

포항 해성점토의 분포와 공학적 특성

Engineering Characteristics and Distribution of Marine Clay in Pohang City

정 철 호*

Chung, Chul - Ho

Abstract

This study discusses the engineering characteristics and distribution of marine clay in Pohang by providing evidence that Pohang area has been upheaving in connection with the changes of sea level and geographical development in the East Coast.

It is estimated that the sea level of the East Coast about 10,000 years ago had been 25 meters below than that of the present. The corroborative fact is that the marine clay deposited below the sea level due to the changes of the crust in Pohang is usually found above the sea level. Judging from their OCR values of less than 0.77 and S_v/P_v' ratio of less than 0.14 at the depth of 7.8 meters below the ground level, marine clays of Duho 1-dong and Jangsung-dong in Pohang City are presumed to be in a state of underconsolidation. However, more sophisticated measures and analysis are needed to prove it.

요 지

본 논문은 동해안의 지형발달 및 해수면 변화와 관련하여 포항지역이 융기되고 있는 증거를 제시하고, 해성점토의 분포와 공학적 특성을 규명한 것이다.

지금부터 약 10,000년 전 동해안의 해수면은 현 해수면보다 약 25.0m 아래에 존재한 것으로 추정되며, 지각변동으로 인하여 포항시의 해수면 아래에서 퇴적된 해성점토층은 주로 해수면 위에서 발견된다. 포항시 두호1동 및 장성동의 해성점토는 GL-7.8m 이하에서 과압밀비가 0.77이하이며 S_v/P_v' 비가 0.14이하인 것으로 판단해 볼 때, 미압밀상태인 것으로 추정된다. 그러나 미압밀상태를 확인하기 위해서는 보다 정확한 측정과 해석이 필요하다.

Keywords : Marine clay, Upheaving, OCR, Underconsolidation

* 정희원, 대한주택공사 토목설계처 부처장

1. 서 론

동해안의 포항시에서 발견되는 해안평야는 용기해안의 특징을 나타내며, 동해안 일대의 고도가 낮고 좁은 대상의 평야는 저위해안 단구면과 일치한다. 해안에서 계단상으로 평지가 발달되어 형성된 해안단구(coastal terrace)는 동해안의 남부해안에서 잘 관찰되며 장소에 따라서는 다양한 높이에서 여러개의 단이 발견되나, 현재는 대부분 풍화작용이나 침식작용으로 지표의 일부가 깎이어 새로운 지형으로 변화되어 있다. 따라서, 동해안은 조수간만의 차가 0.2~0.3m로서 극히 작으므로 해안선이 대체로 일정한 부위에 머물러 있다(권 등, 1980).

본 연구에서는 동해안의 지형발달 및 해수면 변화와 관련하여 포항시에 퇴적되어 있는 해성점토의 분포특성을 알아내기 위해 장성, 환호, 두호 1, 창포, 두호 2, 항구, 학산, 득양, 학잠 1 및 학잠 2등 등 10개 지구의 주상도와 토질시험 자료를 수집하여 지질학적 특성과 지층구성을 조사하고 대표적인 토질단면도를 도시하였다. 또한 각 조사지구의 기반암 상부에 퇴적되어 있는 해성점토의 두께를 조사하여 해성점토 지반의 추정 분포도를 작성 제시하였다. 이 흙의 공학적 특성을 물리적 및 역학적 성질로 구분하고 각 조사지구에서 토층 심도별로 구한 제반 토질정수에 대한 기본 통계 분석을 실시하였으며, 토질정수간의 상관관계를 정량적으로 비교 검토하여 압축성과 전단 특성을 규명하였다. 여기에 사용된 현장 및 실내시험 자료는 14년간에 걸쳐 대한주택공사에서 실시한 토질조사 결과를 수집 정리한 것이다.

2. 동해안의 지형발달과 해수면의 변화

2.1 지형발달

한반도는 지반운동이 활발하지 않기 때문에 해안선의 특색과 주요 해안지형은 동해안과 서

해안을 불문하고 해수면의 상승과 관련하여 해안에 침수현상이 일어난 이후에 발달하게 된 것이다(권 등, 1980).

사빈은 모래의 공급량에 따라 그 규모가 결정되는데 대규모의 것은 주로 동해안에 발달되어 있다. 동해는 수심이 깊고, 파랑의 활동이 활발하여 태백산맥에서 흘러내리는 일련의 하천들은 삼각주를 형성하지 못한다. 동해안의 사빈은 하천의 하구를 중심으로 해안 축적평야의 전면에 규모가 크게 발달되어 있는 것이 특징이며, 영일만에 발달한 형산강($l=62\text{km}$, $A=1,167\text{km}^2$) 축적지 전면의 사빈도 규모가 크다(권 등, 1980).

한편, 해성 퇴적물의 생성은 지각변동과 결부시켜 연구되어야 한다. 지각변동의 증거는 용기해빈(raised beach), 해안단구, 침강해안(depressed coast), 수몰육지(drowned land), 내륙의 상하운동 및 퇴적암에서 볼 수 있는 증거 등에 의해 확인될 수 있다(정, 1979). 용기해빈과 해안단구는 동해안에서만 발견되며, 퇴적암의 대부분은 해저에서 생성된 것이므로 이것이 육지의 고지대에 나타나 있는 것은 지각의 이 부분이 높이 상승되었음을 설명해 준다.

