

## 난지도에 인접한 한강변에서의 쌍극자-쌍극자 전기탐사

이기화\* · 권병두\*\* · 오석훈\*\* · 김차섭\*\*

### Dipole-Dipole Resistivity Survey on the Side of Han River near Nanjido Landfill

Kiehwa Lee\*, Byung-Doo Kwon\*\*, Seok-Hoon Oh\*\* and Cha-Seop Kim\*\*

**ABSTRACT** : The dipole-dipole electrical resistivity survey was conducted to investigate the probable contamination of the Han river by leachate from the near-by Nanjido Landfill. The survey line of 3 km was set along the unpaved road toward the Han river. For the convenience of the field work, the survey line was divided into four segments. The complete two-dimensional resistivity section was constructed by connecting the inversion result of each segment. Gravity survey was also carried out along the profile parallel to the resistivity line. Near surface resistivity generally appeared to be of very low value in most part of the survey area and the boundary between the alluvium layer and underlying basement rocks is well discriminated on the resistivity section. These results agree well with those of the preceding Schlumberger depth sounding made at adjacent area by Lee and Yun (1995). The variation of thickness of the alluvium layer delineated by gravity anomaly profile also correlates well with the result of the resistivity survey on the qualitative basis. The problem of contamination by leachate from the Nanjido Landfill, where various waste materials have been dumped without any proper treatment facilities, has been remains unsolved yet. Therefore, we present the most probable passages of leachate flow based on the survey results and have briefly discussed about measure for contamination control. Considering the thickness of alluvium and the possible existence of fractured zone, the middle point between 1st and 2nd landfill and the midst of 1st landfill are the most hazardous regions to make leachates flow into the Han river. Since large amounts of leachates are observed from the test wells located on the lines extending from the border between the 1st and 2nd landfill and the middle of the 1st landfill, contamination protection barriers are strongly recommended near these regions.

### 서 론

서울시 마포구 상암동에 위치한 난지도 매립지는 1978년 3월부터 1992년까지 반입된 쓰레기 매립물로 인하여, 전체 면적 53만평에 매립용량 약 1억 m<sup>3</sup>의 대규모 인공산을 형성하고 있다. 난지도 매립장은 한강변에 바로 인접하여 철저한 위생 관리 등이 요구되고 있으나, 매립

시작 당시부터 무계획적으로 사용되어진데다, 불법적인 쓰레기의 반입과 함께 사후 관리도 허술하여 위생상으로나 구조적 안정성에 많은 문제를 야기시키고 있다. 즉, 침출수의 한강변으로의 유출이나, 매립가스의 발생 등은 이 지역 위생에 큰 위협이 되고 있으며, 매립지 내부에서의 화재 등으로 인한 대규모 함몰, 줄속한 매립으로 인한 사면의 붕괴, 빗물 방제 시설의 미비로 인한 기저침출수위의 상승에 따른 구조적인 위험성이 존재한다.

본 연구팀에서는 2차년도에 걸쳐 난지도 매립지 및 주변 지역의 지질환경에 대한 수리지질학적·지구물리학적 연구를 수행하고 있으며, 지구물리분야의 연구는 중·자력,

\* 서울대학교 지질과학과 (Dept. of Geological Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

\*\* 서울대학교 지구과학교육과 (Dept. of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea)

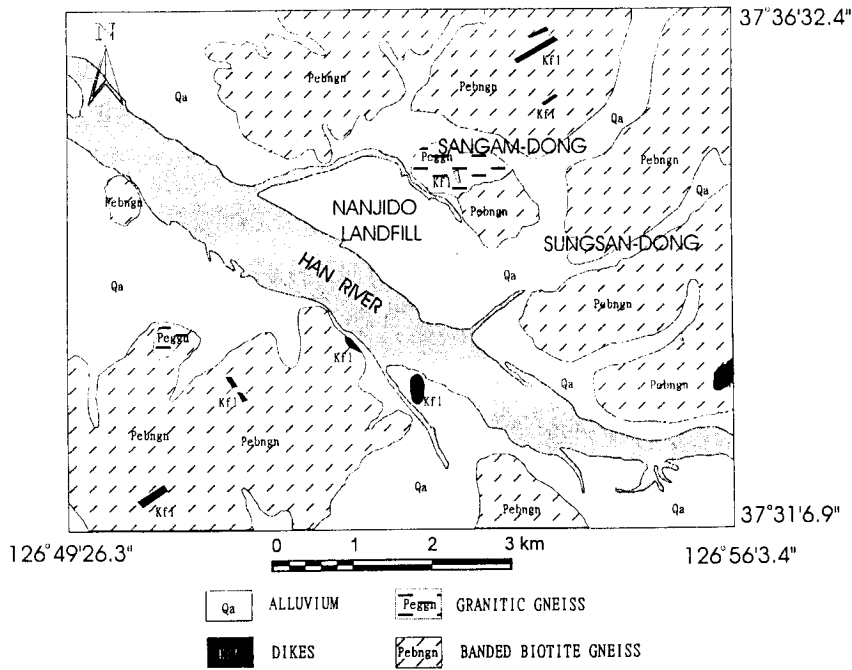


Fig. 1. Geologic map of the Nanjido landfill and vicinity.

