

# 부산 동래지역과 양정일원의 수리지질학적 특성 비교

류상훈<sup>1)\*</sup> · 함세영<sup>1)</sup> · 정재열<sup>1)</sup> · 전향탁<sup>1)</sup>

## 1. 서론

우리나라는 좁은 국토면적을 최대한 활용하기 위하여 도처에서 고층건물이 건설되고, 지하구조물 공사가 시행되고 있다. 특히 부산은 지형적으로 도심의 중심으로 산지가 남과 북을 관통하고 있어서 많은 지하구조물 공사가 진행되고 있다. 지하구조물 공사에서 만나게 되는 여러 가지 문제들이 많지만 빼 놓을 수 없는 것 중 하나가 지하수 문제이다. 지하수 유출은 공사의 지연뿐만 아니라 인명피해를 초래할 수도 있다. 또한 지하구조물 공사로 인한 지하수위의 하강 등 주변지역에 미치는 악영향이 최근 크게 부각되고 있다.

이러한 지하구조물 공사로 인해서 주변지역에 미치는 지하수 영향을 평가하기 위해서는 수리지질 특성을 파악하여야 한다. 수리지질 특성 파악을 위해서는 양수시험이나 순간충격시험을 실시한다. 양수시험은 실제 현장의 정확한 수리상수를 얻는데 유리하지만, 비용이나 시간적인 문제로 인해서 시험을 수행하기 어려운 경우가 있다. 이에 반해 순간충격시험은 시간의 절약과 비용적인 측면에서 많은 이점을 가지고 있으나, 수리상수의 불확실성이 큰 단점도 있다.

본 연구의 목적은 부산의 산지지역인 금정산 일원과, 도심지역인 동래 일대 및 양정 일대의 지질에 따른 수리지질 특성을 파악하는데 있다. 특히 동래단층지역과 양정일대의 기반암 및 층적층의 수리지질특성을 파악하고, 기반암과 상부 미고결층의 차이에 따른 수리지질 특성을 파악하고자 하였다.

연구를 위하여 금정산 일대의 19개의 시추공, 동래일대의 7개의 시추공, 양정일대의 8개 시추공에서 실시한 순간충격시험 자료와 동래일대의 20개 시추공의 수압시험 자료를 활용하였다. 시간에 따른 수위변화는 자동수위 측정센서(캐나다 Solint 사의 Level logger, 네덜란드 Eijkelkamp사의 Diver)를 이용하여 1초 단위로 자동 측정하였다.

## 2. 지질개관

금정산을 중심으로 부산의 동편부인 금정산일대에는 불국사화강암류에 속하는 토날나이트, 아다멜라이트로 구성된다. 동래일대에는 중생대 백악기 경상누층군 유천층군에 속하는 안산암질암류로 구성되며, 양정일대의 동편 역시 안산암질암류로 구성되고, 서편은 불국사화강암류에 속하는 흑운모 화강암으로 구성된다. 경상분지 내 여러 개의 북북동방향의 단층계곡선들이 형성되어 있다. 이 선상구조들을 총칭하여 양산단층계라하며, 서쪽에서부터 각각은 자인단층, 밀양단층, 모량단층, 양산단층, 동래단층, 일광단층 등으로 불리어 지고 있다(손치무 외, 1978). 금정산의 동과 서편에는 각각 동래단층과 양산단층이 위치하며, 금정산 일대에는 이들 단층과 거의 평행한 북북동 내지 남북방향의 단층과 이와 사교하는 북동, 동서 그리고 북서방향의 단층들이 존재한다. 동래단층은 서면 등을 비롯한 부산의 주요 시설물이 위치한 곳으로 지나가며, 남쪽으로 갈수록 파쇄대의 폭이 넓어진다(손문 외, 2007). 동래지역과 양정지역 모두 최상부에는 매립층이 0~5 m 두께로 나타나며, 그 하부로는 층적층이 1.5~6.7 m 두께로 나타난다. 그 하부에는 풍화암층이 분포하는데 두께는 10~50 m 정도로 나타나며, 동래지역보다 양정지

---

주요어 : 화강암, 미고결층, 동래단층, 금정동단층, 수리전도도, 순간충격시험

1) 부산대학교 지구환경시스템학부 (hsy@pusan.ac.kr)

역이 더 두껍게 나타난다. 최하부에는 기반암인 안산암질암이 위치한다.