김(1973)은 우리나라 남동부 해안의 해안단구를 경북 포항 및 경남 양산의 정자리면(표고:10~20m)과 주전리면(표고:3~7m) 지역에 대해 퇴적층중의 목편(표고:13m의 자갈층에서 발견)과 이탄토층(표고:2m 지점에서 발견)을 방사선 탄소 동위원소로 생성시기를 측정하고, 그 연대를 각각 $12,060 \pm 600$ 년전, $1,730 \pm 100$ 년전으로 확인하였다. 이들 자료를 분석하여 포항 및 양산지역의 지반이 과거 12,000년 동안에 연간 1.1~1.4mm 정도로 융기되어 오고 있다고 기술하였으며(최근시대의 해수면 변동은 무시), 이 융기운동에 의하여 정자리면이 현재의 고도를 갖게 되었다고 하였다.

지질학자들의 연구보고에 의하면 동해안은 용기해안이 분명하므로, 해성점토의 융기연대를 추정하기 위해서는 해수위면 변화와 함께 해안평야와 해식대가 융기해서 해안선을 따라

돌출된 해안단구를 방사선 탄소 동위원소로 측정하여 그 연대를 확인해야 한다고 주장하고 있다.

2.2 해수면의 변화

해수면은 육지표고의 기준면이 되고, 또한 하천 침식 및 해식의 기준면이 되므로 해수면 변화는 제 4기 지형발달에 중대한 영향을 미치고 있다.

그림 1은 Kenney(1964)와 Fairbridge(1961), Jo(1978)에 의한 해수면 변화곡선을 비교한 것이다. Kenney는 과거 10,000년에 있어서 해수면이 지속적인 상승을 나타낸 반면, Fairbridge는 과거 6,000년 동안 전반적으로 일정한 수위를 유지하면서 해수면이 $\pm 4m$ 정도까지 상승 및 하강 현상이 있었다는 사실을 나타내고 있다. Jo는 동해안의 각종 노두와 층적층을 대상으로 보오링에 의하여 채취된 코어중에서 이탄토, 조개 껍질을 함유한 유기질 실트 등에 대하여 방사선 탄소 동위원소 측정으로 최근 시대의 해수면 변화 곡선을 복원하였다. 이 결과에 의하면, 동해안의 해수면은 과거 10,000년에 -25m에 있었고, 그 후 6,000년까지 급상승하여 거의 현재해수면에 도달하였으며, 현재까지 미변동 하면서 안정되어 왔다고 한다. 이 3개

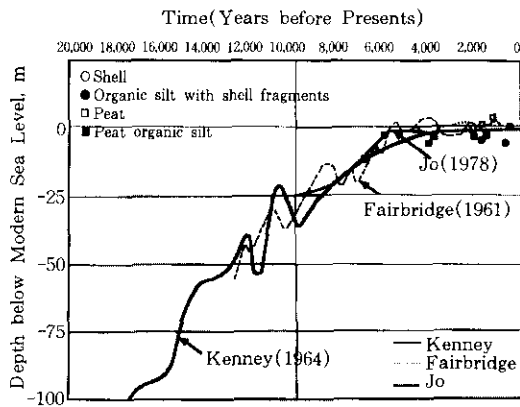


그림 1. 최근 시대의 해수면 변화 곡선

의 추정 해수면 변화곡선을 비교하여 보면 해수면은 과거 7,500년의 것과 일치하나, 그 후에 대해서는 Kenney의 값이 계속적인 상승을 나타내고, Fairbridge의 값이 $\pm 2m \sim \pm 4m$ 정도의 변동을 나타낸다. 반면, Jo는 6,000년까지 급상승하여 그 후 미변동하면서 현재 해수면에 도달한 것으로 보고하고 있다. 해수면의 상승과 지각운동을 동시에 고려할 때, 동해안의 실제적인 용기속도는 해수면 상승과 지각용기의 차이가 된다(정,1990).

3. 해성점토의 분포와 지층구성

3.1 지질학적 특성

포항시에 분포하는 퇴적암은 이암(mudstone)이 주 구성광물이며 혈암, 사암 등으로 구성되어 있다. 지질계통상으로 영일층군에 해당하는 포항층의 암석은 신생대 제3기에 속하며 두호층이라 통칭한다.

1976~1978년과 1987~1994년 동안의 연차적인 답사에 의해 조사된 이암의 지질학적 특성을 요약해 보면 다음과 같이 정리할 수 있다. 우선, 고결도가 낮고 심한 풍화작용의 영향으로 황갈색을 띠며(장성), 산허리와 능선을 따라 이암의 역을 함유하고 있는 사질점토가 분포되어 있다(환호). 이 이암을 해머로 타격하면 둔탁한 소리를 내며 쉽게 파쇄되고, 지표에 노출되어 풍우에 접하면 건조 및 함수의 반복에 의해 수축팽창 작용으로 1~2cm 간격으로 수평절리가 발달된다. 장마철에 이 절리 틈을 따라 장기간 우수가 침투되면 점토화되는 경향을 보인다. 따라서, 마이오세(Miocene) 후기에 퇴적된 제 3기의 이암층이 분포하는 포항시의 절토사면에서는 이러한 이유로 많은 사면 활동이 일어나며, 사면활동의 유형은 진행성 파괴이다(두호, 창포, 항구, 학잠 2). 지하수위 면하에 존재할 때는 쉽게 점토화되어 매우 강한 응집력을 나타내며, 손으로 쪼개면 서로 엉기어 잘 분리되지 않는 풍화 잔류토와 같은 토

성을 갖는다(학산).

특히, 학잡 1동에서는 현지반 표고 12.0~18.0m의 시공구간에서 절취된 퇴적암은 이암과 협암으로 구성되어 있었으며, 어류 화석을 포함하고 있었다(대한주택공사, 1976~1977). 이는 퇴적암이 해저에서 생성되어 지각의 상승으로 육지의 고지대에 나타나 있는 것을 명백히 확인시켜 준 것이다.