지전기, 전자탐사법을 이용하여 광역 및 국지 탐사연구를 수행하고 있다 (이기화, 윤종렬, 1995, 권병두 등 1996). 이 논문은 난지도와 한강변 사이의 비포장 도로상에서 쌍극자-쌍극자 전기탐사를 실시하여 이 지역의 2차원적인 전기비저항 분포도를 작성하고, 이 축선과 나란히 실시한 중력 축선 자료를 함께 해석하여 매립지 조성 당시 오염방지 시설의 미비로 인한 침출수의 유출가능지역을 제시하며, 이후의 침출수 방제대책에 대해 논의하고자 한다.

**본 론**

**지질개요**

난지도 매립지는 행정구역상 서울시 마포구 상암동에 위치하며, 남쪽으로는 한강이 북서방향으로 흐르고 북쪽에는 난지천이 남서 방향으로 흐르고 있다 (Fig. 1). 일산 쪽으로 면한 1매립지와 성산동쪽의 2매립지로 나누어져 있는데, 1매립지의 규모는 부피상으로 볼 때 2매립지의 3배에 이른다.

연구지역은 선캠브리아기의 편암류와 이들을 관입한 중생대 관입암류, 그리고 이들과 부정합을 이루는 제 4기 충적층이 나타난다. 난지도 매립장은 한강 하도의 제 4기 하성충적층 상부에 위치하고 있다 (Fig. 1).

난지도 매립지 안정화사업의 일환으로 난지도 주변 18개 공에서 시질된 시추자료에 의하면, 매립지 주변의 층서구조는 매립층, 충적층, 풍화대층, 기반암층으로 구성 되어진다. 매립층은 각종 쓰레기와 복토재의 혼합층으로 연탄재, 각종 플라스틱류, 비닐류, 유리조각, 벽돌, 벽재, 슬러지, 실트질 모래 등으로 이루어지고, 충적층은 한강과 그 지류를 따라 운반, 퇴적되어 형성된 미고결 상태의 하상 충적층으로 평균 21 m 정도의 두께를 나타내며 점토, 모래, 실트로 구성된 상부 세립층과 모래, 자갈로 구성된 하부 조립층으로 구분된다. 또한 풍화대층은 기반암의 풍화로 형성된 층으로 암석조각이 완전 분해되어 토질화 되었으나, 모암의 원 구조는 보존하고 있는 상태이다. 기반암층은 호상 혹은모 편마암과 화강암질 편마암이 불연속적인 파쇄대면이나 절리를 따라 암석의 내부까지 심한 풍화를 받아 암체가 암괴상으로 분리를 시작하는 상태로 나타나 있다 (서울특별시, 1994).

**쌍극자-쌍극자 전기탐사**

난지도 주변 지역의 오염정도를 조사하기 위하여 한강 북동쪽과 난지도 서남쪽에 면해있는 비포장 도로를 따라 총 길이 약 3 km의 쌍극자-쌍극자 전기비저항탐사를 실시하였다 (Fig. 2). 축선의 길이가 긴 관계로 4개의 구간

으로 나누어 탐사를 수행하였으며, 난지도 1매립지쪽 일산방면의 구간부터 시작하여 1~4번으로 구분하였다. 각

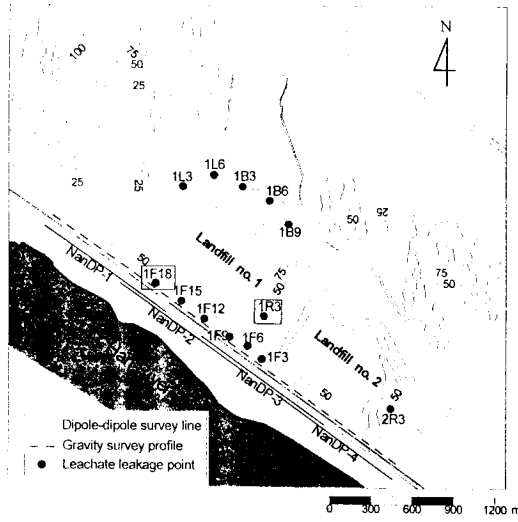


Fig. 2. Topographic map of the study area showing dipole-dipole resistivity survey lines, gravity profile and leachate leakage points. Contour interval is 25 m.

구간의 연결부위에서는 탐사를 중첩하여 실시하였고, 측정치가 20%이상의 차이를 보이는 경우 재측정을 반복하였다. 쌍극자-쌍극자 탐사는 다른 전기비저항탐사에 비해 노력이 많이 들지만, 탐사지역의 2차원적인 비저항 분포 단면을 보여주는 대표적인 방법이다. 탐사의 목적은 수평적, 수직적 전기비저항 분포로부터 기반암의 심도 및 층적층 발달지역과 파쇄대 존재가능지역을 추정하여, 침출수 등의 오염물질이 한강변으로 침투할 수 있는 경로를 차단하는 방제대책을 세우는 데 있다. 이번 탐사 지역 주변에는 전기탐사에 크게 영향을 미칠 수 있는 구조물이나 전기시설물들은 발견되지 않았으나, 큰 규모의 도로(자유로)가 인접해 있어 도로 밑에 설치되어 있는 전선 등의 영향이 다소 있을 것으로 예상되었다.

