

동읍지역 제4기 미고결 지층의 퇴적이력

Development of Holocene Unconsolidated Stratigraphic Sequence from Lower Reaches of Nagdong River, Dongup Area.

김성욱¹⁾, Sung-Wook Kim, 최은경²⁾, Eun-Kyeong Choi, 이성훈³⁾, Seong-Hoon Lee, 이승원⁴⁾, Seung-Won Lee, 한석희⁵⁾, Seok-Hee Han, 최상순⁶⁾, Sang-Soon Choi, 진휘채⁷⁾, Whi-Chae Jun

- 1) 지반정보연구소, Dr. Geo-Information Research Group Co., Ltd.
- 2) 지반정보연구소, Senior Engineer, Geo-Information Research Group Co., Ltd.
- 3) 현대건설, Dr., Hyundai Development Institute of Construction Technology
- 4) 현대건설, Dr., Hyundai Development Institute of Construction Technology
- 5) 청석엔지니어링, Managing Director, Geotechnical Engineering Div. Chungbuk Engineering Co., Ltd.
- 6) 청석엔지니어링, Director, Geotechnical Engineering Div. Chungbuk Engineering Co., Ltd.
- 7) 엔아이에스컨설팅(주), Director, Neo infraStructure Consultants Co., Ltd.

SYNOPSIS : This study was carried out to understand depositional environment and genesis of clayey soils that distributed in the Dongup area. On the basis of detailed observation and description on mineralogy, geochemical composition, geophysical properties, paleontological analysis of cored sediments, three sedimentary unit have been distinguished. From bottom to top, they are early Holocene freshwater muddy deposit(Unit I, fluvial swamp), late Holocene silt and muddy deposit(Unit II, alluvial deposit), late Holocene muddy deposit(Unit III, fluvial swamp). Unit II is divided into three part: the lower part-unweathered massive silt and muddy deposit, middle part-weathered layered silt and muddy deposit and upper part-weathered massive muddy deposit.

Key words : Depositional environment, Fluvial-swamp, Alluvial deposit

1. 서 론

지구조운동과 빙하의 성장과 쇠퇴, 기후변화 등의 고환경 변화는 퇴적물을 운반하는 하천의 흐름과 공급되는 퇴적물의 변화를 수반한다. 연구지역은 낙동강의 남서부 하류에 위치하며, 퇴적물을 공급하는 낙동강은 동-서 방향의 흐름으로 사행하여 주변으로 사구의 발달이 양호한 지형적인 특징을 보인다. 연구의 대상이 되는 점성토 지층의 퇴적지는 낙동강과는 수 km 이격되어 형태상으로 하천 주변의 배후습지에 해당하며 남동측으로 삼각주와 인접해 있다. 퇴적지의 해발고도는 5-10m 미만의 평지로 제4기 후기의 해수면 상승으로 해수면은 현재에 비해 5m 이상 상승한 점과 낙동강 삼각주와 유사한 지층 강도를 가지는 두꺼운 점성토 지층의 발달은 해수면의 상승으로 하천 에너지의 감소와 해수의 유입을 고려할 수 있다. 이럴 경우 해퇴 후 육지 내에 해성기원의 퇴적을 잔류하게 된다.

공급되는 퇴적물의 종류와 퇴적지를 포함하는 환경의 변화는 지층의 구성과 물리, 화학적인 특성에 변화를 수반하며, 이는 역으로 지층의 특성을 관찰함으로써 퇴적환경과 지층의 이력에 대한 정보를 획득할 수 있다. 최근에 들어 미고결 퇴적층의 물리, 화학적인 성질은 지층을 구성하는 광물조성과 퇴적환경 따라 달라지는 것으로 이해되고 있고, 경우에 따라 지층의 공학적인 강도 특성에 영향을 미치게 된다. 점성토 지층의 분포지에서 지반의 분포특성을 이해하는 방법으로 퇴적층이 형성된 환경과 지층의 이력을 이해하는 것이 중요하다.

며 이 연구의 목적이 된다.

