



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](#)

2017년 2월

석사학위논문

전기비저항탐사를 이용한 KTX 선로하부(150M) 공동지반 해석

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

김 대 모

전기비저항탐사를 이용한 KTX 선로하부(150M) 공동지반 해석

Interpretation of Cavities under KTX Rail using the
Electrical Resistivity Survey

2017년 2월 24일

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

김 대 모

전기비저항탐사를 이용한 KTX 선로하부(150M) 공동지반 해석

지도교수 고 진 석

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함

2016년 10월

조선대학교 대학원

에너지자원공학과

김 대 모

김대모의 석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 강 성 승 (인)

위 원 조선대학교 교수 장 일 식 (인)

위 원 조선대학교 교수 고 진 석 (인)

2016년 11월

조선대학교 대학원

- 목 차 -

목차	i
List of tables	ii
List of figures	iii
 Abstract	 iv
 1. 서론	 1
2. 연구배경	2
2.1 지형 및 지질	3
3. 연구방법	4
3.1 조사방법	4
3.2 전극배열 및 측정방법	5
3.3 매질에 따른 일반적인 전기 비저항 범위	6
4. 수치해석	8
4.1 유한요소법 mesh의 작성	9
4.2 초기 모델의 작성	9
4.3 이론전위계산	9
4.4 모델의 수정	10
5. 연구결과	11
5.1 전기비저항탐사 결과	11
5.2 역산 전처리	12
5.3 2차원 탐사 결과	17
5.4 지질이상대 분포구간 및 연장거리	20
5.5 전기비저항탐사 3D-Fence 결과도	23
6. 결론	27
참고문헌	28

List of tables

Table 2-1. Geologic time and rocks of Study section	3
Table 3-1. Resistivity range according to the medium	6
Table 5-1. Interpretation of survey arrangement state	11
Table 5-2. Resistivity anomaly zone at each survey lines	22

List of figures

Figure 2-1. Section of Study.	2
Figure 2-2. Geologic maps of Study section.	3
Figure 3-1. Dipole-dipole survey.	4
Figure 3-2. Quasi-section writing by dipole-dipole array survey result.	5
Figure 3-3. Correlation of resistivity data and geological features.	7
Figure 4-1. Interpretation flowchart.	8
Figure 5-1. Location of 2D survey lines at the field site.	12
Figure 5-2. Results of data preprocessing.	13
Figure 5-3. The inversion result of the 2D electrical resistivity survey for lines. ..	17
Figure 5-4. Resistivity anomaly profile at each red & blue circles.	21
Figure 5-5. Transverse 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.	23
Figure 5-6. Longitudinal 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.	24
Figure 5-7. 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.	25
Figure 5-8. A view of the field pictures at Warong-ri, Gangsung-gun in Korea. ...	26

Abstract

Interpretation of Cavities under KTX Rail using the Electrical Resistivity Survey

By Dae-Mo Kim
Adv. Prof. : Chin-Surk Ko, Ph.D,
Dept. of Energy and Resources Engineering
Graduate School of Chosun University

This study is to defined the applicability of a 2D electrical resistivity technique for the probing of underground cavities under KTX rail. At the test site, where the ground has subsided in the past, underground cavities are commonly found in the limestone bedrock, which is overlain with the alluvial deposits. The limestone cavities at the site are mostly filled with groundwater and clay; hence, they show levels of electrical resistivity that are significantly lower than those of the surrounding host bedrock.

The dipole-dipole 2D resistivity survey were conducted along the KTX rail to define the developed cavities zones with 9 survey line. Then the analysis was applied to confirm the suspected cavities zones at 150m depth.

The results of this study demonstrate that the zones of low resistivity correspond to the zones of the cavities, and recommended boreholes at the site. And 2D electrical resistivity survey is a very effective tool for detecting and mapping underground cavities in the karst area.

1. 서론

이 연구는 한국 남서쪽에 위치한 장성군 와룡리의 카르스트 지역에서 지하공동 탐지를 위하여 2차원 전기비저항 탐사의 적용성을 시험한 것이다(김정호, 1987, 박삼규 외 2002). 현장 조사지역은 과거에 지반침하가 발생하였으며, 지하공동은 층적층 하부에 분포하고 있는 석회암내에서 발견된다. 석회암공동은 대부분 점성토와 지하수로 충전되어 있기 때문에 주변의 기반암에 비하여 전기비저항이 상대적으로 낮게 나타난다(박삼규, 2004). 조사지역은 KTX 고속철도가 개설되어있으며, 철도 하부의 석회암을 채광하는 계획이 있다.

본 연구는 대상 연구지역의 지질 이상대를 확인하기 위하여 총 9개 측선(전극 간격 30m) 연장거리 6,030m의 전기비저항 쌍극자 탐사를 실시하고 그 결과를 해석하였다. 연구지역의 지질은 시대미상(시생대 ?)의 화강암질 편마암과 지각변동과 해침으로 퇴적 변성된 편암류(대상광맥; 석회석 함유), 이들을 관입한 주라기 혹은 모화강암과 이들을 부정합으로 피복하는 층적층으로 구성되어 있다. 조사연구의 주목적은 대상으로 분포하는 석회암층과 그 상부의 고속철도와의 관계를 고려하여 지하굴진(선로 하부 150m) 가행여부를 판단하는데 도움을 주고자 함이다.

지질도에서 확인한 대상광체(석회석)는 담회색-담갈색-회색 결정질 석회암으로 구성되어 있다. 이들 결정질 석회암은 주로 치밀 내지 세립질이며 부분적으로 스카른화 되어 스카른광물이 발달되어 있다. 그리고 오랜 지질시간 동안 발생한 지각변동 및 변성과 변질 등으로 인해 이질암석층과의 접촉 경계부, 단층 및 파쇄대와 풍화 변질된 많은 연약층 및 대수층이 포함되어 있다. 대상광체와 신설된 고속철도가 거의 일치되는 남북방향으로 형성되어 그 하부의 채광 가능 여부를 확인함이다. 기존광산이 현재 지하 약 150m 하부에서 가행되고 있으며 기존 광산에서 남서방향으로 굴진하여 가행 가능한 광체에 도달하기 위해서는 지질 경계부 또는 지하수 이상대를 통과하여야만 하는 실정이다(손호웅 외, 2000, 송성호 외, 2000, 원종근 외, 1999).

이 연구에서는 향후 시추공에서 인식되고 있는 공동분포대가 저비저항대와 일치하고 있음을 보여주고자 한다. 그리고 2차원 전기비저항탐사가 카르스트 지역에서 지하공동을 탐지하고 영상화하는데 매우 유용함을 입증하고자 한다(이명중 외, 1997).

2. 연구배경

2.1 지형 및 지질

본 조사지구는 행정구역상 전라남도 장성군 황룡면 와룡리 일원으로 1/50,000 지형도 「담양」 도폭 하단 좌측부에 해당된다(Figure 2-1). 조사지역의 산계는 남서측의 옥천봉, 동측의 철마봉이 존재하며, 주변으로 300m미만의 산계가 발달하였다. 조사지역의 수계는 유역에서 발원한 소지류들이 수지상으로 저수지에 유입된 후 북서류하여 황룡강으로 유입된다. 황룡강은 남류 후 광주광역시 광산구에서 영산강에 합류하여 남류 후 서남해로 유입된다. 조사지역 일대의 분포지질은 시대미상의 편암류로 석회암, 천매암, 편암이 기반암으로 분포하고 있으며, 이를 부정합으로 피복하는 신생대 제4기 충적층으로 구성된다. 시대미상의 석회암의 구성광물은 방해석, 석영, 사장석, 투각섬석, 견운모, 녹염석 등이다(Figure 2-2). 신생대 제4기 충적층은 조사지역에 넓게 분포하고 있으며, 대부분 농지로 이용되고 있고, 주된 구성물질은 점토, 실트, 모래 및 자갈 등이다(Table 2-1).



Figure 2-1. Section of study.

