

퇴적이력을 고려한 지반조사 방법의 적용 예

고영희*

1. 서론

낙동강 하구지역 및 부산 00 지역에는 세계적으로 드물게 연약점성토가 20-70m 두께로 두껍게 분포하고 있다. 이 점성토는 삼각주 퇴적토(deltaic deposits)에서 보여주는 특성과 마찬가지로 지역과 깊이에 따라 그 특성의 변화가 아주 심각하다. 따라서 지질 및 토질특성의 변화를 연직(깊이) 및 수평(지역)적인 분석이 필요하다.

본 사례에서는 정밀한 지반조사로서 대표적인 위치에서 불교란 시료를 채취하여 지층의 변화 및 그에 따른 지반의 특성을 규명하기 위하여 현장을 나타낼 수 있는 NBH-22 지점에서 2공의 불교란 시료를 인접하여 연속적으로 채취하였다. 한 공에서는 1.5m 간격으로 채취하여 지질조사용으로 사용되었으며, 다른 공에서는 2m 간격으로 채취하여 토질시험용으로 활용하였다.

불교란시료를 채취해야 정밀 지반조사 결과를 얻을 수 있으므로, 여기에서는 일본식 코어튜브(core tube)를 이용 저압, 저속으로 50cm이상 추가굴진

하여 굴진시의 시료 교란을 최소화하였으며, 대심도 지반의 슬라임처리시 고압수에 의한 교란을 방지하기 위하여 개발된 sedimentary tube를 적용하여 슬라임 제거시의 교란영향 역시 최소화 하도록 하였다.

지질분석을 위해서는 퇴적상 분석(sedimentary facies) 및 간극수 지구화학적 분석(geochemical analysis)을 수행한 후, 이들 결과를 이용하여 퇴적 환경(depositional environment)을 분석하였다. 또한 토질분석을 위하여 각종 물리적 시험, 일축압축 시험 및 압밀시험을 수행하고, 지질분석과 토질분석 결과들을 종합적으로 분석하여 이 지역에서의 심도별 대표 지반특성을 정리하였다.

2. 불교란 시료채취 및 취급

2.1 불교란 시료채취 방법

불교란 시료채취는 NBH-22 지점에서 2공이 연속적으로 실시되었다. 굴진방법은 케이싱(steel casing)과 수압을 이용하여 굴진하면서 케이싱 내의 슬라임을 코어튜브(core tube)로 제거하는 수세식 굴진법

* (주)세광종합기술단 상무(yhiko@hanmail.net)

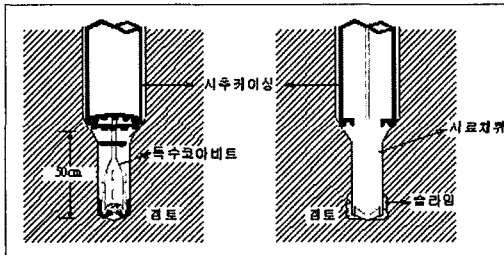
표 1. 한국(KOR)과 일본(JPN) 시료 채취관의 비교

Sampler	KOR(적용)	JPN
Material	Brass	Stainless steel
Inside diameter (mm)	73.8	75.0
Outside diameter (mm)	76.2	78.0
Length (mm)	854	1000
Wall thickness (mm)	1.2	1.5
Angle of cutting edge(°)	6	6
Area ratio	6.61	8.16

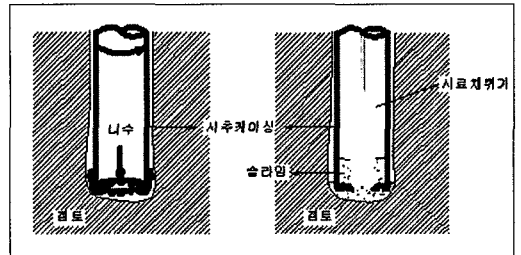
(Hydraulic method)이 사용되었다. 사용된 고정식 피스톤 샘플러(hydraulic-fixed piston sampler)를 일본의 샘플러와 비교하여 표 1에 나타내었다.

국내의 기존 굴진방법은 케이싱을 삽입할 경우에

약 400 kPa 이하의 수압으로 굴진함에 따라 지반이 심하게 교란되게 된다. 또한 코어튜브(core tube)를 이용한 슬라임(slimes) 제거시에도 굴진시와 동일한 크기의 수압을 사용함에 따라 교란된 지반은 더욱 교란 된다. 그 다음 샘플러 채취시 교란된 시료를 상당량 포함하게 된다(Type-II). 반면에 금번에 적용한 방법(Type-I, 일본식)은 케이싱 삽입시 교란된 지반을 코어튜브를 이용 200kPa 이하의 압력으로 50cm 이상 제거후에 시료를 채취하였다. 그러나 지반의 심도가 깊은 대심도 조건에서는 슬라임을 지표면까지 올려서 제거하기 위하여 코어튜브에 적용되는 수압이 불가피하게 증가될 수밖에 없다. 본 사례



(a) Type-I



(b) Type-II

그림 1. 시료채취기 관입모식도

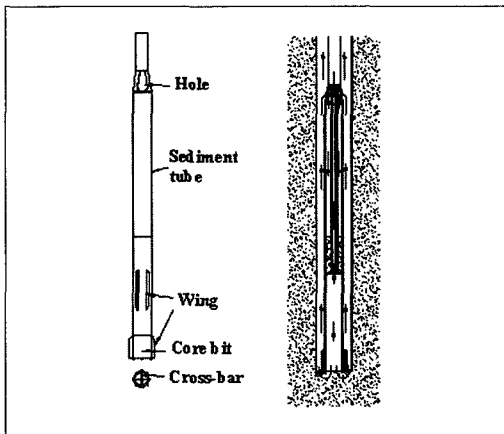


그림 2. sediment tube

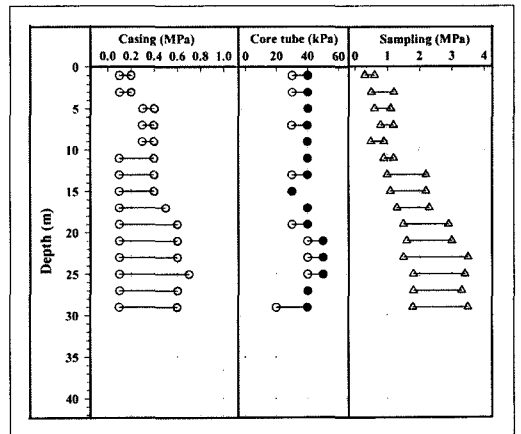


그림 3. 굴진 및 샘플링 동안에 적용된 수압의 크기

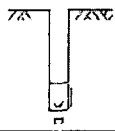
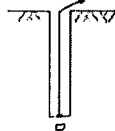
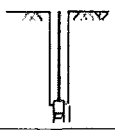
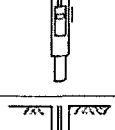
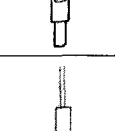
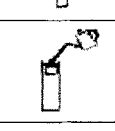
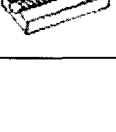



