

# 생석회파일에 의한 주변지반의 압밀효과 분석에 관한 연구

A Study on the Consolidation Effect of Adjacent Ground by  
Quick Lime Piles

천 병 식\*<sup>1</sup>  
Chun, Byung-Sik

고 갑 수\*<sup>2</sup>  
Ko, Kab-Soo

---

---

## Abstract

The coastal area, particularly along the West and South coasts in Korea, is often reclaimed with dredged marine-clay to meet the demand of land capacity. A large number of ground improvement techniques are developed for such a newly formed soft clay deposit. However, the quick lime column method, which is effectively used for the purpose of ground improvement in the other countries, is seldom applied in Korea. This study, therefore, focuses on the development of appropriate soft soil improvement technique by using quick lime column.

A model test as well as finite element analysis was conducted to identify the consolidation characteristics around the lime column. Although actual pore water pressure measured from model tests does not coincide with the predictions made by finite element method and Chen & Law's theoretical formula, their trends are quite similar. It is revealed from this study that the pressure caused by the expansion of lime column affects considerably the consolidation characteristics of the surrounding ground.

## 요 지

서해안과 남해안의 해안지역은 해성점토로 매립하여 부족한 용지를 확보하는 공사가 자주 시행되고 있다. 이렇게 새로이 생성된 연약지반을 개량하는 공법들은 아주 다양하다. 이중 외국에서 자주 사용되어온 생석회 말뚝공법은 국내에서는 거의 사용되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 생석회 말뚝을 이용한 연약

---

\*1 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

\*2 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

지반개량공법을 국내 현장에 적용할 수 있도록 하기 위해 생석회 말뚝과 주변지반의 공학적인 현상을 규명하는데 초점을 맞추었다.

실내 모형시험과 유한요소해석을 실시하여 생석회 말뚝 주위의 압밀 현상을 파악하였다. 유한요소 해석 및 Chen 과 Law의 이론식에 의한 결과는 실제 발생하는 간극수압과는 일치하지 않았으나 전체적인 경향은 비슷하였다. 본 연구로부터 생석회 말뚝의 팽창압이 주위 지반의 압밀특성에 막대한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

**Keywords :** Quick lime, Consolidation, Pore water pressure, Expansion pressure, FEM, Model test

## 1. 서 론

최근 우리나라의 서해안과 남해안의 해안지역은 해성점토로 매립하여 부족한 용지를 확보하는 공사가 자주 시행되고 있다. 이렇게 새로이 생성된 연약지반 개량의 필요성이 날로 급증하여 기존의 개량재보다 공학적으로 우수한 개량재의 개발이 요구되고 새로운 기술도입의 필요성을 절감하게 되었다. 이러한 연약지반을 개량하는 공법들은 아주 다양하며, 이중 외국에서 자주 사용되어온 생석회 말뚝공법은 국내에서는 거의 사용되고 있지 않는 실정이다.

현재 생석회파일을 이용한 연약지반개량의 기초적인 연구가 진행되고 있으며 국내에서 생산되는 생석회를 사용하여 생석회의 팽창특성에 대한 여러 가지 파라미터에 대한 시험을 실시하고 또한 생석회파일 주변의 거동특성을 측정할 수 있는 모형토조제작에 의하여 각종 시험이 진행중에 있다. 이와 같은 연구는 생석회 파일의 초보적인 연구로 개량재의 공학적 효과에 대한 특성을 파악하기 위해서는 보다 많은 연구가 필요한 실정이다(삼성중공업(주), 1996; 천 등, 1996, 1997).

본 연구는 이와 같은 필요성에 따라 생석회파일 공법에 의한 지반개량공법으로 이용하기 위한 연구중 생석회파일 주변점토지반의 압밀특성을 파

악하기 위하여 생석회파일 주변의 거리별 간극수압의 변화특성에 관하여 연구를 실시하였다. 대상 지반시료는 남해안 울촌지역의 해성점토를 대상으로 하고, 생석회파일용 시료는 국내에서 생산중인 단양산과 정선산의 두 종류를 사용하여 생석회 파일에 의한 주변지반의 간극수압변화 특성을 파악하기 위해 원형토조에 생석회파일지반을 형성하고 거리별(1.0D, 1.5D, 2.0D, D:생석회파일 직경)로 간극수압계를 설치하여 시간경과에 따른 간극수압변화를 측정하였다. 실내 모형시험을 통한 간극수압분포 특성과의 비교분석을 위하여 유한요소해석을 실시하였으며 기존의 이론인 Chen 과 Law 이론식과 비교·분석을 실시하여, 생석회 파일의 압밀특성에 영향을 미치는 주요 영향인자를 파악하고자 하였다.

