

## 서·남해안 해성점토의 물리·압축특성 고찰 - 인천·목포·광양·부산 -

### Consideration of Physical and Compression Characteristics among Western and Southern Coastal Marine Clays - Incheon·Mokpo·Gwangyang·Busan -

김 상 귀<sup>1)</sup> · 여 규 권<sup>†</sup> · 김 길 수<sup>2)</sup> · 김 흥 연<sup>3)</sup>

Kim, Sangkwi · Yea, Geuguwen · Kim, Kilsu · Kim, Hongyeon

**ABSTRACT** : Marine clays are widely distributed in Korean eastern, western and southern coastal areas. Understanding engineering characteristics of the soft ground is very important, whenever civil structures are constructed in those coastal areas. It is because the ground is composed of highly compressible marine clay. In this paper, the physical and compression characteristics of Incheon, Mokpo, Gwangyang and Busan marine clay were analyzed and the characteristics between western and southern coastal marine clays were compared. For this, test results of 1,471 samples from 114 sites were used. As a result, Incheon clay showed the lowest plasticity and the highest unit weight due to influx of silt from the Yellow River and the turn of the tide of Incheon area. However, Gwangyang clay showed highly compressible characteristic due to extensive reclamation. On the other hand, Mokpo and Busan clay showed partially similar levels of characteristics. The compression index of Mokpo and Busan clay was high more than twice in comparison with Incheon clay and that of Gwangyang clay was higher than seventy percents in comparison with Mokpo and Busan clay.

**Keywords** : Marine clay, Compressibility, Soft ground, Compression index

**요 지** : 국내의 동·서·남해안에는 해성점토층이 폭넓게 분포되어 있으며, 해안지역에서 기반시설물을 설계할 때 압축성이 큰 해성점토로 구성된 연약지반의 공학적 특성을 파악하는 일은 매우 중요하다. 본 논문에서는 인천, 목포, 광양 및 부산지역 해성점토의 물리적·압축특성을 분석하여 각 지역 및 우리나라 서·남해안 점토특성을 비교하였다. 이를 위하여 114구역 1,471개 샘플의 실험결과를 이용하였다. 비교결과, 인천점토의 경우 중국 황하로부터 유입된 세립실트 및 높은 조수간만의 차로 가장 낮은 소성 및 높은 단위중량을 보였고, 광양점토는 광범위한 준설매립의 영향으로 압축성이 가장 컸다. 그와 비교할 때 목포 및 부산의 경우는 부분적으로 비슷한 수준의 특성을 나타내었다. 목포와 부산점토의 압축지수는 인천에 비하여 2배 이상, 광양점토의 경우는 목포 및 부산에 비해 70% 이상 높게 나타났다.

**주요어** : 해성점토, 압축성, 연약지반, 압축지수

## 1. 서 론

삼면이 바다로 이루어진 우리나라는 해안선을 따라 연약한 퇴적층이 분포하고 있으며, 이러한 연약지반의 공학적 특성을 파악하는 것은 각종 구조물의 설계에 앞서 매우 중요한 일이다. 일반적으로 연약지반의 특성을 파악하기 위해서는 현장의 원위치 시험과 채취된 시료를 가지고 수행되는 실내시험을 이용하게 된다. 이때 정도 높은 시험과정이 중요함은 물론이거니와 이를 통해서 얻은 자료의 처리와 분석 또한 설계에 적지 않은 영향을 끼치게 된다. 특히, 연속적으로 이루어진 해안선을 따라 변화하는 연약퇴적층의 공간적

특성을 파악한다면 보다 쉽게 전반적인 연안지역의 지반공학적 성질을 알 수 있다.

일반적으로 퇴적층은 구성된 기반암의 종류 또는 퇴적력의 다양성으로 상이한 지반특성을 나타낸다. 특히, 국내의 서해안 및 남해안 지역에 주로 분포하는 해성점토(marine clay)로 구성된 매우 연약한 지반의 역학적 성질은 퇴적물의 성분, 입자크기의 분포, 입자형상, 흡착이온 및 간극수의 특성, 조류, 온도 등에 의해 상당한 영향을 받는다. 뿐만 아니라, 응력이력, 간극수 변화, 용탈과정, 가스형성 등의 지반공학적 특성은 매우 복잡한 양상을 나타낸다. 해성점토는 대부분의 다른 연약지반과 비교할 때 섬유질이고 압축성이

1) 비회원, 삼부토건(주) 기술연구소 상무이사

† 정회원, 삼부토건(주) 기술연구소 부장(E-mail : moonju@sambu.co.kr)

2) 비회원, 삼부토건(주) 기술연구소 과장

3) 비회원, 삼부토건(주) 기술연구소 대리

매우 크다. 해성점토의 전형적인 특성은 높은 함수비와 매우 작은 지지력이라 할 수 있다. 또한, 점토 퇴적물의 체적변화나 침하는 실트 및 점토입자의 함유량에 의존하며 특히, 콜로이드성 점토(colloidal clay)의 함유에 따라 달라진다.

현재까지 국내 해성점토의 특성에 대하여는 많은 연구가 있어왔다. Kim(1975)은 70년대 중반까지의 조사 및 시험결과를 이용하여 국내 해성점토의 분포와 공학적 특성을 구명하였다. 송만순(1988)은 서·남해안 14개 지역의 토질 물성치와 압축지수의 상관관계를 분석하여 경험식을 제안하였다. 김덕곤 등(2002)은 신호 및 장유지역을 중심으로 한 부산점토에 대하여 교란상태, 현장상태 및 불교란상태의 압축특성을 분석하였다. 윤길림 등(2003)은 경남, 전남 및 경기해안의 압축지수를 단일 및 다중 회귀분석하여 예측식을 제안하였다. 국외에서도 해성점토를 주제로 한 연구는 많은데 Rao 등(1995)의 흡착 양이온의 종류에 따른 해성점토의 투수계수 영향, Arulrajah(2005)의 개량된 해성점토에 대한 각종 원위치시험 및 계측결과 역해석에 의한 압축특성 사례분석 등이 그 일부이다.

## 2. 국내연안의 지형·지질특성

한반도의 동부에서 남북방향으로 위치한 태백산맥과 남서부의 소백산맥 및 차령산맥으로부터 시작된 수계는 서해안과 남해안 방향으로 큰 하천을 이루고 있다. 수계의 시점부터 하구까지는 거리가 짧고 지형의 경사가 급하므로 유속이 빨라 수류작용에 의해 운반되는 퇴적물이 많다. 또한 연안과 하구를 중심으로 내륙지방에도 비교적 규모가 큰 연약지반이 형성되어 있다. 하구나 하천의 하류부에 분포하는 연약지반은 점토층이 해수 중에서 퇴적한 후 육지의 확장으로 형성되거나 지각 변동에 의해 형성될 수도 있다. 충적토는 환경조건에 의존하므로 지층의 구성은 위치에 따라 달라지게 된다.