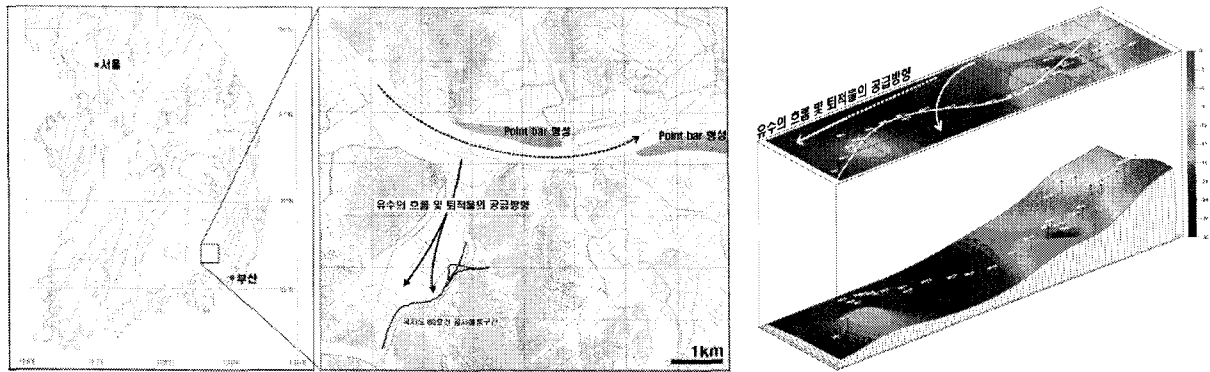


그림 1. 연구지역의 위치와 퇴적물의 공급 방향

2. 연구방법

1개 시추공에서 기반암(풍화잔류토)까지 퇴적층에 대해 불교란 시료를 채취하였으며, 11개 지점에서 지층의 측방대비를 위해 일정한 심도 간격으로 표준관입 시료를 채취하였다. 퇴적환경을 이해하기 위한 방법으로 퇴적물의 층서적 특징을 기재하여 해석의 기초 자료를 활용하였으며, 퇴적층 사료에 대해서 심도별로 광물학적, 물리적, 화학적 특성과 생물학적 특성을 분석하여 상이한 퇴적환경에서 형성된 지층을 단위별로 구분하여 퇴적에 따른 환경의 변화를 고찰하였다. 한편으로 인접한 지층에서 실시된 현장의 강도 시험 결과와 비교 분석하여 공학적인 특성에 영향을 미치는 물리, 화학적인 요소를 분석하였다.

3. 연구결과

3.1 광물 조성

위치 및 심도별 시료의 구성 광물의 종류와 함량을 규명하기 위해 조암광물과 점토광물을 구분하여 분석하고 수직 및 측방으로 조성의 변화를 관찰하였다. 조암광물의 경우 석영과 장석이 대부분을 차지하며 녹니석, 카올린, 몬모릴로나이트, 일라이트가 수반된다. 정방위 점토 시료에 대한 광물조성은 일라이트, 녹니석, 카올린, 몬모릴로나이트의 순서로 구성되며, 지층별 점토광물의 구성비는 녹니석과 카올린의 함량은 하부로 갈수록 감소하는 반면, 일라이트는 증가한다. 광물의 정량에 의한 퇴적층은 상부 점토질로 구성된 퇴적 구간(0-9m), 석영질의 모래가 증가하는 지층(9-15m), 장석질의 모래가 증가하는 지층(15-20m), 상부 점토질로 구성된 퇴적 구간(20m 하부)으로 구분된다.

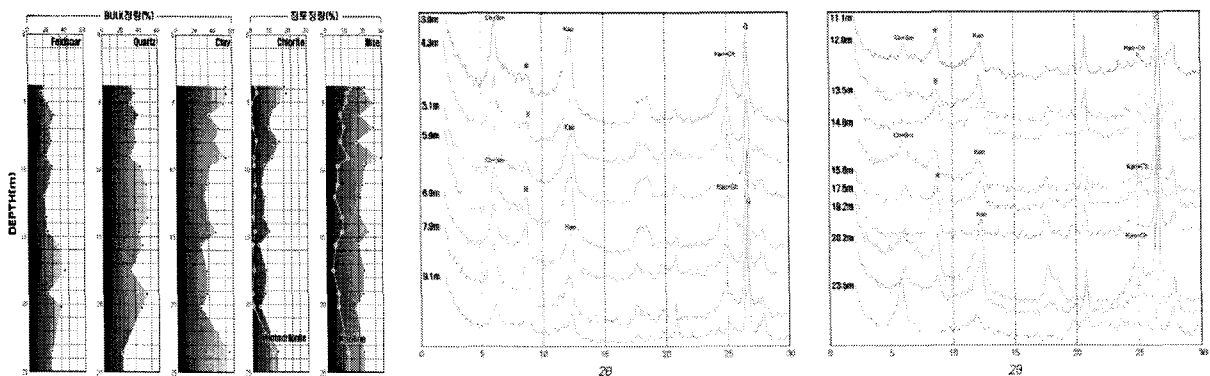


그림 2. 심도별 퇴적물의 광물 조성

3.2 물리적 특성

퇴적층의 물리적 변화를 관찰하기 위해 퇴적 주상도를 작성하여 지층의 퇴적상을 관찰하였으며, 입도, 연X-선 영상, 대자율 및 전기비저항을 측정하였다.