## 2. 실내모형시험

### 2.1 생석회의 공학적 특성

본 연구에서는 국내에서 생산중인 생석회의 산지별 공학적 특성분석을 위해 정선과 단양지역에서 생산중인 생석회를 대표시료로 선정하였고 이에 대한 비중시험, 입도시험, 화학조성 분석시험을 실시하였다. 단양산 생석회의 비중은 3.06, 정

표 1. #200 통과 생석회의 입도분포

크기(μm)		192	128	96	64	48	32	24	16	12	8	6	4	3	2	1.5	1
잔류량 (%)	정 선	0	0.1	0.6	15.4	25.7	49.4	60.7	68.4	75.4	78.8	83.9	86.4	87.1	89.9	81.2	93.4
	단 양	0	0.9	5.4	17	19.5	36.7	54.7	63.8	78.7	85.4	89.9	92.1	94.8	95.1	97.2	97.5

표 2. 산지별 대상 생석회시료의 화학조성시험결과

구 분	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ig-Loss	SUM
정선산 시료(%)	2.19	1.06	0.43	87.86	0.18	0.08	0.09	8.00	100
단양산 시료(%)	2.0	0.6	0.4	92.2	1.8	0.02	0.06	2.33	100

선산은 3.35로 나타났으며, 생석회의 입도분석결과와 화학조성분석시험결과는 표 1, 2에 나타낸 바와 같다.

표 1의 생석회 시료에 대한 입도분포에 나타낸 바와 같이 체크기 1μm 에서의 잔류량이 정선산 시료의 경우 93.4%, 단양산 시료의 경우 97.5%로 나타났다. 표 2에서 보면 산지별 대상 생석회시료의 주요 화학성분은 CaO로서 87.86~92.2%를 함유하고 있는 것으로 나타났다.

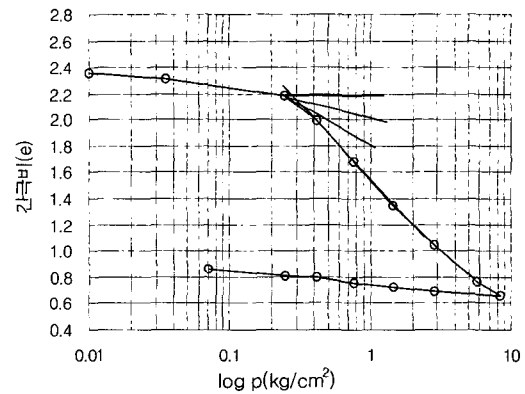


그림 1. e-logp 곡선

## 2.2 점토지반의 공학적특성

본 연구에서 대상시료로 선정된 울촌지역해성 점토의 공학적 특성은 표 3과 그림 1에 나타내었다. 대상시료의 액성한계는 62.53%, 압축지수는 1.0, 유기물함유량은 5.19% 정도를 나타내고 있어 매우 연약한 상태이다(천 등, 1998).

## 2.3 생석회의 팽창량 측정시험

생석회파일의 지반내에서의 팽창정도와 방사 방향 팽창량의 파악은 매우 중요한 사항이다. 이와 같은 팽창특성을 파악하기 위하여 각각의 시료

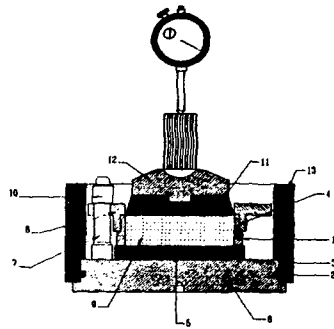
표 3. 울촌지역해성점토의 물리적 및 화학적 특성

항 목 시료토	통일 분류	자연 함수비 (%)	액성 한계 (%)	소성 한계 (%)	소성 지수	비중	최적 함수비 (%)	최대 건조밀도 (t/m <sup>3</sup> )	NaCl 함유량 (%)	유기물 함유량 (%)	pH	Pc (t/m <sup>2</sup> )	Cc
울촌지역 해성점토	CH	58.6	62.53	31.58	30.95	2.7	34.5	1.32	0.60	5.19	8.14	3.0	1.0

에 대하여 기존의 표준압밀시험장치를 이용하여 1차원 팽창(상향팽창, 하부 및 측방향 구속)시험을 실시하였다. 시험방법은 정선산 시료의 경우 단위중량을  $1.0 \text{ t/m}^3$ , 단양산 시료의 경우  $1.4 \text{ t/m}^3$ 로 되도록 몰드내에 채웠다. 그리고 각 수직하중마다 팽창이 종료될 때까지 변위량을 측정하였다.