우리나라 연약지반의 분포는 성인과 지역에 따라 육원성 퇴적물에 의한 내륙의 충적점토지반과 해원성 퇴적물에 의한 해안 부근의 해성점토지반으로 구분할 수 있으며, 서해안, 남해안, 동남해안 인근 지역과 금강, 영산강, 섬진강, 낙동강 등 내륙 하천 연안지역에 주로 분포하고 중부 내륙지방과 강원도, 제주도는 지질학적 특성상 점성토 지반이 넓게 분포하는 지역이 없다.

### 2.1 연안지역

삼면이 바다로 이루어진 한반도는 크게 서해안, 남해안 및 동해안으로 구분할 수 있다. 우리나라의 서해안 연안 중

조수간만의 차가 심한 김포, 반월, 인천, 아산 등에서는 실트질 모래 또는 모래질 실트가 풍화암 바로 위에 퇴적되어 있는 곳이 많고, 그 위에 실트질 점토층이 분포한다. 이 두층을 합한 두께는 30m 까지 이르나 지층의 경계가 명확하지 않은 경우가 많고 입자는 큰 실트 함량이 높다. 그에 반해 군산, 목포 등 서해안 남부는 조수간만의 차가 작아 점성토층의 강도가 작고 압축성이 크며 두께는 25m에 이른다. 이층 아래에는 얇은 자갈층과 풍화암층이 나타난다.

남해안은 중력작용에 의해 퇴적된 것으로 추정되는 자갈 및 전석층이 풍화암층 위에 놓이고 그 위에 점성토층이 퇴적되어 있다. 이러한 지층구조는 순천에서 여수, 남해, 마산, 부산에 이르기까지 유사하게 나타난다. 점성토층의 두께는 부산항에서 15m, 마산, 여수 등지에서는 대략 10m 정도이며, 자갈 및 전석층의 두께는 2~3m 가량이다. 남해안의 하구 중에서 낙동강 하구와 섬진강 하구(광양만)는 우리나라의 대표적인 연약지반 분포지대로써, 낙동강 하구는 퇴적층의 두께가 70m가 넘는 지역도 있다. 점토층의 위, 아래에는 모래층이 존재하는 경우가 일반적이다.

동해안 연안에는 지표 부근에 매우 연약한 실트질 점토층이 존재하며 이층 아래에 모래층 또는 모래 섞인 자갈층이 함께 분포한다. 강릉 및 속초 지방의 실트질 점토층은 유기질을 많이 함유하고 있으며 액성한계와 함수비가 대단히 높다. 하부의 모래층 또는 모래 섞인 자갈층은 해수면 상승으로 동해안의 급격한 하천의 수류작용에 의해 운반되어 형성된 것으로 판단된다. 이층 아래에는 모암이 풍화되어 이

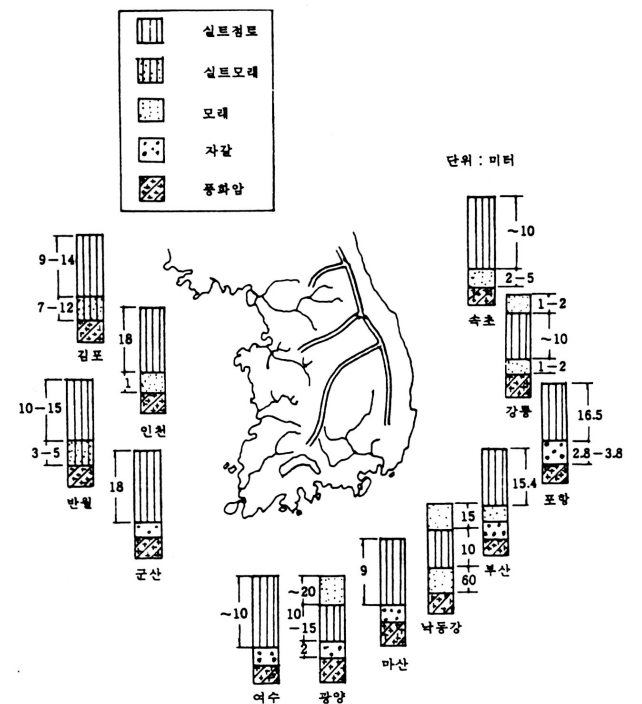


그림 1. 한반도 주변연안의 토층분포 (김상규, 1987)

표 1. 국내 해성점토의 물리적 특성(김상규, 1987)

Location	$\omega_n$ (%)	$\omega$ (%)	PI(%)	e	USCS
Busan	58-84	58-64	10-58	0.76-2.85	CH,OH
Masan	42-78	31-52	11-25	1.36-1.82	CL
Masan(Gwigok)	101-148	107-130	58-82	2.81-3.48	CH,OH
Yeosu	84-111	74-97	31-65	2.47-2.99	CH,OH
Sokcho	83-155	62-145	29-95	2.88-3.89	CH,OH
Nakdong river	27-55	32-53	19-27	0.75-1.45	CL
Banwol	24.1-57.1	27.2-45.2	11.0-25.7	1.28-1.84	CL
Gwangyang	18.0-92.2	22.3-87.8	8.6-63.6	0.58-3.02	CH
Youngsan river	47.1-68.7	32.4-55.6	16.6-2.23	1.45-2.23	CH,OH
Myeongju	64-226	144-150	3.8-5.04	3.8-5.04	OH,CH