탐사를 수행한 비포장도로는 크게 뺀이어서 측정점의 선정에는 어려움이 없었으며, 고도는 비교적 평탄하였으나, 3번 측선의 중간부분에서 약 4 m정도의 기복이 있다. 특히 이 지점을 경계로 2매립지 방향으로 표토 부근에 점토의 양이 늘어나기 시작한다. 측선은 한강 변으로 부터는 약 300~500 m 가량 떨어져 있으며, 측정점 주변에서 식하는 식물군은 전 측선상에서 거의 비슷한 양상을 보인

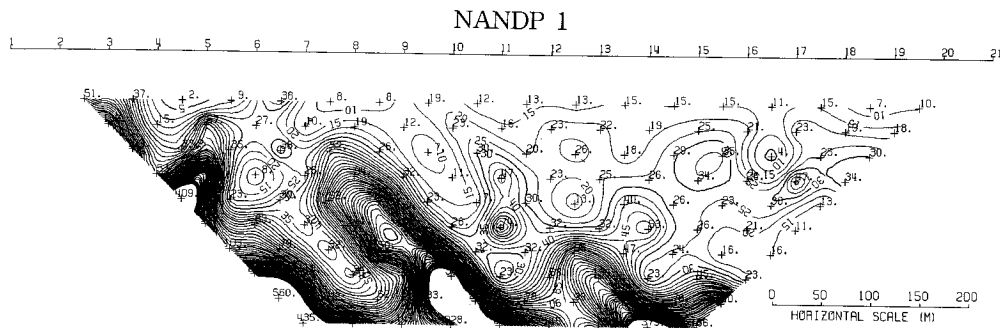


Fig. 3. Observed resistivity pseudosection of the dipole line 1. Contour interval is 5 Ohm-m. The interval of successive pole position is 50 m.

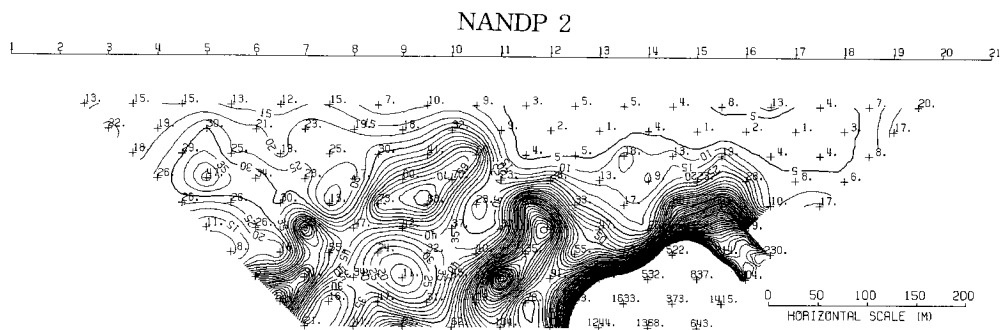


Fig. 4. Observed resistivity pseudosection of the dipole line 2. Contour interval is 5 Ohm-m. The interval of successive pole position is 50 m.

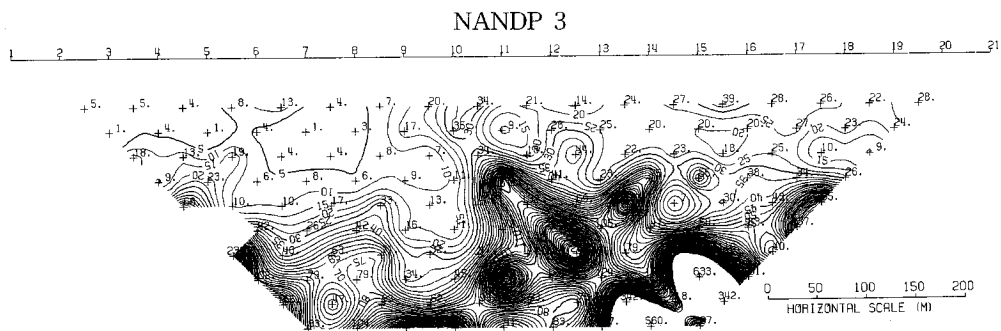


Fig. 5. Observed resistivity pseudosection of the dipole line 3. Contour interval is 5 Ohm-m. The interval of successive pole position is 50 m.

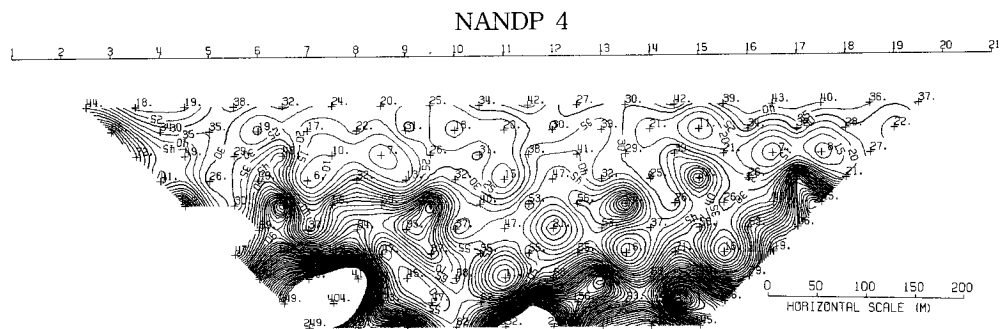


Fig. 6. Observed resistivity pseudosection of the dipole line 4. Contour interval is 5 Ohm-m. The interval of successive pole position is 50 m.

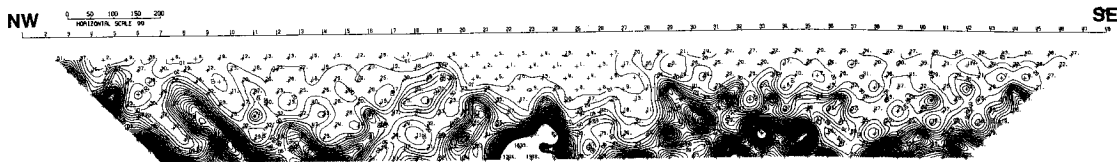


Fig. 7. The combined full resistivity pseudosection of the four dipole lines.

