

## 피에조콘을 이용한 흙분류에 대한 연구 A Study For Soil Classification Using CPTU

박수진<sup>1)</sup>, Soo-Jin Park, 박성재<sup>2)</sup>, Sung-Zae Pak, 김찬홍<sup>3)</sup>, Chan-Hong Kim,  
정경환<sup>4)</sup>, Gyeong-Hwan Jeong, 이성국<sup>5)</sup>, Sung-kuk Lee

<sup>1)</sup> 부산대학교 토목공학과 석사과정, Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Pusan Nat' l Univ

<sup>2)</sup> 부산대학교 공과대학 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Pusan Nat' l Univ

<sup>3)</sup> 부산대학교 토목공학과 박사수료, Ph.D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Pusan Nat' l Univ

<sup>4)</sup> (주) 동아지질 전문이사, 공학박사, Executive Managing Director, Dong-A Geological Eng. Co., Ltd

<sup>5)</sup> (주) 동아지질 차장, Dong-A Geological Eng. Co., Ltd

**SYNOPSIS** : Several well-known soil classification charts, like made by Robertson(1986,1990), Olsen(1981), existed already. In Korea, Lee Sun-Jae(1997) made new classification chart based on Unified Soil Classification System with locality. In this study, 6 classification charts were applied respective area. Even exact decision is impossible which one is correct, this study can give useful guideline.

**주요어(Keywords)** : 피에조콘시험, 흙분류, 낙동강 하구지역

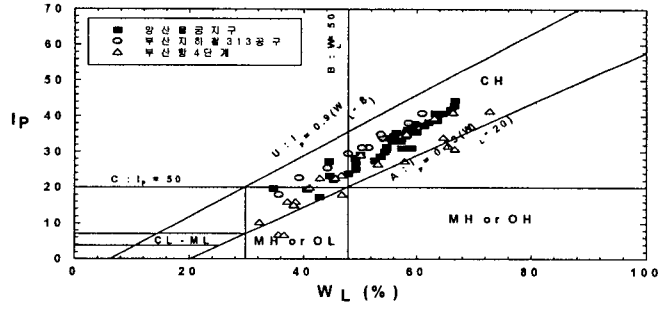
### 1. 서론

지반공학적인 문제를 해결하는데 있어서 우선적으로 수행되는 작업이 지반조사이다. 그 중 피에조콘시험은 신속성, 반복성 및 경제성 등의 이점으로 최근에 사용이 증가하고 있는 현장조사장비로 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 연약지반에서 토층구분을 위한 목적으로 사용이 추천되고 있다. 피에조콘시험에서 구한 데이터를 이용해 흙분류를 시도하려는 많은 연구들이 진행되었는데 이 중에서도 Robertson 등(1986)의 연구자들이 흙분류표를 제안하였다. 국내에서 피에조콘을 이용한 흙분류표는 이선재(1997)의 연구가 있다. 하지만, 기존의 연구는 흙분류표를 제안한 연구자들도 언급하였듯이 상세한 분류에서는 중복되거나 구분이 모호하며 제한조건이 많아 적용시에 문제점이 발생하는 것이 현실이다.

