

## 변위가 발생한 매립부 지반에 대한 연구

김성욱\* · 이현재\* · 원지훈\*\* · 서동주\*\*\* · 이종출\*\*\*

\*지반정보연구소, 611-828 부산시 연제구 연산5동 1495-9

\*\*부산대학교 과학교육학부 지구과학전공, 609-735 부산시 금정구 장전동 산30

\*\*\*부경대학교 건설공학부, 608-739 부산시 남구 용당동 산100

suwokim@chollian.net

### 요약문

변위가 발생한 해안도로 옹벽에 대한 원인을 규명하기 위하여 기반암과 매립부 지반에 대한 조사를 실시하였다. 연구지역에서 지질구조선의 발달은 관찰되지 않고 지표에서 기반암의 거동은 낙석의 형태로 나타난다. 기반암은 생교란작용의 유무에 따라 상, 하부지층이 구분되며 하부 지층은 신선한 상태로 이완된 불연속면은 나타나지 않는다. 변위는 옹벽의 이음부에 집중되며 옹벽의 운동방향은 우향이동과 좌향이동이 반복되며 최초 변위 발생 지점 (시점부)에서 멀어짐에 따라 장력에 의한 확장 (벌어짐)이 우세하며 종점부에서 회전 운동이 수반된다. 이음부의 확장과 회전은 최초 발생 지점에서 응력이 전달되는 과정에서 나타난 것으로 해석된다. 매립부 지반의 전기비저항탐사에서 상부의 매립층은 높은 전기비저항을 가지는 것에 반해 하부는 매우 낮은 전기비저항 값을 보여준다. 이는 매립부의 하부 지반이 해수면 이하에 위치하여 해수와 같은 유체의 영향을 받으나, 상부는 유체의 영향을 거의 받지 않는 것으로 추정된다. 반면 최초 변위가 발생한 지점의 매립부 지반은 하부와 같이 낮은 전기비저항 값을 보여준다. GPR 탐사에서 최초 변위 발생 지점에서 매질의 이완 내지 공동으로 추정되는 구조가 관찰된다.

### 1.서론

구조물과 관련된 지반의 변형은 기반암의 거동이나 지하수위의 변화 등과 같이 외적인 요인에 의해 발생할 뿐 아니라 시공 중 또는 시공 후 변형에 대한 안정과 지지력의 문제에 의하여 발생할 수 있다. 연구지역에서 지반의 변위는 해안도로의 건설공사 중 바다와 접하는 옹벽구조물에서 발생하였으며 약 200m에 걸쳐 변형이 수반되었다 (그림 1, 그림 2). 구조물의 변형은 구조적으로 취약한 옹벽의 이음부에 집중되어 있다. 이 연구에서 도로조성부의 매립지반과 기반암에 대한 조사를 통해 변위를 발생시킨 요인과 지반변위 특성을 고찰하였다.

연구지역은 한국지질도 진동도폭의 남서부에 위치하며 한반도 조구조 분류상 경상분지에 해당한다. 기반암의 지표노출은 잘 발달되어 있으며, 변위 발생 지점의 구성 암석은 경상계 하양층군의 퇴적암류로 암회색과 암녹색의 세일 및 이암, 세립사암이 호층을 이루고 있다. 사암은 층리의 간격이 비교적 넓고 피상으로 분포하며 이암과 세일은 박층의 층리를 형성하며 층리를 따라 벽개면이 발달한다.