에서는 수압을 줄이는 방법으로 일본에서 제안된 sediment tube를 실무에서 사용하기 편리하도록 국내에서 개선하여 적용하였다. 이 방식은 코어튜브 상부에 연결된 sediment tube에 슬라임을 지상으

로 올리지 않고 침전 및 저장함으로서 작용 수압을 크게 줄일 수 있다. 시료채취기 관입모식도는 그림 1과 같다.

그림 3의 굴진, 슬라임 제거 및 샘플링 중에 적용

표 2. 시료교란의 최소화를 위한 추천사항

구분	교란의 요인	교란의 최소화 방법을 위한 추천사항
①	보링의 비트에 의한 전단	 <p>채취심도의 상부 약 50cm부근부터는 저속 회전, 저속관입 (10~15cm/min → 1.7cm/min) + 자형 비트사용 및 수압을 최대한 줄일 것 (3.8kg/cm² → 1.0kg/cm²)</p>
②	굴착유체에 의한 압축	
③	부정확한 심도측정에 대한 압축	 <p>철저한 슬라임제거 : 4방향에 날개가 부착된 세디먼트 튜브 사용 (수압을 0.2~0.3kg/cm²까지 줄일 수 있음) ※ 천공방법에 따른 슬라임 두께 : - 일반적인 방법 : 20~30cm - 날개가 부착된 + 자형 비트 사용 : 5~10cm - 세디먼트 튜브를 추가한 경우 : 1~3cm</p>
④	튜브에 의한 전단과 압축	 <p>선단각 보호 및 재사용 튜브의 철저한 관리</p>
⑤	샘플러 인발시의 인장과 비틀림	 <p>인장 : 회전없이 인발(국내) 비틀림 : 2회 회전 (일본)</p>
⑥	보링로드 인발시의 충격과 진동	 <p>저속인발 및 로드해체 시 마다 충격에 주의, 캡사용</p>
⑦	샘플러 해체시의 충격과 진동	 <p>기술자의 세심한 주의</p>
⑧	밀봉시의 충격과 진동	 <p>기술자의 세심한 주의</p>
⑨	보관시의 기계진동 및 온도변화	 <p>보링기로부터 원거리에 보관, 직사광선 피할 것, 동결주의</p>

된 수압을 보면, 케이싱 작업 중에는 수압이 깊이가 증가함에 따라 200~600kPa까지 적용되었으나, 그림 2의 sediment tube를 사용시 일본에서 규정하는 200kPa 보다도 훨씬 낮은 40~50kPa에서도 슬라임을 충분히 제거할 수 있었다. 이러한 의미는 시료의 상부에 시료교란을 훨씬 작게 미쳤을 것으로 판단된다.

2.2 시료교란의 최소화 방안

시료교란을 줄이기 위하여 불교란 시료의 채취과정에서 현장보관 및 운반에 이르기까지 세심한 주의가 필요한 사항들을 요약하여 정리하면 다음 표 2와 같다.

2.3 시료의 보관 및 활용

살내에서 시료는 샘플튜브의 상단 30cm 및 하단 10cm를 주로 물리적 시험을 위하여 사용하였으며, 그 외의 중간 부분은 단위중량, 함수비 및 역학적 시험들을 위하여 사용하였다.

시료의 보관은 랩(wrap)과 파라편을 3겹으로 싸서 항은 항습조 내에 보관하면서 사용하였다. 특히 역학적 시험을 위해서는 주의 깊게 트리밍을 실시하였다.

3. 지질학적 특성

3.1 지층 개요

조사지역 시추공의 지질은 백악기 화강암질암의 풍화토를 기반암으로 하여 이를 부정합으로 피복하는 제4기 말의 해성 퇴적층으로 크게 구분된다. 해

성 퇴적층은 대부분 매우 연약(very soft)에서 보통 견고(medium stiff)한 점토질 퇴적층으로 구성되어 있으나, 퇴적층의 하부 구간에 패각편을 다량 포함하고 있는 모래질 점토층이 발달하기도 한다.

3.2 퇴적학적 특성(Sedimentological Properties)

추출된 시추 코어의 단면으로부터 관찰되는 퇴적물의 조직, 퇴적구조 및 구성 물질 등의 퇴적학적 특성을 종합하여, 조사지역 해성 퇴적층을 총 5개의 퇴적단위(sedimentary unit)로 구분하였으며 각각의 특징을 아래에 기술하였다.