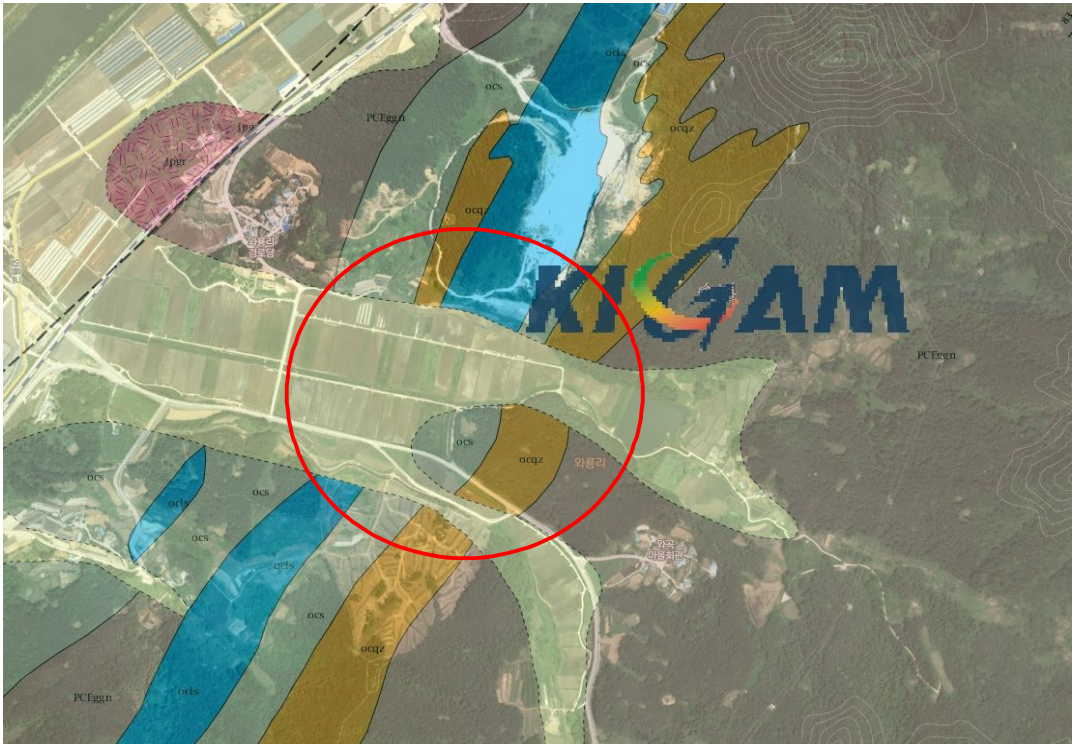


Figure 2-2. Geologic maps of study section.