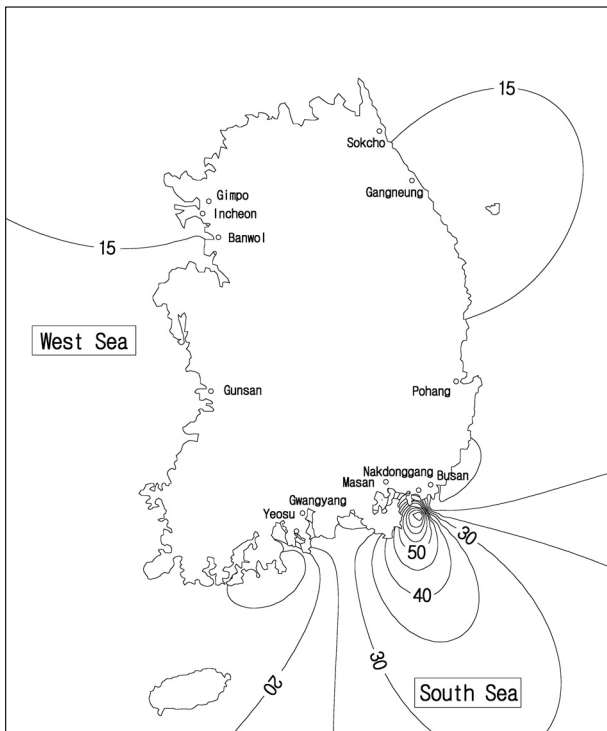


그림 2. 크리깅에 의한 해성점토층 두께분포

루어진 풍화암층이 있다. 연약층의 두께는 포항지역의 경우 최대 16.5m, 강릉과 속초지역은 10m 이내이다. 그림 1은 한반도 주변 연안지역의 지층분포이고, 그림 2는 각 연안에서의 연약층 두께를 지구통계학적 방법(Krigging)에 의해 등고선으로 나타낸 것이다. 표 1은 과거 주요 연안지역에서 분석된 점성토의 물리적 특성에 대한 범위 및 통일분류법에 의한 결과를 나타낸다.

## 2.2 내륙지역

한반도 연안의 점토층은 내륙으로 침입된 경우가 많은데, 김해평야 일대는 범람으로 형성되었다고 판단되는 실트 및 모래층 아래로 연약한 해성점토층이 분포하여 남해고속도로와 김해공항 등의 건설을 위한 연약지반처리에 많은 어려

움이 있었다(김상규, 1987). 군산에서 익산에 이르는 평야지대에도 실트질 점토층이 넓게 분포되어 있다. 포항, 울산 등도 표층 외에는 지층구조가 연안과 유사하여 해성점토층이 침입되어 있는 것으로 알려져 있다. 내륙에서 해성점토층의 존재는 점토층의 균질성, 조개껍질의 발견 등으로 쉽게 판별되며, 큰 하천의 하류 부근에도 유역을 따라 연약층이 넓게 분포하는 경우가 많다. 일반적으로 하천 범람으로 생성된 연약지반은 깊이에 따라 층상을 이루는 경향이 있다.

## 3. 해성점토의 물리·압축특성 분석

본 연구에서는 서·남해안 지역 중 인천, 목포, 광양 및 부산지역에서 최근 수집된 자료를 가지고 해성점토의 물리적 특성 및 압축특성을 분석하였다. 활용된 자료는 표 2에 나타난 바와 같이 경기 및 인천 40개 지구(시추공 833개), 목포 25개 지구(시추공 199개), 여수 및 광양 19개 지구(시추공 256개)와 부산 30개 지구(시추공 183개) 등이다. 각 실내 시험 자료를 분석하여 서·남해안의 대표적 4개 지역의 특성을 비교·분석하였다.

### 3.1 물리적 특성

흙의 물리적 특성은 함수비, 비중, 단위중량, 입도 및 Atterberg 한계(액성한계, 소성한계 및 소성지수) 등을 포함하며, 이들 특성으로부터 흙의 물리적인 특성 그 자체뿐만 아니라 지질학적 기원이나 압밀특성 및 전단강도 등의 역학적

표 2. 연구에 이용된 지역별 샘플 수

Location	No. of Areas	No. of Samples (Bore holes)
Incheon	40	833
Mokpo	25	199
Gwangyang	19	256
Busan	30	183

인 특성을 추정하는 데에도 활용이 가능하다. 인천, 목포, 광양 및 부산의 지역별 물리적 특성을 분석하면 다음과 같다.

그림 3은 각 지역의 심도별 함수비 분포를 나타낸다. 그림에 나타난 바와 같이 인천, 목포, 광양 및 부산지역의 평균 함수비는 33.14%, 50.0%, 76.52% 및 52.30%로 목포와 부산지역의 경우 유사한 것으로 나타났으나 대부분 함수비 차이가 명확함을 알 수 있다. 특히, 광양지역 점성토의 함수비가 매우 높은 것으로 나타났다. 각 지역별 간극비를 그림 4에 비교하였다. 간극비의 평균치는 인천, 목포, 광양 및 부산에서 각각 0.99, 1.49, 2.28 및 1.59로 인천지역의 경우 가장 작은 반면, 광양지역은 가장 큰 간극비를 가지는 것으로 나타났다. 이는 광양지역의 경우, 준설패립에 의해 형성된

지반이 폭넓게 분포하여 전반적으로 타 지역에 비해 자연함수비, 초기 간극비 등이 큰 값을 나타낸다고 할 수 있다. 이와 같은 간극비 분포는 함수비와 비교할 때 일치되는 결과임을 알 수 있다.

그림 5는 심도에 따른 각 지역의 단위중량 분포를 비교한 것이다. 포화단위중량은 대부분  $14 \sim 19 \text{ kN/m}^3$ 의 범위내에 있고 함수비나 간극비와 같이 심도에 따라 일정한 경향을 보인다. 평균치는 인천, 목포, 광양 및 부산에서 각각  $18.5 \text{ kN/m}^3$ ,  $17.1 \text{ kN/m}^3$ ,  $15.2 \text{ kN/m}^3$  및  $16.5 \text{ kN/m}^3$ 로 간극비가 큰 광양지역에서 가장 낮고 간극비가 작은 인천지역에서 높게 나타남으로써 일치된 상관성을 보였다. 또한, 인천지역의 경우 조수간만의 차가 크고 점성토의 근원은 황하강에서 퇴적된반된 해양성 퇴적물로 세립의 실트입자가 많이 포함되어 있기 때문에 판단된다.

그림 6은 심도에 따른 액성한계의 분포를 나타낸다. 평균 액성한계는 인천 36.78%, 목포 47.08%, 광양 75.23% 및 부산 61.35%로 자연함수비와 차이가 크지 않음으로써 전반적으로 정규압밀에 가까운 상태이고, 광양, 부산, 목포 및 인천지역의 순으로 높게 나타났다. 그림 7은 소성지수의 분포를 나타낸다. 액성한계와 소성한계로부터 얻은 소성지수의 평균치는 인천지역에서 14.28%로 저소성 점토(20% 이내), 목포와 부산지역에서 각각 25.30% 및 34.65%로 중소성 점토(20~40% 범위), 광양지역의 경우는 46.94%로 소성이 가장 큰 것으로 나타났다. 소성지수는 점토의 종류가 같을 때 점토함유량에 비례한다고 알려져 있다. 따라서, 서해안 내에서 인천지역의 점토가 목포에 비하여 낮은 소성을 보이는 것은 흙의 공학적 특성상 세립토 성분 중에 포함된 실트 함