(1) 퇴적단위 1 : 심도 0~5.0m

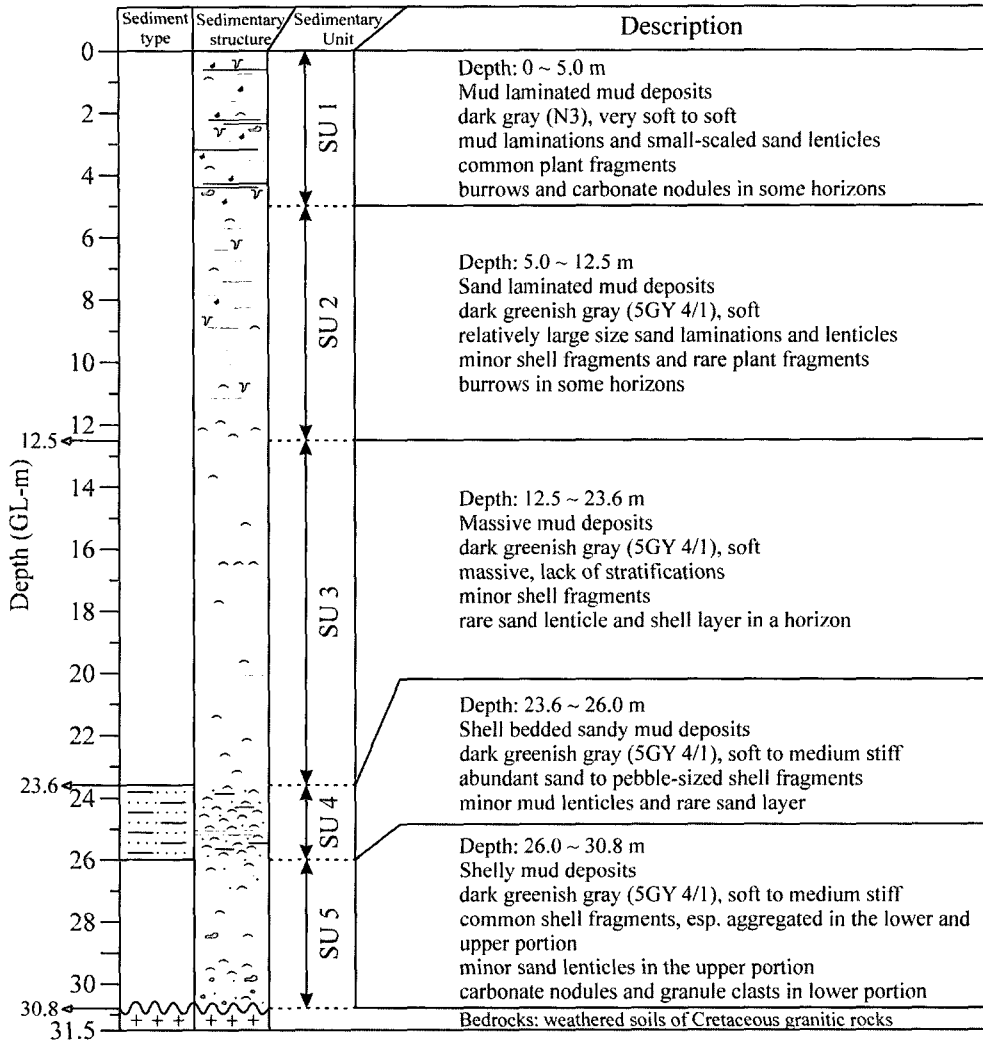
최상부의 퇴적구간으로 전체적으로 매우 연약(very soft)에서 연약한(soft) 암회색의 점토질 퇴적층이다. 매우 소규모의 렌즈상의 모래질 엽층리가 소량 협재하나 전체적으로 점토질 엽층리가 쉽게 관찰된다(그림 4 A와 B). 모래에서 왕모래(granule) 크기의 식물편을 상당량 포함하고 있고, 모래에서 잔자갈 크기의 패각편이 소량 관찰된다. 또한, 저서생물의 활동 흔적인 서관구조가 여러 층에서 발견되며 간혹, 매우 연약한 상태를 유지하고 있는 탄산염 결핵체(carbonate nodule)가 나타나기도 한다.

(2) 퇴적단위 2 : 심도 5.0m~12.5m

암녹회색(dark greenish gray, 5GY 4/1)을 띠는 연약한(soft) 점토질 퇴적층으로서, 퇴적단위 1에 비해 규모가 큰 모래질 엽층리가 쉽게 관찰된다(그림 4 C). 전체적으로 소량의 모래에서 잔자갈 크기의 패각편을 포함하고 있으며 간혹 식물편이 관찰되며, 퇴적층을 수직으로 가로지르는 저서생물의 서



표 3. 조사지역의 시추공의 퇴적단위 및 퇴적학적 특성



LEGEND

- | | | | |
|-------------------------|---------------------|-----------------|-------------|
| Mud | Sandy mud | Sand | Gravel |
| Sand lamination/bedding | Mud lamination | Shell fragments | Shell layer |
| Plant fragments | Carbonate nodules | Burrows | Bedrocks |
| Unconformity | SU Sedimentary Unit | | |

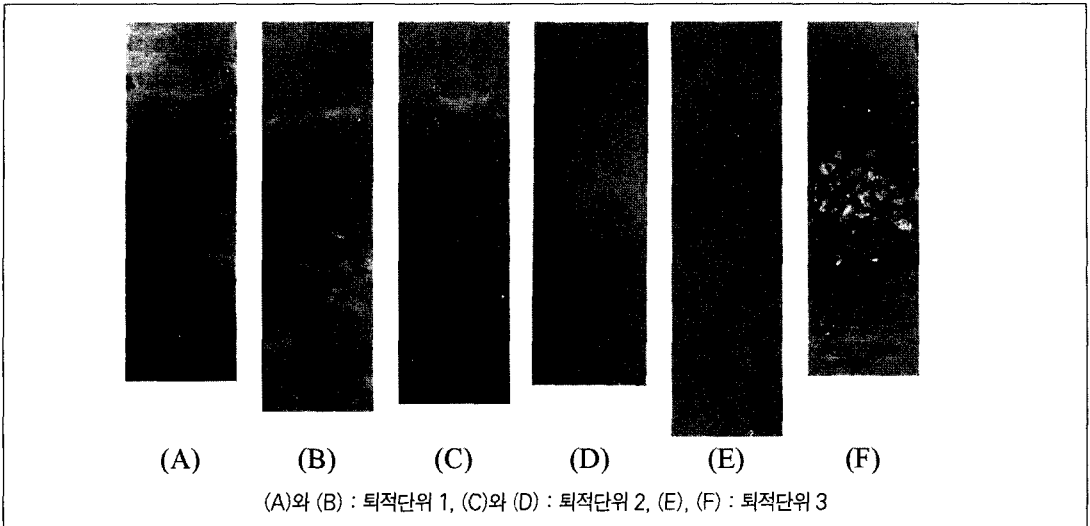


그림 4. 시추 코어 단면 영상

관구조가 나타나기도 한다(그림 4 D).

