여 시공
- 시공직후 측정값 대비 수개월 후 10~20% 정도 증가할 수 있음

□ 접지저항의 측정

- 보링깊이에 따라 적절한 전극 간격을 유지하여야 함
- C극을 너무 가깝게 할 경우 낮은 접지저항으로 측정되어 오판할 가능성이 있음

□ 접지저감재의 도전율

- 도전율이 양호한 것이 유리하지만 강도 및 환경친화성이 함께 고려되어야 함
- 시공 후 수축되는 경우 대지와 공극이 발생하여 접지저항이 커질 수 있음
- 다양한 접지저감재 특성에 대한 객관적 평가가 여전히 향후 과제임

"The Value Networking Company"

요약 및 결론

□ KT의 접지저항 기준 및 공법

- 선로시설별 접지저항 구분
- 일반 접지동봉을 이용한 방법, 접지저감재를 활용한 보링, 심타 공법 및 기타 매설 공법

□ 고속전철 유도대책에 따른 대책 장치 및 관련 접지기술

- 차폐케이블, 차폐선, 유도중화코일 등의 대책장치의 차폐효과는 접지저항에 밀접한 관련이 있음
- 경년변화가 적은 접지시공 및 대책장치에 적합한 접지저항 구축이 대책의 주요 관건임
- 접지 시공면적 확보 문제 대두됨에 따라 협소한 공간에서 저저항 접지 구현이 필수적임

□ 접지저감재 특성 분석 및 보링접지 시공 사례

- 16종의 접지저감재에 대한 성능 비교 시행
- 보링접지 설계를 위한 대지고유저항 적용방법, 보정계수의 추정, 경년변화 측정
- ➔ 깊은 천공에 따른 지하 매설물 탐지 및 철저한 안전사고 대책이 수반되어야 함

"The Value Networking Company"