3.2 지층구성

흙은 다양하게 변하는 환경여건하에서 생성되므로 토층의 형성과정도 각 지구의 지형에 따라 차이가 있다. 표 1은 포항시 10개 지구의 지층구성을 보링에 의해 조사한 것이며, 해성점토층의 두께에 따른 표준관입시험으로부터 구한 N치의 변화와 퇴적환경에 대한 특징 및 설계시의 유의사항을 요약한 것이다.

표 1. N치의 변화와 퇴적환경

위치	토층심도(m)	N치(SPT)	특 징	유 의 사 항
장성동	0.6-17.4	3-9	조개껍질등 유기불함유 해수면 위에 존재(평균 13m)	구조물 기초공의 선정
환호동	1.9-7.9	0-10	해수면 위에 퇴적	산사면의 진행성 파괴
두호1동	0.5-10.8	3-10	모래층과 풍화토층 사이에 존재	압밀침하량 계산
창포동	14	6-15	해수면 위에 존재	성토지반의 침하
두호2동	1.9-8.3	0-7	유기물 함유로 압축성이 큼	지반개량공의 선정
항구동	3.8(상부) 3.4(하부)	-	풍화암층 상·하부에 존재 해수면 위에 퇴적	풍화암층의 지지층여부
학산동	1.0 4.1-25.4(모래층)	4 2-4	해수면 위에 존재 (14.5m) 기반암 상부에 모래층 존재	지하수위 저하공법
독양동	5.4 12.1(실트층)	0-4 2-8	해수면 위에 퇴적(평균 4m)	굴착시의 측방유동
학잡 1, 2동	0.3-14.9	0-20	해수면 위에 존재(14.5m)	산사면의 진행성 파괴

3.3 해성점토의 분포

동해안의 지형발달과 해수면의 변화를 고찰하고 포항시의 10개 지구에 대한 대표적인 토층단면도의 작성 및 해성점토의 최대 두께를 규명하였다(정, 1991). 특히, 학산 및 학잡2동에 발달해 있는 용기된 해성점토층의 최대두께는 각 14.50m이며, 이 흙은 해중에서 퇴적되면서 지각운동에 의해 해수면 위로 용기되었다는 사실을 알 수 있다. 또한 우리나라 동해안의 해저 지질도, 포항지질도 및 주상도를 검토하

여 포항시에 분포되어 있는 해성점토지반의 추정 분포도를 그림 2와 같이 나타내었다.

4. 해성점토의 공학적 특성

4.1 토질정수의 통계적 성질

본 연구에 사용된 실내시험자료(대한주택공사, 1976~1990)는 동해안 영일만에 발달한 형산강 북측 일대의 10개동에 분포하는 해성점토층 지하 1.0~31.45m 깊이에서 채취한 시료

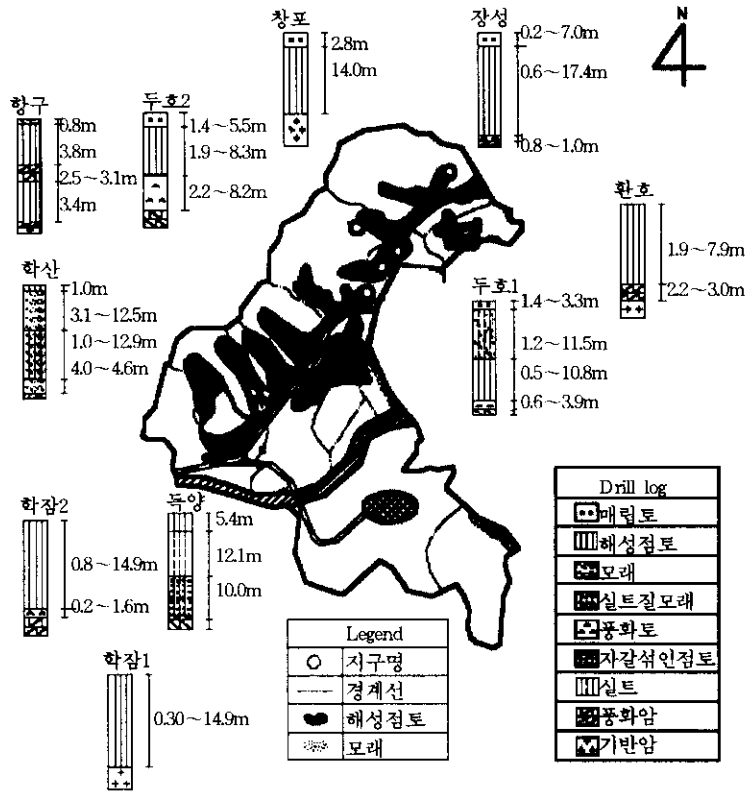


그림 2. 포항시의 해성점토지반 추정분포도

로부터 구한 것이다. 표 2는 이들 시료에 대하여 181회의 물리시험 및 38회의 역학시험에 의한 각 토질정수들의 시험 결과치를 통계적으로 분석하여 해성점토의 제변수들이 갖는 평균치에 대한 분산의 정도를 규명한 것이다.

우선, 해성점토의 비중은 변동계수의 값(평균 2%)이 매우 작으므로 아주 적은 수의 실험을 통해서도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있으며, 자연함수비의 분산의 정도는 18% 이내로서 유기질점토(OH)가 적고 무기질의 실트 및 점토(CL, CH, MH)가 큰 것으로 나타났다. 아터버그한계의 분산성은 액성한계와 소성한계보다 소성지수가 현저하게 큰 것으로 분석되었는데, 이는 정(1989)의 연구결과와 잘 일치됨을 확인할 수 있다. 변동계수는 액성한계의 경

우 MH를 제외하고 14-16%, 소성한계 및 소성지수는 OH를 제외하고 각각 12-19%, 23%-30% 정도의 크기를 갖는다. CH에 대한 변동성은 내부마찰각이 점착력보다 적은 것으로 분석되었는데, 이는 정(1989)의 연구결과와 잘 일치된다. Fredlund and Dahlman (1972)은 점토에서 압축지수의 변동계수는 최소 26%, 최대 47%(평균33%)정도의 변화를 보인다고 하였으나 본 연구에서는 CH를 대상으로 44%의 변화를 나타내었다.

