

모래층 지반 안벽구조물의 탄성침하거동 연구

A Study on Behavior of Elastic Settlement of Coastal Structure on Sandy Ground

유 남 재* 전 상 현** 전 진 용***
Yoo, Nam-Jae Jun, Sang-Hyun Jeon, Jin-Yong

Abstract

This paper is research results of investigating the elastic settlement behavior of the coastal caisson structure built on the sandy deposit by comparing results of centrifuge model experiments and those of existing methods of estimating elastic settlement.

Basic soil property tests such as specific gravity test, grain size distribution test and organic content test with disturbed soil sampled from the site were carried out. The centrifuge experiment of model satisfying the required design criteria was performed under 50 of artificial accelerated gravitational force condition.

The Centrifuge model experimental results were compared and analyzed with the current methods of estimating settlement based on the elastic modulus obtained from the results of oedometer tests and empirical methods from literature reviews.

키워드 : 탄성침하, 모래기층, 안벽구조물, 원심모형시험

Keywords : Elastic settlement, Sandy ground, Coastal structure, Centrifuge model test

1. 서론

최근 국내에서는 협소한 국토사정으로 종합적인 국토개발이 이루어지고 있다. 특히 해안을 개발 활용하여 공항, 항만, 산업단지 등을 건설하고 있다. 그 중 항만 건설을 하기 위한 안벽 구조물의 중요성이 대두되고 있다.

이러한 안벽은 선박을 안전하게 접안시켜 화물

및 여객을 처리할 수 있게 하는 부두의 해면측 수직벽을 의미한다. 안벽구조물의 종류로는 크게 중력식, 잔교식, 널말뚝식, 기타, 특수목적형으로 나뉘어지며 대부분 안정성과 경제성을 고려하여 중력식 케이슨 안벽으로 시공하는 경향이 있다. (항만건설기술, 2006. 1, 삼성건설)

케이슨식 안벽은 프리캐스트 콘크리트 케이슨을 일렬로 거치하여 축조된 안벽을 말한다. 케이슨은 큰 토압에 견딜 수 있으며, 육지에서 제작하므로 품질에 대한 신뢰성이 높다. 또한, 속채움을 저렴한 재료로 할 수 있다는 장점이 있다. 육상에서 제작된 케이슨은 진수 및 예인과정을 거쳐 미리 설치된 기초사석층위에 거치기 때문에 안벽축조에 따른 수중작업 시간이 길지 않다. 그리고 기존의

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 대학원 토목공학과, 박사과정
*** 강원대학교 대학원 토목공학과, 석사과정

신가대 또는 드라이 도크 등을 이용하여 제작 및 진수를 한다면 경제성이나 시공성 측면에서 대단히 유리한 공법이 될 수 있다.

국내에서 안벽구조물에 대한 연구동향을 살펴보면, 손형모(2003)는 초대형 중력식 안벽의 거동에 관한 실험연구가 이루어졌다. 김성렬(2003)은 진동대 실험을 이용한 중력식 안벽의 지진거동 분석을 하였다. 김기수(2005)는 사질토지반에서 얕은기초 침하예측에 관한 연구가 이루어 졌다. 그밖에도 실내모형실험과 수치해석을 이용하여 중력식 안벽의 거동에 관한 많은 연구들이 수행되었다.

본 연구에서는 해성 모래 퇴적층의 탄성계수를 산정하기 위하여 Oedometer 실험기를 이용하여 일축압축실험을 수행하였으며, 케이슨 안벽구조물의 탄성침하거동을 연구하기 위하여 원심모형시험을 수행하고 실험결과를 기존의 탄성침하 산정식을 사용하여 분석하고 그 결과를 비교하였다.

2. 이론적 배경

2.1 탄성계수의산정

사질토의 탄성침하량 산정을 위해 실내실험 또는 현장실험을 통하여 탄성계수를 구하거나 표준관입시험결과의 N치 등을 사용하여 구할 수 있다. 정확한 탄성계수 값을 얻기 위해서는 불교란시료에 대한 삼축압축시험을 실시할 수 있다. 그러나 정착력의 크기가 매우 작은 사질토의 경우 불교란시료를 채취한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서, 일반적으로 현장시험결과인 N치 등에서 계산된 지반의 탄성계수를 즉시침하량 산정식에 적용한다.