(3) 퇴적단위 3 : 심도 12.5m~23.6m

조사공의 퇴적층 가운데 가장 균질하고 세립의 퇴적물 특성을 갖는 퇴적단위로서 연약한(soft) 암녹회색(dark greenish gray, 5GY 4/1)을 띠는 피상의 점토질 퇴적층이다(그림 4 E). 전반적으로 소량의 모래에서 잔자갈 크기의 패각편을 포함하고 있으며 한 층에서는 패각편이 집중되어 있는 패층이 소규모로 관찰되기도 한다(그림 4 F). 매우 드물게 렌즈상의 모래질 엽층리(sand lenticles)가 관찰되기도 하나, 전체적으로 층리구조의 발달은 매우 불량하다.

(4) 퇴적단위 4 : 심도 23.6m~26.0m

모래에 잔자갈 크기에 이르는 패각편과 조립질 퇴적물이 상당량 포함되어 있는 모래질 점토 퇴적층이다(그림 5 A와 B). 암녹회색(dark greenish gray, 5GY 4/1)의 색조를 띠고 연약(soft)에서 보통 견고(medium stiff)한 퇴적층으로서, 전반적으로 소규

모의 점토질 엽층리가 산재되어 있으며 일부 층에서는 모래층이 협재되기도 한다.

(5) 퇴적단위 5 : 심도 26.0m~30.8m

최하부의 퇴적구간으로서 암녹회색(dark greenish gray, 5GY 4/1)의 연약(soft) 내지 보통 견고(medium stiff)한 점토질 퇴적층으로서 기반암인 백악기 화강암류의 풍화도를 부정함으로 직접 피복하고 있다. 퇴적층의 중간부에서 다소 피상의 외견을 보이거나 상·하부 구간에서는 비교적 다량의 패각편을 포함하고 특히, 상부에는 소규모의 렌즈상의 모래질 엽층리가 쉽게 관찰된다(그림 5 C). 퇴적층의 하부에는 소량의 견고한 탄산염 노물(carbonate nodules)이 나타나며 매우 소량의 모래와 그레놀(granule) 크기의 조립질 퇴적물이 산재되어 있다(그림 5 D).

3.3 간극수 지구화학적 특성

함수비를 포함하여 퇴적물로부터 추출된 간극수

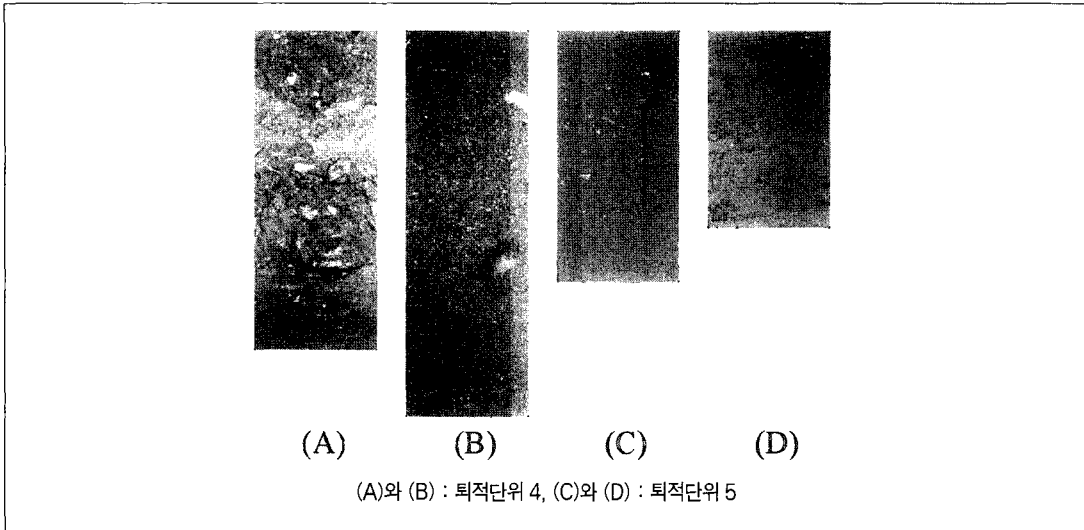


그림 5. 시추 코아 단면 영상

의 수소이온농도(pH)와 염도(salinity)의 심도별 분포를 파악하였다. 특징적으로 이들 값의 심도별 분포는 비교적 유사한 경향성을 갖는다.

그림 6에서와 같이 함수비는 지층 전체에 걸쳐 40%에서 70%. 수소이온농도(pH)는 7.5에서 8.5, 염도(salinity)의 분포는 약 12g/liter에서 20g/liter의 범위를 보인다. 전체적으로 각 퇴적단위에 따라 함수비 등의 분포가 구분되는 특징적인 경향을 보인다.

3.4 퇴적환경 (Depositional Environment)

조사지역과 인접한 부산신항 북컨테이너 지역의 해성 퇴적층에서 수행된 유공층 화석군집으로 대표되는 고생물학적 연구에 따르면, 연안(nearshore)에서 내대륙붕(inner shelf)에 이르는 내천해대(neritic)의 퇴적환경을 갖는 것으로 보고된 바 있다. 그러므로 상기 퇴적층과 유사한 퇴적학적, 간극수 지구화학적 특성을 갖는 조사지역 시추공의 해성

퇴적층 역시 위의 범위와 유사한 퇴적환경을 가질 것으로 생각된다.

기존의 연구 결과를 기초로, 조사지역 시추공의 해성 퇴적층에 대한 퇴적학적 특성과 함수비를 포함한 간극수 지구화학적 특성을 종합하여 퇴적환경 및 그 변화를 지층 하부로부터 해석하면 다음과 같다.

(1) Innermost shelf : 심도 23.6m~30.8m

전체적으로 패각편 및 조립질 퇴적물을 다량 포함하고 있는 점토층과 모래질 점토층으로 구성된 구간으로서 퇴적단위 4와 5가 이에 해당된다. 이 구간은 기반암인 백악기 화강암류의 풍화도를 부정함으로 직접 피복하고 있다. 모래질 퇴적층을 비롯하여 이 구간에 특징적인 다량의 패각편의 존재는 활발한 유수 활동(current activity)의 영향을 지시한다. 이는 육상으로부터의 조립질 퇴적물의 유입이 비교적 용이하였으며 낮은 수심으로 인해 유수 활동에 따른 재동(reworking)과 퇴적작용이 활발했음을 시사한다. 또한, 퇴적물 간극수의 낮은 수소이온농도와 염