4.2 물리적 특성 분석

활성도는 점토광물을 추정하는데 이용되며, 그림 3은 Skempton(1953)의 활성도 도표에 학산동 등의 3개 지구에 대한 해성점토의 소성지

표 2. 토성치에 대한 통계 분석

토질정수	확률변수	표본수	심도, m	최대치	최소치	범 위	평 균	표준편차	변동계수	U.S.C.S
비 중 Gs	21	1.00-25.00	2.71	2.57	0.14	2.66	0.04	0.02	CL	
	49	1.00-19.45	2.62	2.41	0.21	2.53	0.05	0.02	MH	
	84	1.00-31.45	2.76	2.51	0.25	2.66	0.06	0.02	CH	
	27	5.00-23.45	2.73	2.49	0.24	2.64	0.06	0.02	OH	
자연함수비 W _n (%)	21	1.00-25.00	49.20	20.30	28.90	35.10	7.85	0.22	CL	
	49	1.00-19.45	51.97	29.34	22.63	38.04	5.55	0.15	MH	
	84	1.00-31.45	78.30	21.90	56.40	43.69	12.56	0.29	CH	
	27	5.00-23.45	79.20	45.40	33.80	69.80	7.92	0.11	OH	
액성한계, W _L (%)	21	1.00-25.00	49.80	29.50	20.30	42.16	6.62	0.16	CL	
	49	1.00-19.45	65.30	50.60	14.70	57.38	3.11	0.05	MH	
	84	1.00-31.45	86.20	50.70	35.50	61.97	9.40	0.15	CH	
	27	5.00-23.45	85.10	53.80	31.30	69.86	9.79	0.14	OH	
소성한계, W _p (%)	21	1.00-25.00	28.80	16.20	12.60	21.34	4.11	0.19	CL	
	49	1.00-19.45	50.30	28.70	21.60	41.96	4.92	0.12	MH	
	84	1.00-31.45	37.60	19.80	17.80	28.74	4.58	0.16	CH	
	27	5.00-23.45	40.20	16.50	23.70	29.55	7.66	0.26	OH	
소성지수, I _p	21	1.00-25.00	27.70	14.00	13.70	20.66	4.69	0.23	CL	
	49	1.00-19.45	29.70	6.80	22.90	15.58	4.75	0.30	MH	
	84	1.00-31.45	54.00	17.70	36.30	32.91	9.35	0.28	CH	
	27	5.00-23.45	48.00	22.40	25.60	40.17	6.12	0.15	OH	
점착력, C(kg/cm ²)	14	15.00-19.80	0.56	0.10	0.46	0.28	0.13	0.46	CH	
내부마찰각, φ(°)	11	15.00-19.80	28.00	10.00	18.00	17.44	6.81	0.39	CH	
압축지수, C _c	13	5.50-19.80	1.05	0.27	0.78	0.68	0.30	0.44	CH	

수와 점토함유율($< 2\mu$)과의 관계를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보면 활성도가 0.9(주요 학잠2동)~7.2(주요 두호1 및 학산동)사이이며, 이는 Illite와 Sodium Montmorillonite 사이에 분포하고 있다.

그림 4는 두호 1동 등의 5개 지구에 대한 심도별 자연함수비의 분포도를 보인 것이다. 두호 1 및 2동의 경우와 같이 세립분을 많이 함유한 일부 점토(W_n=60~80%)를 제외하고는 함수비가 거의 30~50%정도의 값을 갖는다.

그림 5 및 6은 각 지구의 심도별 액성한계 및 소성지수 분포도를 보인 것이다. 두호 1 및 향구동의 일부 점토를 제외하고 장성동 등의 3

개 지구에 분포하는 점토는 액성한계가 50% 이상이므로 고소성(high plasticity)의 압축성이 큰 흙임을 알 수 있으며, 학잠 2 및 두호동의 점토는 소성지수가 25% 이상이므로 함수비의 변화에 아주 민감할 것으로 추측된다. 그림 7은 액성한계를 자연함수비와 함께 도식화한 것인데 W_n = W_L 선을 중심으로 하부의 실트질 해성점토층은 적어도 액성상태에 있지 않음을 의미한다. 두호 1 및 학산동의 일부 점토는 자연함수비와 액성한계가 같으므로 액성지수는 1.0임을 알 수 있다. 흙의 함수비가 액성한계에 가까이 있다면 이 흙은 작은 충격에도 쉽게 유동하게 되며, 액성지수가 1.0에 가깝거나 또 1.0

보다 커질수록 유동화 가능성은 크다. 그림 8은 Casagrande (1948)가 제안한 소성도에 두호 1동을 포함한 3개 지구에 대한 실트질 해성점토의 분포상태를 나타낸 것이다. 장성동, 두호 1 및 학산동의 대부분 점토는 액성한계가 50% 이상이며, A선 아래에 있으므로 압축성이 큰 무기질 실트 및 유기질 점토임을 알 수 있다. 그림 9는

두호 1동 등의 5개 지구에 대하여 심도별 액성 지수를 도식화한 것으로, 두호 2 및 장성동 점토의 일부는 액성지수가 1.0 이상으로 정규압밀 점토(LI=0.6~1.0; Simons and Menzies, 1977)가 아닌 것으로 분석되었다. 흙의 유동 가능성을 액성지수만으로 추정하면 유동의 가능성이 클 것임을 쉽게 예측할 수 있다.