그림 2는 1차원 팽창률 측정장치의 개요도를 나타내고 있으며 수직응력 증가에 따른 각시료(생석회)의 팽창률을 측정하였다.

팽창률 측정시험 결과는 그림 3에 나타낸 바와



1: cutting ring 2: seal 3: sealing diameter of the cell wall 4: outside of specimen cutting ring 5: lower porous disc 6: cell base 7: 3 studs 8: locking ring 9: containing specimen 10: outer screw 11: upper porous disc 12: cell wall

그림 2. 1차원 팽창률 측정장치 (삼성중공업(주), 1996)

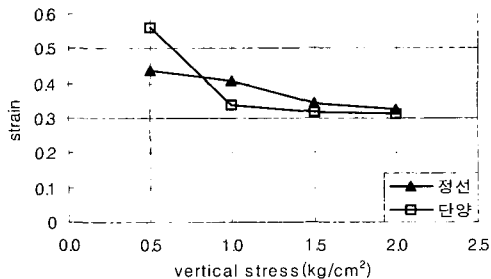
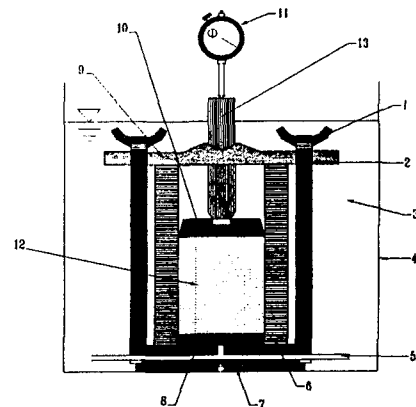


그림 3. 생석회의 수직응력에 따른 팽창률의 변화 (생석회 두께 2cm)

같이 최대 수직변위는 수직응력이  $0.5 \text{ kg/cm}^2$  일 경우에 나타났으며 2cm 시료에 대한 팽창률은 정선산 시료의 경우 8.73mm, 단양산 시료의 경우 11.20mm로서 팽창률은 각각 43.6%와 56.0%로 측정되었다. 또한 팽창률(%)은 수직응력이 증가함에 따라 점점 감소한 후 수렴하는 경향을 보여 주며,  $2.0 \text{ kg/cm}^2$ 의 수직응력에서 팽창률은 31% 정도를 나타내고 있다.

## 2.4 생석회의 팽창압 측정시험

생석회파일의 지반내에서의 팽창에 중요한 영향을 미치는 팽창압 특성을 파악하기 위하여 그림 4와 같은 팽창압 측정장치를 이용하여 생석회의 수직방향 팽창압을 측정하였다. 팽창압 시험은 시간 경과에 따른 팽창압 변화를 측정하며, 시험 대상시료 팽창률시험의 대상시료를 이용하여 시험을 실시하였다(각 시료의 단위중량은 정선산의 경우  $1.0 \text{ t/m}^3$ , 단양산시료의 경우  $1.4 \text{ t/m}^3$ 임).



1: locking screw 2: locking rod 3: water 4: water container 5: suction inlet 6: mould 7: crill base 8: lower porous stone 9: retaining cell 10: upper porous stone 11: proving ring 12: connection rod

그림 4. 팽창압 측정장치(前田强司, 1970)

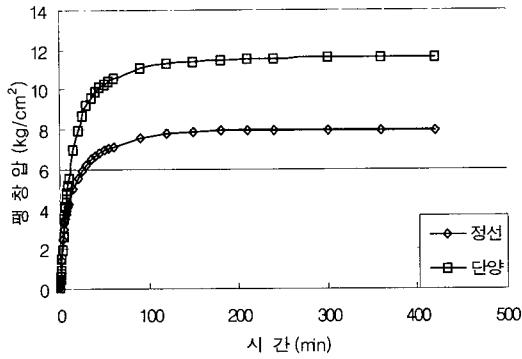


그림 5. 팽창압시험 결과

그림 5는 팽창압측정시험결과로서 정선산 생석회시료의 경우 최대팽창압은  $7.9\text{kg/cm}^2$ 로 나타났으며, 단양산 생석회시료의 경우에  $11.6\text{kg/cm}^2$ 으로 단위중량이 큰 단양산이 정선산보다 팽창압이 높게 나타났다. 또한 초기의 팽창압특성은 탄성적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 시험 후 약 100분 경과하면서 수렴하는 경향을 나타내고 있다.