2.1.1 문헌고찰

표 1은 모래질 흙의 탄성계수와 포아송비에 대하여 문헌고찰을 실시하여 정리한 결과이다.

표 1 문헌자료

구분	탄성계수	포아송비	참고 문헌
느슨한 모래	1,000~3,000	0.20~0.35	Hunt(1986)
중간 조밀 모래	3,000~5,000		
조밀한 모래	5,000~8,000		
느슨한 모래	1,000~2,500	0.20~0.35	Bowles(1977)
조밀한 모래	5,000~8,100		
느슨한 모래	1,000~2,400	0.20~0.40	Das(1990)
중간 조밀 모래	1,700~2,800		
조밀한 모래	3,500~5,500		

2.1.2 N값에 의한 경험식

표준관입실험(SPT)의 N값으로부터 모래의 탄성계수를 산정하기 위하여 Schmertmann(1978)과 Bowles(1988)이 제안한 경험식은 각각 표 2, 3과 같이 제안하였다.

표 2 Schmertmann(1978)의 N값에 의한 탄성계수 산정 제안식

구 분	실트/ 모래질 실트	세립/ 중립 모래	조립 모래	자갈질 모래/ 자갈
α (tf/m ²)	40	70	100	120~150

$$E = \alpha N \quad (1)$$

여기서 E : 지반탄성계수(tf/m²)

α : 토질에 따라 다른 상수

표 3 Bowles(1988)의 N값에 의한 탄성계수 산정 제안식

구 분	모래	점토질 모래	실트질 모래	자갈취인 모래
제안식 (tf/m ²)	$E_s = 50(N+15)$	$E_s = 32(N+15)$	$E_s = 30(N+6)$	$E_s = 120(N+15)$

2.2 침하량 산정

일반적으로 사질토지반의 탄성 침하량은 표준관입시험의 N치, 콘관입시험 콘저항치 q_c 등의 원위치시험결과에서 계산된 지반의 변형계수를 이용하거나 N치, q_c 등을 그대로 탄성 침하량 산정식에 적용한다. 사질토층의 침하량산정을 위하여 Harr(1966), Schmertman & Hartman(1978), Meyerhof(1974), Peck(1967), Parry(1971), Bowles(1977) 등 여러 이론적·경험적 관계식이 있다.

2.2.1 탄성이론에 의한 침하량 산정

탄성이론에 의한 침하량 산정방법으로 Harr(1966)는 단위 면적 당의 순하중 q_0 를 받고 있는 얕은 기초에서 흙의 포아송비와 탄성계수를 각각 ν_s , E_s 라고 할때, 기초가 완전히 강성이라는 가정 하에서 탄성침하는 다음과 같이 유도된다.

$$S_e = \frac{B q_0}{E_s} (1 - \nu_s^2) \alpha_r \quad (2)$$

여기서, B = 기초폭

α_r = 기초형상에 따른 영향계수

2.2.2 변형을 영향계수에 의한 침하량 산정

사질토의 탄성 침하는 Schmertmann & Hartman(1978)에 의해 제안된 반 경험적 변형을 영향계수를 사용하여 산정할 수 있으며, 이 방법에 따르면 탄성 침하는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$S_e = C_1 C_2 (\bar{q} - q) \sum_0^{2B} \frac{I_z}{E_s} \Delta z \quad (3)$$

여기서, I_z = 변형을 영향계수

C_1 = 기초의 깊이에 대한 변형계수

$$= 1 - 0.5(q/(q-q))$$

C_2 = 흙의 크리프(creep)에 대한 보정 계수

$$= 1 + 0.2 \log(t/0.1) \quad (t: \text{년수})$$

\bar{q} = 기초면의 응력

$$q = \gamma D_f$$

Δz = 토층깊이

3. 시험 방법

케이슨 안벽구조물의 탄성 침하거동을 분석하기 위하여 현장에서 채취한 교란된 시료를 사용하여 기본물성실험, 화산쇄설성 모래의 유기물 함유량을 분석하기 위한 강열감량시험, 탄성계수 산정을 위한 Oedometer 압축실험을 실시하였다

3.1 기본물성시험

본 연구에서 사용한 시료는 제주도에서 채취한 화산쇄설성 해성퇴적층 모래시료로 비중은 2.72~2.76 범위로 평균 2.74의 값을 보였다. 일반적인 석영(Quartz)의 비중이 2.65인데에 비하면 비교적 큰 값을 보이고 있다. 이는 육안으로 관찰되는 암회색의 입자들이 석영질 이외의 큰 비중을 갖는 광물로 연구대상시료에 함께 함유되어 나타난 결과로 판단된다.