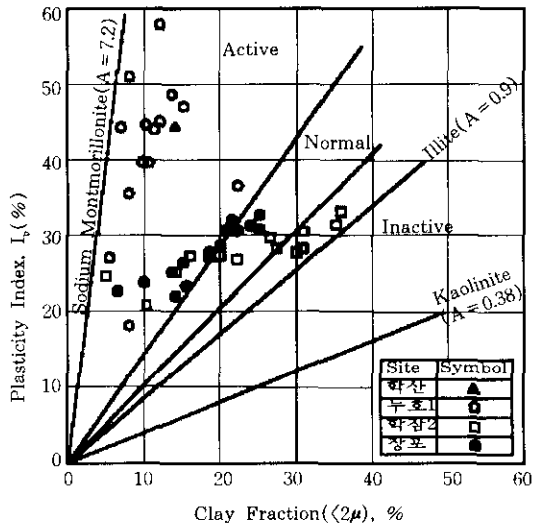


그림 3. 소성지수와 점토함유율과의 관계

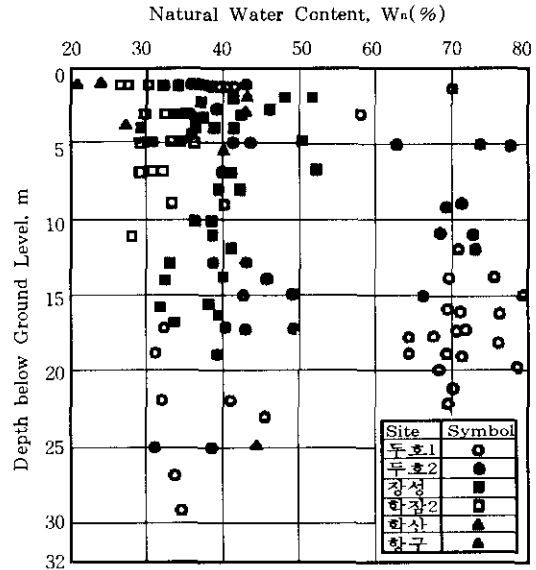


그림 4. 심도별 자연함수비

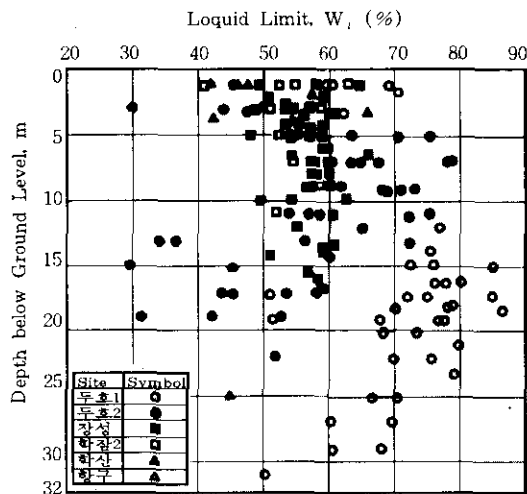


그림 5. 심도별 액성한계

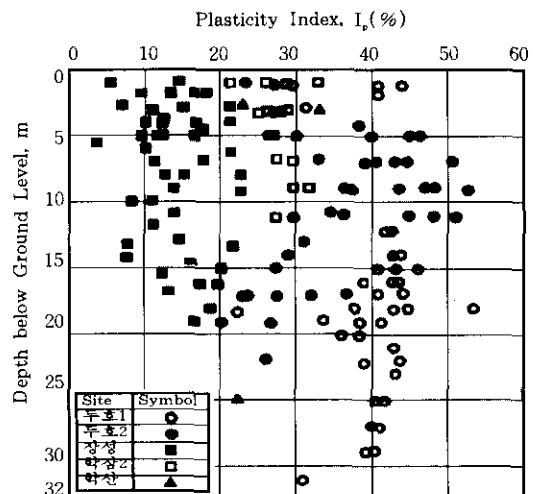


그림 6. 심도별 소성지수

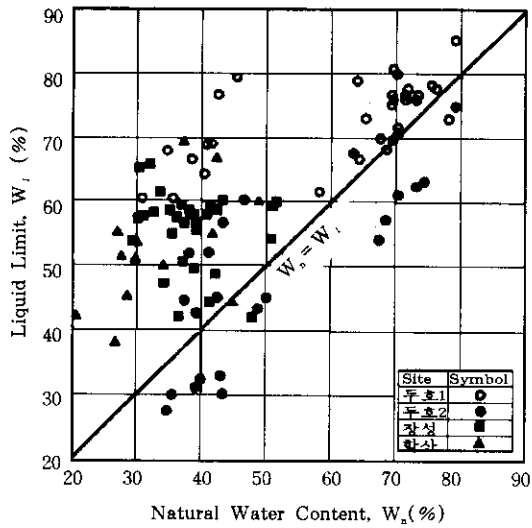


그림 7. 액성한계와 자연함수비와의 관계

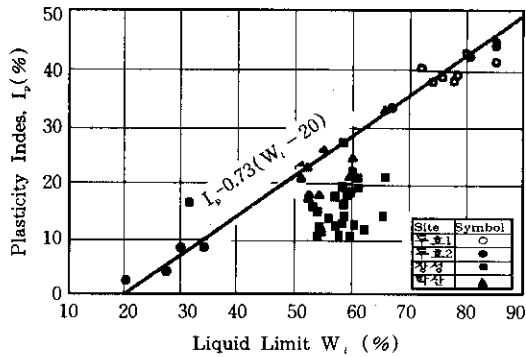


그림 8. 소성 도표

4.3 역학적 특성 분석

4.3.1 압축특성

일반적으로 압축지수는 실내시험실에서 평가된 값보다 현장의 값이 큰데, 이는 실험실에서는 측방향을 구속하나 현장의 경우엔 실제 측방향 유동이 발생되기 때문이다. 그림 10은 두호 1동 동의 2개 지구에 대한 심도별 압축지수의 분포도를 나타낸 것으로, 압축지수의