## 2.5 생석회파일 주변지반의 간극수압측정

생석회파일의 주변지반에서 방사방향으로 간극수압을 측정하기 위해 그림 6과 같이 직경 50cm, 높이 50cm인 원형토조를 제작하여 모형토조 중앙에 직경 10cm 생석회파일을 대상 생석회별(정선산, 단양산)로 설치하였다. 그리고 진동현식 간극수압계를 파일 중심으로부터 10cm(1.0D), 15cm(1.5D), 20cm(2.0D)에 설치하였으며 설치심도는 바닥으로부터 30cm 위치에 설치하였다.

생석회의 풍화정도는 생석회의 팽창정도에 큰 영향을 미치므로 생석회의 품질을 일정하게 하기 위하여 반드시 개봉 직후의 생석회를 사용하여 실험을 실시하였다(삼성중공업(주), 1996). 대상지반의 초기조건은 시료채취시 혼합된 불순물을 제거한 후 모형토조에 타설, 1주일간 자중압밀시켰

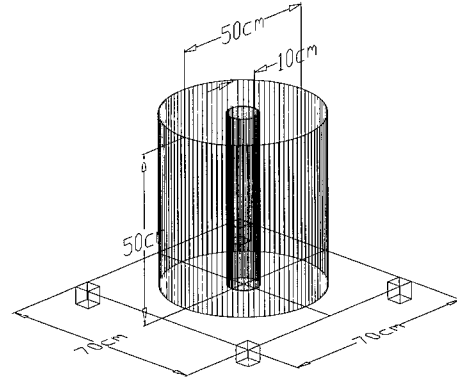


그림 6 원형 모형토조 개략도

고 생석회파일의 타설밀도는 정선산의 경우에  $1.0\text{t/m}^3$ , 단양산의 경우에  $1.4\text{t/m}^3$ 이었다. 또한 생석회의 횡방향 팽창 및 주변지반의 압밀효과를 분석할 수 있도록 상방향 팽창은 구속하였다(Chun 등, 1997).

이와 같은 조건에 의하여 간극수압의 측정 결과는 그림 7과 8에 나타내었다.

그림 7, 8에 나타낸 바와같이 최대간극수압은  $1.0\text{t/m}^3$ 의 단위중량을 갖는 정선산 생석회시료의 경우 15cm지점(1.5D, D:생석회파일 직경)에서는  $0.68\text{t/m}^2$ , 20cm지점(2.0D)에서는  $0.66\text{t/m}^2$ 로 생석회파일로부터 거리가 멀수록 작은 간극수압특

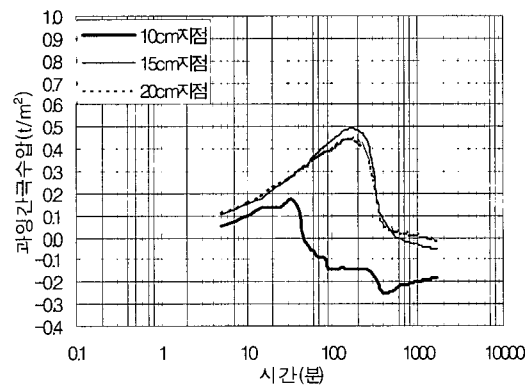


그림 7. 생석회파일 주변지반의 간극수압분포 (정선산 생석회)(천 등, 1998)

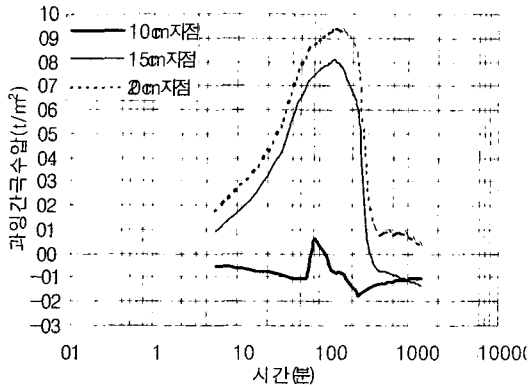


그림 8. 생석회파일 주변지반의 간극수압분포 (단양산 생석회)(천 등, 1998)

성을 나타내었다.  $1.4g/cm^3$ 의 단위중량을 갖는 단양산의 경우 15cm지점(1.5D)에서는  $0.98t/m^2$ , 20cm지점(2.0D)에서는  $1.04t/m^2$ 으로 측정되어 생석회파일에서의 거리가 멀수록 큰 간극수압특성을 나타내고 있다. 또한 전체적인 간극수압의 소산정도는 생석회파일에 근접한 위치에서 빠르게 나타나고 있다.