육안관찰에 의한 퇴적단위는 5개로 구분되며, 지층의 경계부는 대체로 자갈을 포함하는 지층으로 구분된다. 지층의 단위는 하부로부터 기저역암층, 상향세립화되는 산화환경대, 산화환경대의 단괴로 구성된 지층, 자갈의 구성비가 높은 지층, 유기물의 함량이 높은 지층, 상부 실트질 퇴적층으로 구분된다.

퇴적물의 입도는 점토와 실트의 함량이 90%에 달하며, 일부 심도에서 모래의 구성비가 현저하게 높아진다. 입도 분포는 점토와 실트, 모래의 상대적인 함량에 따라 4개의 퇴적 단위로 구분할 수 있다.

불교란 시료와 표준관입시료를 대상으로 측정된 대자율은 크기의 변화에 따라 5개의 퇴적단위로 구분되며, 전기비저항은 4개의 퇴적단위로 구분된다. 대자율은 지층의 심도에 비례하여 증가하는 구간, 일정한 대자율을 보이는 구간, 심도 증가에 반비례하여 감소하는 구간으로 구분된다. 전기비저항은 큰 비저항값으로 구분되는 상부층과 일정한 비저항을 보이는 중앙부와 점진적으로 비저항이 증가하는 구간, 저비저항으로 구분되는 하부층으로 나누어진다.

연X-선 영상 관찰에 의한 퇴적층은 유기물질이 풍부한 상부(-5.8m)층과 단괴가 발달하고 층리의 교란이 심한 구간(5.8-9.2m), 층리의 발달이 양호하고 철산화물이 수평적으로 침전된 구간(9.2-11.2m), 점토질이 우세한 구간(11.2-14.9m), 건열에 의한 수직 방향의 균열이 발달하는 구간(14.9m-)으로 구분된다.

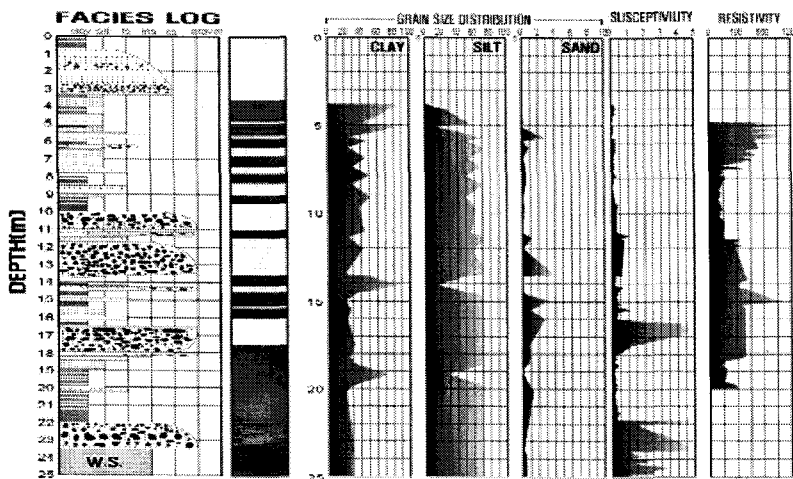


그림 3. 퇴적물의 물리적 특성 변화

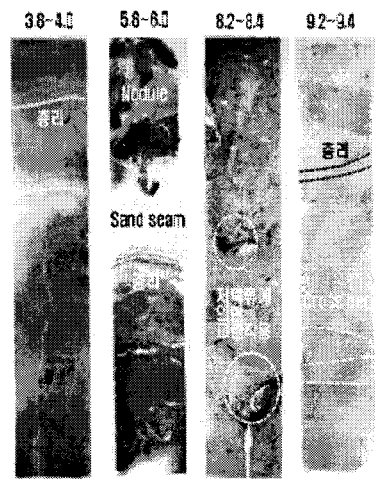


그림 4. 퇴적물의 연 X-선 영상

3.3 지화학적 특성

퇴적환경의 변화는 광물에 흡착된 음이온, 양이온, 그리고 공극수에 용해된 이온의 종류와 농도 변화를 수반하므로 이를 이용해서 퇴적환경의 변화를 인지할 수 있다. 지화학적 특성에 의해 지층은 5-6개의 퇴적단위로 구분되며 각 단위의 경계는 서로 중복되어 있어 퇴적환경 변화를 지시하는 자료로 된다.