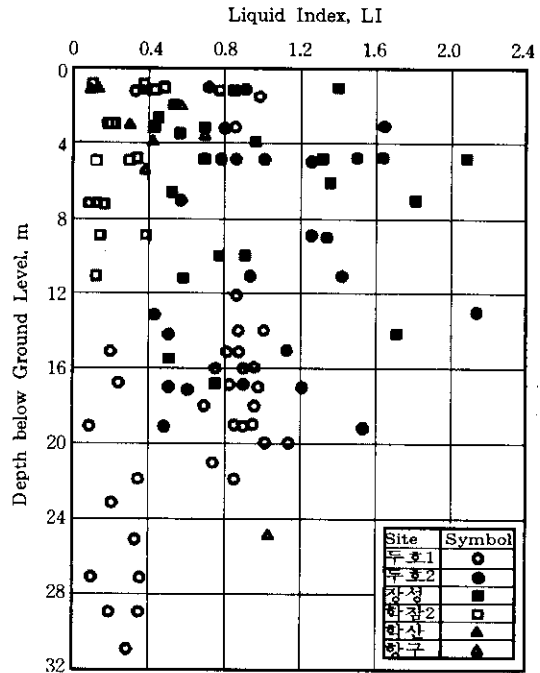


그림 9. 심도별 액성지수

개략적인 범위는 0.30~1.0 이내에 있으며 깊이가 증가한다고 해서 압축지수가 감소하는 것이 아님을 알 수 있다. Sowers(1970)에 의하면 연약점성토의 압축지수는 일반적으로 크고 대개 0.40 이상이라고 하는데, 두호동의 해성 점토가 이에 속함을 확인할 수 있다. 그림 11은 장성동 동의 2개 지구에 분포하는 해성점토의 압축지수와 초기간극비의 관계를 나타낸 것으로 이들의 관계를 회귀 분석하여 식 (4.1)과 같은 평균직선식을 얻었다.

$$C_c = 0.592e_0 - 0.478 \quad (r=0.70) \quad (4.1)$$

여기서, C_c 는 압축지수, e_0 는 초기간극비, r 은 상관계수(coefficient of correlation)이다. 식 (4.1)을 Azzouz et al.(1976) 및 정(1990)이 각각 무기질 점성토(실트, 실트질점토, 점토) 및 우리나라 실트질 해성점토를 대상으로 제안한 $C_c = 0.30(e_0 - 0.27)$ 과 $C_c = 0.459e_0 - 0.152$

($r=0.56$)의 직선관계식과 비교하여 보면 식 (4.1)은 두 직선의 중간정도에 위치하고 있다.

그림 12 및 13은 두호 1등 등의 2개지구에 대하여 심도별 압축률(compression ratio, CR), 압축률과 초기간극비와의 관계를 도식화한 것이다. 이 그림에서 보면 그 범위는 0.13~0.30으로서 지구에 따라 변화폭이 크며, 이들의 관계를 평균직선식으로 표시하면 식 (4.2)와 같다.

$$CR = 0.142e_0 - 0.037 \quad (r=0.75) \quad (4.2)$$

식 (4.2)를 Azzouz et al.(1976)이 그리스 및 미국 일부 지방의 점토를 대상으로 제안한 $CR = 0.14(e_0 + 0.007)$ ($r=0.74$)의 직선관계식과 비교하여 보면 서로 평행한 상관관계가 있음을 보여준다.