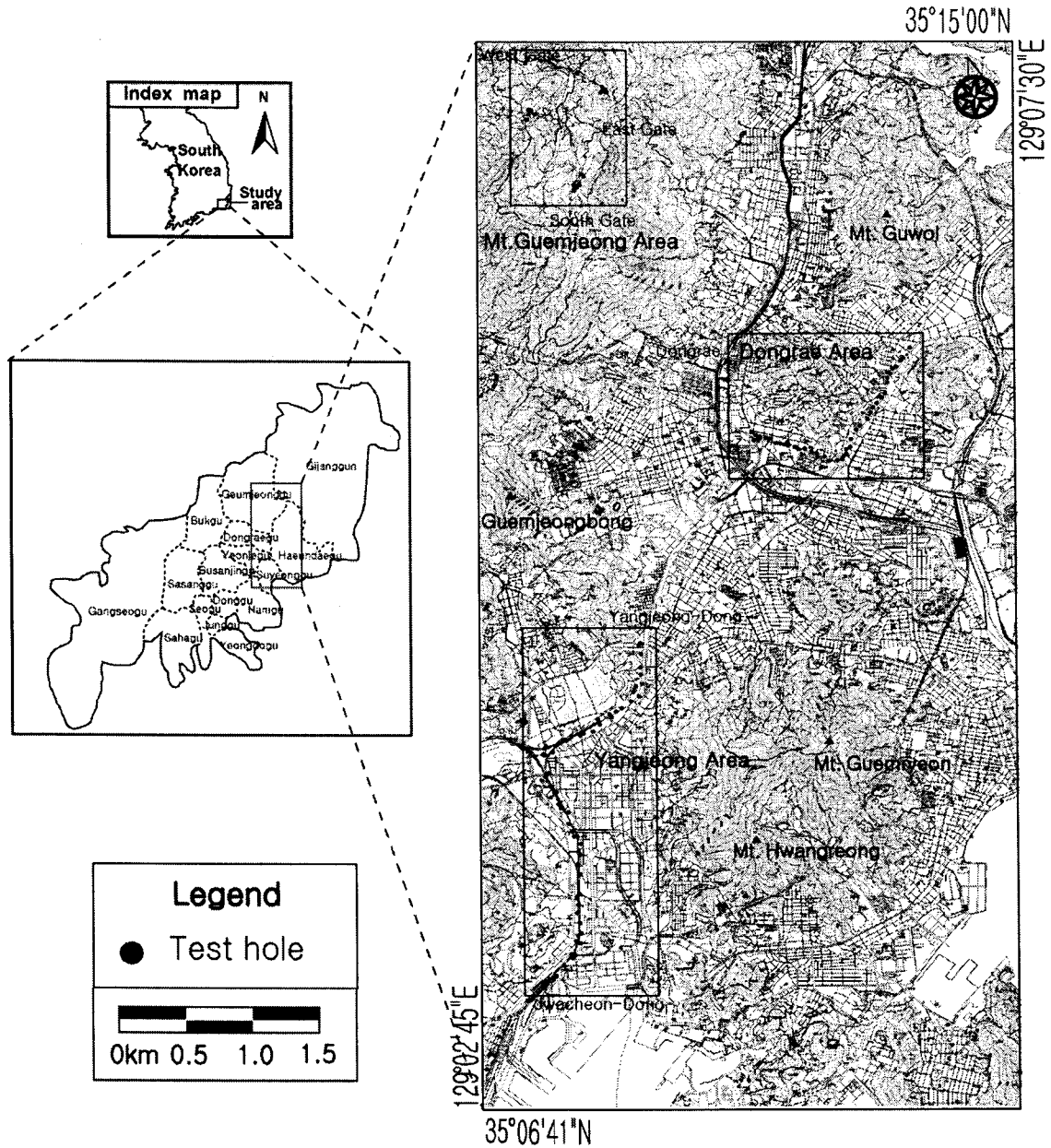


Fig 1. Location of the test boreholes in the study area.