퇴적물 현탁액의 양이온은 흡착양이온의 함량의 증감에 따라 6개 구간(-6m, 6.0-9.5m, 9.5-13.0m, 13.0-18.5m, 18.5-22.0m, 22.0m-)으로 구분되며, 현탁액의 전기전도도와 염류량은 4개의 지층으로 구분된다. 현탁액의 pH는 심도에 비례하여 증가하는 경향을 보이며, 6개의 구간으로 구분될 수 있다. 현탁액의 음이온은 흡착양이온의 함량이 적은 6m 상부, 그 함량이 많아지는 6.0-10.0m, 일정한 10.0-15.0m, 다시 변화하는 15.0-22.0m, 그 함량이 매우 적어지는 22.0m 하부로 나눌 수 있다. 희토류원소는 함량에 따라 4개 지층으로 구분되며, 일부의 원소는 특정 심도에 제한적으로 검출되어 퇴적물의 공급이 달라지고 있음을 알 수 있다. 산화와 환원환경을 지시하는 철산화물의 함량은 심도에 따라 많은 차이를 보여주며,

지층의 상부와 중부에서 산화물의 함량이 증가되어 퇴적환경이 강한 산화환경을 지시한다.

퇴적물에 포함된 유기물과 탈수물질(수분)은 환경변화의 인지가 되며, 일정한 구성비를 가진 상부층과 함량이 점진적으로 감소하는 구간, 그리고 함량이 급격하게 증가하는 하부층으로 구분된다.