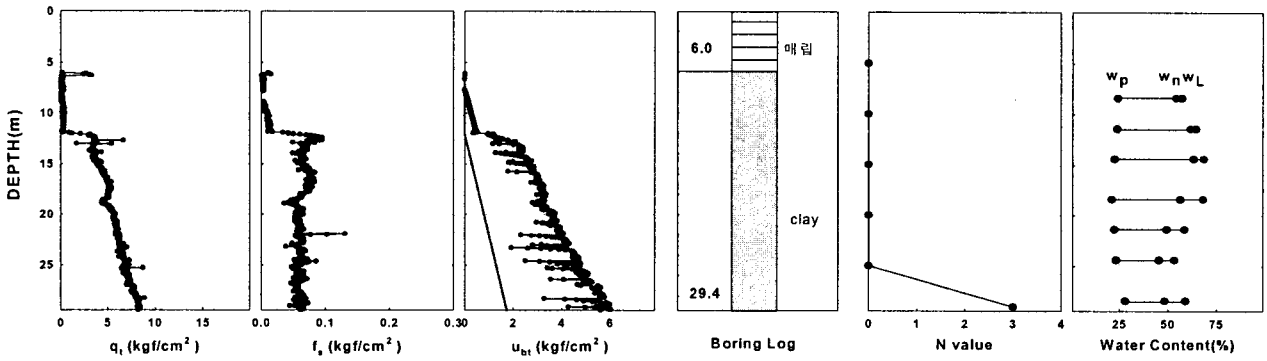
본 연구에서는 낙동강 하구일원에서 수행된 피에조콘 관입시험과 실내시험 자료를 이용해서 Robertson 과 이선재 등이 제안한 흙분류표에 대입하고, 이를 시추조사에 의한 주상도와 비교 분석하였다. 분석결과는 대체로 유사하나 간극수압계수  $B_q - q_t$ 를 이용한 흙분류표가 주상도와 잘 일치하였으며, 이선재가 제안한 도표는 점토층의 존재를 과다하게 평가하는 것으로 나타났다.

### 2. 연구 대상지반의 개요

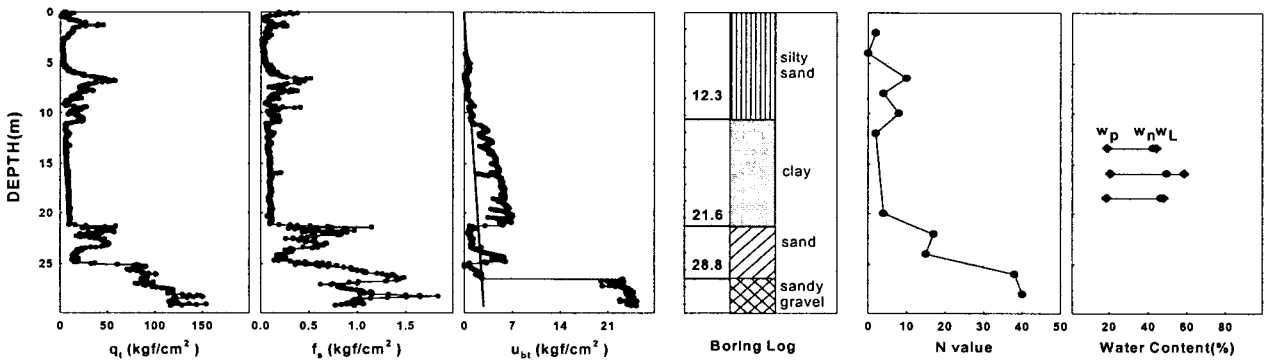
본 연구를 위한 현장은 낙동강 하구주변에 인접한 양산 물금지역과 부산 지하철 3호선 및 부산항 4단계 컨테이너 터미널 부지 현장이며, 양산 물금지역에서는 5회, 부산지하철 3호선 구간에서는 3회, 부산항 4단계 컨테이너 터미널 부지에서는 4회로 총12회의 관입시험을 실시하였다. 연구현장에 대한 물성치와 피에조콘 시험결과를 정리하여 <그림 1> ~ <그림 4>에 나타내었다.