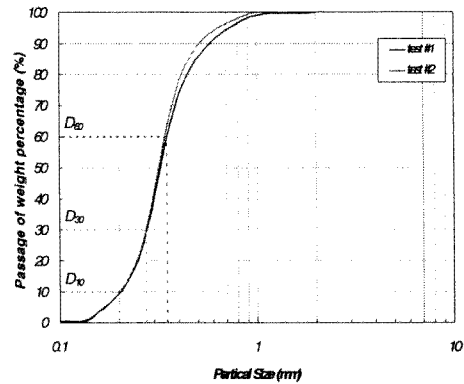


그림 1 입경가적곡선

그림 1의 입도분포시험결과를 분석하여 균등계수, $C_u = 1.75$, 곡률계수, $C_g = 1.12$ 로 산정되었다. 비교적 균일한 입도 분포로 통일분류법(USCS)에 의하면 SP(입도불량한 모래)로 나타났다.

강열감량 실험결과 2.05~2.12%의 강열감량 범위를 보이면서, 평균 2.08%로 측정되었다. 일반적으로 풍화토의 강열감량이 3.8~7.6%로 나타나는 결과와 비교할 때, 유기질의 함량은 크지 않은 것으로 판단된다.

3.2 Oedometer 압축실험

Oedometer 압축실험에 의한 탄성계수, E_s 분석방법(Dulascka,1992)을 사용하였다.

Oedometer(Consolidometer) 실험장치는 점성토의 표준압밀실험에 일반적으로 적용되나, 일부 사질토의 침하분석을 위한 탄성계수(Modulus of elasticity, E_s)를 산정하기 위하여 적용되기도 한다. (김춘철, 2005)

본 연구에서는 대상시료의 탄성계수, E_s 의 산정을 위하여 다음과 같은 2종류의 Oedometer 압축실험을 실시하였다. 첫 번째(Oedo #1)는 모래시료의 즉시침하만을 파악하기 위하여 각 단계별 압축시간을 1시간 조건으로 설정하여 실행하였으며, 두 번째(Oedo #2)는 즉시침하 이후의 거동을 함께 파악하기 위하여 각 단계별로 점성토 시료조건과 같이 24시간 압축을 관찰하면서 실험을 수행하였다.

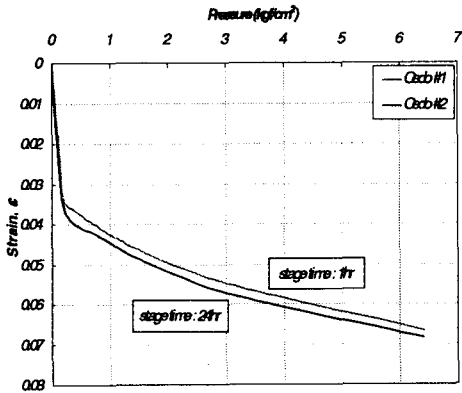


그림 2 Oedometer 압축실험 결과

그림 2에서 보는 바와 같이 각 하중단계별 압축 대기시간(stage time)을 1시간으로 설정한 Oedo #1 결과와 각 하중단계별 압축대기시간을 24시간으로 설정한 Oedo #2의 결과가 1단계 하중(0.1kgf/cm²)에 의한 침하량을 제외하고 상당히 유사한 것으로 나타났다. 즉, creep 거동을 거의 보이지 않는다는 것을 알 수 있었다.

3.3 탄성계수의 산정

그림 3의 안벽구조물 축조 조건에서의 탄성계수 분석을 위하여 다음과 같이 현재 작용하는 유효상재하중과 상부 구조물 축조에 의해 추가로 작용될 유효상재하중을 산정하였다.