두 그림에서 보면 10cm의 위치에서 상이한 경향성을 보이는데 이는 정선산의 경우 팽창량에 대한 작은 탈수작용으로 파일과 가까운 부분의 간극수압이 증가하는 경향을 보이거나 단양산의 경우는 많은 탈수작용에 의해 초기에 간극수압이 감소하며 약 60분 경과후 약간의 증가경향을 보임을 알 수 있다.

간극수압의 소산과 관련하여 생석회의 탈수작용은 가까운 지점에서 효과가 크게 나타나지만 생석회파일의 팽창에 의한 횡방향 압밀작용은 파일 직경이 10cm일 경우에는 정선산일 경우 약 15cm 지점(1.5D), 단양산일 경우 약 20cm지점(2.0D)에서 가장 효과가 있음을 보여주고 있다.

또한 10cm지점에서 두가지 시험결과 모두 과잉간극수압이 빠른 시간내에 소산되어 부(-)의 값을 나타내는데 이는 생석회의 급속한 흡수작용에 의해 부의 간극수압이 작용하는 것으로 판단되며

약 400분(정선산), 250분(단양산) 경과 후 간극수압이 다시 증가하는 것은 압력의 평형상태를 유지하기 위해 15, 20cm지점에서 상대적으로 낮은 간극수압을 보이는 10cm지점으로 소산되면서 발생하는 현상으로 보인다.

### 3. 유한요소해석

#### 3.1 해석조건 및 입력물성치

생석회파일은 방사방향으로 팽창을 하는 원주형이므로 이에 대한 3차원 모형을 2차원으로 해석하기 위해 그림 9에서와 같이 유한요소망을 이용하여 축대칭 해석을 수행하였다. 이 유한요소망은 4절점의 요소 160개로 구성되었으며 상단과 하단, 생석회파일과 접하는 면은 y방향에 대하여 구속을 하였고 생석회파일 반대쪽은 x방향에 대하여 변위를 구속하였다.

그리고 실내에서 측정된 팽창압은 일방향 팽창압이지만 생석회파일의 지반내에서의 팽창은 이차원적으로 볼 때 양방향 팽창이므로 측정된 팽창압의 1/2을 적용하였다.

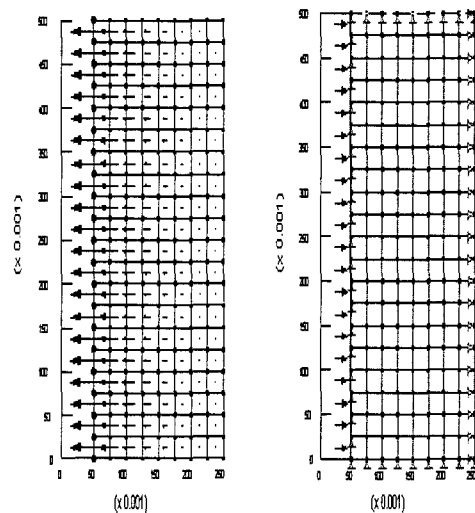


그림 9. 유한요소망 및 간극수압경계조건

유한요소 해석을 위한 모델링시 생석회파일의 적용물성치는 실험결과에 의한 팽창압을 이용하고 지반과의 접합부에 해당하는 절점에 대하여 등분포로 가정하여 해석을 실시하였으며 FEM 해석(사용 Program: SIGMA/W)시 이용한 Cam-Clay 모델의 지반물성치는 표 4.와 같다.

표 4. 입력 물성치

Parameter	$\nu$	$\lambda$	$\kappa$	$\Gamma$	Mu
적용치	0.4	0.3478	0.0139	1.67	1.2

### 3.2 해석결과

FEM해석 결과 실내모형시험시 간극수압을 측

정한 위치(1.0D, 1.5D, 2.0D)에서의 간극수압분포는 다음 그림 10 및 11에 나타낸 바와 같다.

그림 10 및 11에 나타낸 바와 같이 FEM해석에 의한 간극수압분포는 실내시험에 의한 간극수압분포와는 상당한 차이를 보이고 있으며, 모형시험을 통하여 측정된 생석회파일 주변(10cm지점)에 설치한 간극수압계에서와 같은 부의 간극수압이 나타나지 않았다. 또한 실측치에 의한 간극수압소산속도는 해석치와 비교하여 약 10배 정도 빠르게 평가되고 있는 바, 생석회파일의 탈수작용에 의한 압밀특성의 영향이 큼을 보여주고 있다. 그러나 전체적인 간극수압분포 경향은 실측치와 해석치에서 비교적 유사한 경향을 보여주고 있음을 알 수 있다.