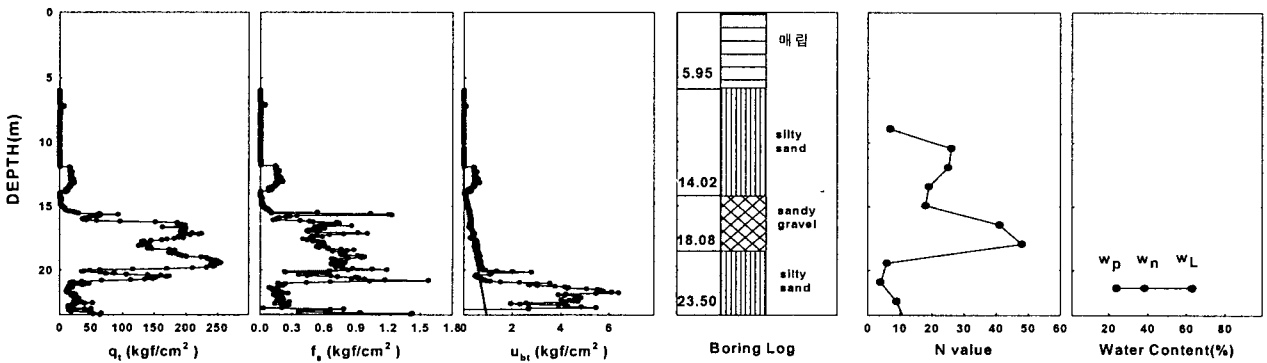
<그림 1> 소성도



<그림 2> 양산물금지역(BH-8)



<그림 3> 부산 지하철 3호선(SW-2)

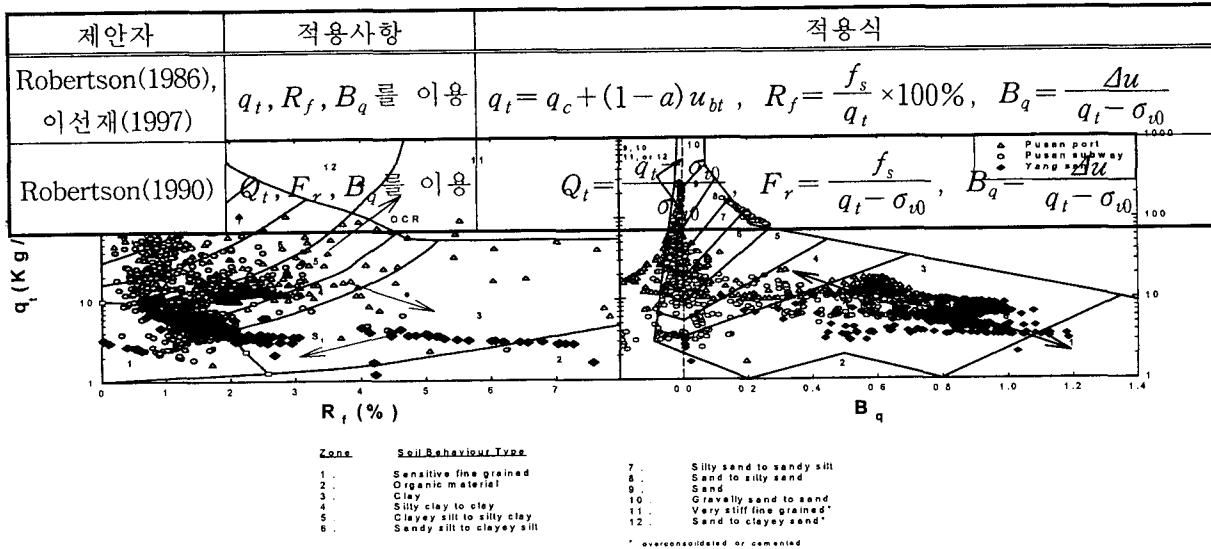


<그림 4> 부산항 4단계 컨테이너 터미널 부지(BH-44)