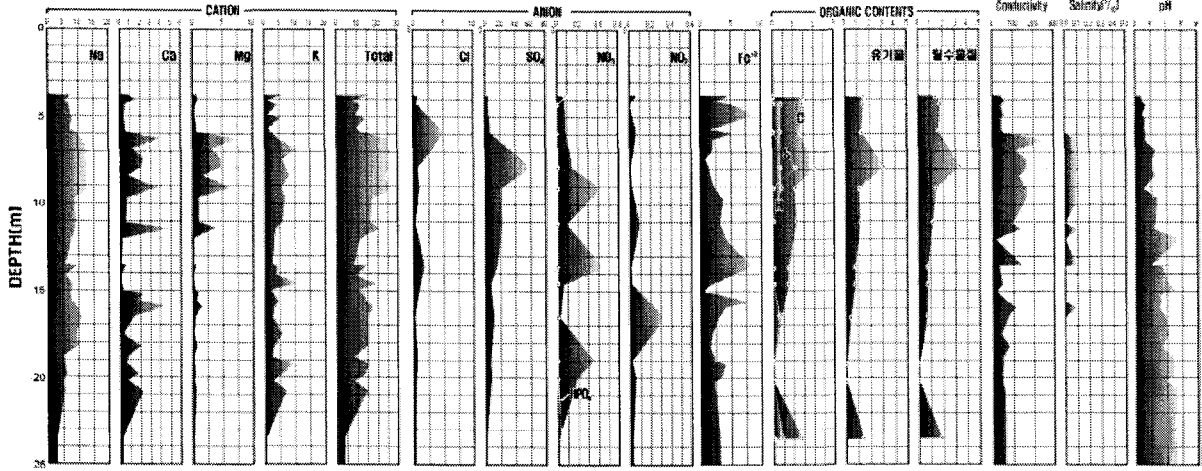


그림 5. 퇴적물의 화학적 특성 변화

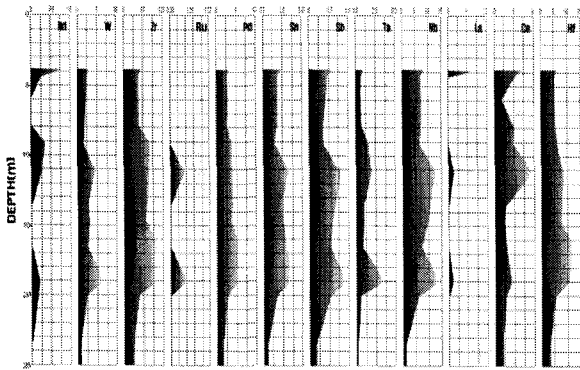


그림 6. 퇴적물의 회도류원소 특성변화

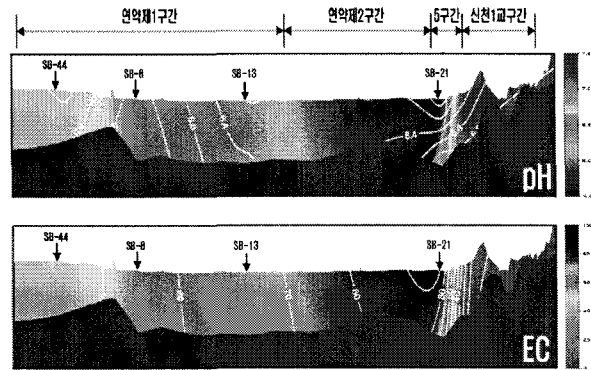


그림 7. 퇴적물의 연 X-선 영상

3.4 생물학적 특성

미생물은 퇴적환경에 따라 서식 종이 달라지며, 퇴적층내 분포하는 미화석을 이용하여 퇴적환경을 유추할 수 있다. 해성퇴적층의 고환경 복원을 위해 유공충이 이용되고 있으며, 이 연구에서 13개 시추공 시료에 대해 미화석을 감정하였으나 유공충은 산출되지 않았으며, 육원성 규조류만 산출되었다.

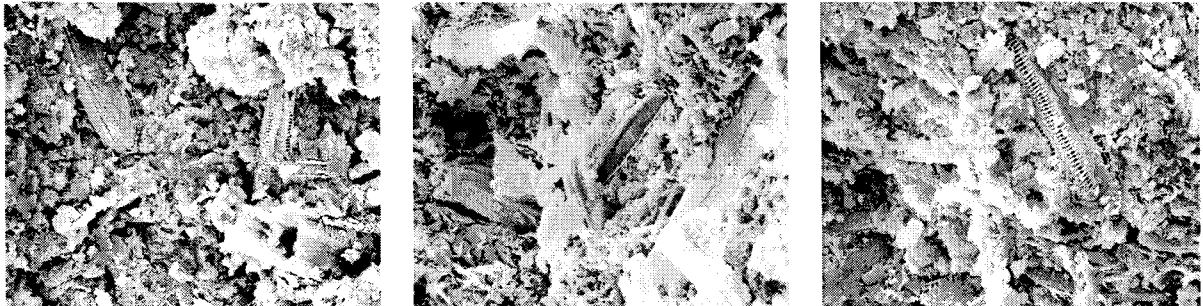


그림 8. 규조화석의 군집

3.4 강도 특성과의 대비

퇴적환경의 요소인 철산화물이나 pH, EC, 양이온 및 점토 함량은 Piezocone시험의 결과와 관입저항치와 간극수압 등에서 부합되는 결과를 보여준다.

환경적 요소 중 흡착음이온(SO₄)와 토질자료의 회귀분석에서 매우 높은 상관성을 보이며, 함수비, 점토함량, 액성한계, 소성지수와 좋은 상관성을 보인다. 퇴적물의 점토 함량이 높을수록 함수비가 증가하며 이에 따라 액성한계 및 소성지수가 증가한다. 퇴적물 포함된 점토는 음이온 및 양이온에 대한 강한 흡착능을 나타내며, 강우에 포함된 황이온과 흡착할 가능성이 매우 높다. 즉 황산의 증가는 점토의 증가를 의미하며, 토질 특성에 민감하게 반응한 것으로 추정된다. 회귀분석에서도 같은 결과를 보이며, 함수비, 점토함량, 액성한계, 소성지수는 황산이온과 정의 관계를 보인다.