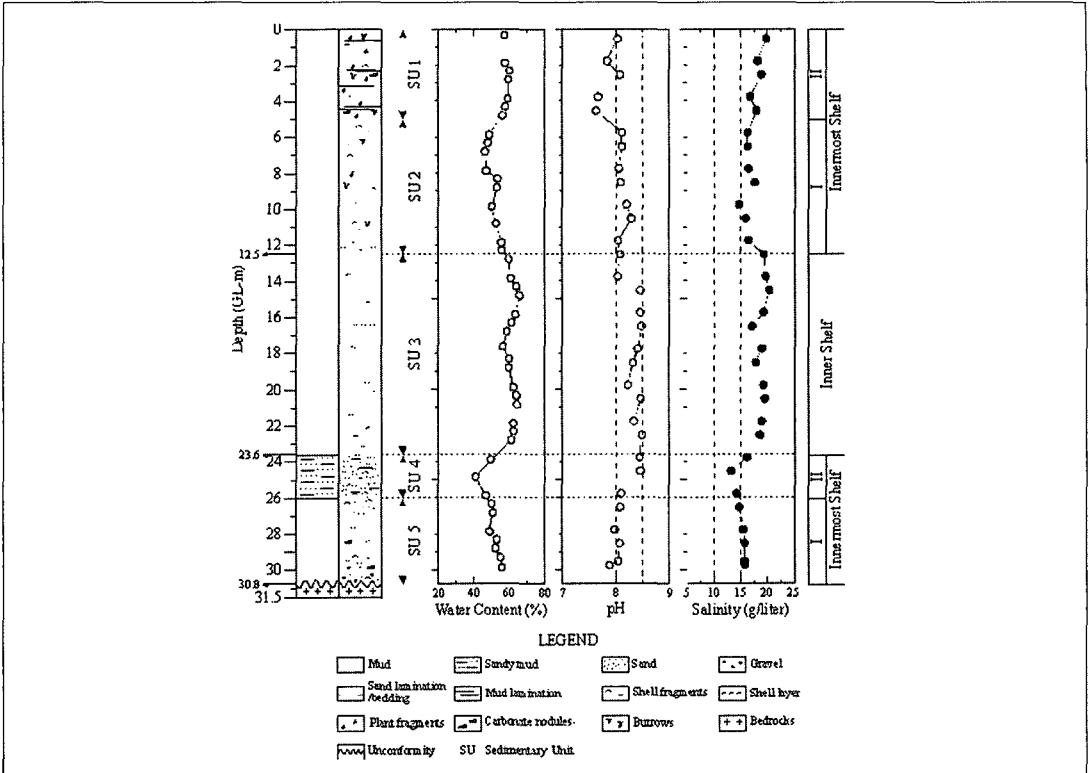


그림 6. 조사지역 시추공의 간극수 지구화학 특성 및 퇴적환경 종합 해석도

도 특성은 육상 환경과의 상호작용이 보다 활발했다는 사실을 뒷받침하고 있다. 따라서 이 구간은 조사 지역에 해침이 일어난 후 그 초기 단계로서 여전히 육상으로부터의 영향을 받고 있는 비교적 낮은 수심을 유지하는 Innermost shelf의 퇴적환경 하에서 형성된 것으로 해석된다.

한편, 이 퇴적환경 구간의 상부에서는 패각편을 포함하여 조립질 퇴적물의 양이 하부 퇴적단위에 비해 현저히 증가하고 있어 미환경 단위 I과 II로 세분될 수 있다.

(2) Inner Shelf : 심도 12.5m~23.6m

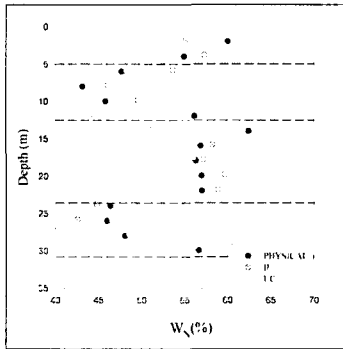
퇴적단위 3에 해당되며 괴상의 점토질 퇴적층으

로 구성된 구간이다. 매우 드물게 렌즈상의 모래질 염층이나 소규모의 패층이 관찰되기는 하나 전체적으로 가장 균질하고 세립의 퇴적물 조성을 보인다. 이러한 특징은 이 구간의 퇴적층은 조립질 퇴적물의 유입이나 유수 활동의 영향이 매우 미약한, 즉 비교적 깊은 수심을 안정적으로 유지한 해양환경 하에서 형성되었음을 나타내는 것이다. 퇴적층 가운데 가장 높은 범위의 수소이온농도와 염도 특성이 이를 뒷받침하고 있다. 따라서 이 구간은 급속한 해수면의 상승에 따른 수심 증가로 대표되는 해양환경의 확장과 유지 단계인 Inner shelf의 퇴적환경 하에서 형성된 것으로 해석된다.

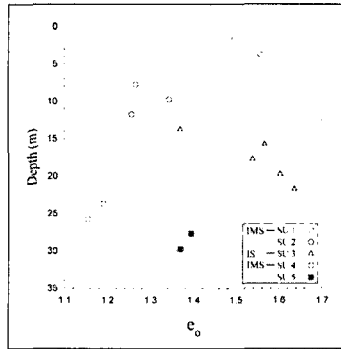


(3) Innermost Shelf : 심도 0m~12.5m
상부 퇴적단위 1과 2로 구성된 구간으로서 점토

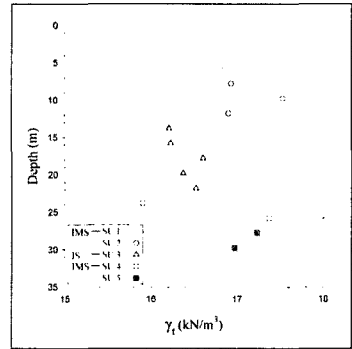
와 모래질의 얽층리를 포함하고 있는 퇴적층이다.
이 구간에서는 특징적으로 하위의 퇴적환경과는 달