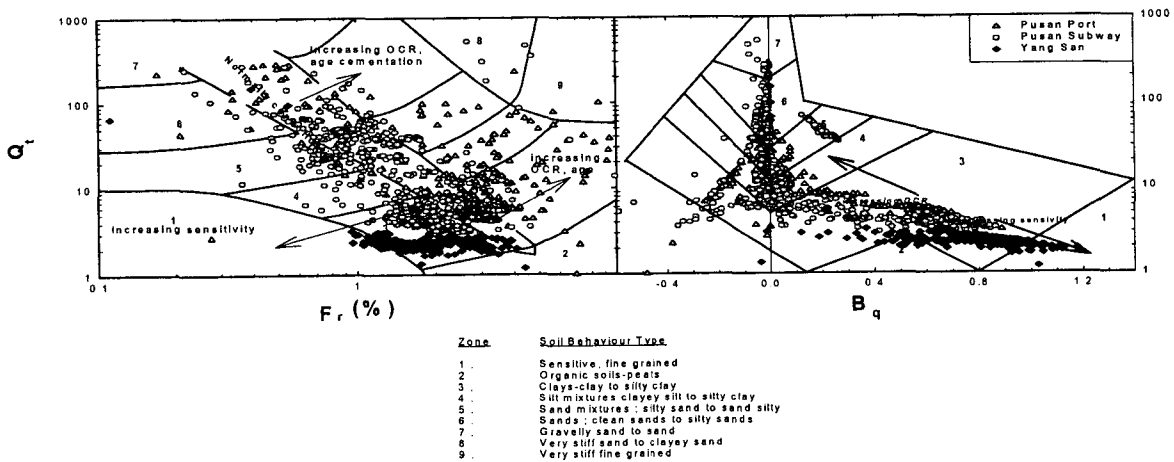
### 3. 콘 관입시험을 통한 흙의 분류

피에조콘시험은 로드에서 전기식 콘을 장착하여 2±0.5cm/sec의 일정한 속도로 지중에 압입하여 소정의 심도까지 연속적으로 관입저항 및 슬리브마찰력, 간극수압을 측정하며, 필요에 따라 콘 관입을 중단하고 간극수압 소산시험을 실시할 수 있다. 본 연구에 사용된 피에조콘은 미국 Hogentogler사 제품으로, 선단부의 면적이 10cm<sup>2</sup>, 마찰슬리브의 면적이 150cm<sup>2</sup>인 표준콘이며, 간극수압은 원추 뒷면(u<sub>2</sub>)에서 측정된다.

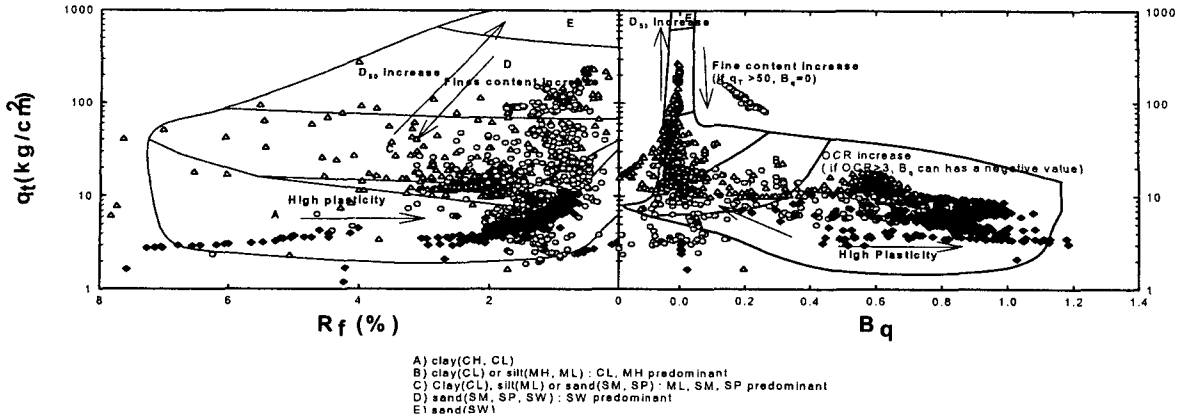
<표 1> 분류차트에 적용된 적용식



<그림 5> Robertson 분류차트(1986)



<그림 6> Robertson 분류차트(1989)



<그림 7> 이선재 분류차트(1997)

국내에서는 이선재(1997)가 마찰율( $R_f$ )과  $B_q$ 를 이용한 분류표를 제한하였으며, 과압밀비가 4이상인 지반에서는 구분이 명확하지 못하고 통일분류법의 2차 기호의 판단이 힘들다고 하였다. 또 실트인 경우는 대부분 점토 및 사질토와 중복되어서 관입저항력과 마찰율을 이용한 점토 및 사질토와의 구분이 힘들기 때문에 주의가 필요하다고 하였다. <그림 5> ~ <그림-7>은 각 분류표에 적용된 해당지역의 피에조콘 시험결과이다. 피에조콘의 측정결과에 의하면 거의 모든 영역에 분포하고 있는데, 이는 깊이에 대한 토질이 서로 상이하기 때문인 것으로 보이며, 이선재가 제안한 그림은 모래층(그림 7의 E영역)의 존재를 파악하기 어려운 것으로 판단된다.