Table 2-1. Geologic time and rocks of Study section

신생대 제4기	층적층	Qa	사력을 함유한 점토와 모래
	~~~ 부정합 ~~~		
쥬라기	흑운모화강암 -관 입-	Jbgr	
시대미상	편암류	ocs, ocls	조사지역
	규암	ocqz	
	...관계미상...	Kad	
선캠브리아기	화강암질편마암	PEggn	
	-관 입-		
	흑운모편마암	PEbgn	



### 3. 연구방법

#### 3.1 조사방법

각 접지전극으로부터 측정점까지는 각각 전선을 연결하고, 측정을 실시하는 측선 상에는 미리 등 간격으로 전극을 지반에 설치해둔다. Figure 3-1의 측정개요도에 나타낸 바와 같이 한쪽의 접지전극 C2와 측선상의 한 전극 C1에 전류를 흐르게 하며, 전류에 의해서 생긴 전위차의 크기를 측선상의 한 전극 P1 P2에서 측정한다. C1과 C2사이의 거리를  $a$ 라 하면 P1과 P2의 거리도  $a$ 로 같게 배열하고 이 거리의  $na$ 배 만큼 일정한 거리를 유지하며 측선방향으로 이동하며 탐사를 실시한다.

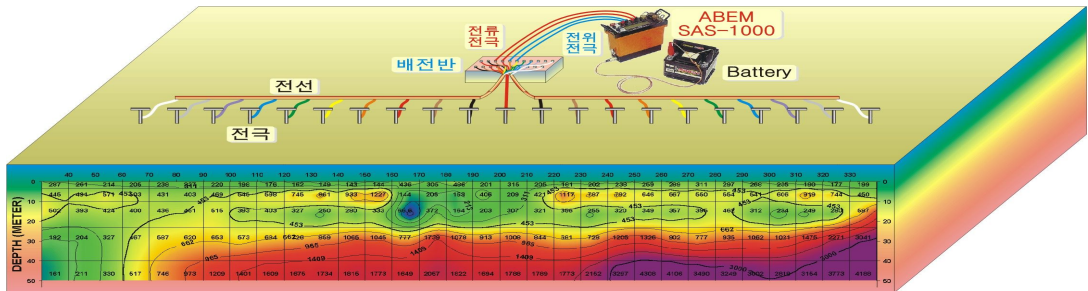


Figure 3-1. Dipole-dipole survey.

### 3.2 전극배열 및 측정방법

본 측정에 있어서는 주변의 잡음에도 좋은 효과를 보이는 쌍극자배열법을 사용하였다. 쌍극자배열법의 전극 배치는 아래의 Figure 3-2과 같이 전류전극 C1,C2를 고정시킨 후 전위전극 P1,P2를 함께 이동하면서  $na$ 배 만큼 이동하며 측정한다. 탐사심도는  $a(n+1)/2$ 가 된다. 이상과 같이하여 구해진 겹보기 비저항치의 분포로부터 2차원 역산을 이용하여 지층의 참 비저항 값을 계산하여 지하의 지질구조를 판단한다.

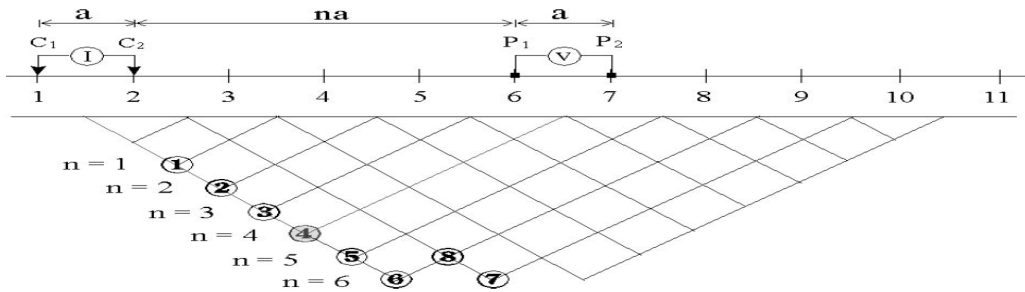


Figure 3-2. Quasi-section writing by dipole-dipole array survey result.

### 3.3 매질에 따른 일반적인 전기 비저항 범위

여러 가지 암석 및 광물의 물리적인 성질 중에서도 전기비저항은 그 변화의 폭이 가장 크다.  $10^{-5}\Omega\text{m}$ 이하의 전기 비저항값을 가지면 전도체,  $10^7\Omega\text{m}$ 이상의 전기 비저항값을 가지면 절연체라고 하며, 이 중간범위는 반도체라고 한다.

일반적으로 암석과 광물에서는  $10^{-5}$ 에서  $1\Omega\text{m}$ 사이와 1에서  $10^7\Omega\text{m}$  및  $10^7\Omega\text{m}$  이상의 전기비저항값을 좋은 전도체, 중간 및 나쁜 전도체로 구분한다.

Table 3-1은 여러가지 암석과 토양에서 구성성분과 습윤정도에 따라 전기 비저항값을 구별하였으며, Figure 3-3은 지질시대와 지하구조 상태에 따라 전기 비저항값을 나타내었다(손호웅 외, 2000).

Table 3-1. Resistivity range according to the medium

구분	특성	비저항값 $\Omega\text{m}$	구분	특성	비저항값 $\Omega\text{m}$
기반암	심한파쇄	150~300	실트질/모래질 흙	포화내지습 윤	15~150
	다소파쇄	300~2,400		-	약300
	피상, 단단함	> 2,400		-	300~2,400
점성토	포화 내지 습윤	1.5~3.0	모래, 자갈 퇴적층	조립, 건조	> 2.4
실트질점 토	포화 내지 습윤	3.0~15			담 수

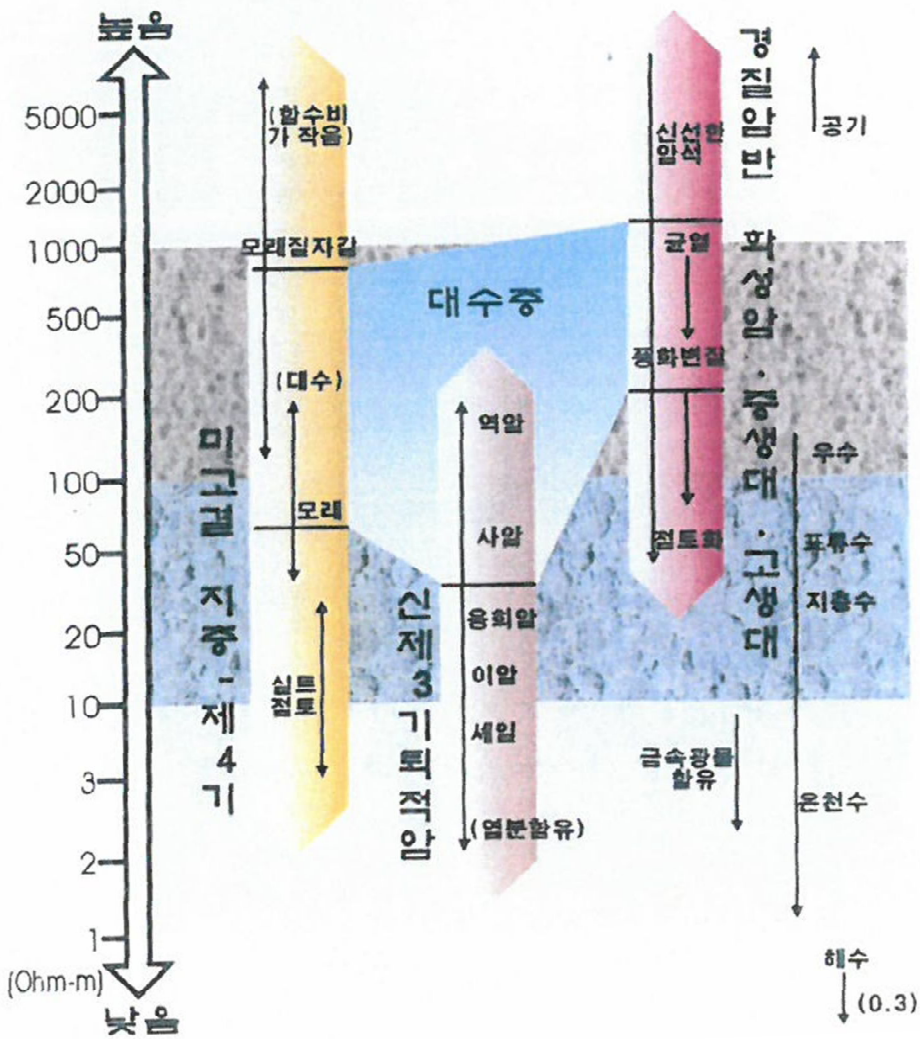


Figure 3-3. Correlation of resistivity data and geological features.