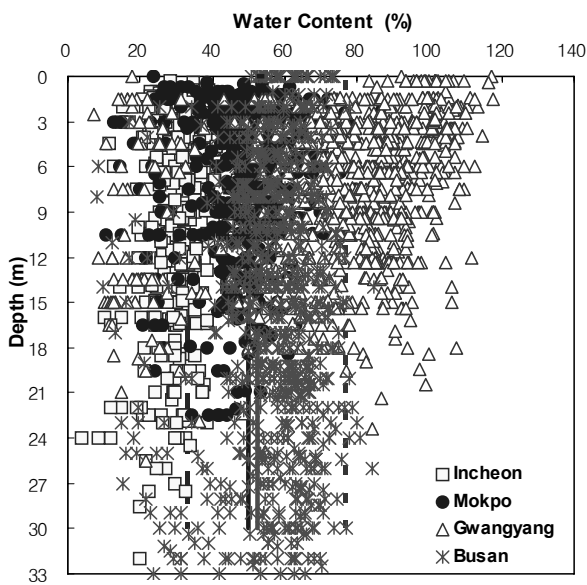


그림 3. 심도에 따른 함수비 분포

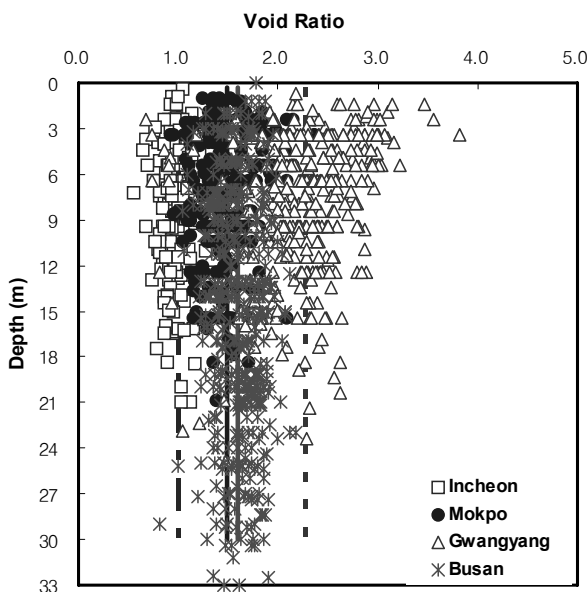


그림 4. 심도에 따른 간극비 분포

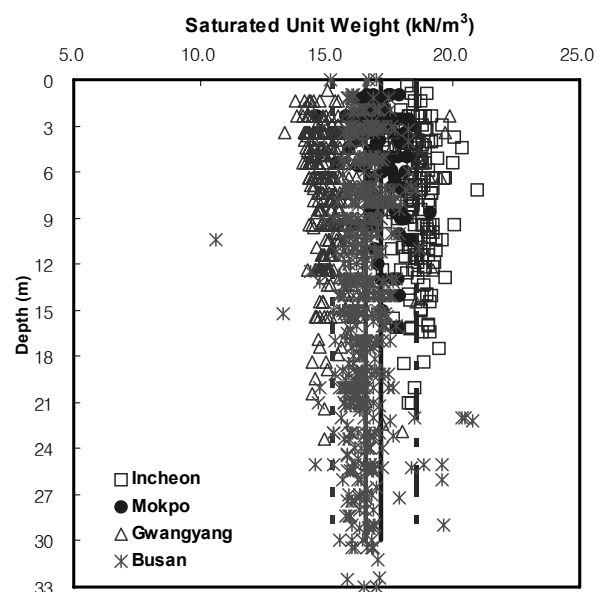


그림 5. 심도에 따른 포화단위중량 분포

량이 다른 지역에 비해 크기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 인천지역은 지형 특성상 중국 황하와 가장 인접한 지역으로 황하에서 공급되는 세립 실트입자의 퇴적에 의해 퇴적층이 형성되었기 때문으로 판단된다. 반면, 광양지역의 경우는 표층으로 갈수록 소성지수 범위가 매우 광범위한 경향을 보이는데 이는 준설패립된 지반의 성분이 매우 다양하기 때문으로 판단되나, 평균 소성지수가 높은 것으로 판단할 때 세립점토의 함유량이 가장 많은 것으로 추정할 수 있다.

수집된 각 자료 중 액성한계와 소성지수 관계를 Casagrande의 소성도에 표시함으로써 흙을 분류하였다. 그림 8에 나타난 바와 같이 각 지역의 액성한계-소성지수 관계는 대부분 U-line과 A-line 내에서 고르게 분포되었다. 즉, 모든 지역의

토질은 U-line 및 A-line의 구간 내에서 압축성 및 소성의 일정한 분포를 보임으로써 각 지역별로 해성 점성토층의 지질학적 기원이 유사함을 알 수 있다. 한편, 그림에 나타난 바와 같이 각 지역별로 어느 정도의 차이를 나타내고 있다. 그림과 같이 액성한계 50% 구분선을 중심으로 각각 인천(서해안) 및 부산(남동해안)지역으로부터 광양지역(남해안)으로 갈수록 압축성과 소성이 커지는 경향이 뚜렷하였고 광양지역의 토질은 압축성 및 소성이 가장 큼을 알 수 있었다. 결론적으로 도표로부터 통일분류법으로 흙을 분류할 때 인천지역의 토질은 CL 내지 ML, 목포지역은 CL 및 CH로 분류되었으며, 부산지역은 CL로부터 CH까지 다양하나 비교적 CH가 우세하였고 광양지역은 CH가 우세하였다. 결과적으로 서해안 중 인천지역의 토질은 지형 특성상 세립 실트 입자의 퇴적에 의해 압축성이 낮은 실트가 혼재된 저압축성 점성토로 이루어져 있고 서해안 남측으로 갈수록 세립토 함유량이 높아짐으로 인해 고압축성 점토로 구성된다. 남해안의 경우 동측의 부산지역 토질은 다양한 압축성을 지닌 점토로 구성된 반면, 서측으로 갈수록 압축성이 커짐을 알 수 있었다.