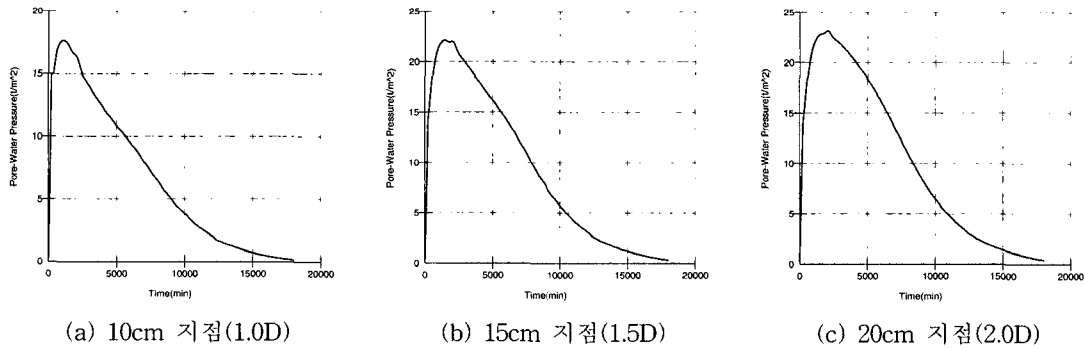


그림 10. 생석회파일 주변지반의 간극수압분포(정선산 시료)

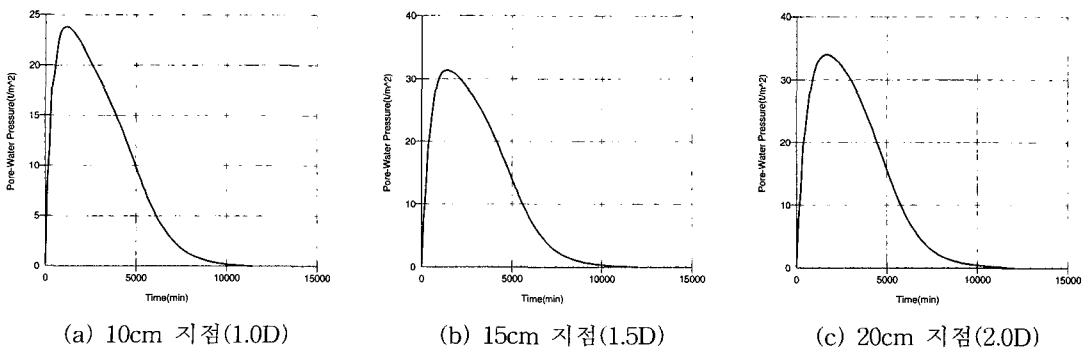


그림 11. 생석회파일 주변지반의 간극수압분포(단양산 시료)

#### 4. 고 찰

원주형인 생석회파일의 포화특성 및 팽창특성의 해석이 가능한 Chen과 Law의 이론식에 의한 간극수압특성을 비교·분석 하였다.

Chen과 Law(1993) 이론에 의하면 생석회파일은 원주형으로 포화상태이며, 등방성으로 팽창하고 지반은 균질하며, 탄소성거동을 하고, 간극수압의 함수는 비배수 전단강도, 배수 변형계수, 지반의 포아송비, 생석회파일의 간격으로 가정하며 간극수압의 계산식은 다음 식으로 표현된다.

##### (1) 지반의 항복전 또는 탄성거동시 간극수압

$$\Delta u = \frac{\Delta \sigma_r(r_1, t)}{G \left( \frac{r_2^2}{r_1^2} + 1 \right) + \lambda} \cdot \left[ \lambda + G \left( 1 + \alpha \frac{\sqrt{6}}{3} \cdot \frac{r_2^2}{r^2} \right) \right] \quad (1)$$

여기서,  $\Delta \sigma_r(r_1, t)$ : 생석회파일면에서 총 방사 방향 응력증분

$\lambda$ : Lamé 상수

G: 전단탄성계수

$r_1$ : 생석회파일의 반경

$r_2$ : 생석회파일의 영향반경

$\alpha$ : 경험적 간극수압계수

##### (2) 소성거동시 간극수압

$$\Delta u = S_u \cdot \left[ \frac{\xi^2}{1-\nu} + 2 \ln \left( \frac{r_u}{r} \right) \right] \quad (2)$$