## 4. 수치해석

자료해석의 흐름은 Figure 4-1에 나타냈다. 먼저 현장에서 측정된 자료로부터 초기 모델을 작성한다, 이 초기 모델에 대한 전기비저항 반응양상을 유한요소법을 이용한 컴퓨터 모델링을 통해 가상의 측정치(이론전위분포)를 계산한다. 그 다음, 이 초기 모델에 대한 이론전위분포와 현장 측정값사이의 오차를 이용하여 초기 모델을 수정한다. 수정된 모델에 대하여 위의 과정을 컴퓨터 모델링을 통해 해가 수렴할 때까지 반복으로써 최종적인 비저항분포 모델을 구한다.

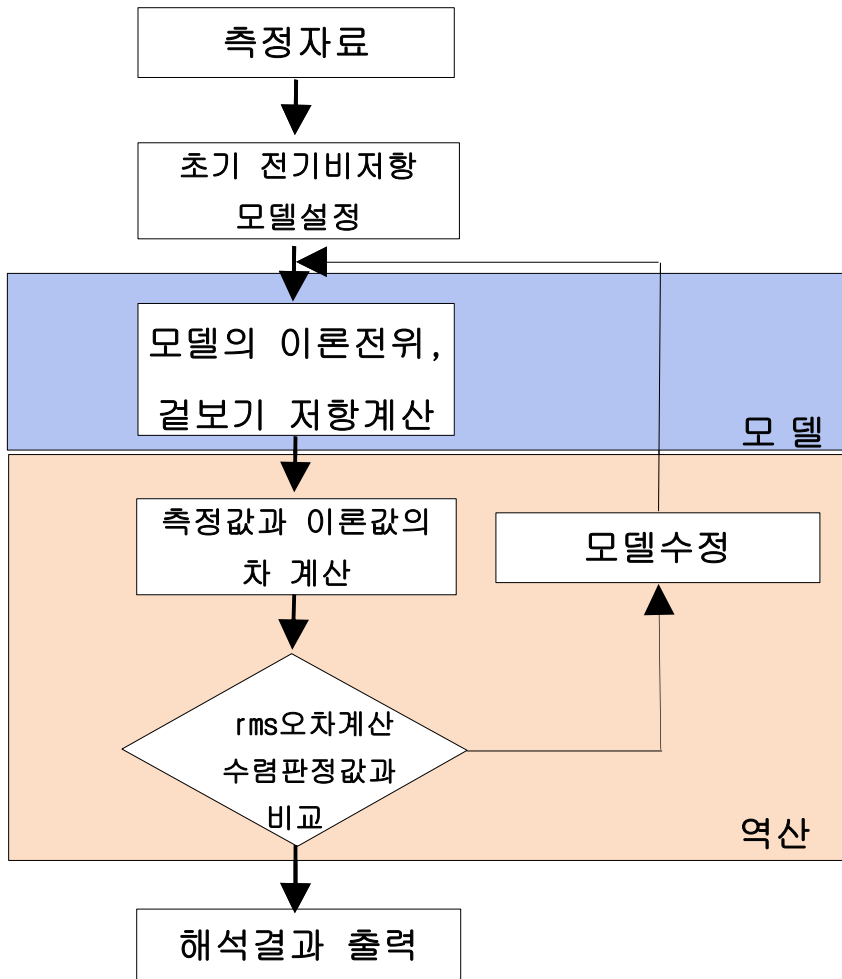


Figure 4-1. Interpretation flowchart.

## 4.1 유한요소법 mesh의 작성

전기비저항 탐사로서는 potential을 측정대상으로 삼고 있는 것으로부터 탐사대상영역의 주변에도 넓은 계산영역을 확보하고 있다. 일반적으로 측정점 근방은 모델의 mesh 크기를 작게 할수록 측정정밀도가 향상되지만 측정점에서 먼 곳에는 mesh가 떨어지더라도 정밀도의 저하는 거의 없다고 말할 수 있다. 또한, 컴퓨터 모델링에 필요한 계산시간은 mesh의 수가 많을수록 증대되기 때문에 본 해석에서는 측정점 근방에 있어서 mesh 크기를 적게하고, 측정점에서 멀어짐에 따라서 크기를 크게 하여 계산정밀도 및 시간을 최적화 하였다.

## 4.2 초기 모델의 작성

현장측정자료로부터 전체 자료의 평균 겉보기 비저항을 계산하고 전 영역의 비저항치가 그 평균치와 같은 균질 모델을 작성하여 이를 초기 모델로 하였다.

## 4.3 이론전위계산

유한요소법에 의한 이론전위의 계산에서는 구하는 비저항단면의 법선(수직)방향으로는 비저항치가 변하지 않는다고 가정하고 있다(지하구조물을 2차원이라 가정함). 단지, 전류원은 점의 형태로 2차원으로 표현할 수 없다. 따라서 전위 계산을 하는 경우에 점전류원을 공간에 대한 푸리에 변환을 통해 2차원 전위로서 계산하고 다시 역푸리에 변환(Inverse Fourier Transform)을 실시하여 3차원적인 전위분포를 구할 수 있다.

## 4.4 모델의 수정

전기비저항 탐사자료의 역산은 오차 $\epsilon$ 를 최소화하는 모델 $\rho(x,z)$ 를 찾는 데에 있다. 실제적으로 오차의 제곱을 최소화하는 방법을 취하며, 따라서 최소자승 역산 (least-squares inversion)이라고 한다. 그러나 오차만을 최소화하는 지하구조 모델을 계산함은 실제로 의미가 없는 모델이 계산될 가능성이 높을 뿐만 아니라, 계산 과정에서 오차가 수렴하지 않고 발산하여 역산이 불가능하는 경우가 대부분이다. 바로 이 때문에 단순히 오차를 최소화하는 방법을 취하지 않고, 지하 구조모델에 어떤 규칙성을 갖도록 하면서 오차를 최소화하는 방법을 취한다. 모델에 규칙성을 부여하는 방법 중 가장 많이 사용되는 것으로는 물성이 공간적으로 부드럽게 변화하도록 하는 것인데, 이를 평활화 제한 최소자승 역산이라 한다. 이는 다음의 방정식으로 표시된다.

$$\epsilon^2 + \lambda(\text{지하구조}\rho(x,z)\text{의불규칙성})^2 \simeq 0 \quad (1)$$

위 식에서  $\lambda$ 는 상수로써 오차의 최소화와 지하구조모델에 가하는 제한, 두 항목상의 균형을 유지하는 역할을 하며 Lagrangian multiplier라고 한다.  $\lambda$ 가 작은 경우에는 주로 오차를 최소화하는 방향으로,  $\lambda$ 가 1보다 큰 경우에는 지하모델의 규칙성을 강조하는 방향으로 역산이 진행된다. 역산에 있어 분해능을 좌우하는 주요한 요소의 하나인 Lagrangian multiplier  $\lambda$ 를 상수가 아닌 공간함수 개념을 적용하여  $\lambda$ 를 지하구조모델을 구성하는 각 블록의 분해능에 따라 능동적으로  $\lambda$ 의 공간 분포를 계산하여 이를 역산에 이용하는 방법을 사용하였다. 이를 ACB(Active Constraint Balancing)법이라고 한다(Yi and Kim, 1998). 즉 ACB법을 이용한 역산은

$$\epsilon^2 + \lambda(x,z)(\text{지하구조}\rho(x,z)\text{의불규칙성})^2 \simeq 0 \quad (2)$$