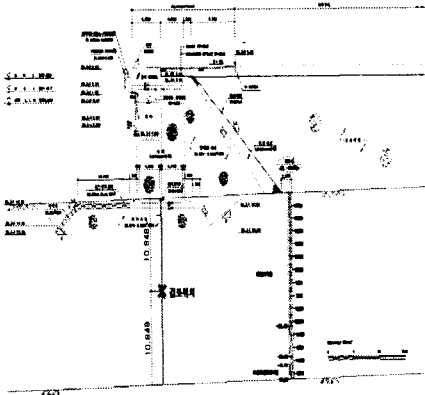


그림 3 검토단면

검토위치에서 원지반 형성시 작용하는 유효토피 하중은 9.55tf/m²이고, 구조물 축조에 의한 유효상재하중의 증분량은 17.46tf/m²으로 분석되었다. 이

와같은 하중 조건에 대하여 그림 2의 Oedometer 압축실험 결과를 활용하여 표 4와 같이 탄성계수를 산정하였다.

표 4 탄성계수 산정요약

실험명	변형량		유효상재하중 (tf/m ²)		탄성계수 (tf/m ²)	적용 (평균)
	$\epsilon_{z,1}$	$\epsilon_{z,2}$	$\sigma_{z,1}$	$\sigma_{z,2}$		
Oedo #1	0.0425	0.0535	9.55	27.01	1587.3	155.28 kgf/cm ²
Oedo #2	0.0445	0.0560	9.55	27.01	1518.3	=1,552.8 tf/m ²

4. 원심모형실험

기초지반 상에 축조되는 안벽구조물에 의해 발생하는 모래지반의 침하거동을 규명하고자, 현장의 응력상태를 재현한 원심모형실험을 수행하였다.

4.1 실험방법

4.1.1 적용시료

현장의 지반조건을 모사하기 위하여 본 연구에서는 현장에서 채취 운반된 교란시료를 이용하였다. 먼저 현장에서 제공된 모래시료를 균질하게 교반한 다음 10번체를 통과시켜 불순물을 제거하고, 4분법에 준하여 시료를 채취하였다.

4.1.2 실험단면 및 물성치

케이슨 안벽시설물의 침하 거동을 연구하기 위하여 구조물 설치도면과 현장 지반의 물성자료를 근거로 하여 모형단면을 설정하였다. 원심모형실험의 상사성과 모형토조의 제원을 감안하여 본 실험에서는 설치단면을 1/3로 축소시킨 조건의 모형단면에 대한 원심모형실험을 수행하였다. 지반 및 구조물 검토단면은 그림 3에 나타냈으며, 원심모형실험 적용을 위해 단순화한 실험단면은 그림 4에 나타냈다.

그림 3에서와 같이 지층은 N값이 7/30~40/30의 분포로 형성되어 있는 해성퇴적층(SM)아래에 화산쇄설성 퇴적층이 9/30~11/30의 N값을 보이며 통일분류상의 SM과 CL지층이 교호되어 분포하고 있으며, 그 하부에는 연암층으로 구성된 기반암지층이 형성되어 있다. 해성퇴적층 및 화산쇄설성 퇴적층으로 구성된 지반이 약 21.7m 층후로 형성되어 있다.

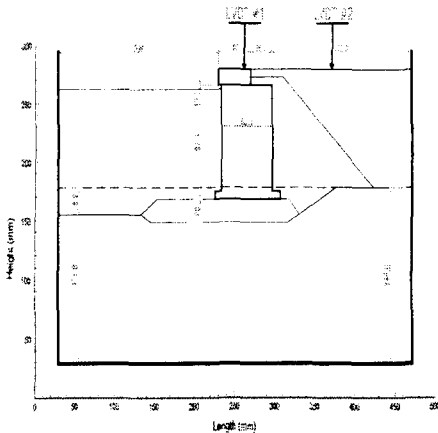


그림 4 모형실험단면

그림 4의 실험단면은 원심모형실험장비의 크기의 한계상 단면을 1/3로 축소하여 모사하였다. 해상도적층의 SP지층 두께는 14.5cm로 형성하여 약 21.7m(=14.5cm×50G×3)의 원지반 지층을 모델링하였다.

모형실험 모사를 위해 사용한 지반의 물성은 표 5와 같다.

표 5 지반과 구조물의 물성

구 분	비중	함수비	단위중량(tf/m ³)		
			건조	습윤	포화
원지반 모래층	2.70	32.0%			
			1.40	1.85	1.91
케이슨	-	-	환산 단위중량 : 2.0		

4.1.3 모형지반 성형 방법

모형지반 조성을 위해 2가지 방법으로 예비실험을 수행하였다. 원형토조에 모래의 시료를 형성한 후 원심모형실험기에 탑재하여 50G-Level의 중력수준으로 가속하여 현장조건을 모사하는 비다짐 방법과 진동대를 이용하여 원하는 현장조건의 단위중량을 재현하는 방법을 사용하였다.