### 3. 기반암과 미고결층의 수리적 특성

#### 3.1 금정산 화강암의 수리적 특성

금정산 화강암지역에서는 직경 3"의 시추공 6공(KJ4, KJ14, KJ17, KJ18, KJ21, KJ22)과 직경 6"의 시추공 13공(KJ1, KJ2, KJ2-1, KJ3, KJ6, KJ7, KJ8, KJ12, KJ15, KJ16, KJ16, KJ20, KJ23)에서 순간충격시험을 실시하였다. 그리고 Hvorslev법, Bouwer & Rice법, C-B-P법을 이용하여 수리전도도를 산정하였다. 수리전도도 산정을 위해서는 AQTESOLV (Version 3.0) 소프트웨어를 이용하였다. Hvorslev법에서 산출된 수리전도도는  $2.3E-05 \sim 9.23E-08$  m/sec범위에 있고, 산술평균은  $3.95E-06$  m/sec의 값을 보인다. Bouwer & Rice법에서 산출된 수리전도도는  $1.90E-05 \sim 7.82E-08$  m/sec범위에 있고, 산술평균은  $3.10E-06$  m/sec의 값을 보인다. C-B-P법

에서 산출된 수리전도도는  $1.55E-05 \sim 1.24E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $2.16E-06$  m/sec의 값을 보인다.

### 3.2 부산 도심지의 미고결층의 수리적 특성

부산의 미고결층의 수리적 특성을 파악하기 위하여 크게 두 지역으로 나누었다. 동래단층이 직접 지나가는 부산광역시 진구, 동구일대와, 동래단층이 직접 지나지 않는 부산광역시 동래구 일원에서 수리적 특성을 파악하였다.

동래 지역의 지하철 3호선 2단계 3공구내의 7개(BA-6, BA-7, BA-9, BA-10, BA-10, BA-17, BA-20) 시추공에서 대하여 순간충격시험을 실시하였고, 위의 3가지 방법으로 수리전도도를 산출하였다. Hvorslev법에서 산출된 수리전도도는  $6.8E-05 \sim 4.6E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $1.66E-05$  m/sec의 값을 보인다. Bouwer & Rice법에서 산출된 수리전도도는  $5.53E-05 \sim 2.87E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $1.22E-05$  m/sec의 값을 보인다. C-B-P법에서 산출된 수리전도도는  $3.44E-05 \sim 9.85E-08$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $7.95E-06$  m/sec의 값을 보인다.

18개공(DBH-9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 1-1, BA-1, 8, 9, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22)에서 이중팩커시험을 실시하여 포화수리전도도를 구하였고, 3개공(DBH-14, 17, 1-1, BA-6, 7, 9, 10, 11, 17, 20)에서는 불포화수리전도도를 산출하였다. 해석 방법으로는 포화대의 수리전도도는 Hvorslev법, Bouwer & Rice법을 이용하였고, 불포화대의 수리전도도는 U. S. Bureau of Reclamation(1958)에 의해서 제시된 방법을 이용하였다. Hvorslev법에서 산출된 수리전도도는  $2.96E-06 \sim 5.94E-08$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $7.67E-07$  m/sec의 값을 보인다. Bouwer & Rice법에서 산출된 수리전도도는  $3.53E-06 \sim 1.43E-08$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $6.98E-06$  m/sec의 값을 보인다. 불포화대의 수리전도도는  $1.81E-05 \sim 4.33E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $3.75E-06$  m/sec의 값을 보인다.