그림 9는 심도에 따른 액성지수 분포를 나타낸다. 네 지역의 평균 액성지수는 1.07로  $LI=1$ 에 근접하여 서·남해안의 해성점토는 정규압밀상태에 가까운 것으로 확인되었다. 그러나, 구체적으로 살펴보면 인천과 부산의 평균 액성지수는 각각 0.97 및 0.86으로 1보다 작아 소성상태인 반면, 목포와 광양의 경우는 각각 1.24 및 1.20로 액체상태로 분류된다. 한편, 인천지역 점토의 경우는 15m를 기준으로 그 상부에서는 0~3의 광범위한 액성지수 분포를 보이다가 15m 하부에서는 대부분 소성상태로 존재한다. 목포지역의 점토는

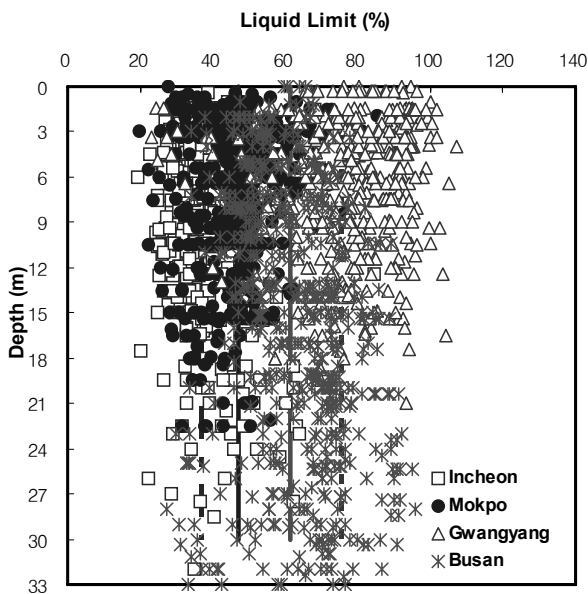


그림 6. 심도에 따른 액성한계 분포

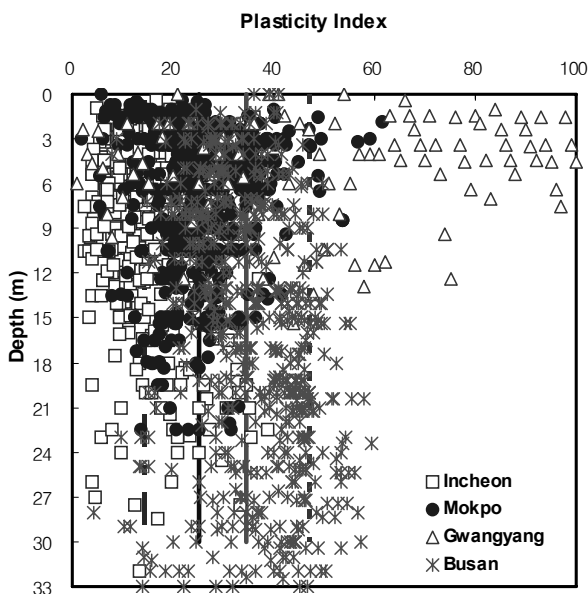


그림 7. 심도에 따른 소성지수 분포

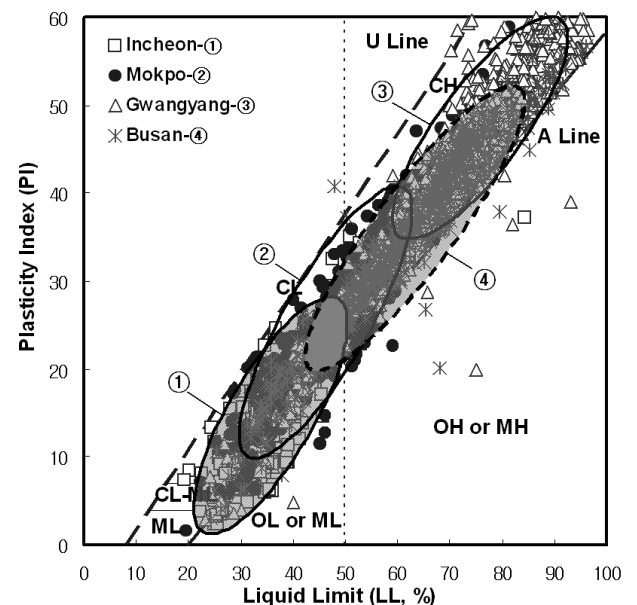


그림 8. Casagrande의 소성도에 의한 흙의 분류

심도에 관계없이 0~4의 고른 액성지수 분포를 나타내 상부와 하부지반에서 차이를 보이지 않았다. 광양지역 점토의 액성지수는 0~5의 비교적 넓은 범위를 가지며 약 18m를 기준으로 그 상부는 액체상태가 우세, 하부는 소성상태가 우세한 것으로 나타났다. 부산지역의 경우는 전반적인 범위가 0~2.5로 비교적 가장 작고 약 20m 내외를 기준으로 그 상부와 하부가 액체 및 소성상태로 분류될 수 있다. 전체적인 액성지수 분포로 판단할 때 목포 및 광양지역의 경우 그 범위가 가장 크며 통계적 변동성(variability)이 큰 것으로 나타났다.

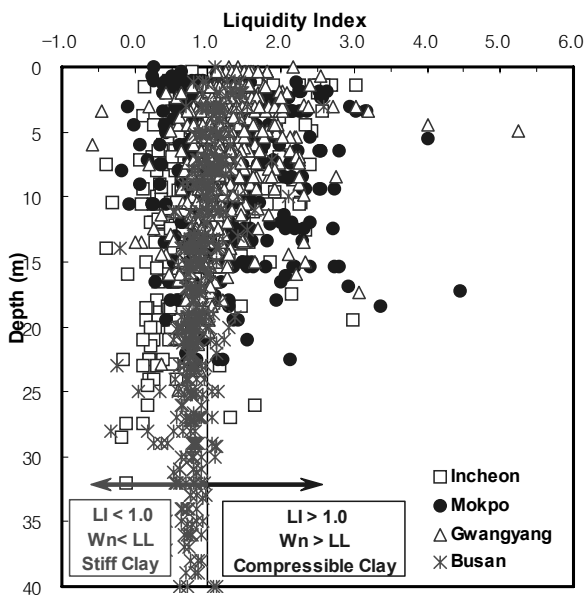


그림 9. 지역별 액성지수 분포

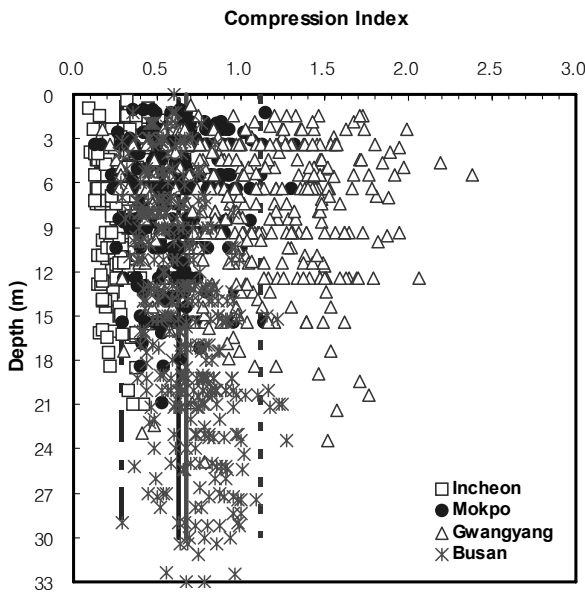


그림 10. 심도에 따른 압축지수 분포

### 3.2 압축특성

압밀특성은 점성토 연약지반의 침하량 추정 및 지반개량 설계에 매우 중요하다. 국내 주요 해안지역인 인천, 목포, 광양 및 부산지역 해성퇴적층의 수집된 조사 및 실험결과를 가지고 흙의 압축특성을 비교, 분석하였다.