진동대에서의 원지반 조성 모사를 위한 예비실험에서 최종 포화단위중량은 1.78tf/m³으로 형성되었으며, 비다짐에 의한 예비실험에서는 1.56tf/m³으로 나타나 현장조건과 비교적 유사하게 형성되는 진동대에 의한 원지반 모사방법을 적용하였다.

4.1.4 기초 및 뒷채움사석, 배면매립토 모사

기초 및 뒷채움사석을 모사하기 위하여 단위중량을 현장조건과 동일하게 유지하면서, 사석 및 성토재료의 지반거동특성을 유사하게 모사할 수 있는 재료로 슬래그를 사용하였다. 기초 및 뒷채움사석 모델링을 위해 실제사석을 모형크기로 파쇄하

여 사용하는 경우 단위중량이 현장조건에 비하여 작게 형성되는 한계점을 갖고 있기 때문에 슬래그를 적용할 경우에는 비교적 모형단면에서의 단위중량과 유사하게 형성할 수 있다. 슬래그는 일반적으로 1.8tf/m³~2.0tf/m³ 범위로 조성할 수 있다.

기초 및 뒷채움사석의 설치를 위하여 직경 60mm, 높이 20mm의 강성링을 이용하여 요구되는 단위중량을 유도할 수 있는 다짐층수와 횡수를 설정하였다. 설정된 조건으로 모형단면에서 기초 및 뒷채움사석을 모사하였다.

배면매립토사는 배면매립용 모래를 이용하여 조성하였으며, 설계 단위중량과 유사하게 맞추기 위하여 슬래그와 같은 방법으로 시료의 형성조건을 설정하였다.

4.1.5 안벽구조물 모사

안벽구조물의 모사를 위해 주문진 표준사와 폴리코트(Polycoat)를 혼합하여 모형케이슨과 상치콘크리트를 제작하였다. 모형케이슨이 지반에 작용하는 반력을 모사하기 위해 실제 검토단면에서의 사석기초지반 상부에 작용하는 반력으로부터 안벽구조물의 환산단위중량 2.0tf/m³의 조건이 되도록 모형케이슨 내부에 납을 채워 검토조건과 동일한 환산단위중량을 맞춤으로서 기초사석에 작용하는 응력을 모사하였다.

4.1.6 모형실험과정

구조물 설치에 의한 지반의 침하거동 분석을 위한 원심모형실험 과정은 다음과 같이 진행하였다.

진동대를 이용하여 조성한 원지반의 실험토조를 원심모형실험기에 설치하여 50G-Level의 중력수준에서 약 30분간 가속하여 상사법칙을 만족하는 응력이 지반에 작용되도록 하였다.

이 후 기초사석 설치를 위한 원지반 준설 및 기초사석 조성, 케이슨 및 상치콘크리트 모형설치, 뒷채움사석 조성, 배면매립토사 포설 등의 과정을 통하여 그림 5과 같은 모형단면을 형성하였다. 형성된 모형단면을 50G-Level의 중력수준에서 약 104분(=6개월/50 G²)간 회전하여 침하거동을 관측하였다. 또한, 모형단면의 케이슨 상부와 배면매립구간에 LVDT를 설치하여 지반의 침하량을 연속적으로 측정하였으며, 원지반과 기초사석사이에는 약 5mm로 절단한 알루미늄 강봉에 녹색으로 도색한 지시자를 설치하여 기초와 접하는 구간의 지반거동을 분석하였다.

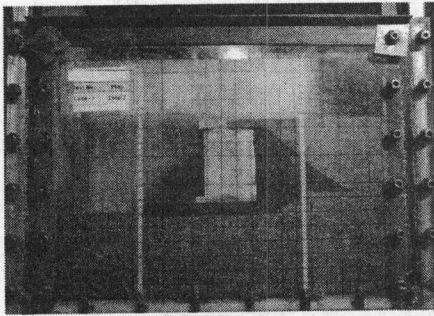


그림 5 최종 모형단면 조성

4.2 시험결과

4.2.1 모형실험결과

원심모형실험에 의한 지반거동을 분석하여 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이 원지반 침하에 의해 케이슨 상부에도 일부의 침하가 발생하였으며, 배면매립구간에서도 침하가 발생하였다. 또한, 배면매립토사에 의해 수평방향으로 변위가 발생한 것으로 나타났다. 그러나 그림 6의 분석은 사질토 모형지반조성의 한계상 지반그리드선을 설치하지 못하였기 때문에 판독자의 주관적 영향이 미치는 점을 감안할 때 정량적인 값에 대한 의미를 부여하기는 어렵다고 판단된다.