와 같이 표시된다. ACB법에서는 상수가 아닌 공간함수  $\lambda$ 는 각 블록의 분해능을 계산하여 그 분해능의 고저에 따라 자동적으로 결정이 된다. 이와 같이 능동적으로 계산된 Lagrangian multiplier  $\lambda$ 를 이용함으로써 역산결과 얻어지는 지하구조모형은 주어진 자료에 대해 최대한의 분해능을 갖는 영상이 된다.

## 5. 연구결과

고려시멘트 건동광산 KTX 선로 하부(150M) 연결통로에 대한 전기비저항 쌍극자탐사를 실시하였으며 그 결과를 토대로 고속철도 노선과 간섭되는 석회암층의 분포 양상과 암종 경계부 및 지질이상대등을 파악하는데 활용하였다.

본 조사에서는 역산자료의 분해능이 우수하고 신뢰성있는 단면을 획득하기 위하여 쌍극자 배열법(Dipole-Dipole array)을 수행하였고 전극간격은 30.0m로 하였다.

### 5.1 전기비저항탐사 결과

측선1에서 측선5는 KTX 선로 방향의 수직방향이며, 측선6부터 측선9는 KTX 선로와 평행하게 측정하였다.

Table 5-1는 각 측선의 연장길이, 전극간격, 측선위치를 나타내었으며, Figure 5-1는 이러한 측선을 도면에 표시하였다.

Table 5-1. Interpretation of survey arrangement state

측선명	측선연장 (m)	전극간격 (m)	측선위치				전극배열
			시점		종점		
			X	Y	X	Y	
LINE-1	660	30.0	197,011.57	178,730.85	197,106.25	178,077.68	Dipole-Dipole
LINE-2	870	30.0	196,898.79	178,758.16	197,084.45	177,908.03	
LINE-3	870	30.0	196,821.27	178,687.61	196,986.14	177,833.37	
LINE-4	840	30.0	196,800.27	178,648.36	196,972.02	177,826.11	
LINE-5	750	30.0	196,685.55	178,568.65	196,896.22	177,848.84	
LINE-6	510	30.0	197,098.87	178,503.92	196,589.04	178,517.14	
LINE-7	510	30.0	197,100.00	178,457.77	196,590.17	178,470.99	
LINE-8	480	30.0	197,084.87	178,369.07	196,605.69	178,397.06	
LINE-9	540	30.0	197,126.79	178,329.55	196,587.50	178,356.54	



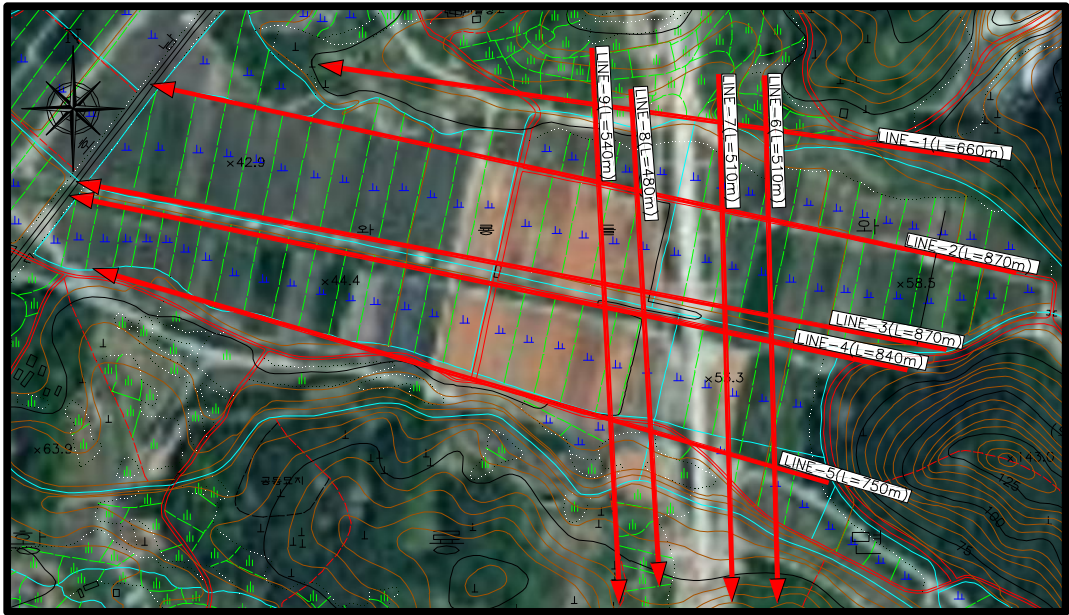


Figure 5-1. Location of 2D survey lines at the field site.

## 5.2 역산 전처리

역산 전처리과정은 각 측선에서 획득한 현장자료에 대해 자료처리를 수행한다. 그리고 해상도 및 신뢰도를 향상시킨 결과 단면을 얻기 위한 전 단계의 과정으로 측선별 역산 전처리 결과는 Figure 5-2와 같다.

구분 전처리 결과

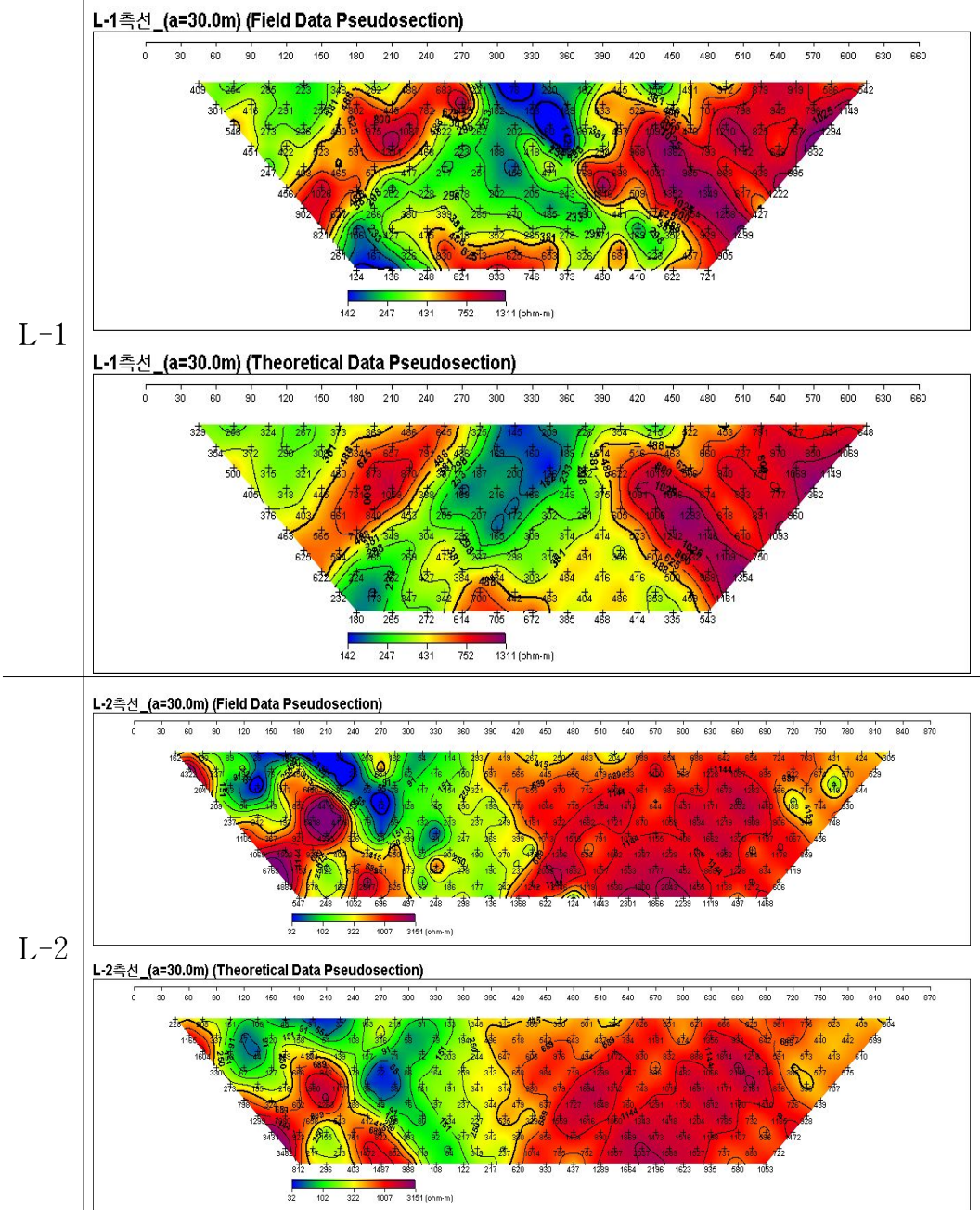


Figure 5-2. Results of data preprocessing.

구분 전처리 결과

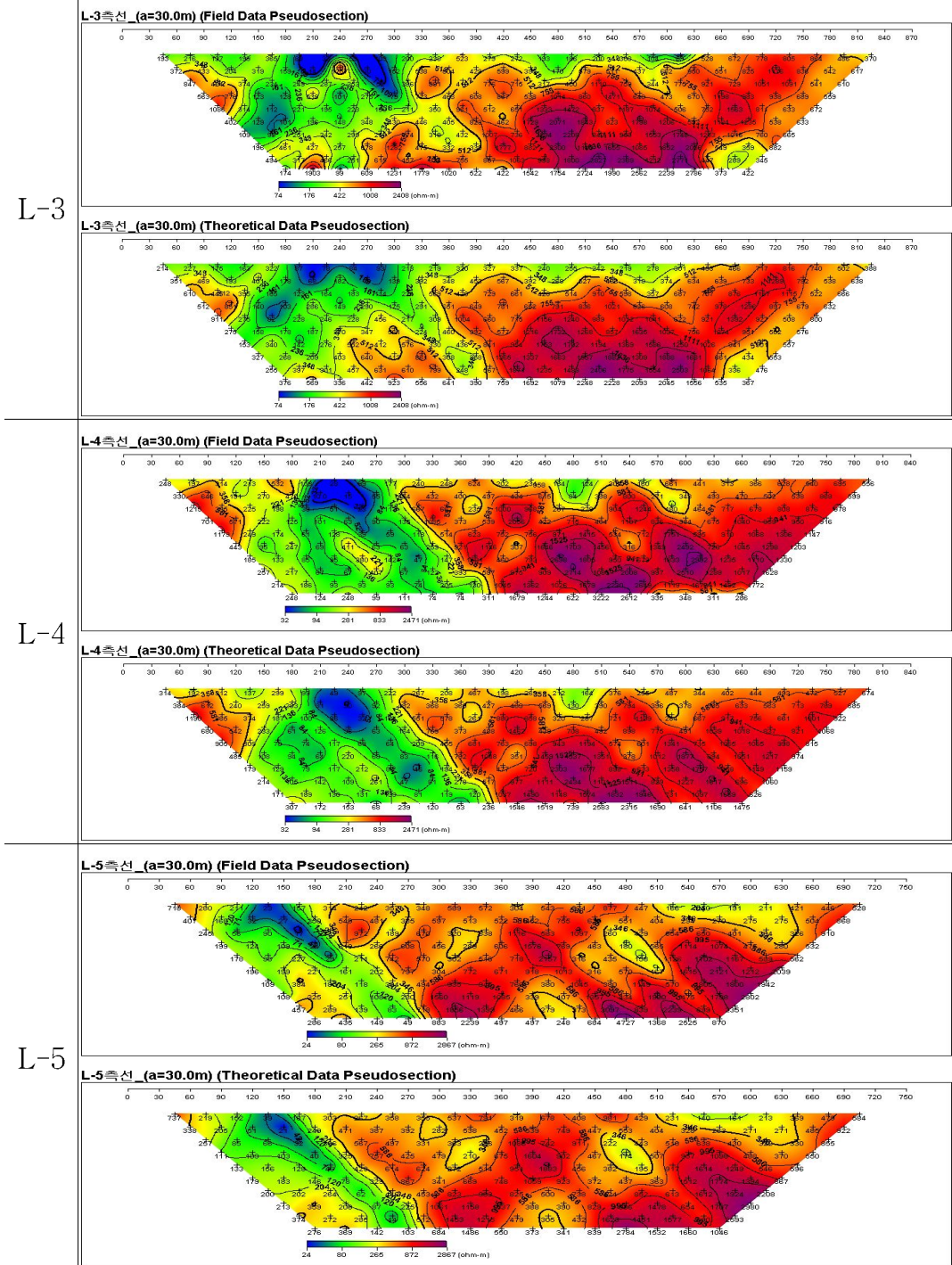


Figure 5-2. Continue.

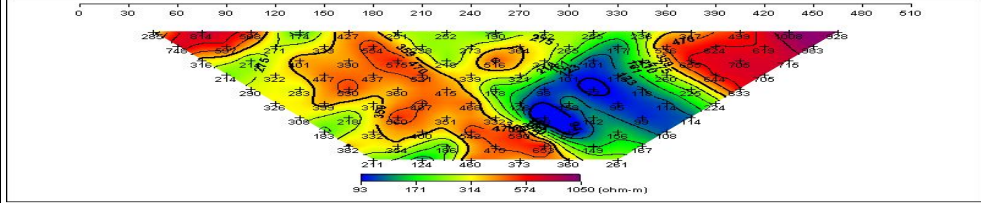


구분

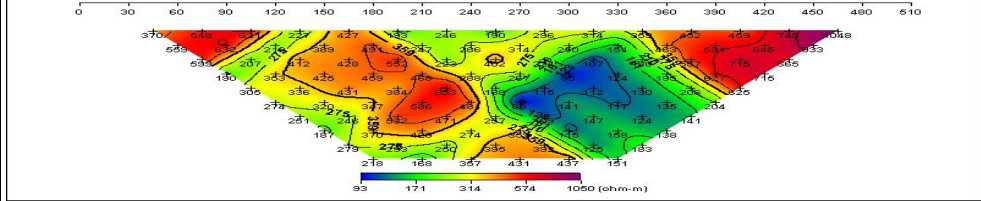
진처리 결과

L-6

**L-6측선 (a=30.0m) (Field Data Pseudosection)**

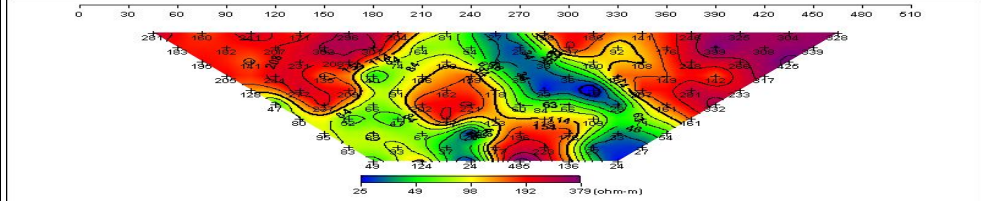


**L-6측선 (a=30.0m) (Theoretical Data Pseudosection)**

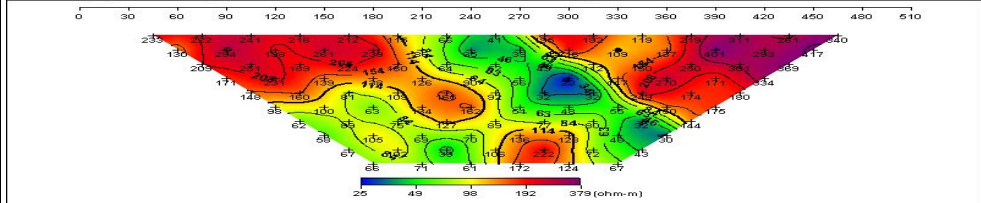