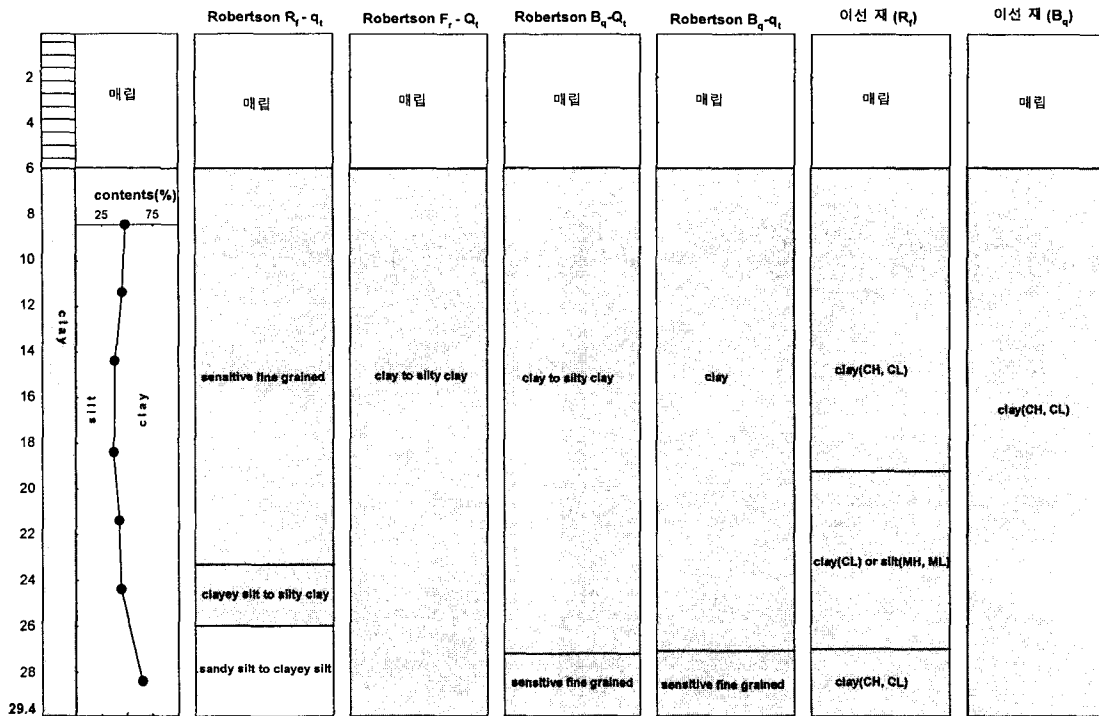
#### 4. 시추 주상도와 분류표에 의한 주상도의 결과 비교

3 현장을 토대로 작성한 각 분류표에 의한 지층구분과 지반조사에 의한 주상도의 비교는 다음과 같다. <그림 8>과 같이 깊이에 따른 흙의 종류가 복잡하지 않고 단순한(입도분포가 균등한) 지층에 대해서 두 연구자(Robertson, 이선재)에 의한 결과가 비교적 일치하는 것으로 나타난다. 반면에 로버트슨(1986)의  $R_f - q_t$ 방법을 보면 입도분포가 균등한 점토에 대해 약간의 모래성 또는 점토성인 실트로 나타난다.