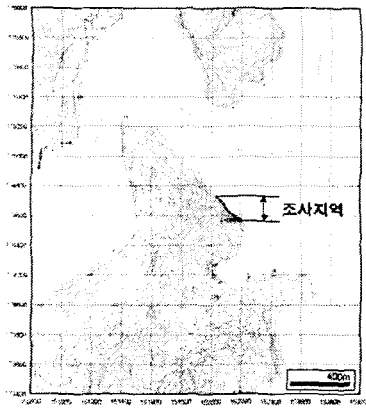


그림 1. 연구지역의 위치

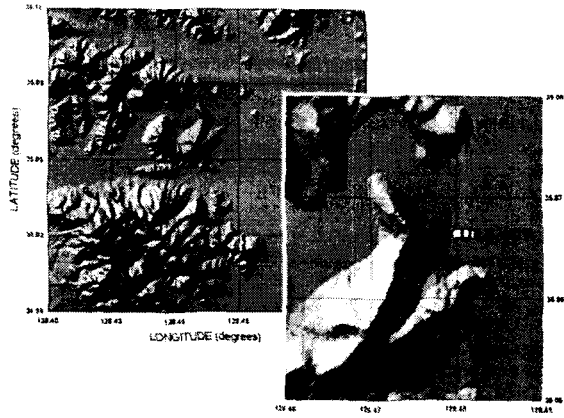


그림 2. 연구지역의 음영도

## 2. 연구방법

기반암에 대한 구성암석과 조석을 기재하였으며 노출 상태가 양호한 암체에 대해 풍화 정도와 불연속면 특성을 중심으로 기재학적인 관점에서 이들을 고찰하였다. 현장 조사에 basic geotechnical description (ISRM, 1981)과 rock discontinuities characterization (ISRM, 1978)의 지침을 기초로 암반 특성을 관찰, 기재하였다. 육안관찰이 불가능했던 해수면 이하의 기반암에 시추를 통해 암석시료를 채취하였다. 매립부 지반의 조사는 전기비저항 탐사와 GPR 탐사를 병행하여 지하구조를 해석하였다. 전기비저항탐사는 변위발생 전구간에서 종단으로 전개하였으며, GPR은 100MHz와 250MHz 안테나를 사용하여 종단과 횡단방향으로 단면을 획득하였다. 변형이 발생한 해안 옹벽에 대해서는 이음부의 이동방향 (slip movement), 벌어짐 (extension)현상, 옹벽의 회전 (rotation), 융기 (heaving) 및 침하 (subsidence) 등의 현상을 관찰, 기재하였다.

## 3. 결과 및 고찰

표 1은 해안 옹벽의 변위가 나타나는 200m 구간에 대한 조사 결과 중 일부를 요약한 것이다. 최대 변위는 우향이동 (해안방향으로의 변위)이 가장 우세한 4+100~4+110지점에서 나타나며, 이후 4+240지점까지 우향이동과 좌향이동의 변위가 반복되며 변위량은 감소하는 경향을 보여준다. 이 구간에서 수평변위에 수반된 장력에 의한 것으로 추정되는 벌어짐 현상이 관찰된다. 4+250지점에서 옹벽의 회전운동이 나타나는데 회전은 최초 변위에 수반된 벌어진 공간을 해소하기 위한 변형으로 판단된다.

기반암의 변형은 상부에 위치한 구조물에 직접 전달되어 변형을 유발하므로 이에 대한 조사는 필수적이다. 연구지역에서 기반암은 해안도로에 접하여 발달하며 거의 모든 구간에서 암반이 노출되어 있다. 표 2는 기반암에 대한 기재 내용의 일부를 정리한 것이다. 퇴적암의 층리는 수평층으로 지층이 형성된 후 경동작용이 일어나지 않았음을 지시한다. 기반암의 상단부는 생물에 의한 생교란작용으로 불연속면의 이완과 풍화가 많이 진행된 반면 하부 기반암은 신선한 상태를 보여주며 층리와 절리면을 따라 발달하는 분리면이 나타나지 않는다. 노두로부터 인지되는 기반암의 거동은 기반암 상부에서 생교란작용으로 분리된 낙석의 형태로 산재하며 슬럼프와 같이 변위를 수반하는 지질구조는 관찰되지 않는다.

표 1. 변위발생 옹벽의 이음부에 관찰되는 특징

Station	Figure	Slip	Extention	Ratation	Station	Figure	Slip	Extention	Ratation
4+090		우향이동	+	N.D	4+190		N.D	+++	N.D
4+100		우향이동	+	N.D	4+230		우향이동	+	N.D
4+110		좌향이동	N.D	N.D	4+240		N.D	+++++	N.D
4+150		좌향이동	+++	N.D	4+250		좌향이동	+++	N.D

N.D.: not detected, +: 1cm 미만, +++: 1~2cm, +++++: 2cm 이상

표 2. 기반암에서 관찰되는 특징

Station	Figure	Stereoplot	(bedding) Joint	Station	Figure	Stereoplot	(bedding) Joint
4+100			(354/07) 024/89 254/60	4+190			(04/10) 304/89 194/90
4+150			(354/08) 027/74 046/75	4+220			(04/10) 304/82 124/85