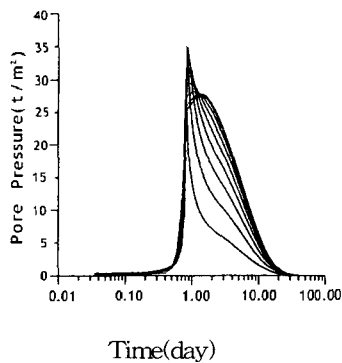
여기서,  $S_u$ : 비배수 전단강도

$r_u$ : 생석회파일 축에서 탄·소성 영역 경계로의 방사 방향 거리

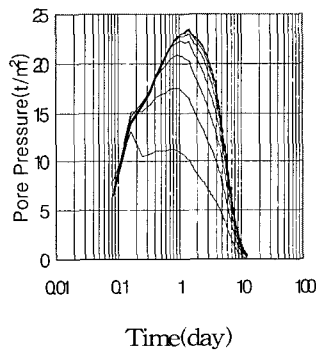
$$\xi = \sqrt{\frac{\Delta \sigma_r(r_1, t)}{S_u \cdot \left[ G \left( \frac{r_2^2}{r_1^2} + 1 \right) + \lambda \right]}} = \frac{r_u}{r_2} \quad (3)$$

상기 식 (1), (2), (3)의 Chen 과 Law의 이론식과 FEM해석결과와의 간극수압분포특성을 비교 분석한 결과는 다음 그림 12에 나타내었다.

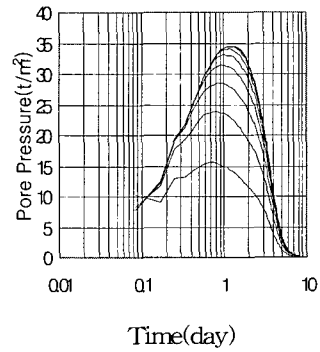
그림 12에 나타낸 바와 같이 FEM해석 결과와 Chen과 Law의 이론식에 의한 결과는 최대간극수압의 크기와 발생시간에 있어 매우 유사하게 나타남을 알 수 있다. 특히 단양산 생석회 시료의 경



(a) Chen과 Law의 이론결과



(b) 해석결과(정선산 시료)



(c) 해석결과(단양산 시료)

그림 12. 이론에 의한 결과와 해석에 의한 간극수압분포  
(그래프내 실선은 안쪽부터 파일중심에서 2cm 마다의 간극수압분포를 나타냄)



표 5. 해석결과 비교·분석

구 분	모형토조		FEM 해석		Chen & Law 이론
	정선	단양	정선	단양	
최대간극수압(t/m <sup>2</sup> )	0.68	1.04	23.16	34.09	35
최대간극수압 발생 시간(min)	170	130	2040	1680	1440
최대간극수압 발생 위치	15cm	20cm	20cm	20cm	15cm

우는 거의 일치함을 보이며 이와 같은 분석결과중 실내시험결과와 비교하면 다음 표 5에 나타낸 바와 같다.

표 5의 해석결과 비교·분석에서와 같이 FEM 해석결과와 Chen과 Law이론에 의한 최대발생 간극수압은 23~35t/m<sup>2</sup> 정도로 나타나, 일반적인 개량재(수직배수재) 타설시 발생하는 과잉간극수압 분포상황과 비교하여 상대적으로 매우 큰 증가상태를 보여주고 있다. 또한 Chen과 Law의 이론에 의한 결과와 FEM해석에 의한 결과는 비교적 유사함을 보이나 모형토조에 의한 실내시험결과와는 간극수압의 크기 뿐 아니라 발생시간에 있어서도 상당한 차이를 보이는 것이 큰 특징이라 볼 수 있다. 이와 같은 요인은 FEM해석시의 해석결과가 유효응력-열관계를 material model에 포함하지 못하고, 투수효과를 고려하지 못하기 때문에 실내모형시험 결과치와 상이함을 나타내는 것으로 판단된다.

이와 같은 정량적인 상당한 차이를 나타내는 주된 요인은 생석회파일의 중요한 거동특성을 보이는 팽창압(Mitchell과 Holyman, 1983)에 의한 것으로 모형시험시의 구속조건의 상이성 및 지반조건(점토내의 공극, 유기물 함유상태, 압력의 증가에 따른 물의 기화현상 등)에 따라 팽창압이 모두 간극수압을 발생시키지 않는 요인에 기인할 수 있는 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