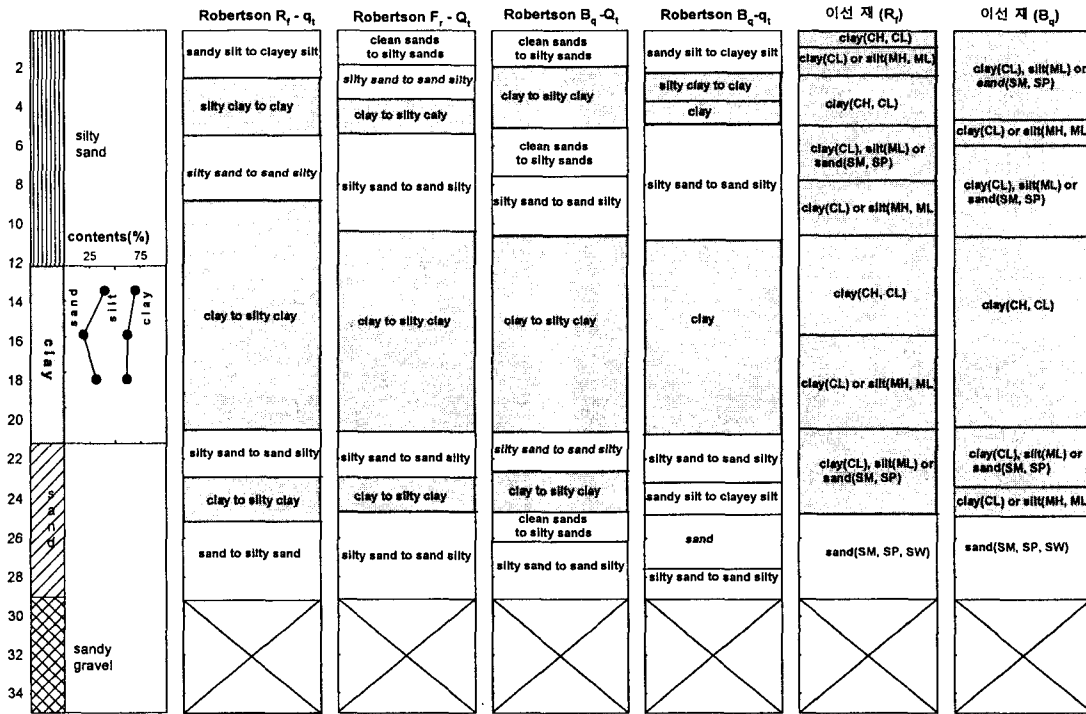
이선재는 실트의 경우, 원추관입저항력과 마찰율을 이용한 점토 및 사질토의 구분은 점토 및 사질토와 대부분 중복되기 때문에 어렵다고 하였으나 <그림 10>을 보면 실트성 모래층에 대한 시추 주상도와 비교하였을 때 로버트슨에 의한 흙분류는 비교적 실트성과 사질토를 비교적 잘 구분하고 통일분류법에 의한 이선재 흙분류보다 조금 더 정확하게 흙종류를 알 수 있다.

따라서 다양한 지층에 대해서 이선재 분류표를 이용할 때 좀 더 많은 샘플링이 필요하다. 그리고 로버트슨에 의한 여러 가지 방법 중  $B_q - q_t$  법이 실트와 모래 혼합층의 샘플링 시료와 비교하였을 때 가장 잘 일치한다.