그림 10은 각 지역 점토의 심도별 압축지수를 나타낸다. 압축지수는 침하량 산정에 매우 중요한 영향을 미치는 설계 정수로 신뢰도 높은 대표치의 선정이 중요하다고 할 수 있다. 그림에 나타난 바와 같이 압축지수는 심도에 관계없이 거의 일정한 양상을 보이고 그 평균치는 인천, 목포, 광양 및 부산지역에서 각각 0.28, 0.62, 1.11 및 0.68로 인천의 경우 가장 압축성이 낮고 광양지역 점토의 경우 가장 큰 것으로 나타났다. 특히, 목포와 부산의 압축성은 유사함을 알 수 있었다. 또한, 목포와 부산지역 점토의 압축지수는 인천에 비하여 2배 이상 높게 나타났고 광양지역 점토의 압축지수는 목포 및 부산에 비해 70% 이상 높아 압축성이 큰 것으로 나타났다. 실험결과 범위는 광양지역이 매우 큼 그림을 통하여 알 수 있으며, 이는 준설패립 지반이 폭넓게 분포함으로 인하여 점성토가 다양한 성분으로 구성되어 있기 때문으로 판단된다.

그림 11에 나타난 바와 같이 압축지수( $C_c$ )와 액성한계(LL)의 관계로부터 본 연구에서 분석한 네 지역의 값들은 대부분 Terzaghi-Peck(1967)이 제안한 관계식 보다 상위에 있었다. 본 연구에서 수집한 실험자료를 기초로 작성한 인천, 목포, 광양 및 부산지역 퇴적점토의 압축지수-액성한계 관계식은 표 3과 같다. Terzaghi-Peck 관계식의 기울기는 인천 및 목포지역에서 도출한 기울기와 가장 유사하게 나타났

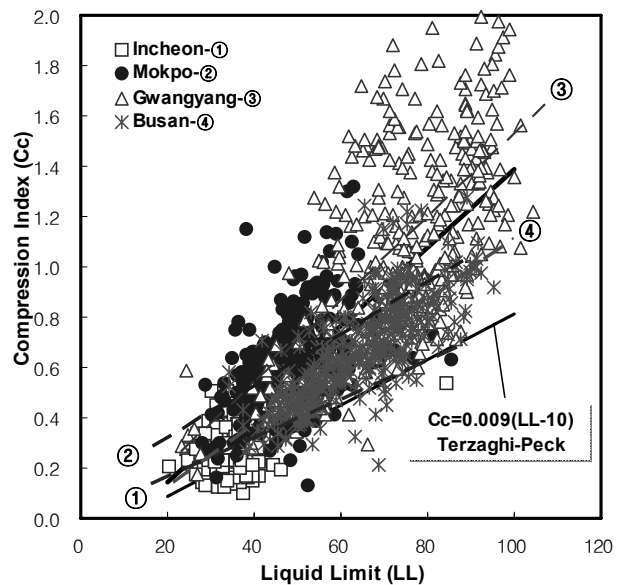


그림 11. 압축지수와 액성한계의 상관관계

고 광양점토의 경우 가장 크게 나타났으며, 절편값은 부산 점토와 가장 잘 일치하였다. 각 지역의 압축지수-액성한계 자료의 상관성은 상기 물리적 특성에서 보인 편차(또는 변동성) 범위와 일치하게 부산의 경우에  $R^2=0.598$ 로 가장 컸으며, 나머지 지역의 경우는 0.5 이하로 낮은 상관성을 보였다.

그림 12는 압축지수( $C_c$ )-초기간극비( $e_0$ )의 분포를 보여주고 표 4는 각 지역별 관계식을 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 압축지수와 초기간극비의 관계는 액성한계와는 대조적으로 그 편차가 상대적으로 작고 결정계수도 모두 0.5~0.6 범위로 액성한계 관계 보다는 양호하게 나타난다. 그림에 나타났듯이 Sowers(1970), Nishida(1956) 및 Cozzolino(1961)에 의한 관계선과 비교할 때 기존 제안된 범위 내에서 대부분 경향이 일치하였다. 특히 목포, 광양 및 부산점토

표 3. 압축지수와 액성한계의 관계식

Location	Equation	$R^2$
Incheon	$C_c = 0.008(LL - 1.09)$	0.258
Mokpo	$C_c = 0.01(LL - 11.57)$	0.254
Gwangyang	$C_c = 0.016(LL - 7.15)$	0.404
Busan	$C_c = 0.012(LL - 9.95)$	0.598

표 4. 압축지수와 초기간극비의 관계식

Location	Equation	$R^2$
Incheon	$C_c = 0.47(e_0 - 0.40)$	0.599
Mokpo	$C_c = 0.58(e_0 - 0.42)$	0.530
Gwangyang	$C_c = 0.64(e_0 - 0.50)$	0.575
Busan	$C_c = 0.61(e_0 - 0.49)$	0.516

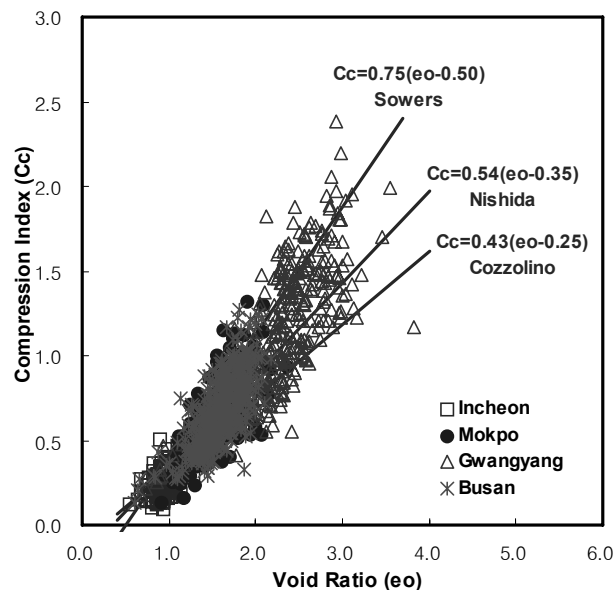


그림 12. 압축지수와 초기간극비의 상관관계

의 경우 관계식의 기울기가 Sowers와 Nishida의 관계선 사이에 있으나, 인천점토의 경우는 Nishida 및 Cozzolino 관계선 사이에 위치하여 지역 간 약간의 차이를 나타내었다. 즉, 전자는 Sowers와 Nishida 제안범위 내에서, 후자는 Nishida와 Cozzolino 제안범위 내에서 상관관계가 잘 일치하는 것으로 나타났다.