L-7

**L-7측선 (a=30.0m) (Field Data Pseudosection)**

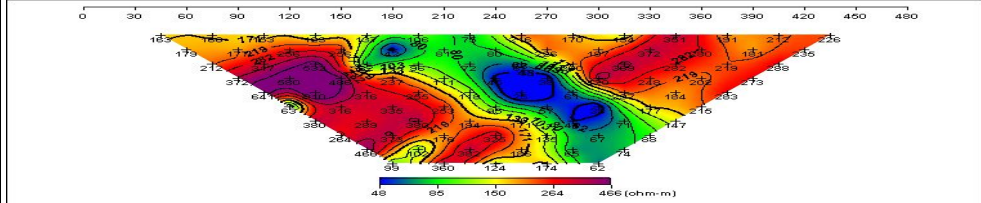


**L-7측선 (a=30.0m) (Theoretical Data Pseudosection)**



L-8

**L-8측선 (a=30.0m) (Field Data Pseudosection)**



**L-8측선 (a=30.0m) (Theoretical Data Pseudosection)**

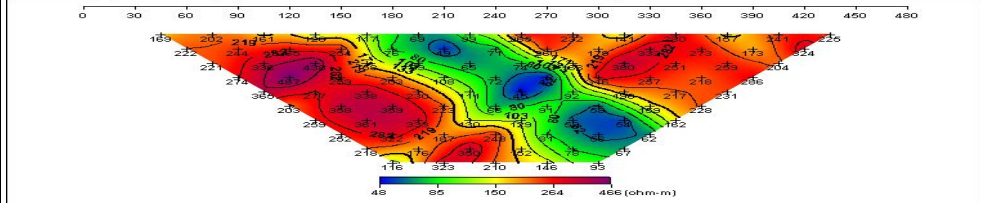


Figure 5-2. Continue.

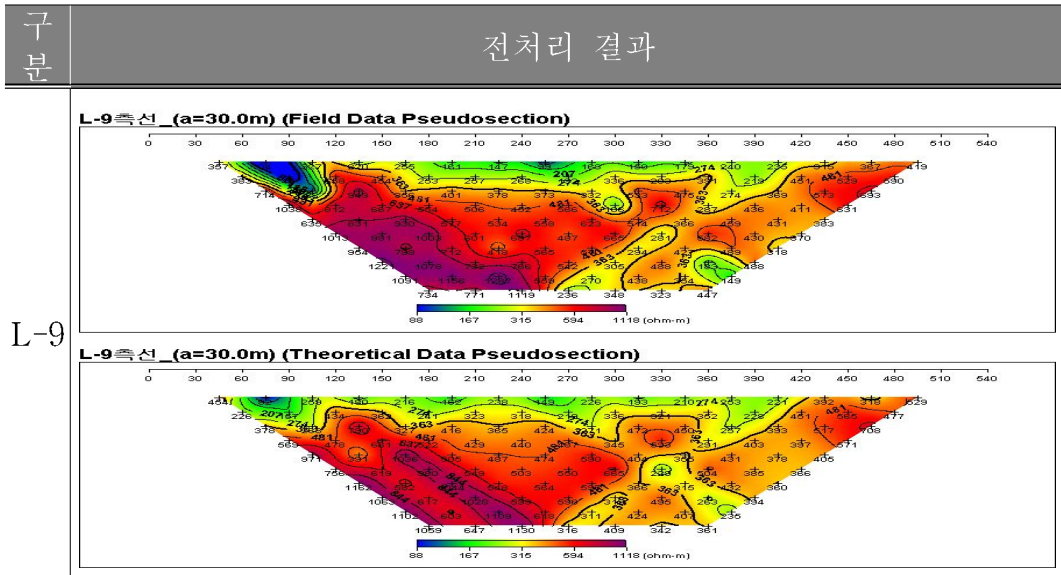


Figure 5-2. Continue.

### 5.3 2차원 탐사 결과

본 조사에서는 철도노선과 간섭되는 석회암층의 분포양상 및 지질이상대 파악을 위하여 Dipole-Dipole 배열법을 이용하여 현장자료를 취득하였으며 고해상도 결과도출을 위하여 역산처리를 이용한 2차원탐사결과를 도출하고 분석하였다(Figure 5-3).

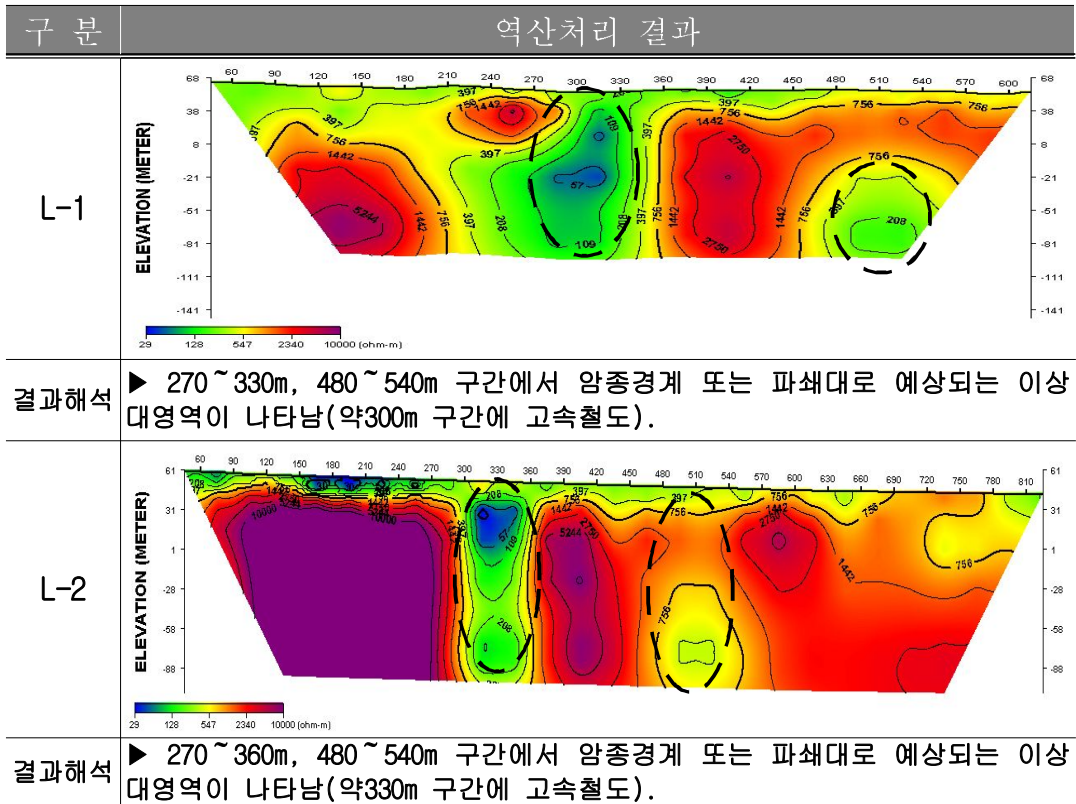


Figure 5-3. The inversion result of the 2D electrical resistivity survey for lines.





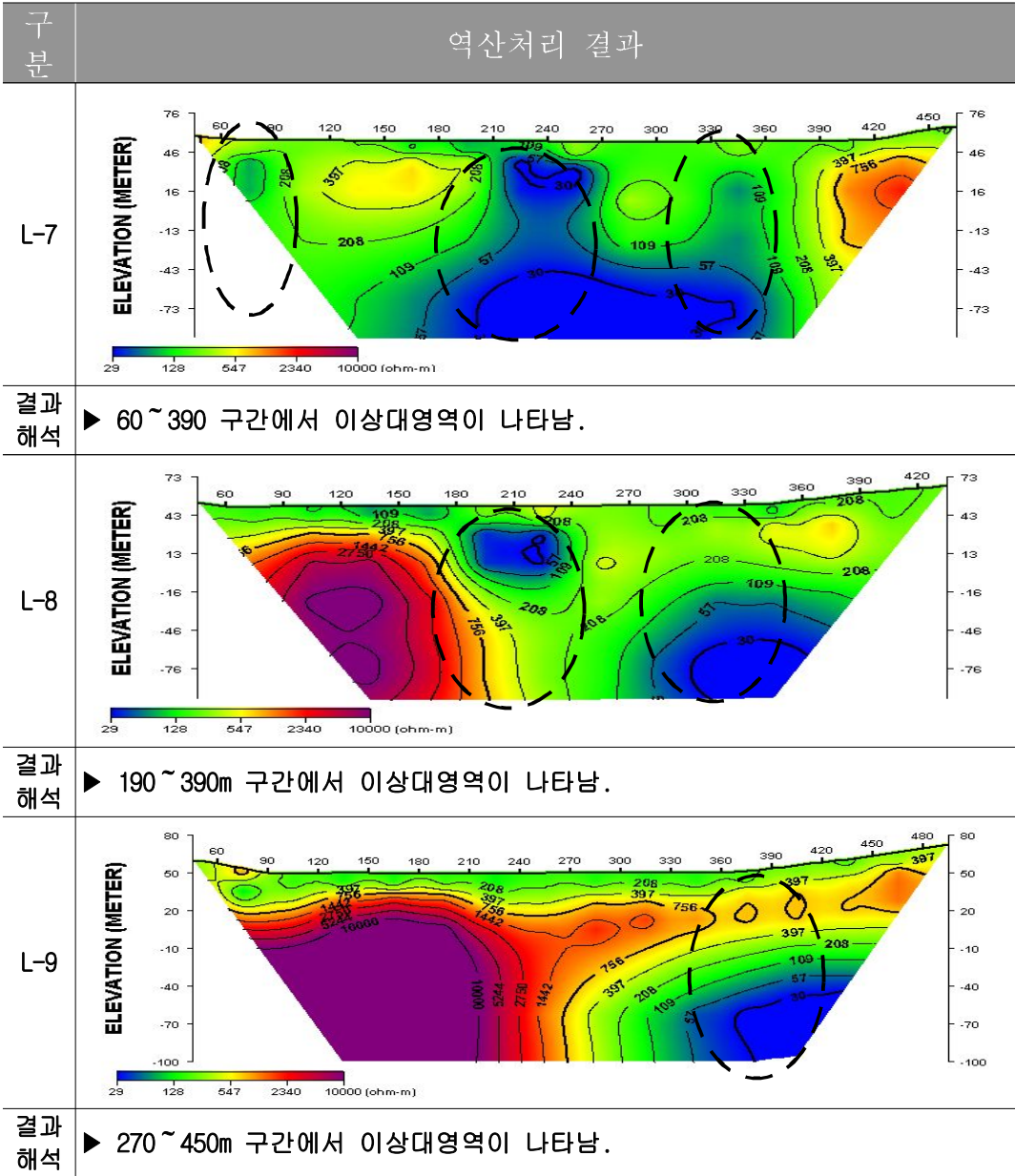


Figure 5-3. Continue.



## 5.4 지질이상대 분포구간 및 연장거리

본 조사에서는 각각의 측선에서 Dipole-Dipole 배열법으로 현장자료를 획득한 후 역산에 의한 자료처리를 통하여 해상도 및 신뢰도를 향상시켜 2차원 결과단면을 도출하였다(Figure 5-4, Table 5-2). 2차원 해석단면으로부터 지질이상대 분포구간을 결정하여야 하나, 측선별로 확인된 지질 이상대는 종류 및 방향성이 결정되지 않은 기초자료이다. 그러므로 다른 자료 분석(인근지역 지질조사 자료 및 지질도 분석, 시추조사 등)을 통하여 지질이상대의 종류(암종경계, 단층파쇄대, 대수층 등)와 방향성을 최종 결정해야 한다.

지질이상대 예상 분포구간 및 연장거리

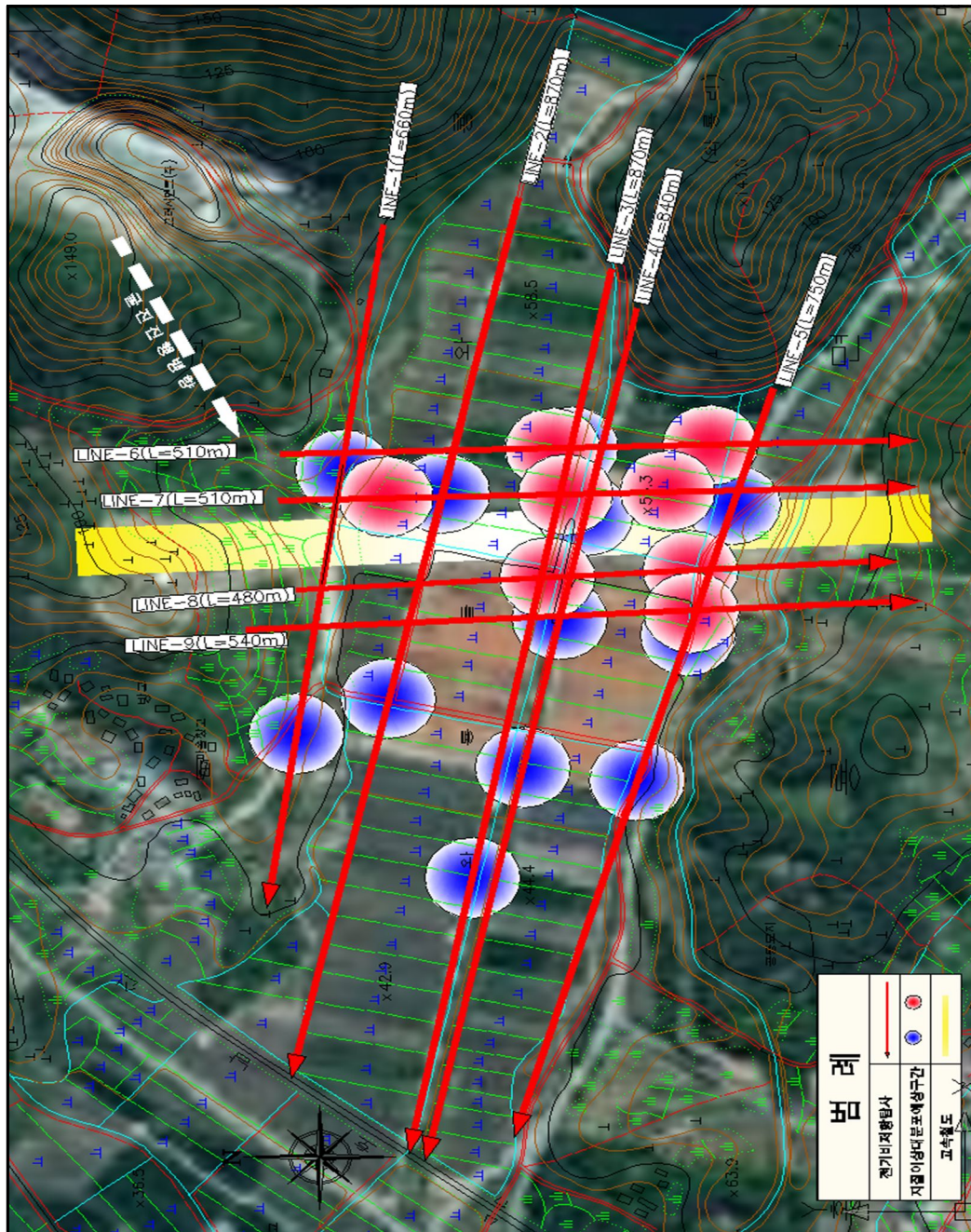


Figure 5-4. Resistivity anomaly profile at each red & blue circles.

Table 5-2. Resistivity anomaly zone at each survey lines

공 변	①(이상대분포 구간) m	②(이상대분포구 간) m	③(이상대분포구 간) m	분포연장거리 (m)
LINE-1	-	270~330	480~540	120
LINE-2	-	270~360	480~540	150
LINE-3	90~270	-	570~660	270
LINE-4	180~270	300~360	420~510	240
LINE-5	90~180	210~300	330~480	330
LINE-6	150~390			240
LINE-7	60~390			330
LINE-8	190~390			200
LINE-9	270~450			180

## 5.5 전기비저항탐사 3D-Fence 결과도

이상과 같이 2차원 역산 결과도를 가지고 고속철도 선로와 수직방향과 평행방향으로 가칭 3차원 결과를 얻었다. 고속철도 라인 직하부영역에 암종경계 또는 파쇄대로 판단되는 이상대 영역이 고속철도 라인과 평행(남북방향)하게 발달되어 있다. 전기비저항값이 수십 $\Omega$ -m로 기반암내의 대수층과 지하공동으로 판단된다. 남북방향과 북북서-남남동 방향에서 폭넓은 이상대 영역이 확인되었으며, 횡방향·종방향 결과도에서 중첩된 지점부분의 비저항대가 서로 비슷한 값으로 그 역산결과 신뢰도가 큼을 알 수 있었다(Figure 5-5, Figure 5-6, Figure 5-7). Figure 5-8은 고속철도를 중심으로 현장탐사 사진을 보이고 있다.