다. 각 측정점에서 기본적으로 4회 이상 반복 측정하였으며, 현장에서 등고선도를 작성하여 검토함으로써 탐사자료의 질적관리에 신중을 기하였다. 또한 측정기간 중 비는 오지 않았으며, 물이 고인 측정점도 없었다.

Fig. 2의 검은점은 서울시에서 안정화사업 기초 조사의 일환으로 작업한 시추공 중 침출수의 분출이 관찰된 지점들을 표시한 것이다 (서울시, 1994).

**가단면도 작성 및 해석**

Fig. 3~Fig. 6은 제 1구간부터 제 4구간까지의 전기비저항분포 가단면도이며 Fig. 7은 모든 구간을 연결하여 작성한 탐사지역의 종합적인 가단면도이다. 각 구간의 가단면

도의 연결부위는 큰 오차없이 잘 연결이 된다. Fig. 7의 가단면도를 살펴보면 전체적으로 지표부근의 가비저항치들은 50~20 ohm-m 내외로 낮은 값을 보이고 있는데, 이는 이 지역에 넓게 분포하는 점토질 표토에 의한 영향으로 해석된다. 또한 가단면도상의 18~26번 측정점 사이의 경우 전형적인 '바지가랑이 효과 (pants-leg effect)'(현병구, 1995)를 보이고 있는데 이는 상부에 낮은 비저항체가 좁은 모양으로 위치하고 있어 하부 비저항분포가 마치 바지가랑이 처럼 나타나는 것을 보여준다. 이 구간의 지표상의 위치는 1매립지와 2매립지 사이 지역으로 나타난다. 또한 가단면도의 12~18번 사이 지점에서 깊은 심도까지 낮은 비저항이 나타나고 있다. 이 구간의 지표상의 위치는 1매립지의 중간부분이며, 다량의 침출수가 유출되고 있는 것

이 확인되는 지역이기도 하다 (Table 1).

전반적으로 낮은 비저항을 보이는 표토층의 영향으로 심부로의 전류 흐름이 많지 않아 심부자료의 질에는 다소 문제가 있을 것으로 생각되나, 전반적인 탐사지역의 수평적 비저항 분포를 이용하여 침출수의 영향을 받은 것으로 보이는 저비저항 지역을 판별하는데는 큰 어려움이 없다.

**역산 및 해석**

전기탐사자료의 역산에 대해서는 많은 연구가 이루어졌는데, 특히 2차원 자료의 경우에는 유한차분법 (Dey, Morrison, 1979)이나, 유한요소법 (Coggon, 1971) 등이 많이 사용되었다. 역산의 방법적인 면에서는 ridge regression (Inman, 1975), Creeping 및 Jumping 개념 (Parker, 1977, 1984), Occam의 역산 (Constable *et al.*, 1987) 등이 제안되어 사용되어 왔다. 한편 국내에서는 김정호 (1987)가 2차원 쌍극자-쌍극자 자료의 역산을 연구하였고, 김정호 등 (1989)이 평활화제한을 가한 2차원 자동역산을 실시하였으며, 이명중 (1994)은 토모그래피 자료를 역산 해석하였고, 오석훈 (1994)은 유한요소법을 이용하여 지형효과가 포함된 역산을 연구하였다.

본 연구지역의 경우 지형은 매우 평탄하므로 지형보정은 생략하였고, 지표의 비저항이 낮아 심부자료의 질이 다소 불량할 것으로 예상되므로 평활화제한을 가한 상태에서 Creeping 기법을 적용하여 계산하였다. Creeping 및 Jumping 기법에 대한 설명은 김정호 등 (1989)에 자세히 언급되어 있으므로 이론적 내용에 대한 기술은 생략한다.

Fig. 8은 1구간부터 4구간까지의 역산결과이다. 전반적으로 가단면도 (Fig. 7)와 역산결과를 비교했을 때, 공통적으로 1매립지의 중앙부와 1매립지와 2매립지 사이 지역에서 여전히 낮은 비저항이 나타난다.

먼저 Fig. 8의 중앙부에 해당하는 측정번호 24~26사이 구간은 역산결과 진비저항치가 최소 2 ohm-m 정도로 낮은 값을 보이고 있다. 이는 보통의 지하수는 물론이고 염도가 있는 물에서도 나타나지 않는 작은 값으로, Fig. 7에서 언급하였던 바지가래이 효과를 유발한 저비저항체를 반영