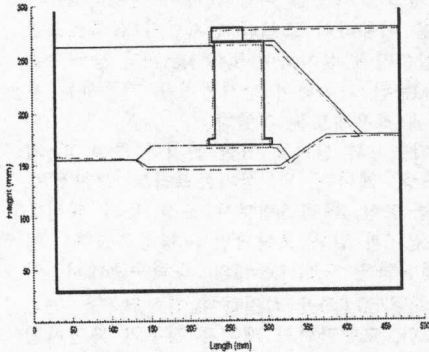


그림 6 원심모형실험에 의한 지반거동

가. 침하량 측정

사진 판독 분석에 의한 지반침하 특성 분석의 한계를 극복하기 위하여 케이슨 상부와 배면매립구간에 LVDT를 설치하여 소정의 증력수준에서 시간에 따른 침하량을 측정하였다.

그림 7에서 보는 바와 같이 케이슨상부는 6개월간 약 38.0cm의 침하가 발생하는 것으로 분석되었으며, 배면매립구간은 약 9.2cm의 침하가 발생할 것으로 분석되었다. 또한, 6개월간의 전체침하량에 대한 시간에 따른 침하량 발생비율을 계산하여 그림 8에 나타내었다.

그림 8에서 보는 바와 같이 케이슨에서의 침하는 6개월간의 침하량 38.0cm의 80%(=30.4cm)가 1개월 내에 발생하고, 45일 이내에 90%이상의 침하가 발생하는 것으로 분석되었다. 배면매립구간에서는 1개월내 침하가 6개월 간의 침하량에 약 29% 발생하였으며, 3개월 이내에 90%이상의 침하가 발생하는 것으로 분석되었다.

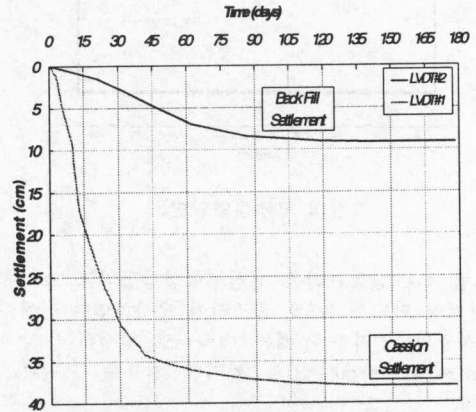


그림 7 시간에 따른 침하량

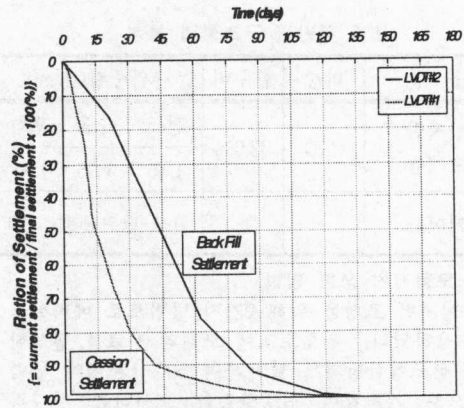


그림 8 시간에 따른 침하량비

5. 시험결과 분석

5.1 제안식에 의한 침하량 산정

본 논문에서는 다양한 사질토의 침하량 산정방법 가운데 구조물 기초설계기준(2003. 2, 한국지반공학회)에서 제시된 탄성이론에 의한 침하량 산정방법과 변형을 영향계수를 이용한 탄성침하 산정방법을 적용하였다.

위의 두가지의 제안식을 통한 침하량 산정을 위해서는 정확한 흙의 탄성계수를 산정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 3.3절의 Oedometer 압축실험

에 의해 분석된 탄성계수와 더불어, 문헌에서 제시된 탄성계수와 SPT-N값으로부터 경험적으로 산정되는 탄성계수들을 함께 분석하였다.