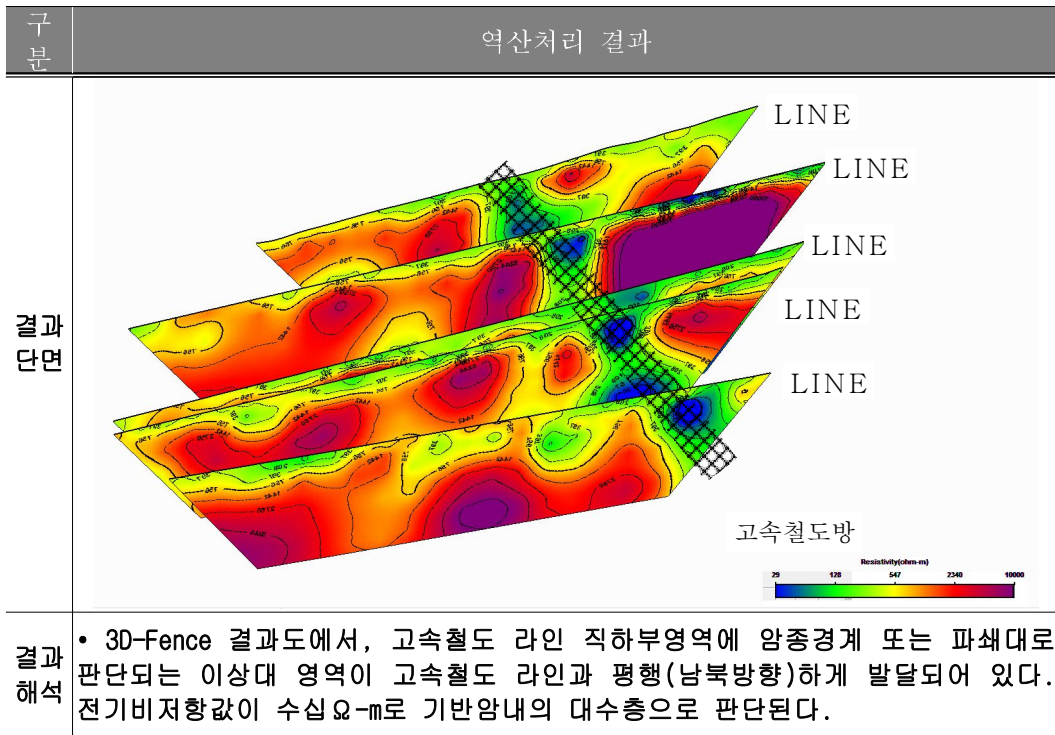


Figure 5-5. Transverse 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.

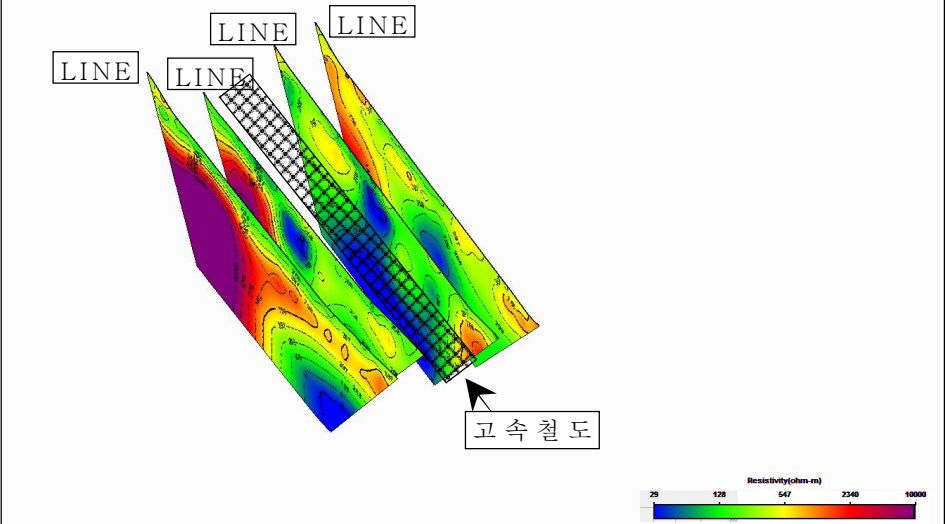
구분	역산처리 결과
결과 단면	
결과 해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D-Fence 결과도에서, 전반적으로 수십Ω-m 이하의 이상대가 폭넓게 분포하고 있다.</li> </ul>

Figure 5-6. Longitudinal 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.



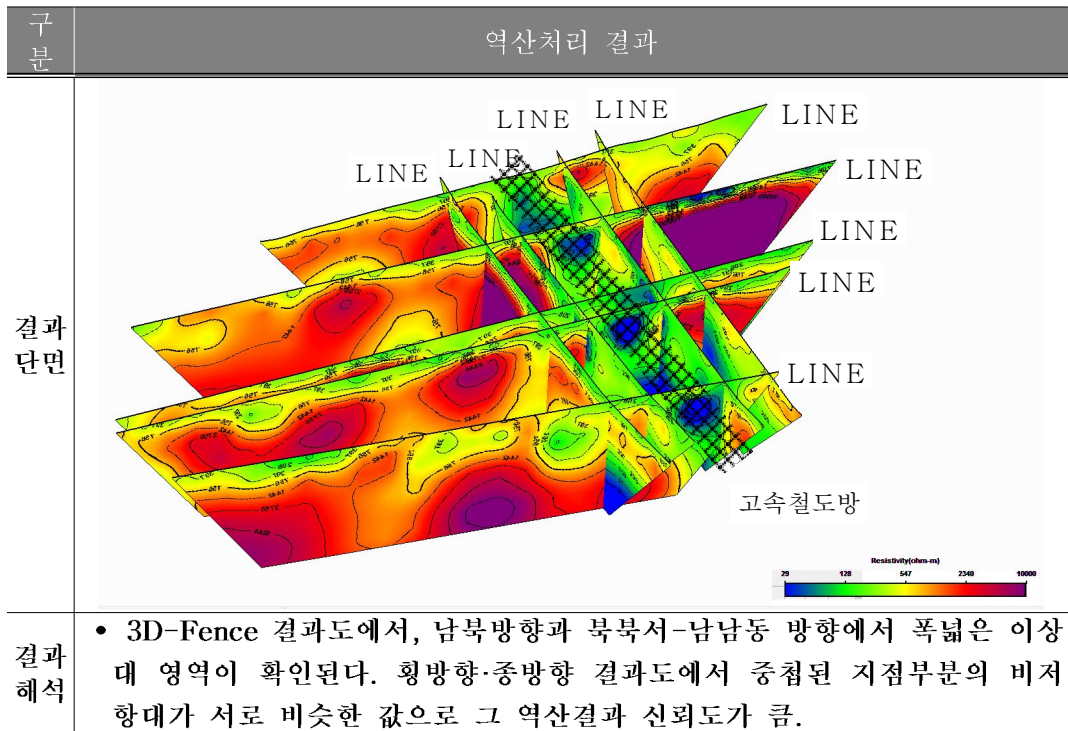


Figure 5-7. 3D-Fence anomaly zone with KTX rail.



Figure 5-8. A view of the field pictures at Warong-ri, Gangsung-gun in Korea.

## 6. 결론

본 연구는 대상 연구지역의 지질 이상대를 확인하기 위하여 총 9개 축선(전극 간격 30m) 연장거리 6,030m의 전기비저항 쌍극자 탐사를 실시하고 그 결과를 해석하였다. 연구지역의 지질은 시대미상(시생대 ?)의 화강암질 편마암과 지각변동과 해침으로 퇴적 변성된 편암류(대상광맥; 석회석 함유), 이들을 관입한 주라기 혹은 모화강암과 이들을 부정합으로 피복하는 층적층으로 구성되어 있다.

조사연구의 주 목적은 대상으로 분포하는 석회암층과 그 상부의 고속철도와의 관계를 고려하여 고속철도에 영향을 최소화하면서 지하굴진(선로 하부 150m) 가행 여부를 판단하는데 도움을 주고자 함이다.

지질도에서 확인한 대상광체(석회석)는 담회색-담갈색-회색 결정질 석회암으로 구성되어 있다. 이들 결정질 석회암은 주로 치밀 내지 세립질이며 부분적으로 스카른화 되어 스카른광물이 발달되어 있다. 그리고 담회색-유백색 조립질 백운암이 불규칙적으로 협재되어 있다. 오랜 지질시간 동안 발생한 지각변동 및 변성과 변질 등으로 인해 이질 암석층과의 접촉 경계부, 단층 및 파쇄대와 풍화 변질된 많은 연약층 및 대수층이 포함되어 있다.

대상광체와 신설된 고속철도가 거의 일치되는 남북방향으로 형성되어 그 하부의 채광 가능 여부를 확인함이다. 기존광산이 현재 지하 약 150m 하부에서 가행되고 있으며 기존 광산에서 남서방향으로 굴진하여 가행 가능한 광체에 도달하기 위해서는 지질 경계부 또는 지하수 이상대를 통과하여야만 하는 실정이다.

전기비저항 쌍극자 탐사 결과 목적광체에 도달하기 위해서 축선 Line-1과 2 그리고 Line- 7에서 확인되는 이상대를 통과 하여야만 할 뿐만 아니라 대상광체를 따라 폭넓은 지하공동 또는 지하수 이상대가 분포되어 있다.

상기 결과에서 거론된 이상대를 굴진할 때 하부의 많은 지질변화와 상부의 지하수 대수층에 대한 사전 준비가 되어야만 할 것이다. 특히, 지하수의 수압은 약  $15\text{Kg/cm}^2$  또는 그 이상으로 판단되어 심한 지하수 유출이 발생될 것이고 이로 인한 상부지반의 침하(싱크홀)가 발생할 것으로 판단된다.

축선별로 확인된 지질이상대는 종류 및 방향성이 결정되지 않은 역산자료이다. 다른 자료 분석(인근지역 지질조사 자료 및 지질도 분석, 시추조사 등)을 이용하여 지질이상대의 종류(암종경계, 단층파쇄대, 대수층 등)와 방향성을 최종 결정해야 한다.



## 참 고 문 헌

- 김정호, 1987, 2차원 전기비저항탐사자료의 역산, 서울대학교공학박사학위논문.
- 박삼규, 송성호, 최종학, 최보규, 이병호, 2002, 수리시설물의누수탐지를 위한 물리 탐사의적용성, 한국지구물리탐사학회 심포지움, pp.179-195.