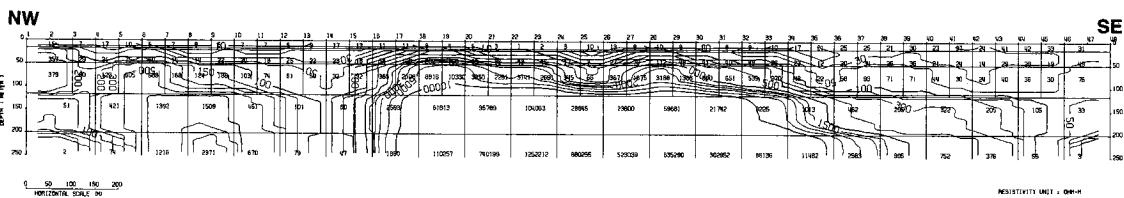
하는 것으로 보인다. 또한 가단면도상에서는 저비저항대가 비교적 넓은 폭으로 나타나는데 반해 역산결과에서 그 폭이 많이 좁아진 것은 직하부에 상대적으로 높은 비저항대가 존재하기 때문에 생겨나는 현상으로 여겨진다. 이는 역산 과정이 오차를 줄이는 방식으로 계산되기 때문에 비저항대가 줄어들고, 하부의 고비저항 부분이 확대된 결과이다. 역산결과로부터 추정되는 이 구간의 저비저항대의 깊이는 약 50~70 m 정도로 나타나며, 서울특별시의 보고서 (1994)에 의하면 기반암의 깊이가 최대 42m에서 나타나고 있다. 이와 같은 결과로 미루어 이 구간의 주변에는 비저항이 낮은 층적층대가 위치하고 있는 것으로 생각된다. 이기화, 윤종렬 (1995)이 수행한 슬림버저 수직탐사에서도 양매립지의 중앙부에서 주변보다 깊은 위치까지 저비저항대가 확인된 바 있다. 한편 미국의 Mallard North 매립지에서 슬림버저 전기비저항 탐사자료를 역산 해석한 결과 침출수로 포화되어 있는 층의 비저항치가 3~7 ohm-m 정도로 나타난 바 있다 (Carpenter *et al.*, 1991).

또한, Fig. 8의 12~15지점에 해당하는 1매립지의 중앙부는 Fig. 7에서 나타났던 폭 넓고 깊은 저비저항대가 역산결과에서도 그대로 나타나고 있는데, 진비저항 단면으로만 보면 기반암은 200 m 까지도 나타나지 않는다. 그러나 이 지역에 이와 같이 두꺼운 층적층이 발달되어 있다고 보기는 어려우며, 서울특별시의 보고서 (1994)에 나타나는 시추자료에서 기반암이 풍화가 많이 되어있으며 곳곳에 파쇄대의 흔적이 나타나고 있다는 것으로 미루어 이 지역의 경우는 기반암 상부에 파쇄대가 상당히 발달되어 지하수가 잘 흐름으로써 나타나는 저비저항대로 추측된다.

한편, 1번 축선 근처에서 전반적으로 낮게 나타난 표층의 비저항대는 투수성이 낮은 저비저항의 점토의 영향으로 생각되며 이 부분의 수리전도도는 비교적 낮은 것으로 생각된다.

**중력탐사**

중력탐사는 전기비저항 탐사에서 다소 모호하게 나타나는 기반암에 대한 정보를 추가로 획득하고, 전기비저항



**Fig. 8. Full resistivity section obtained by inversion of the combined resistivity data of four dipole lines.**

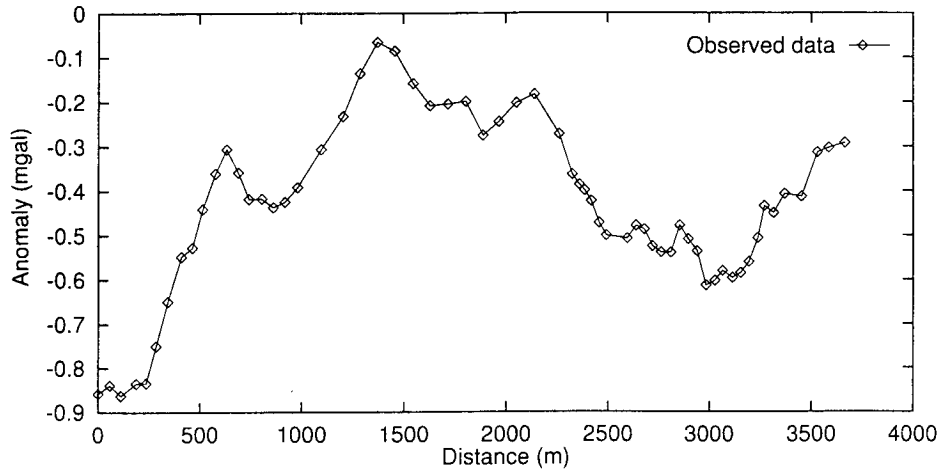


Fig. 9. Bouguer anomaly measured along the profile Fig. 2.

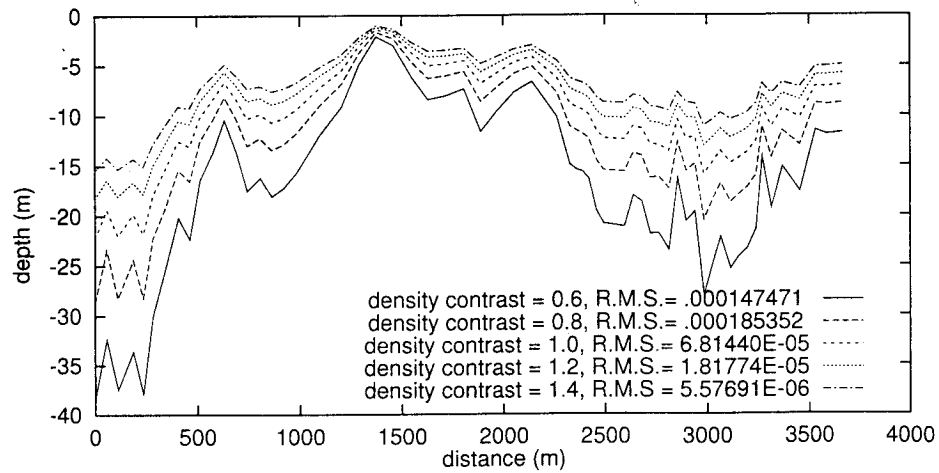


Fig. 10. The undulation of the basement calculated by two-dimension density contrast inversion of the gravity anomaly of Fig. 9.