동래단층의 하부인 부산광역시 부산진구와 동구일대에서 2004년 4월 3일부터 4월 22일 사이에 8개 시추공(TB-3, TB-5, TB-18, TB-27, TB-30, TB-47, TB-50, TB-58)의 순간충격시험 자료를 Hvorslev법, Bouwer & Rice법, C-B-P법으로 분석하였다. Hvorslev법으로 구해진 수리전도도는  $1.63E-05 \sim 2.63E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $2.60E-06$  m/sec의 값을 보인다. Bouwer & Rice법으로 구한 수리전도도는  $2.10E-05 \sim 2.17E-07$  m/sec 범위에 있고, 산술평균은  $2.92E-06$  m/sec의 값을 보인다. C-B-P법으로 구한 투수량계수는  $1.04E-02 \sim 1.52E-05$  m<sup>2</sup>/sec 범위에 있고, 산술평균은  $9.84E-04$  m<sup>2</sup>/sec이다.

## 4. 결론

부산의 동편부인 금정산지역, 동래구, 부산진구, 동구에서 실시한 순간충격시험을 바탕으로 미고결층과 암반층의 차이, 단층 등의 지질구조로 인한 지역적인 수리적 특성을 비교하였다. 평균 수리전도도는 금정산지역에서  $3.95E-6$  m/sec이고, 동래지역에서  $1.66E-5$  m/sec, 양정지역에서는  $2.60E-6$  m/sec로 나타난다. 동래지역의 미고결층은 기반암으로 이루어진 금정산지역에 비해 10배 이상 더 크게 나타난다. 그러나 부산광역시 부산진구 양정동과 동구 좌천동 일대의 미고결층의 평균 수리전도도는 금정산의 기반암보다 더 작게 나타난다. 이와 같이 수리전도도의 차이를 보이는 이유는 동래지역의 관측공들은 동래단층내의 주변부 쪽에 가까운 단층 파쇄대에 위치하지만, 부산진구 양정동과 동구 좌천동에 위치한 관측공들은 동래단층대 중심부의 단층점토층에 위치하고 있기 때문으로 판단된다. 즉, 동래단층대의 중심부에는 단층점토가 발달되어 지하수 흐름의 장애 역할을 하는 것을 알 수 있다.

금정산일대의 암반층의 평균 수리전도도는 부산도심지역의 미고결층의 평균 수리전도도보다 낮지만, 일부 관측공에서는 높은 값을 보여준다. 즉, 금성동지역 관측공의 수리전도도는  $1.65E-05$  m/sec 정도로 금정산일대의 다른 관측공들에 비해 약 50배 정도 더 큰 값을 보여준다. 이는 동래단층에 수반되는 하나의 단층인 금성동단층(손문 외, 2002)이 지하수 흐름의 통로 역할을 할 수 있음을 지시한다.

## 5. 참고문헌

- 손문, 함세영, 김인수, 이용희, 정훈, 류춘길, 송원경, 2002, 부산시 금정산 일원의 지하수 유동 해석을 위한 단열계분석, 지질공학, 12권, 3호, 305-317.
- 손문, 이선갑, 김종선, 김인수, 이건, 2007, 부산시 도심지의 지하 지질구조와 단층손상과 관련된 지질위험도 분석, 자원환경지질, 40권, 1호, 87-101.
- 손치무, 이상만, 김영기, 김상욱, 김형식, 1978, 1:50000 지질도폭설명서 동래·월내도폭 50pp.
- 함세영, 김문수, 성익환, 이병대, 김광성, 2001, 순간충격시험에 의한 화강암지역의 수리적 매개변수 산출, 지질공학, 11권, 1호, 66-79.
- 함세영, 차용훈, 정재열, 2005, 부산 도심지역 미고결층과 기반암의 수리지질 특성, 지질공학, 15권, 4호, 407-421.
- Bower, H. and Rice, R.C., 1976, A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells, Water Resour. Res., Vol. 12, No. 3, 423-428.
- Cooper, H.H., Jr., Bredehoeft, J.D., and Papadopoulos, I.S. 1967, Response to a finite diameter well to an instantaneous charge of water. Water Resour. Res., Vol. 3, 263-269.
- Hvorslev, M.L., 1951, Time lag and soil permeability in groundwater observations. Bull. 36, Waterways Experiment Station Corps of Engineers. U. S. Army. Vicksburg, Mississippi, 50 pp.