- 박삼규, 2004, 지반의 전기비저항을 좌우하는 물성요인, 물리탐사학회지, 제7권, 제2호, pp130-135.
- 송호웅 외 7인, 2000, 지반환경물리탐사, 시그마프레스.
- 송성호, 이규상, 김진호, 장의웅, 2000, SP 및 단극배열 전기비저항 탐사를 이용한 방조제 누수지점 탐지, 한국지구물리탐사학회 물리탐사기술심포지움, pp.19-40.
- 원종근, 송성호, 1999, 제방 누수 조사에 물리탐사기법의 활용, 한국지구물리탐사학회 물리탐사기술심포지움, pp.240-257.
- 이명중, 김정호, 조성준, 정승환, 송윤호, 1997, 전기비저항탐사자료의 3차원역산; 전기·전자탐사법에 의한 지하영상화 기술연구, 한국자원연구소, KR-97(C)-16, 57-100.

## 감사의 글

이 논문을 마치기 전 저에게 많은 도움을 주신 분들께 글로나마 감사의 말씀을 드립니다. 지금까지 부족한 저를 이끌어주신 고진석 교수님께 감사의 말씀드립니다. 그리고 부족한 저의 논문을 심사해주신 강성승 교수님과 장일식 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 대학원 생활에 큰 아쉬움이 남지만 앞으로 나아갈 수 있게 도움을 주신 박영석 교수님, 한오형 교수님, 박천영 교수님, 강추원 교수님, 장일식 교수님께도 감사의 말씀을 전해드리고 싶습니다. 그리고 저의 실험에 도움을 준 우리 물리탐사 실험실 후배 종혁이, 민규, 민석이, 택수, 준태, 승택이한테 정말 고맙다는 말을 전하고 싶습니다. 마지막으로 항상 나를 믿어준 우리 아내와 애들, 가족들도 고맙고 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다.

<b>저작물 이용 허용서</b>					
학과	에너지자원공학과	학번	20157310	과정	석사
성명	한글 : 김 대 모    한문 : 金 大 模    영문 : Dae-Mo Kim				
주소	전남 여수시 박람회길 61(엑스포 힐스테이트 117동 801호)				
연락처	E-MAIL : vagabond38@naver.com				
논문제목	한글 : 전기비저항 탐사를 이용한 KTX 선로하부(150M) 공동지반 해석 영어 : Interpretation of Cavities under KTX Rail using the Electrical Resistivity Survey				
<p>본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.</p> <p style="text-align: center;">- 다            음 -</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함</li> <li>2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.</li> <li>3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.</li> <li>4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.</li> <li>5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.</li> <li>6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음</li> <li>7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.</li> </ol> <p style="text-align: center;">동의여부 : 동의( ○ )    반대(    )</p> <p style="text-align: center;">2017 년 2 월 24일</p> <p style="text-align: center;">저작자: 김 대 모 (인)</p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;"><b>조선대학교 총장 귀하</b></p>					