실내모형시험으로부터 생석회파일의 팽창량, 팽창압과 주변지반의 간극수압 측정결과와 FEM 해석결과를 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 생석회의 팽창량시험 결과 수직응력 0.5kg/cm<sup>2</sup>에서 최대팽창률은 정선산 시료의 경우 43.6%, 단양산 시료의 경우 56.0%로 나타났으며 팽창압시험 결과 시간경과에 따라 정선산 7.9kg/cm<sup>2</sup>, 단양산 11.6kg/cm<sup>2</sup>의 최대팽창압을 나타내었다.
- 2) 원형토조를 이용한 실내모형시험 결과 정선산 시료의 경우 파일직경과 파일중심으로부터의 거리비가 1.5D(D:생석회파일 직경)일 때 0.68t/m<sup>2</sup>의 최대값을 나타내었고 단양산 시료의 경우 2.0D일 때 1.04t/m<sup>2</sup>의 최대값을 나타내었다. 이와같이 각시료별로 거리에 따라 상이한 간극수압 특성을 나타내는 이유는 각 시료별 재료특성의 차이에 의한 것으로 사료되나, 추후 추가적인 실내시험결과를 이용한 확인이 필요한 것으로 판단된다.
- 3) 또한 FEM 해석결과는 실내모형시험 결과와 비교하여 정량적으로 상당한 차이를 나타내고 있으나 전체적인 경향은 유사한 특성을 보여주고 있다. 또한 FEM해석결과와 Chen과 Law의 이론에 의한 간극수압분포와는 매우 유사한 결과를 나타내었다.
- 4) 실내모형시험결과가 FEM해석결과와 Chen과 Law의 이론에 의한 간극수압분포와 정량적인 상당한 차이를 나타내는 주된 요인은 생석회파일의 중요한 거동특성을 보이는 팽창압과 탈수작용에 의한 것으로 모형시험시의 구속조건의 상이성 및 지반조건(점토내의 공극, 유기물 함유상태, 압력의 증가에 따른 물의 기화현상 등)에 따라 팽창압이 모두 간극수압을 발생시키지 않는 요인에 기인할 수 있는 것으로

로 판단된다. 또한 향후 연구에서 많은 시험자료를 이용한 분석 및 FEM해석시 유효응력-열관계를 포함한 해석등을 실시할 경우 생석회파일 주변지반 특성파악에 보다 정확히 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 '97년도 한국과학재단 특정기초연구 과제(97-0601-02-01-2)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 당 재단에 깊은 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. 천병식, 고갑수(1998), "남해울촌 해성점토의 생석회 파일에 의한 개량효과", 대한토목학회 논문집, 제 18 권, 제 III-4호, pp. 521-529
2. 천병식(1997), "建設技術者を 위한 基礎工學", 건설 연구사, 서울, pp. 180-184.
3. 삼성중공업(주) 건설기술 연구소(1996), "해안매립 과 연약지반 개량을 위한 신기술 개발에 관한 연구", pp. 6/29-6/106.
4. 천병식, 김수삼, 강부건, 고경환, 김준섭(1996), "생석회공법에 의한 지반개량효과에 관한 연구", 한국지반 공학회 봄학술발표회논문집, pp. 275-292
5. 천병식, 고갑수, 임종윤, 장은석(1998), "국내 산지별 생석회에 따른 생석회파일의 연약지반개량효과 비교", 한국지반공학회 봄학술발표회논문집, pp. 389-396
6. 천병식, 김수삼, 고경환, 김응규(1997), "생석회에 의한 해성점토지반의 개량효과", 대한토목학회 학술대회논문집(III), pp. 317-320
7. 下田正雄(1983), "石灰安定處理工法", 鹿島出版會, pp. 12-38.8. 三笠正人 外(1978), "各種試驗方法による Cu/p 値の比較", 第13回日本土質工學研究發表講演集, pp. 325-328
9. 眞田英夫 外(1989), "生石灰パイルの長期耐久性", 第24回日本土質工學研究發表講演集, pp. 1985-1986
10. 石田 宏(1973), "生石灰パイルによる軟弱地盤の改良效果", 第13回日本土質工學研究發表會, pp. 677-680
11. 日本材料學會(1982), "生石灰パイル工法", 地盤改良工法便覽, pp. 169-185
12. 前田強司(1970), "生石灰の膨張壓について", 第11回日本土質工學研究發表會, pp. 1093 - 1096
13. Chun, Byung-Sik, Kim, Soo-Sam, Yoo, HanKyu, Kang, Boo-Keun & Koh KyungHwan(1997), "An Application of Lime Stabibization in Marine Clay", 14th ICSMFE. Vol. 3, pp. 1673-1676
14. Chen, P. A & Law, K.T(1994), "Predicting Strength Increase of Soft Soil by Lime - Fly Ash Piles", 13th ICSMFE, Vol. 3, pp. 1165~1170
15. Chen, P. A & Law, K.T(1993), "Pore Pressure Change in Soft Soils Improved by Lime-Fly Ash Piles", Eleventh Southeast Asian Geotechnical Conference, Vol. 1, pp. 363~367
16. Mitchell, J. K & Holyman, A.(1983), "Assessment of Quick Lime Pile Behavior", Improvement of Ground, Vol.2, pp. 897-902.

(접수일자 1999. 6. 15)