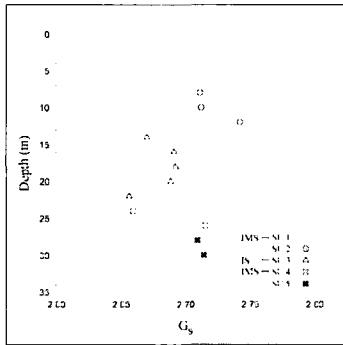
(a) 함수비



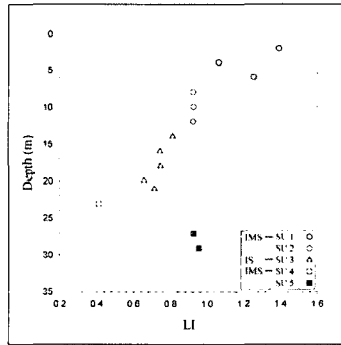
(b) 간극비



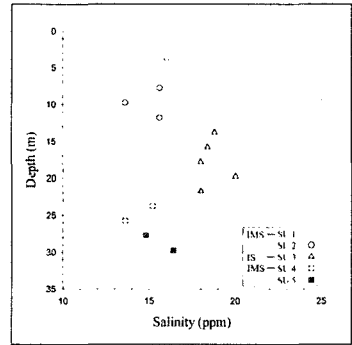
(c) 단위중량



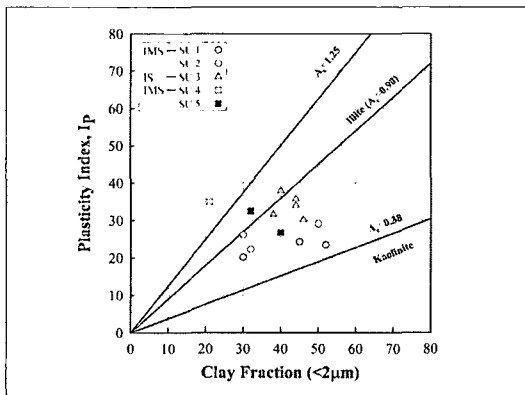
(d) 비중



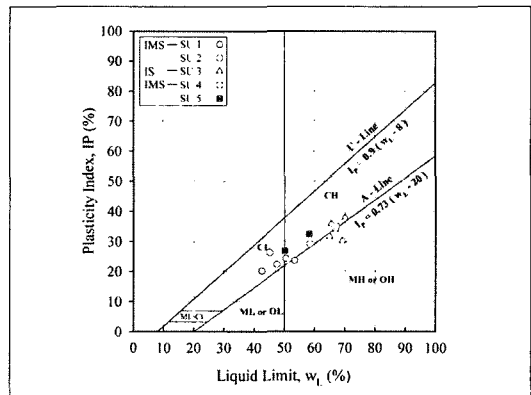
(e) 액성지수



(f) 염분도



(g) 소성도표



(h) 활성도

그림 7. 물리적 시험 결과

리 소규모의 모래질 염층리가 쉽게 관찰되고 있어 뚜렷한 퇴적 양상 차이를 보이고 있다. 전술한 바와 같이 이러한 모래질 퇴적물의 협재는 유수 활동 및 이에 따른 육상으로부터의 조립질 퇴적물 유입의 증가를 직접적으로 반영하는 것이다. 따라서 이 퇴적 구간은 다시 육상 환경의 영향이 증대되고 수심이 감소된 Innermost shelf의 퇴적환경을 갖는 것으로 해석된다. 하위의 환경대에 비해 수소이온농도와 염도의 범위가 감소하는 경향을 보이고 있어 환경 변화에 대한 해석을 뒷받침하고 있다.

한편, 이 퇴적 구간 역시 최하위의 퇴적환경과 마찬가지로 상부로 가면서 모래질 염층리의 규모 및 그 함량이 감소하는 반면 점토질 염층리가 뚜렷이 관찰되고 식물편의 함량이 증가하고 있어 하부의 I 과 상부의 II로서 미환경적 구분이 가능하다. 이 구간의 전체적인 퇴적환경의 성격은 변하지 않았으나 육상으로부터의 조립질 퇴적물 공급의 축소 및 조사 지역 주변의 수리학적 환경의 변화가 이러한 미환경 변화를 일으킨 것으로 생각된다.

4. 토질특성

4.1 물리적 특성

다음은 상세지반조사를 위한 위치에서 수행된 물성시험에 대한 결과를 지층 및 깊이에 따라 나타내었다. 함수비는 지층변화에 따라 민감하게 변화하고, 초기 간극비는 지층의 변화에 따라 1.15에서 1.65까지, 단위중량은 16-17.5kN/m³으로 변화한다. 비중은 지층의 변화보다는 퇴적환경에 따라 변화하고 있다는 것을 그림 7에서 알 수 있다.

상부 IMS는 대략 CL로 분류되며, 그 외의 지층에서는 CH-MH로 분류된다. 활성도에 의하면 점토 광물은 Illite에서 Kaolinite까지 분포하고 있으며, 주변 지역에서 실시된 활성도의 결과와 유사하다.

상기에서 수행되었던 물리적 특성(지수 특성)을 퇴적환경에 따라 종합하여 나타내면 다음 그림 8과 같으며, 특성은 분류된 각 지층에 따라 민감하게 변하고 있음을 볼 수 있다.