본 연구 대상지역의 N값은 7/30~40/30의 범위를 가지며, 평균 N값은 15/30으로 평균 N값을 적용하여 산정된 경험식에 의해 탄성계수를 표 6에 나타내었다. 경험식으로부터 산정한 탄성계수의 범위는 1,050tf/m²~4,200tf/m²으로 범위로 분석되었다. 범위가 넓게 분포하므로 본 연구에서는 최대값과 최소값을 제외하고 나머지 값을 평균한 탄성계수인 1,475tf/m²을 경험식에 의한 대표값으로 선정하였다.

표 6 N값을 이용한 경험식에 의한 탄성계수 산정 (N=15타/30mcm)

Schmertmann	$E_s = 70 \times N = 70 \times 15 = 1050 \text{tf/m}^2$
Bowles	$E_s = 50(N+15) = 50(15+15) = 1500 \text{tf/m}^2$
도로교 표준 시방서	$E_s = 280N = 28 \times 15 = 4200 \text{tf/m}^2$
자갈섞인 모래	$E_s = 50N+700 = 50 \times 15+700 = 1450 \text{tf/m}^2$
적용	1475tf/m ²

본 연구대상시료의 문헌자료인 표 1을 종합적으로 평가하여 탄성계수 2,500tf/m²과 경험식에 의한 값 1,475tf/m²과 함께 Oedometer 압축실험의 결과인 1,552.8tf/m²를 적용하여 침하량을 분석하였다. 연구대상시료의 포아송비는 문헌자료를 검토하여 산정한 0.3을 적용하였다.

가. 탄성이론에 의한 침하량 산정

원지반 침하량 산정을 위한 검토단면에서 기초 폭, B는 케이슨 하부에서 기초사석의 윗면전달을 고려하여 18.2m이고, 기초길이, L은 426.0m이므로 기초길이와 폭의 비인 m은 23.4, α_r은 2.2로 산정된다. 상재하중, q_s는 17.46tf/m²로 적용하였다. 식 (2)로부터 탄성침하를 산정하였을 때 문헌자료 탄성계수 2,500tf/m²을 적용하면 25.45cm, 제안식 탄성계수 1,476tf/m²을 적용하면 43.13cm, Oedometer 압축실험 탄성계수 1,552.8tf/m²을 적용하면 40.97cm로 나타났다.

나. 변형을 영향계수에 의한 침하량 산정

1 < L/B < 10인 경우에는 변형을 영향계수 값

을 그림 2.1.2에서 추정하여 사용하게 된다. 본 연구에서는 L/B = 23.4 ≥ 10이므로, z = 0, B, 4B에 대하여 I_z = 0.2, 0.5, 0의 값을 사용한다. 식(3)로부터 탄성침하를 산정하였을 때 문헌자료 탄성계수 2,500tf/m²을 적용하면 5.83cm, 제안식 탄성계수 1,476tf/m²을 적용하면 9.89cm, Oedometer 압축실험 탄성계수 1,552.8tf/m²을 적용하면 9.39cm로 나타났다.

다. 침하량 산정결과 요약

위와 같이 문헌자료, 경험식 및 Oedometer 압축실험에 의해 산정된 각각의 탄성계수로부터 탄성이론에 의한 제안식과 변형을 영향계수에 의한 제안식을 적용하여 검토한 침하량 산정결과를 요약하면 표 7과 같다. 탄성이론에 의한 침하량은 변형을 영향계수에 의한 침하량보다 약 4.4배정도 크게 나는 것으로 나타났다. 이는 제안식의 이론적 접근 방법이 다르고, 근입깊이나 크리프 거동 등의 고려하는 제반사항이 상이함에 기인된 것으로 사료된다.

표 7 제안식에 의한 침하량 산정결과

구분	탄성계수 (tf/m ²)	탄성이론에 의한 제안식 산정결과	변형을 영향계수에 의한 제안식 산정결과
문헌자료	2,500	25.45cm	5.83cm
제안식	1,475	43.13cm	9.89cm
Oedometer 압축실험	1,552.8	40.97cm	9.39cm

5.2 침하량 비교 분석

침하량 산정결과와 원심모형실험에 의한 침하량 산정결과를 비교 분석하였다.