탐사의 결과와 비교, 검토하기 위해 전기탐사와 같은 방향의 측선을 따라 실시하였다 (Fig. 2). 측정 간격은 50 m를 유지하였다.

Fig. 9는 위 측선의 부우계 중력이상이다. 그림에서 볼 수 있듯이 중력이상값이 작고, 주변 자유로에 고속 주행하는 차들의 영향으로 약간 부드럽지 못한 고주파 형태의 양상을 보이고 있다. 이와 같은 자료로는 정밀한 역산해석이 무의미하기 때문에, 상부와 하부의 균질한 밀도차가 존재하는 경우의 역산을 수행하였다 (Qureshi, Mula, 1971). 즉, 2차원 지하구조에서 무한 판에 의한 중력효과와, 측정점에서의 이상값을 이용하여 초기모델 (깊이)을 구하고, 중력효과를 계산한 뒤, 다시 구해진 깊이의 중력

효과에 대한 잔차를 구해 반복계산한다. 이 방법에 의하면 지하구조가 2차원의 2가지 밀도로 구성될 때, 기반암의 깊이를 구할 수 있다.

Fig. 10은 이와 같은 방법으로 구해진 기반암의 추정 심도이다. 밀도차를 0.6에서 1.4까지 가정하였으며, 일반적인 양상은 Fig. 9의 중력이상도와 유사하다. 그림에서 보이는 것처럼 국부적으로 정상적인 지하구조라 보기에 어려운 형태가 나타나지만 전반적인 분포는 해석가능하다. Fig. 8에 나타난 전기비저항 역산결과와 비교하면 2매립지 부근의 두꺼운 층적층이 중력자료에서도 잘 나타난다. 또한 1매립지 중앙부의 국부적 저비저항대와 전반적으로 전 측선의 중앙부에서 나타나는 고비저항체가 중력

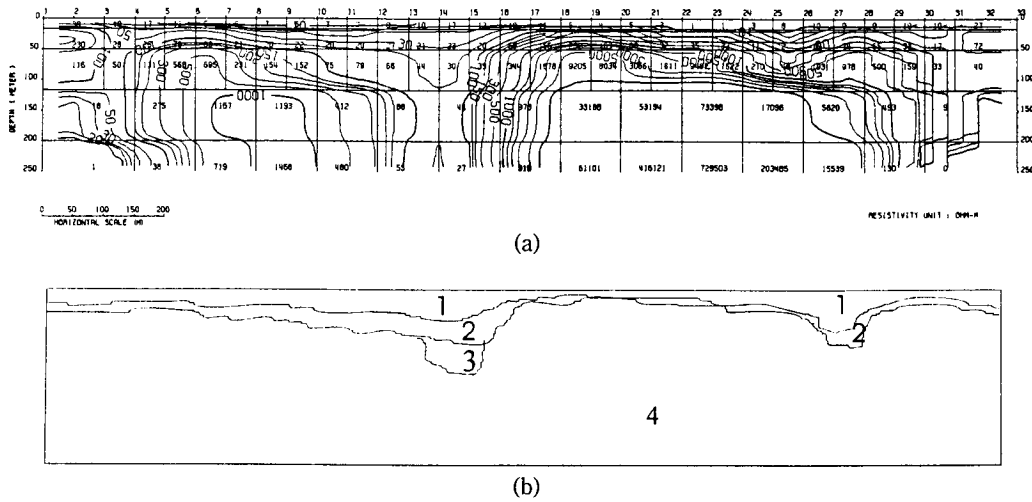


Fig. 11. Interpretation of the combined resistivity section of dipole lines 1 and 2 (a) the result of inversion, (b) interpretation of the result of inversion 1: Alluvium (thought as acid clay) 2: Weathered zone 3: Fractured zone 4: Basement

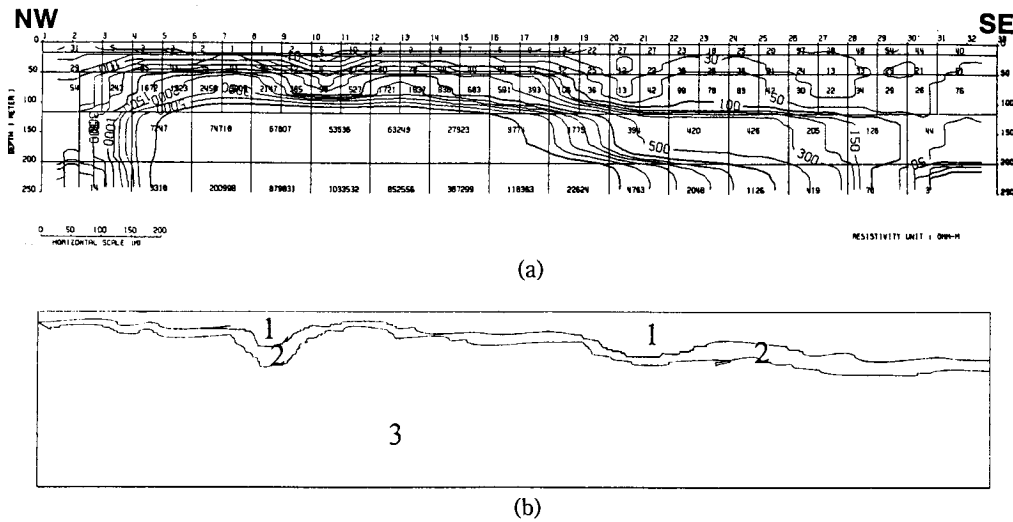


Fig. 12. Interpretation of the combined resistivity section of dipole lines 3 and 4 (a) the result of inversion, (b) geologic interpretation 1: Alluvium (thought as acid clay) 2: Weathered zone 3: Basement

자료에서도 잘 반영됨을 알 수 있다.