자연상태로 부존하는 토양이나 암석의 전기비저항은 구성입자의 성질과 공극율, 공극 내 유체의 성질 및 연경도 (고화도) 등에 따라 달라진다. 그림 3은 연구지역에서 측정된 전기

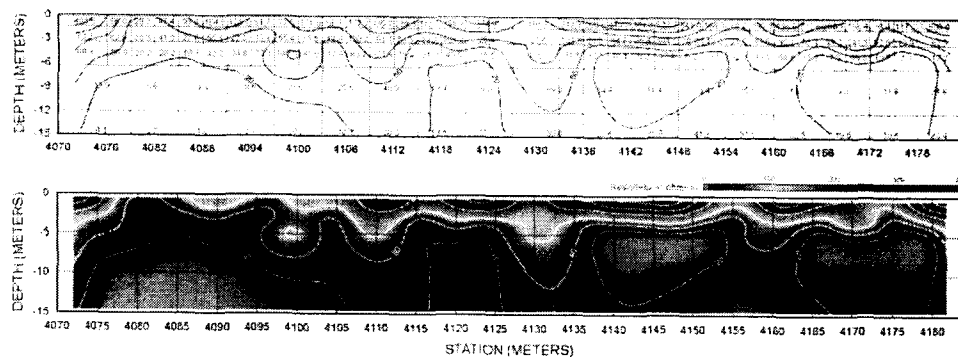


그림 3. 전기비저항 연산결과 (수직:수평=2:1)

비저항탐사의 역산단면으로 전반적으로 매립부와 하부 지층의 구분은 명확하며 매립부의 높은 전기비저항으로 볼 때 매립부지반으로 유체의 유입은 차단되어 있음을 알 수 있다. 또한 10 Ohm-m이하의 비저항과 저비저항대의 고도가 해수면과 동일한 것임을 고려하면 유체는

해수로 추정된다. 역산단면 중 4+080~4+095지점의 매립부는 매우 낮은 비저항을 지시하며 최초 변위가 발생한 지점과 일치한다. 즉 이 부분에서 유체의 침입 가능성을 지시한다.

그림 4는 횡단방향의 GPR 탐사 결과 중 일부를 도시한 것으로 최대변위가 관찰되는 4+090과 4+100지점의 경우 매립부와 원지반의 경계부에서 공동과 같이 이완된 지층구조를 볼 수 있으며 변위량이 미미한 다른 지점들에서는 이와 같은 구조가 관찰되지 않는다.

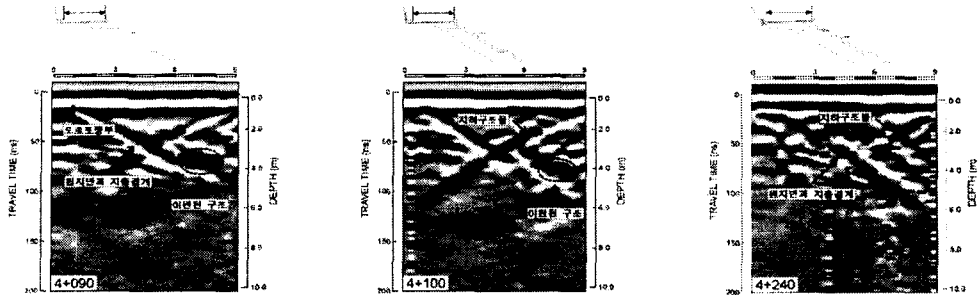


그림 4. 횡단방향 GPR탐사의 반사단면

#### 4.결론

연구지역은 지형적인 만곡과 선구조선의 발달이 미약한 지역에 해당한다. 기반암에 대한 조사에서 거동의 증거는 전혀 나타나지 않으며 변위는 해안과 접하는 옹벽의 200m 구간에서 제한적으로 발생하였다. 최초 변위는 최대변위량이 관측되는 20m 구간에서 발생하였으며 옹벽의 벌어짐과 회전현상은 최초변위에 의한 힘이 전달되는 과정에서 수반되었다. 매립부 지반에서 수행된 전기비저항과 GPR 탐사에서 매립부와 원지반의 경계가 분명하게 구분되며 최초변위가 발생한 지점에서 저비저항대와 이완된 지층구조가 관찰된다. 따라서 변위는 해수와 같은 유체의 침입으로 인한 매립부 지반의 변형에 의한 것으로 해석된다.