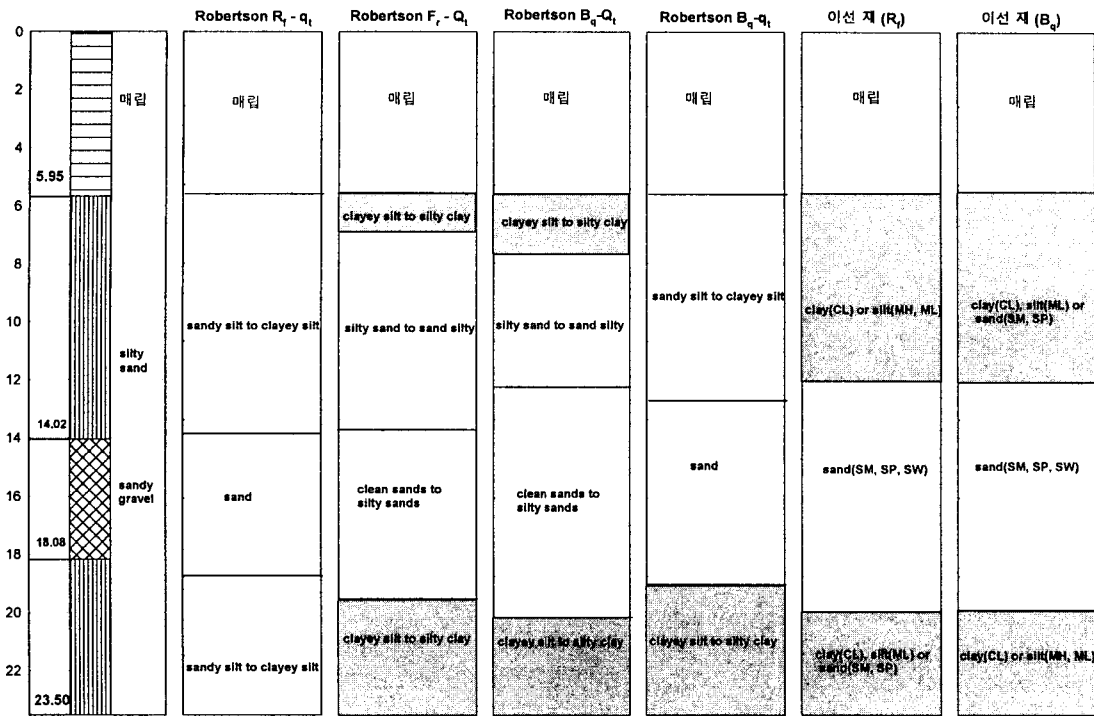
이에 반해 <그림 10>과 같이 다양한 층이 존재하는 경우는 다른 분류차트에 의한 주상도에 비해서 이선재에 의한 주상도는 정확도가 떨어지는 것으로 나타났다. <그림 11>의 지역에서는  $B_q - q_t$ 방법이 시추 주상도와 가장 유사한데, 이는 <그림 4>의 모래질 자갈층에서 보듯이 관입에 의해 발생하는 과잉간극수압( $u_{bt}$ )과 정수압이 거의 동일하므로 14~18m사이에 존재하는 모래질 자갈층을 다른 로버트슨의 방법보다 잘 구별할 수 있었다.



<그림 8> 양산물금지역(BH-8)



<그림 9> 부산 지하철 3호선(SW-2)



<그림 10> 부산항 4단계 컨테이너 터미널 부지(BH-44)

## 5. 결론

낙동강 하구지역에 위치한 양산 물금지역, 부산항 컨테이너 터미널 부지, 부산 지하철 3호선 현장에 대하여 로버트슨(1986,1990)과 이선재 분류차트로 주상도를 작성하였고, 시추조사에 의한 주상도와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 이선재의 분류표는 본인이 제안시 밝혔듯이 제한사항이 많으므로 분류표만으로는 판정에 어려운 점이 있으므로 시추조사에 의한 주상도의 참고가 필요하다.
- 2) 로버트슨(1986)의 분류표가 해당지역에서는 가장 잘 부합되고 특히  $B_q - q_t$ 에 의한 분류표가 시추 주상도에 적용성이 우수한 것으로 나타났다.
- 3) 로버트슨(1990)이 제안한 30m이상의 대심도용 분류표는 해당지역에서 비교적 적용이 잘되지만 86년도 분류표에 비해서는 정확도가 약간 떨어짐을 알 수 있다.

## 참고 문헌

1. 이선재 (1997) "피에조콘을 이용한 국내 지반의 공학적 특성연구" 서울대학교 박사학위 논문
2. 한국 지반공학회 특별강연회집, "Piezocone 시험결과와 해석 및 활용화 방안"
3. Duglas, B. J. and Olsen, R. S. (1981) "Soil classification using electric cone penetrometer", Cone Penetration and Experience, ASCE, G. M. Norris and R. D. Holtz, ed., New York, pp. 209-227
4. Robertson, P. K. (1986) "In situ testing and application to foundation engineering", Canadian Geotechnical Journal Vol. 23, pp. 573-594
5. Robertson, P. K. (1989) "Soil classification using cone penetration test", Canadian Geotechnical Journal Vol. 27, pp. 151-158
6. Robertson, P. K. and Campanella, R. G. (1983) "Interpretation of cone penetration tests. Part I: Sand", Canadian Geotechnical Journal Vol. 20, pp. 718-733