그림 13은 각 지역의 심도별 과압밀비(OCR) 분포를 나타낸다. 그림에 나타난 바와 같이 과압밀비는 전형적으로 심도에 따라 지수(exponential) 함수적으로 감소하는 경향을 보인다. 인천지역은 목포나 부산지역에 비해 과압밀층의 두께가 두꺼운 것으로 나타났다. 이러한 과압밀 상태는 지반 내의 전응력 변화, 간극수압 변화, 흙 구조의 변화 및 화학적인 변화 등 여러 원인에 의해 기인될 수 있다. 우리나라의 조위차는 인천지역에서 9.9m로 가장 크며, 아산지역 9.4m, 목포지역 3.0m이고 남해안에서는 동쪽으로 향할수록 감소하여 여수지역 3.6m, 마산지역 1.9m, 부산지역 1.2m 정도에 이른다. 이를 감안할 때 조위차에 따른 전응력의 영향으로 인해 인천지역이 목포지역에 비해 과압밀층의 두께가 두껍게 나타난 것으로 판단된다. 한편, 목포와 부산지역의 심도별 과압밀비 분포는 비교적 감소양상이 뚜렷하고 편차가 크지 않은 반면, 광양지역의 경우는 준설매립으로 인한 불규칙한 토층분포에 의해 불확실성이 큰 것으로 나타났다.

결론적으로 인천, 목포, 광양 및 부산지역에 분포하는 해성점토의 물리적·압축특성을 비교함으로써 서·남해안 연안의 지반특성을 분석한 결과, 그림 14에 나타난 바와 같이 서해안 및 동해안에서 광양을 중심으로 한 남해안으로 갈수록 함수비, 소성, 압축성 등의 특성은 점차 커지고 단위중량은 낮아지는 경향이 있는 것으로 나타났다.

## 4. 결 론

인천, 목포, 광양 및 부산지역 퇴적점토의 물리적, 압축특성을 비교 및 분석하였고 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 물리적 특성 중 자연함수비와 간극비는 목포와 부산지역에서 유사하게 나타났고 인천지역의 경우 가장 작은 값을 광양지역에서 가장 큰 값을 가지는 한편, 단위중량은 인천지역에서 가장 큰 값을 나타내었다.
- (2) 대상지역 모두 액성한계는 자연함수비와 큰 차이를 보이지 않음으로써 정규압밀상태와 가깝고, 소성지수로 판단할 때 인천지역 점토는 저소성, 목포 및 부산점토는 중소성, 광양지역의 점토는 가장 소성이 큰 것으로 나타났다. Casagrande의 소성도를 이용하여 분석한 결과 서

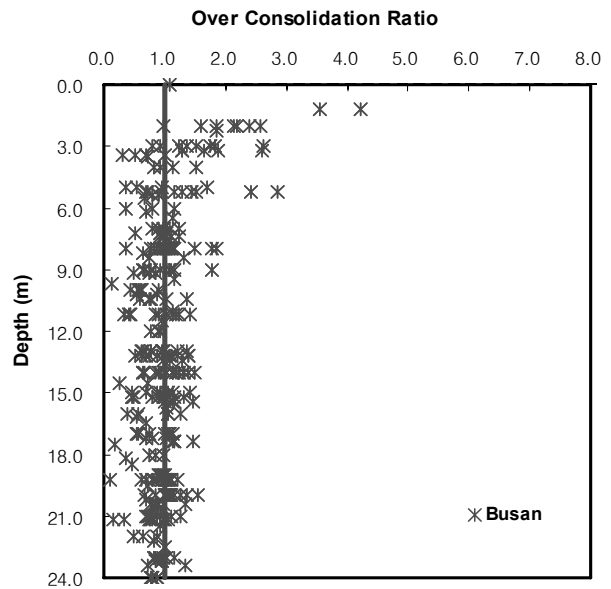
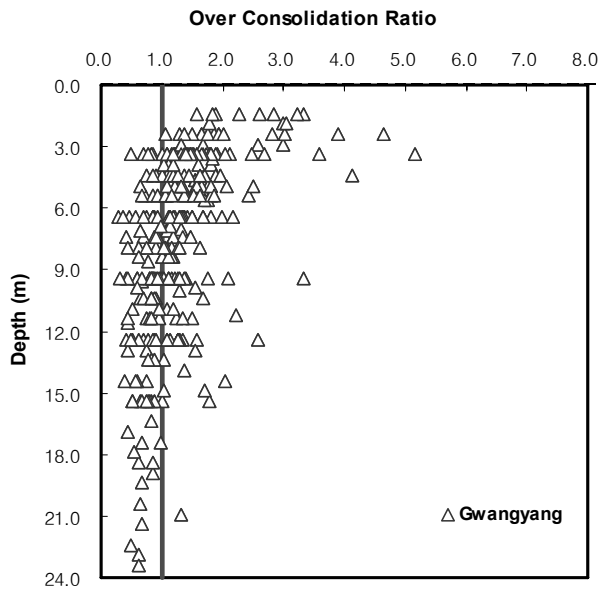
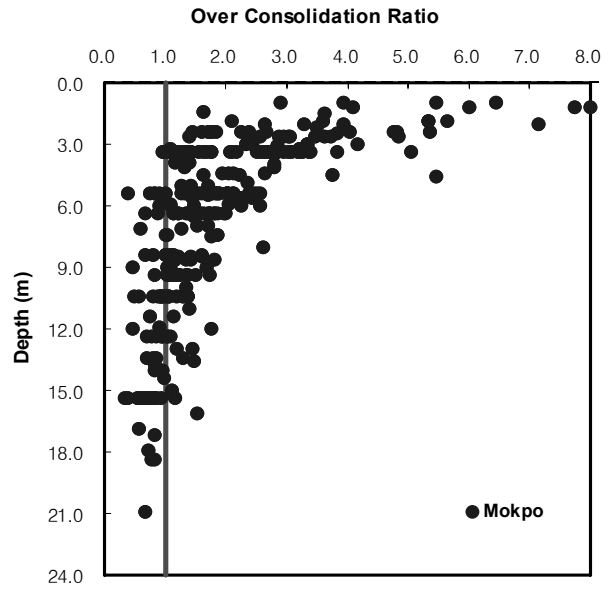
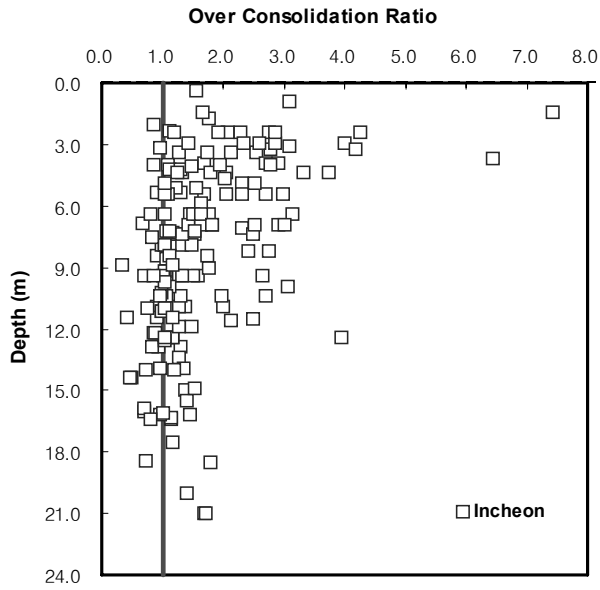