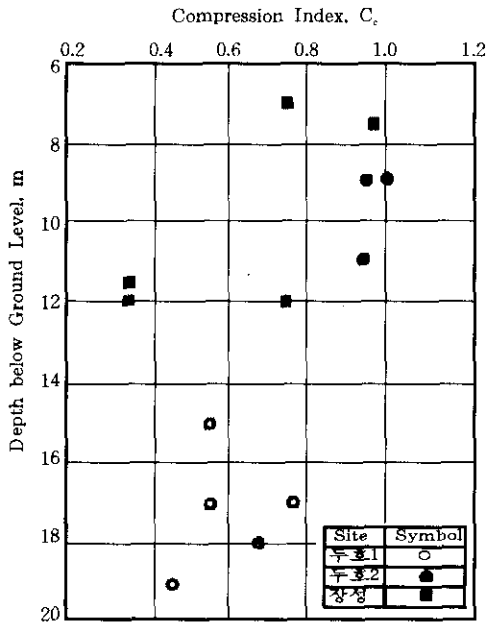


그림 10. 심도별 압축지수

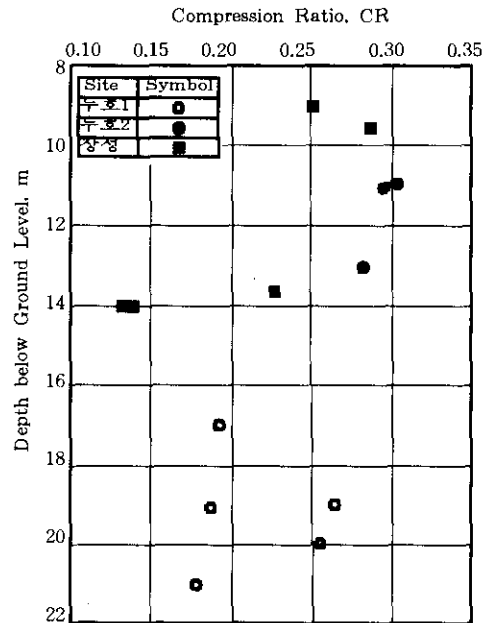


그림 12. 심도별 압축률

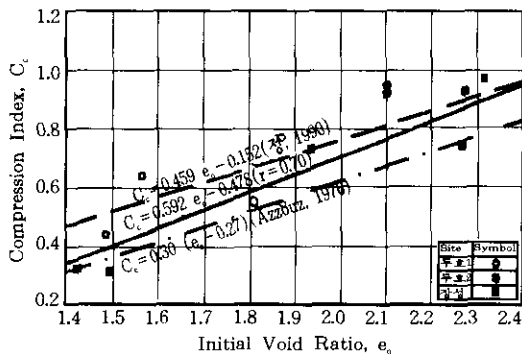


그림 11. 압축지수와 초기간극비와의 관계

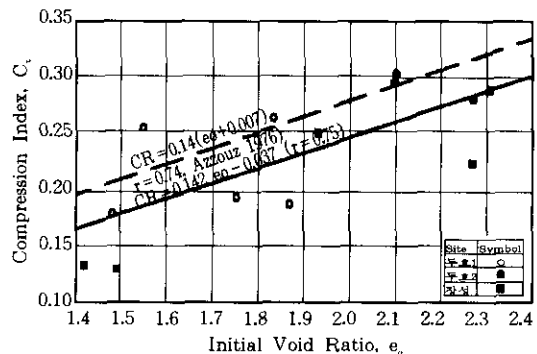


그림 13. 압축률과 초기간극비와의 관계

4.3.2 응력이력

과거에 받은 점토의 응력이력을 과압밀비 (overconsolidation ratio, OCR)로 표시할 수 있는데, Clemence와 Finbarr(1981)는 유효상재 하중(P'_0)에 대한 선행압밀압력(P_c)의 비가 0.8 ~ 1.5의 범위 이내에 있으면 정규압밀점토라고 규정하고 있다. 그림 14는 두호 1 및 장성동의 지하수위면 이하의 해성점토에 대하여 깊이에 따른 과압밀비의 변화를 나타낸 것으로, 깊이가 증가함에 따라 과압밀비가 감소하는 경향을 보인다. 이 2개 지구의 점토층은 과압밀비가 약 7.80m 깊이 아래에서는 0.49~0.77로서 정규압밀점토가 아니며, 하중을 가하지 않아도 압밀 진행중인 미압밀점토로 분석되었다. 여기에서 선행압밀압력은 표준압밀시험에 의한 결과를 Casagrande법으로 구한 것이다.

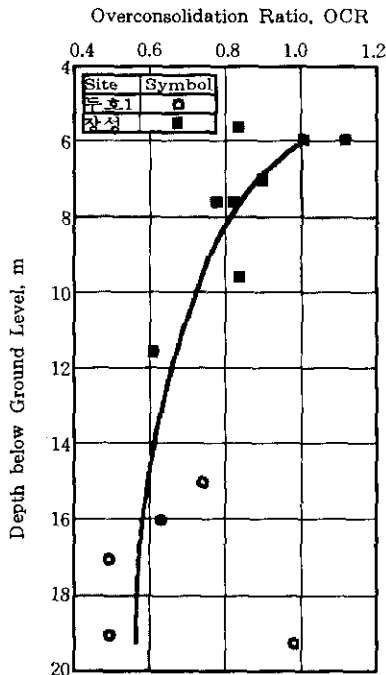


그림 14. 심도별 과압밀비의 변화

4.3.3 강도특성

전단강도특성은 불교란시료에 대하여 전단 시험을 실시하여 구한 전단강도 정수에 의하여 예측할 수 있다. 그림 15는 일축압축시험으로 구해진 두호 1 및 장성동의 해성점토에 대한 비배수 점착력을 나타낸 것이다. 깊이와 점착력과의 관계에서 그 변화성을 비교하여 보면 점착력이 깊이의 증가에 따라 비례적인 관계를 보이지 않으며 불규칙적인 양상을 나타내고 있으나, 이 2개 지구의 해성점토는 깊이가 증가한다고 해서 점착력이 증가하는 것이 아님을 확인할 수 있다. 유효상재응력(P'_0)에 대한 비배수강도(S_u)의 비가 0.16~0.4의 범위 이내에 있으면 정규압밀점토로 규정하고 있는데 (Schmertmann, 1977), 두호1 및 장성동의 해성점토는 각각 0.07~0.14 및 0.03~0.14로서 정규압밀점토의 범위 이내에 있지 않은 것으로 분석되었다.