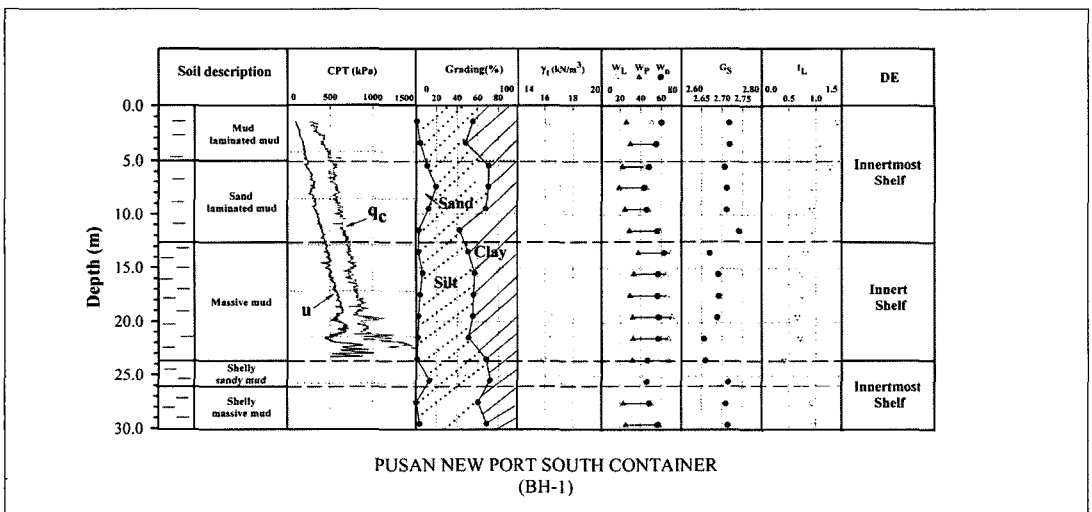


그림 8. 기본적인 토질특성을 위한 주상도

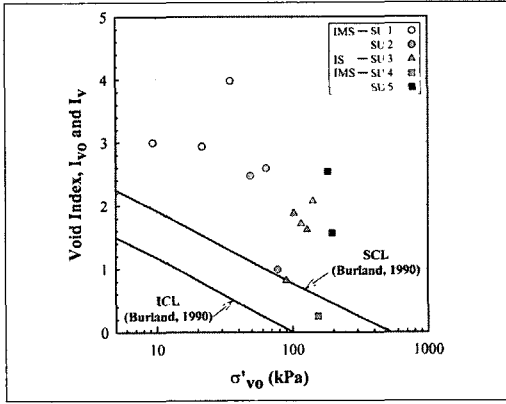


그림 9. Burland(1990) 개념에 의한 점토의 초기 상태

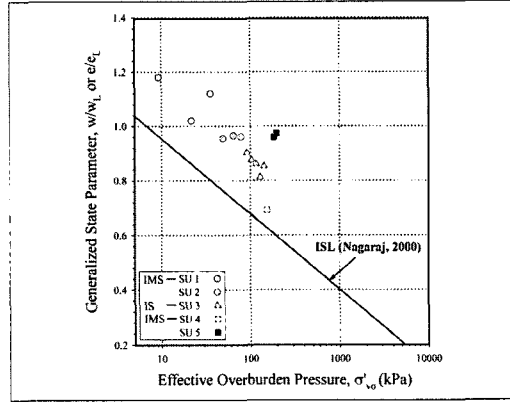


그림 10. Nagaraj(2000) 개념에 의한 점토의 초기 상태

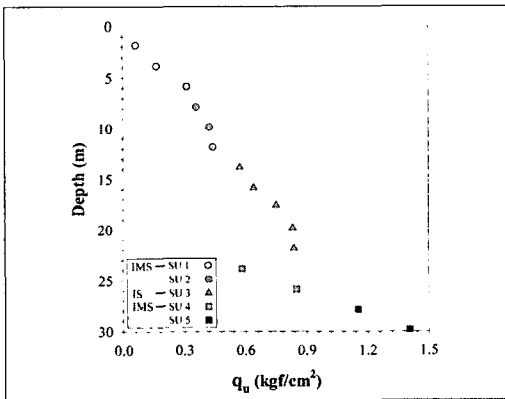


그림 11. 일축압축강도

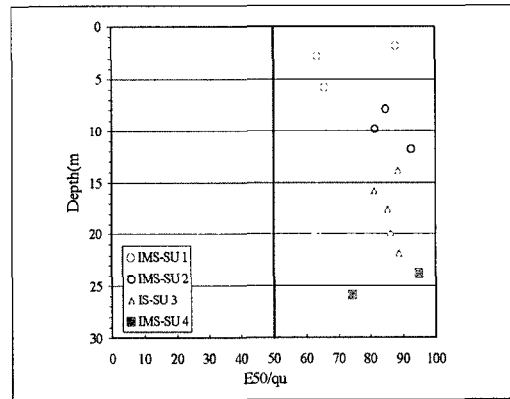


그림 12. 시료의 교란도 분석결과

4.2 점토구조

점토의 구조는 미세구조학적인 방법, 즉 SEM 등을 이용하여 분석하는 방법이 있으나, 간단히 물리적 시험결과를 Burland(1990)와 Nagaraj(2000)의 개념에 반영한 분석이 가능하다. 이 방법들은 지질특성을 모두 반영한 구조화의 정도를 표현하기 위한 것으로, 근본적으로 동일한 개념에서 출발하였으며, 결과 또한 동일하다.

본 과업지역의 점토는 세계의 다른 점토에 비하여 상당히 고결되어 있으며, 정규압밀점토로 분류되며,

북컨테이너 지역에서 수행되었던 연구결과와 비교한 결과 유사한 특성을 나타내고 있으므로 장년 정규압밀 (Young and aged normally consolidated) 점토로 분류될 수 있다.

4.3 전단특성

비배수 전단강도를 구하기 위해 일축압축시험을 수행하였고 강도는 깊이에 따라 일정하게 나타나고 있으며, 다음의 관계식 $q_u = 4.33z$ (kPa) or $S_u = 2.16z$ (kPa)이 성립한다. 결과의 타당성을 분석하기 위해