기반암의 추정 심도는 밀도차에 따라 다르게 나타나고 지하의 매질이 두 가지의 균질한 물체로 구성되었다는 역산의 가정때문에 큰 의미를 부여하기는 어렵다. 하지만, 탐사 지역의 구조가 지질계통상 층적층과 화강편마암 내부의 파쇄대나 풍화대등으로 이루어진 점을 고려하면, 밀도차가 적어도  $1\text{g/cm}^3$  이상 될 것으로 생각되고 따라서 기반암의 깊이는 대략 20~40 m 정도로 추정된다. 또한 중력 측선 상의 국부적 저이상대에는 파쇄대나 정도가 심

한 풍화대의 존재가 예상되므로 실제 신선한 기반암의 깊이는 그 보다 더 낮아질 것으로 생각된다.

한편, 이기화, 윤종렬 (1995)는 이 근처에서 실시한 전기비저항 수직탐사에서 침출수에 의하여 오염되지 않은 기반암의 깊이를 60~70 m 정도로 추정하였다.

침출수 유출 예상 지역 및 방제대책

Table 1은 Fig. 2의 침출수 분출 지점에서 측정된 각 지

**Table 1.** 침출수 누출 현황 (서울특별시, 1994)

| 누출지점 | 유량(m <sup>3</sup> /일) | 누출 현황                     |
|------|-----------------------|---------------------------|
| 1R3  | 47.7                  | 1매립지 진입도로 좌측, 악취심함        |
| 1F3  | 9.6                   |                           |
| 1F6  | 19.7                  |                           |
| 1F9  | 15.1                  |                           |
| 1F12 | 24.0                  |                           |
| 1F15 | 14.6                  |                           |
| 1F18 | 92.9                  |                           |
| 1B3  | 13.5                  | 난지천 유입                    |
| 1B6  | 13.1                  | 난지천 유입                    |
| 1B9  | 23.2                  | 난지천 유입                    |
| 1L3  | 10.6                  | 난지천 유입                    |
| 1L6  | 9.5                   | 난지천 유입                    |
| 2R3  | 3.3                   | 2매립지 진입도로 좌측, 사면상태가 매우 불량 |
| 계    | 296.8                 |                           |

점의 1일 평균 누출량으로 양매립지의 경계부에 위치한 1R3지점과 1매립지 중앙부에 연한 1F18지점의 누출량이 다른 지점에 비해 많다.

1R3 지점은 다른 지점들과 달리 고도가 약 40 m 정도로 높은 곳에 위치하고 있다. 이 지점의 아랫쪽에 위치하고 있는 1F6나 1F9, 1F3 지점에서 특별히 많은 양의 침출수가 누출되고 있지 않은 것으로 보아, 1R3 지점에서 1매립지의 급경사 지역에 위치하고 있어서 많은 양이 누출되고 있는 것으로 보인다. 그러나 전기탐사 역산 단면에서는 이 경계부를 따라 한강변까지 두꺼운 충적층이 발달하고 있는 것으로 추정되어, 차폐벽의 설치가 필요하며 그 깊이는 50 m 정도는 되어야 할 것이다. 특히 1F18지점의 경우 누출량이 하루 92.9 ton으로 가장 많이 기록되고 있는데, 이 지점은 전기탐사 축선에서 14~15 축점 사이에 해당하는 지역으로 역산결과 및 가단면도에서 모두 낮은 비저항대로 나타난 바 있다. 이 지점들에 대한 보다 정밀한 해석을 위하여 1, 2번에 축선자료와 3, 4번 축선자료를 각각 하나로 묶어 역산을 수행하고, 전기 비저항분포에 근거한 지질구조 해석을 실시하였다 (Fig. 11과 Fig. 12). Fig. 11에서 보이는 심부까지 발달한 저비저항대는 기반암내에 발달한 파쇄대에 의한 효과로 해석하였으며 또한 Fig. 12의 1매립지와 2매립지 중간지역에서 나타나는 저비저항대는 두꺼운 충적층과 풍화대의 발달에 의한 현상으로 생각된다.

이 구역들의 저비저항대가 난지도에서 유출되고 있는 침출수에 의해 직접적으로 오염된 결과에 의하여 나타나는 현상인지, 파쇄대를 따라 흐르는 통상적인 지하수에 의한 영향인지는 현재로는 명확한 판단을 내릴 수는 없다. 그러나 어느 경우이든 다량의 침출수가 누출되고 있는 바로

인접지역에 저비저항대가 존재한다는 사실은 이 구역이 침출수의 유도역할을 할 가능성이 매우 크다는 점에 유의하여야 할 것이다. 따라서 한강의 직접적인 오염을 방지하기 위하여 1F18지점 주변에 대한 정밀 탐사 및 시추 조사등이 이루어져야 할 것이며, 신선한 기반암까지 차폐벽 설치가 필요한 경우, 전기비저항 역산 결과에 의하면 그 깊이는 최소 100 m는 되어야 한다.