그림 13. 심도에 따른 과압밀비 분포

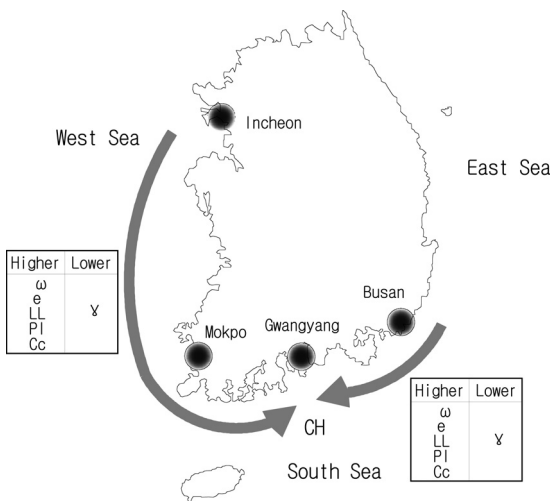


그림 14. 해안선에 따른 해성점토의 특성

해안(인천) 및 남동해안(부산) 지역으로부터 남해안(광양) 지역으로 갈수록 압축성과 소성이 커지는 경향이 뚜렷하였고 광양지역의 토질은 압축성 및 소성이 가장 큰 것으로 나타났다.

(3) 이러한 일련의 물리적 특성은 광양지역의 경우 준설매립으로 형성된 지반이 폭넓게 분포함으로 인한 영향으로, 인천지역의 경우는 지역적으로 조수간만의 차가 클 뿐 아니라 중국의 황하강으로부터 운반된 해양성 퇴적물로 세립의 실트입자가 많이 포함되었기 때문에 판단된다.

(4) 점성토의 압밀특성을 대표하는 평균 압축지수는 인천 및 광양지역에서 각각 최소 및 최대값을 보였다. 특히,



목포와 부산지역 점토의 압축지수는 인천에 비하여 2배 이상 높게 나타났고 광양지역 점토의 압축지수는 준설 매립 지역이 많음으로 인해 목포 및 부산에 비해 70% 이상 높아 압축성이 가장 큰 것으로 나타났다.

- (5) 압축지수와 초기간극비 사이의 상관관계를 분석한 결과 목포, 광양 및 부산지역 점토는 Sowers와 Nishida의 제안범위 내에서, 인천지역 점토는 Nishida와 Cozzolino의 제안범위 내에서 상관관계가 잘 일치하는 것으로 나타났다.
- (6) 과압밀비는 모두 전형적으로 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타내었으나 인천지역의 경우는 과압밀층의 두께가 두꺼운 것으로 나타났다. 이는 인천지역의 높은 조위차에 의한 전응력의 영향에서 기인하는 것으로 판단된다.
- (7) 결과적으로 목포와 부산점토의 경우 부분적으로 유사한 특성이 있는 것으로 나타났으며, 서해안 및 동해안에서 광양을 중심으로 한 남해안으로 갈수록 함수비, 소성, 압축성 등의 특성은 점차 커지고 단위중량은 낮아지는 경향이 있는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

1. 김덕곤, 광정민, 정성교, 조기영(2002), 부산점토의 퇴적환경에 따른 압축특성, 2002년도 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 285~288.
2. 김상규(1987), 우리나라 연약지반의 실태, *대한토목학회지*, Vol. 35, No. 6, pp. 14~21.
3. 송만순(1988), *우리나라 해성점토의 토질계수의 상관관계*, 석사학위논문, 한양대학교, pp. 1~79.
4. 윤길림, 김병탁(2003), 국내 해양지반에 적합한 압축지수 예측식 제안, *대한토목학회논문집*, Vol. 23, No. 3C, pp. 169~176.
5. Arulrajah, A.(2005), *Field Measurements and Back-Analysis of Marine Clay Geotechnical Characteristics under Reclamation Fills*, Ph.D. Dissertation, Curtin University of Technology, Bentley, Western Australia, Australia, pp. 1~313.
6. Cozzolino, V. M.(1961), Statistical Forecasting of Compression Index, *Proc. of 5th Int. Conf. on Soil Mech. and Found. Engrg.*, Paris, France, Vol. 1, pp. 51~53.
7. Kim, S. K.(1975), Engineering Characteristics of Marine Clays in Korea, *Proc. of 15th Asian Regional Conf. on SMFE*, Vol. 1, pp. 35~43.
8. Nishida, Y.(1956), A Brief Note on Compression Index of Soil, *J. Soil Mech. and Found. Eng.*, ASCE, Vol. 82, No. 3, pp. 1~14.
9. Rao, S. N. and Mathew, P. K.(1995), Effects of Exchangeable Cations on Hydraulic Conductivity of a Marine Clay, *Clays and Clay Minerals*, Vol. 43, No. 4, pp. 433~437.
10. Sowers, G. B.(1970), *Introductory Soil Mechanics and Foundations*, 3rd Ed., The Macmillan Company, London, England, pp. 102.
11. Terzaghi, K. and Peck, R. B.(1967), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd Ed., John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 729.

(접수일: 2011. 3. 21 심사일: 2011. 4. 5 심사완료일: 2011. 4. 29)