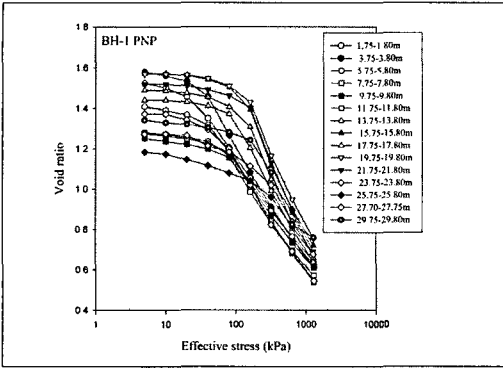


그림 13 압축곡선

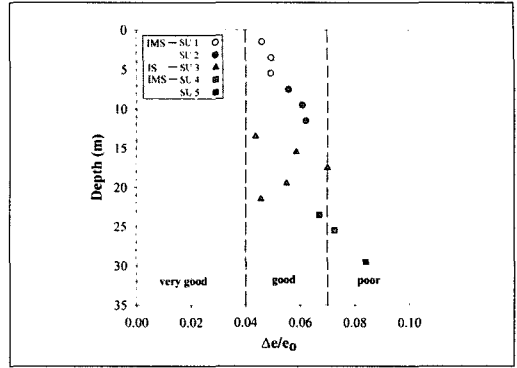


그림 14. Lunne et al.(1997)에 의한 시료 교란도

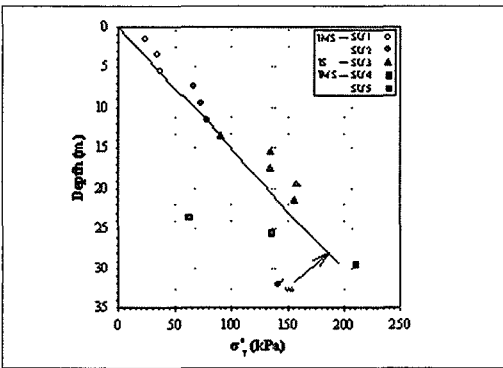


그림 15. 선형압밀응력

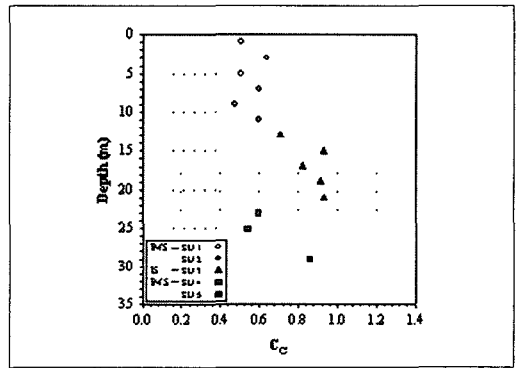


그림 16. 압축 지수

여 시료의 교란도를 Hiro(1987)의 방법으로 분석하였다. 이 방법에 따르면 E_{50}/q_u 가 50이상일 때, 시료는 양호하다고 규정하였고, 일축압축시험에 사용된 시료는 대단히 양호한 것으로 분석된다.

4.4 압축특성

그림 13의 Lunne et al. (1997)의 방법으로 압축곡선을 이용 시료 교란도의 분석한 결과 양호하였다. 그림 12의 압축곡선에서 항복응력(σ'_y : 선형압밀응력)을 구하여 유효과재응력(σ'_{v0})과 비교하면 모든 위치의 점토는 약간 과압밀(OCR이 약 1.1)되어

있음을 알 수 있다.

그림 14는 압축지수를 나타내고 있으며, 퇴적환경대에 따라서 민감하게 변하고 있음을 알 수 있으며 상부 IMS층에서는 압축지수가 0.6, IS층에서 0.9, 그리고 하부 IMS층에서 약 0.8의 값으로 나타나고 있다.

5. 결론

부산 00 현장 부두 설계시 상세 지반조사를 하면서 대표적인 NBH-22를 선정하여 2공의 비교란 시



료가 채취되었다. 불교란 시료는 1.5-2.0m 간격으로 연속적으로 채취하여 깊이에 따른 지반특성을 관찰하기 위하여 시도되었다. 1공의 시료는 지질학적 조사에 이용되었으며, 다른 한 공은 토질실험에 사용되었다. 불교란 시료채취는 대심도 연약지반에서의 시료교란을 최소화할 수 있는 Sediment Tube를 사용하였으며, 슬라이드를 제거할 때 이 튜브를 통하여 최소의 수압을 작용시킴으로써 양질의 불교란 시료를 확보할 수 있었다.

지질학적 조사는 퇴적상 분석과 간극수 지구화학적 분석이 실시되었으며, 이들 결과를 이용하여 퇴적환경과 지층구분을 실시하였다. 퇴적환경은 하부 Innermost shelf(고내만 환경, IMS; 23.6-30.8m), Inner shelf(내만 환경, IS; 12.5-23.6m) 및 상부 Innermost shelf(고내만 환경, IMS; 0-12.5m)로 구분되었다. 하부 IMS층은 전체적으로 다량의 패각편과 조립질 퇴적물을 포함하고 있는 점토층(SU 5; 26.0-30.8m)과 모래질 점토층(SU 4; 23.6-26.0m)으로 세분되었다. IS층(SU 3)은 비교적 균질한 점토질 퇴적층으로 구성되어 있다. 그리고 상부 IMS층은 조립질 모래 크기의 식물편을 다량 함유하고 소량의 패각을 포함하고 있는 연약한 점토층인 SU 1(0-5.0m) 층과 모래질 점토층을 포함하고 있는 연약 점토층인 SU 2(5.0-12.5m) 층으로 구성되어 있다.

토질실험은 물리적 시험, 일축압축 시험 및 압밀 시험이 수행되었다. 대부분의 물리적 특성은 상기에서 분석된 퇴적환경을 잘 반영하여 주고 있었다. 즉, 퇴적환경 분대마다 상이한 구성 물질이 퇴적되었으며, 또한 세부 지층 별로 퇴적되는 환경이 다르게 작용하였을 것으로 분석되었다. 점토구조에 대한 분석 결과에 의하면, 이 지역의 모든 점토는 장년 정규압밀 고결점토(Young and cemented NC clays)인

것으로 분류되었다.

이상 특히 본사례에서와 같은 대심도 해상 연약지반의 경우, 대부분의 토질정수들이 퇴적환경에 따라 변화하는데 착안하여, 지반설계 개선방안중의 하나로 심도별 설계정수 산정시 퇴적환경을 고려하여 지층구분을 수행한후 각 지층별로 설계정수를 산정하는 사례를 살펴 보았다. 또한 지층분석이나 신뢰도 있는 토질정수 산정과 설계적용을 위해서는 불교란 시료 채취시 시료교란을 최소화하는 것이 무엇보다 중요하며 향후 이를 위한 관심있는 연구와 개선 노력이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정성교(2004), "연약지반 조사의 토질정수 결정법", 2004년도 GS-ASTRA 세미나 토목 및 환경기술자를 위한 특별세미나, pp.69~91.
2. 한영철(2001), "낙동강 유역의 연약점성토 퇴적특성에 대한 고찰", 2001년도 ATC-7 ISSMGE 심포지움, pp.43~53.
3. 김상규(2001), 토질역학, 청문각, 서울, pp.128~144, pp.399~404.
4. 한국지반공학회 저, 지반공학 시리즈 6 연약지반, 도서출판 구미서관, pp.392~402.
5. 稲田倍穂, 軟弱地盤における土質工学 I (1994, 5), pp.153~178.
6. 정옥진(2003), "제체하부 연약지반의 안정성에 관한 실험적 연구", 부산대 공학석사 학위논문.
7. Robert D Holtz, William D. Kovacs(1981), AN INTRODUCTION TO Geotechnical Engineering, Prentice-Hall, New Jersey, pp.376~423.