## 결 론

난지도에서 발생하는 침출수에 의한 한강변의 오염정도를 조사하기 위하여, 난지도 남서쪽 사면을 따라 쌍극자-쌍극자 전기비저항 탐사를 실시하였다. 탐사지역 표층부의 비저항이 아주 낮아 심부자료의 질이 다소 문제가 되나, 수평방향의 비저항 분포로부터 오염가능 지역을 판별하는데는 좋은 결과를 보여주었다.

난지도 일대는 충적층지대이고 기반암의 깊이는 대략 20~40 m 정도로 알려져 있으나 금번 탐사결과, 기반암은 많은 풍화를 받아 파쇄가 심한 것으로 나타났다. 따라서 이 지역에서 지하수의 흐름은 미고결충적층지대나 기반암 내의 파쇄대를 따라 일어날 것으로 예상되며, 지하수면 위에 고립된 (perched) 형태로 있던 침출수는 강우에 의해 지하수면 아래로 밀려 전기비저항 단면도 상에서 나타나는 저비저항대를 따라 유출될 것으로 예상된다.

전기탐사 결과에 의하면 1매립지 중앙부가 가장 위험한 침출수 누출지점으로 생각되며 양매립지의 중앙부분에서 두꺼운 충적층의 발달이 확인되었다. 이 지역에 나타나는 저비저항대가 침출수와 연관된 것인지에 대해서는 현재 확인할 자료가 없지만, 매우 높은 가능성을 가진 만큼 정밀조사가 요구된다. 또한 미국의 매립지 (Carpenter *et al.*, 1991)에서 실시된 수직 전기탐사자료의 역산값과 역시 역산으로 구한 난지도일대 저비저항대의 진비저항값이 그 범위가 거의 유사하다는 점은 비저항 단면도 상에 나타나는 저비저항대가 침출수와 관련이 있는 것을 시사하므로 주목할 만하다.

또한 전기비저항 탐사로 구한 전기비저항 구조와 중력탐사 자료의 밀도구조를 함께 해석함으로써 충적층의 두께 변화나 기반암내의 파쇄대 발달가능성에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있었다. 끝으로 매립지 일대의 표토층, 풍화대, 파쇄대 구조를 보다 정밀하게 조사하기 위해 미세중력계 (micro-gravimeter)의 사용이 필요하다.

난지도 매립지의 경우, 현재 상황에서 침출수의 완전한 방제는 가능하지 않겠지만, 주변 환경의 피해를 최소화하기 위해서는 난지도 상부 북토층의 파쇄지역을 안전하게



복구함으로써 강우에 의한 침출수의 누출을 방지하고, 한강변 저비저항대의 정밀조사와 누출의 가능성이 큰 지역에 별도의 차폐벽 설치가 필요하다.

**사 사**

이 연구는 대학부설 기초과학연구소 학술연구조성비 지원으로 이루어진 연구과제 (과제번호 : BSRI-95-5407)의 일부로 연구비를 지원해 주신 관계기관에 감사드립니다.

**참고문헌**

권병두, 김차섭, 정호준, 오석훈 (1996) 난지도 매립지 및 그 주변의 지질환경 연구: 중력 및 자력탐사. 자원환경지질, 28권, p. 469-480.  
 김정호 (1987) 2차원 전기비저항 탐사자료의 역산. 서울대학교 박사학위 논문.  
 김정호, 정승환, 조인기, 전정수, 이소훈 (1989) 전기 비저항 탐사자료의 평활화 제한을 가한 2차원 자동역산, 탐사기술개발연구. KR-89-2D-2. 동력자원연구소, p. 59-94.  
 서울특별시 (1994) 난지도 매립지 안정화 사업 기초조사 보고서.  
 오석훈 (1994) 유한요소법을 이용한 2차원 전기탐사의 지형 보정. 서울대학교 석사학위 논문.

이기화, 윤종렬 (1995) 난지도 폐기물 매립장과 그 주변지역에서의 전기탐사. 대한지수환경학회, 2권, p. 64-71.  
 이명종 (1994) 시추공간 전기비저항 자료의 영상화. 서울대학교 석사학위 논문.  
 헌병구 (1995) 물리탐사 용어사전. 서일문화사, p. 91-92.  
 Carpenter P.J., Calkin S.F., and Kaufmann R.S. (1991) Assessing a fractured landfill cover using electrical resistivity and seismic refraction techniques. Geophysics, v. 56, p. 1896-1904.  
 Coggon J.H. (1971) Electromagnetic and electrical modeling by the finite element method. Geophysics, v. 36, p. 132-155.  
 Constable S.C., Parker R.L., Constable C.G. (1987) Occam's inversion: A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data. Geophysics, v. 52, p. 289-300.  
 Dey A., and Morrison H.F. (1979) Resistivity modeling for arbitrarily shaped two-dimensional structure. Geophy. pros., v. 27, p. 106-136.  
 Inman J.R. (1975) Resistivity inversion with ridge regression. Geophysics, v. 40, p. 798-917.  
 Parker R.L. (1977) Understanding inverse theory. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., v. 5, p. 35-64.  
 Parker R.L. (1984) The inverse problem of resistivity sounding. Geophysics, v. 49, p. 2143-2158.  
 Qureshi I.R. and Mula H.G. (1971) Two-dimensional mass distributions from gravity anomalies: A computer method. Geophy. Pros., v. 19, p. 180-191.

1996년 3월 2일 원고접수