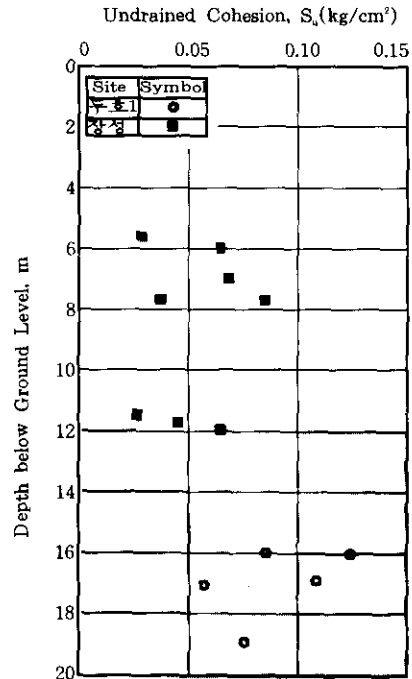


그림 15. 점착력의 변화

5. 결 론

동해안의 지형발달 및 해수면 변화와 관련하여 포항시에 퇴적되어 있는 이암의 성질, 해성점토의 분포와 지층구성을 조사하고 공학적 특성을 규명한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 동해안은 용기해안이므로 포항 및 양산 지역이 과거 12,000년 동안에 연간 1.1~1.4mm 속도로 용기하는 것으로 보고되고 있다. 이 증거를 입증하는 방법으로 학잠 1동의 시공구간에서 절취된 퇴적암은 어류화석을 포함하고 있었는데, 이는 해저에서 생성되어 EL.+12.0m 이상에서 나타나 있는 것으로 이 부분의 지각이 높게 융기되었음을 확인시켜준 것이다.
- (2) 해성점토는 해안과 형산강을 따라 넓게 분포되어 있으며, 기반암위에 퇴적된 지층이 많이 발견되었다. 이 흙의 최대 심도는 장성동에서 17.40m이며, EL.+14.50m에서 나타나고 있는 학산 및 학잠 2동의 해성점토층은 해저에서 퇴적되면서 지각변동에 따라 해수면위로 융기된 것으로 판단되었다.
- (3) 두호2동의 해성점토에 대한 압축성은 타 지구보다 변형률이 큰 것으로 나타났다. 전반적으로 압축지수 및 압축률의 범위는 각각 0.30~1.0 및 0.13~0.30으로 그 변화폭이 매우 크며, 두호 1 및 2동의 압축지수는 0.4이상의 높은 값을 갖는다. 또한 본 연구에서 제안된 압축지수와 초기간극비, 압축률과 초기간극비의 상관식은 예비설계 단계에 있어서 실용적으로 활용될 수 있을 것이다.
- (4) 두호2동의 일부 해성점토는 자연함수비가 60% 이상이고 액성지수도 1.0~1.63 정도로서 정규압밀점토가 아닌 것으로 나타났다. 이것은 타 지구의 해성점토가 해수면 위로 융기되어 있는 반면, 이 지

구의 해성점토는 해수면 아래 존재하기 때문이다. 그리고 두호 1 및 장성동의 해성점토는 약 7.8m두께의 풍화 건조대를 제외하면 $OCR = 0.49 \sim 0.77$ 이며, $S_u/P'_0 = 0.03 \sim 0.14$ 로서 미압밀 상태인 것으로 추정될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 권혁재, 박동원, 조화룡, 전우관(1980), 한국지층론, 건설부 국립지리원, 서울, pp.174-182.
2. 대한주택공사(1976-1990), 포항장성동 외 9개동 지반조사 보고서, 서울.
3. 정창희(1979), 신지질학개론, 박영사, 서울, p.169, pp.177-179.
4. 정철호(1989), "통일분류에 의한 우리나라 토질의 공학적 특성에 관한 확률론적 연구", 대한토목학회 논문집, 제 9권 제 3호, pp.115-123.
5. 정철호(1990), "우리나라 실트질 해성점토의 분포와 공학적 특성분석", 박사학위 논문, 동국대학교, pp.30-33, pp.103-108.
6. 정철호(1991), 해안지방의 지층상태에 따른 구조물 기초의 설계개선, 대한주택공사, 서울, pp.14-35, pp.107-116.
7. Azzouz, A.S., Krizek, R.J., and Corotis, R.B.(1976), "Regression Analysis of Soil Compressibility," Soils and Foundations, Tokyo, Vol.16, No.2, pp.19-29.
8. Casagrande, A.(1948), "Classification and Identification of Soils," Trans. ASCE, Vol. 113, pp.901-992.
9. Clemence, S.P., and Finbarr, A.O.(1981), "Design Considerations for Collapsible Soils," Proc. ASCE, J.Geotech. Engrg. Div., Vol. 107, No GT3, March, pp 305-318.
10. Fairbridge, R.W.(1961), "Eustatic Changes in the Sea Level. Physics and Chemistry of the Earth," Vol. 4, Pergamon Press, London, pp.99.
11. Fredlund, D.G., and Dahlman, A.E.(1972), "Statistical Geotechnical Properties of Glacial Lake Edmonton Sediments," Statistics and Probability in Civil Engineering, Hong Kong

- University Press(Hong Kong International Conference),distributed by Oxford University Press, London.
12. Jo, W.R.(1978), "Geomorphic Development of the Pohang Coastal Plain," Annals, Tohoku Geographical Association, V.30, pp. 152-160.
 13. Kenney, T.(1964), "Sea Level Movemetns and the Geologic Histories of the Post Glacials Marine Soils at Boston," Nicolet, Ottawa, and Oslo, Geotechnique, Vol.14, pp.203.
 14. Kim, S.W.(1973), "A Study on the Terraces along the Southeastern Coast(Bangeojin-Pohang) of the Korean Peninsula," J.Geol. Soc. Korea, V9, pp. 89-121.
 15. Schmertmann, J.H.(1977), "Guidelines for CPT Performance and Design," Pub. No. FHWA-TS-78-209, Federal Highway Administration, Washington, D.C.
 16. Simons, N.E., and Menzies, B.K.(1977), "A short course in Foundation Engineering," Butterworth Scientific, London, p.21, P.63.
 17. Skempton, A.W.(1953), "The Colloidal Activity of Clays," Proc. 3rd Inter. Conf. Soil Mech. Found. Eng. (Switzerland), Vol.I, p.57.
 18. Sowers, G.B., Sowers, G.F.(1970), Introductory Soil Mechanics and Foundations, 3rd edition, The MacMillan Company.
(접수일자 1998. 5. 4)