원심모형실험에서는 케이슨부에 6개월 경과시점에서 38.0cm의 침하가 발생하는 것으로 나타났다. 제안식에 의한 침하량 산정결과에서 변형을 영향계수에 의한 침하량 산정결과(5.83~9.89cm)와는 전체적으로 상이하나, 탄성이론에 의한 침하량 산정결과(25.45~43.13cm)와는 전반적으로 유사한 것으로 나타났다. 특히, 탄성이론에 의한 산정결과 중 Oedometer 압축실험에 의한 탄성계수인

1,552.8tf/m²을 적용했을 때의 탄성 침하량이 40.97cm로 분석되어 원심모형실험의 침하량 결과와 2.97cm 차이로 매우 유사한 결과를 보이고 있다.

6. 결론

화산쇄설성 해성퇴적층 모래지반 상에 축조되는 케이슨 안벽구조물에 의한 지반의 침하특성을 조사하고자 현장시료의 기본물성실험과 탄성계수 결정을 위한 Oedometer 압축실험을 수행하고 케이슨 안벽구조물의 모형을 제작하여 원심모형실험을 수행하고 그 결과를 기존의 침하량예측이론과 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 화산쇄설성 해성퇴적 모래지반의 비중, 입도 분포 기본물성실험과 강열감람시험결과 일반적인 해성 모래질 사질토와 유사한 물성을 갖고 있음을 확인하였다.

2) 안벽구조물 축조에 의한 해성퇴적층 모래지반의 침하거동을 분석하기 위하여 50G-Level의 중력 수준으로 가속한 1/3축소모형의 원심모형 실험을 수행한 결과, 원지반상에 기초사석 및 케이슨구조물 축조, 뒷채움사석과 배면매립에 의해 원지반의 침하가 발생하고, 외해방향으로 수평적인 변위가 일부 발생하는 것으로 측정되었다.

3) 연구대상 시료의 탄성계수 산정을 위하여 Oedometer 실험기로 압축실험을 수행한 결과, 하중단계별 단기 및 장기 대기시간에 의한 침하 경향이 유사하게 나타났으며, 실험 결과로부터 산정한 탄성계수는 평균 1,552.8tf/m²으로 분석되었으며 표준관입실험 N 경험식에 의한 값 1,475tf/m²과 유사한 결과를 얻었다.

4) 제안식의 의한 침하량과 원심모형실험에 의한 침하량을 비교한 결과, 모형실험의 침하량과 탄성이론에 의한 침하량 산정결과가 전반적으로 유사하게 산정된 반면에 변형을 영향계수에 의한 산정 결과는 과소평가하는 경향이 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] 손형모(2003), “초대형 중력식 안벽의 고동에 관한 실험연구”, 연세대학교 공학대학원.
 [2] 김성렬(2003), “진동대 실험을 이용한 중력식 안벽의 지진거동 분석”, 서울대학교 대학원.
 [3] 김기수(2005), “사질토 지반에서 얇은기초 침하예측”, 경북대학교.

[4] 김준철(2005), “쇄석입력에 따른 압축성에 관한 연구”, 아주대학교 대학원.
 [5] 한국지반공학회(2003), “구조물 기초 설계기준”
 [6] 삼성건설(2006), “항만건설기술”
 [7] Dulacska, E. (1992), “Soil Settlement Effects on Buildings”, *Developments in Geotechnical Engineering*, 69, ELSEVIER, pp. 38~41.
 [8] Das, B. M. (1990), “Principles of Foundation Engineering-Second Edition”, PWS, pp. 526~566.
 [9] Bowles, J. E. (1977), “Foundation Analysis and Design,” McGraw-Hill, pp. 123~125.
 [10] Schmertmann, J. H, Hartman., J. P (1978). “Improved strain influence factor diagrams,” *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol.104, No.8, pp./ 1131~1135.
 [11] Meyerhof, G. G. (1974), “Ultimate Bearing Capacity of Footings on Sand Layer Overlying Clay”, *Canadian Geotechnical Journal*, Vol.11, No.2, pp.224~229.
 [12] Terzaghi, K., and Peck, R. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., Wiley, New York.
 [13] Harr, W. E. (1966). *Fundamentals of Theoretical Soil Mechanics*, McGraw-Hill, New York.
 [14] Hunt, R. E.(1986) “Geotechnical Engineering, Analysis and Design”, MGH, pp. 266~330.