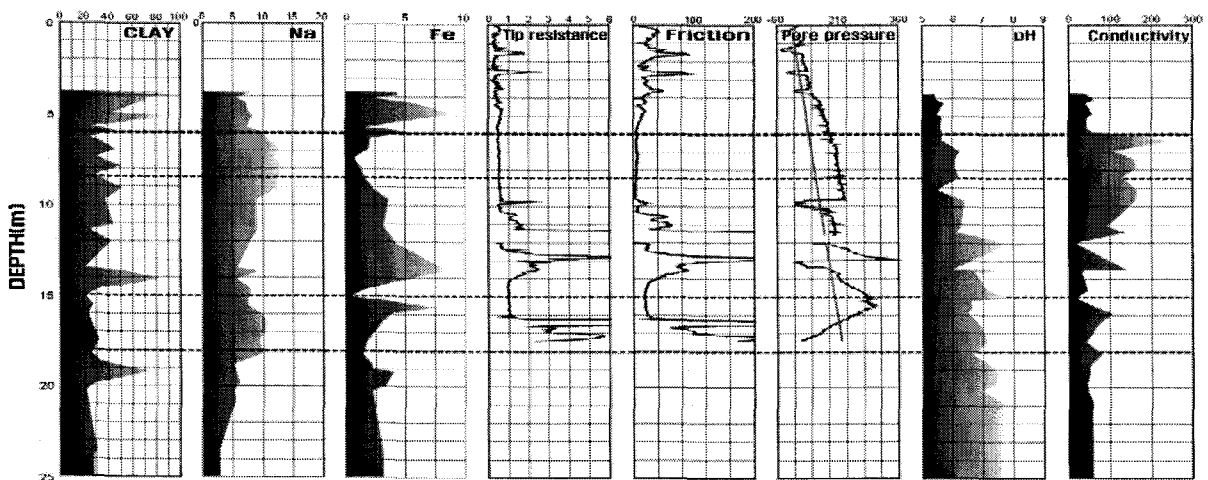


그림 9. 퇴적물의 공학적 특성과의 대비

자료의 대비에서 지층의 공학적 정수가 항상 퇴적환경에 좌우되는 것은 아니지만 지층을 구성하는 퇴적물은 환경에 따라 구성 성분을 달리하며, 그 중 일부는 공학적 특성을 변화시키는 요인이 되는 것으로 판단된다. 연구지역의 경우 배후습지와 같이 유기물이 풍부하고 강우에 민감한 환경과 범람원 환경의 경우 지층의 강도 특성이 달라지며, 입도분포와 함수비, 연경도와 같은 토질 공학적 특성과 양호한 상관성을 보인다.

퇴적환경의 요소와 공학적 자료의 대비에서 일부는 정의 상관성 내지 부의 상관성을 보여주는 반면 다른 요소들은 지층의 강도와 무관한 경향성을 보여주기도 한다. 예로 대자율은 콘의 저항치와 마찰력과는 정의 상관성을 가지는 반면 간극수압과는 상관성이 보이지 않으며, 전기비저항은 간극수압과 마찰력과는 상관성을 가지는 반면 콘의 저항치와는 상관성이 나타나지 않는다. 이것으로 볼 때 퇴적환경 요소에 의한 지층의 공학적 특성을 결정하기 위해서는 지층의 서로 다른 특성들을 종합한 퇴적환경의 이해가 요구된다.

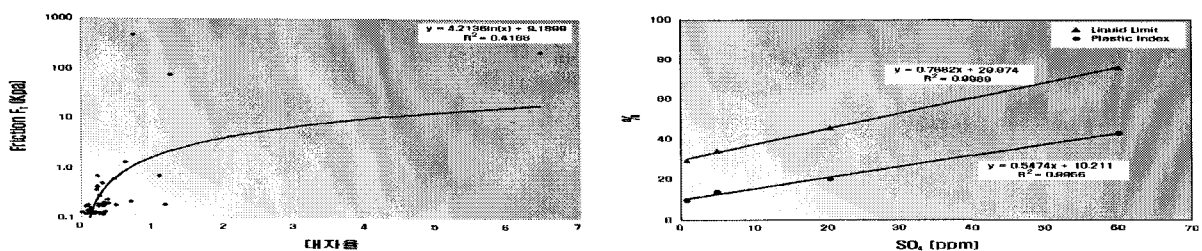


그림 10. 퇴적물의 공학적 특성과의 대비

4. 퇴적 단위의 구분

연구지역의 퇴적환경은 3개의 퇴적단위로 구분된다. 하부에서부터 풍화잔류토 상부는 기저역암을 포함한 하천의 배후습지환경(Unit-1)에 해당하며, 상부로 모래와 점토의 상향세립되는 퇴적이 반복되는 범람원 환경(Unit-2)과 습지와 범람원이 동시에 나타나는 혼성환경(Unit-3)으로 구분된다. 각 퇴적단위는 퇴적상이나 특성에 따라 2-3개의 소단위로 구분된다.

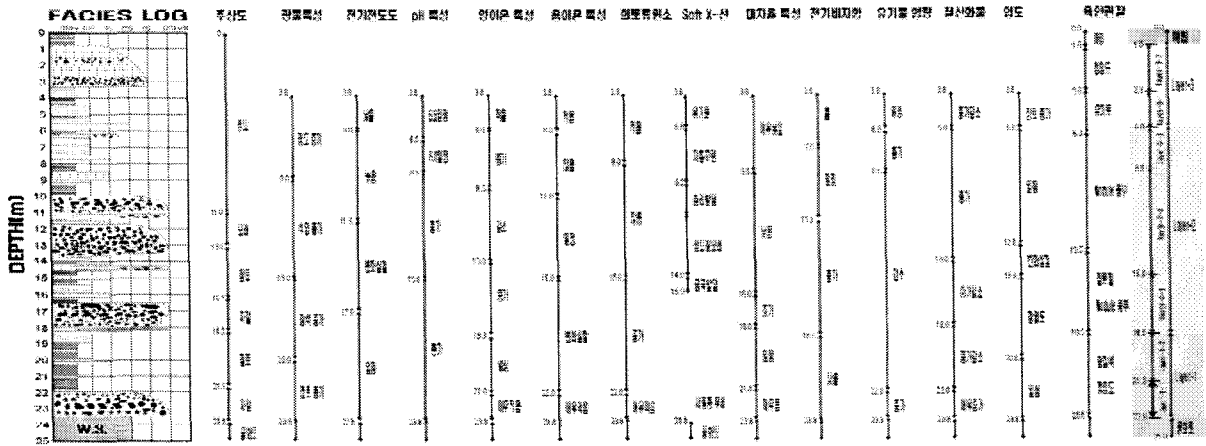


그림 11. 퇴적물의 공학적 특성과의 대비

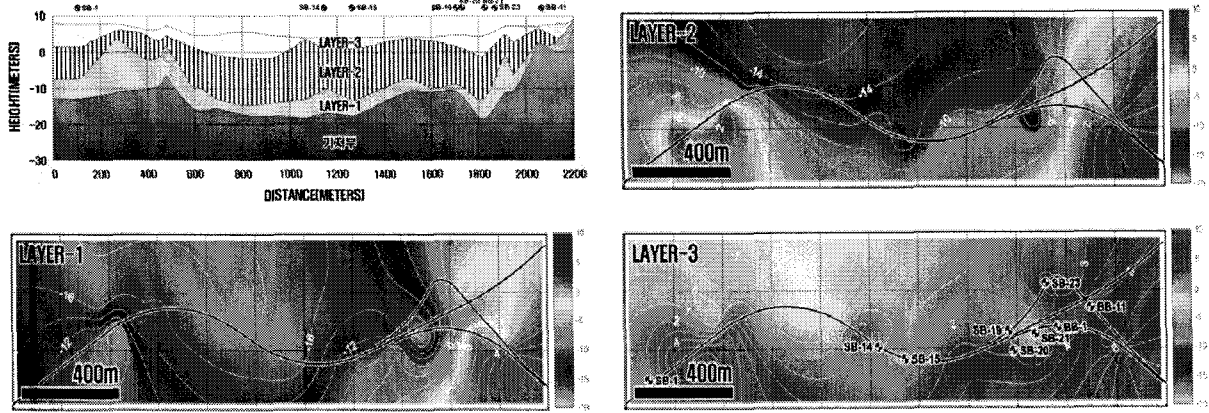


그림 12. 퇴적물의 공학적 특성과의 대비

5. 결론

낙동강 하류의 동읍 지역에 분포하는 점성토 지층에 대하여 퇴적층의 특성을 분석한 결과 퇴적층은 낙동강의 배후 저습지 환경에 해당하며, 모든 지층은 육원성 퇴적층에 해당한다. 퇴적층은 하부로부터 습지 환경(Unit 1)-범람원 환경(Unit 2)-습지 환경(Unit 3)의 퇴적단위로 구분되고, 각 퇴적단위는 층리의 발달 정도와 구조화석의 발달 정도에 따라 구분되며, 특히 Unit 2는 풍화에 의한 산화정도에 따라 풍화반지 않은 하부 지층과 풍화에 의해 넓은 산화대를 보이는 상부로 구분된다.