

## 화강풍화토에서 Scale Effect를 고려한 기초의 지지력 및 침하량 산정에 관한 연구

### A Research for Computation of Bearing Capacity and Settlement of Foundation Considering Scale Effect in Weathered-granite Layer

박 용 부<sup>1</sup> Park, Yong-Boo

정 형 식<sup>2</sup> Chung, Hyung-Sik

#### Abstract

When calculating bearing capacity and settlement of actual foundation from plate test result for design and construction of shallow foundation, scale effect should be considered. But, adequate guide and test result of scale effect were not prepared yet in Korea. So, to analyze the relations of bearing capacity and settlement as the difference of loading plate sizes, model test and field loading test were performed with different loading plate on weathered-granite layer. Model tests were conducted with water content, compaction number, saturated unit weight and plate size(D15, 25cm) in soil-box(2,000×2,000×1,000mm) formed soil layer. Field loading tests were carried out with diameters of loading plate(D15, 25, 30, 40, 75×75, 140×210cm) on the same soil condition. Finally, we presented the prediction formula of bearing and settlement for computing scale effect in design of shallow foundation through result analysis of load test and numerical simulation on weathered soil and rock.

#### 요 지

지내력기초 설계와 시공을 위해 실시하는 평판재하시험 결과로부터 실제 기초지반의 지지력 및 침하량을 산정할 때 scale effect를 고려해야 하는데 국내에는 scale effect 적용기준이나 관련 시험자료가 없다. 그래서, 화강풍화토 지반에서 재하판 크기별 지지력 및 침하량의 상관관계를 파악하기 위해 모형토조 및 현장 평판재하시험을 실시하였다. 토조시험은 토조내에 지층을 형성한후 함수비 조건, 다짐횟수, 습윤 단위중량, 및 재하판 직경(D15, 25cm)별로 모형토조(2,000×2,000×1,000mm)에서 실시하였다. 현장 재하시험은 재하판 직경(D15, 25, 30, 40, 75×75, 140×210cm)별로 실시하였다. 재하시험 결과분석과 수치해석을 통해 토사 및 암반지반에서 지내력 기초설계시 Scale effect를 계산하기 위한 지지력 및 침하량 산정식을 제시하였다.

**Keywords :** Bearing capacity, Plate load test, Scale effect, Settlement

#### 1. 서 론

평판재하시험 결과를 설계에 적용할 때 재하판과 실제 기초의 크기 차이에 따른 scale effect를 고려해야 한

다. 일반적으로 실무에서 적용하고 있는 scale effect 산정식은 Terzaghi & Peck(1967) 지지력 공식을 사질토 및 점성토로 구분하여 제안한 식으로 하부가 균질한 토층을 기준으로 만들어진 것으로 이질토층으로 구

1 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Member, Graduate Student, Dept. of Civil Engrg., Hanyang Univ., parkyb@jugong.co.kr)

2 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수 (Member, Prof., Dept. of Civil Engrg., Hanyang Univ.)

성된 국내토층에 적용시 실제와 차이가 많다. 특히, 국내에는 허용침하량에 대한 합리적 기준도 없으며 외국의 경우도 국가별, 제안자 별로 차이가 심한 실정이다.

현재, 국내 기초가 대부분 풍화암 정도에 시공되는데 이를 사질토라고 하기에는 어려우며 scale effect를 그대로 적용하기는 불합리한 점이 있으나 국내 토질에 대한 연구결과가 없기 때문에 명확한 기준이 없는 실정이다. 재하시험으로부터 실제기초의 지지력 및 침하량을 산정할 때, scale effect와 관련하여 일반적으로 알려져 있는 기존의 식을 고찰해 보면, 지지력의 경우 모래지반에서는 기초폭에 비례하여 증가되며, 점토지반에서는 기초폭에 무관한 것으로 표현되어 있다. 또, 침하량의 경우에는 모래지반에서는 Terzaghi & Peck(1967)이 제안한 실험식의 형태로 기초폭이 증가하면 침하량은 증가하지만 비례적으로 증가하지 않으며, 점토지반에서는 기초폭에 비례하여 침하량이 증가하는 것으로 표현되어 있다(김도열 등, 2002). 그러나, 최근의 연구결과인 Clark(1998)과 Zhu 등(1998;2001)은 조밀한 모래지반에서 지지력과 기초폭의 관계는 선형적으로 증가하며, 침하량과 기초폭의 관계에 있어서도 침하량은 기초폭의  $\sqrt{B}$  형태로 증가한다고 제안하였다(Schultze & Sherif (1973), Meyerhoff(1974), Zolkov(1974)). 김도열 등(2002)은 기초 지반조건을 순수 모래지반(100:0), 모래:점토 혼합지반(75:25), (50:50), (25:75), 순수 점토지반(0:100)으로 5가지로 분류하여 모형 기초지반을 성형한 후 10cm, 15cm, 20cm, 25cm인 정사각형 재하판을 이용하여 모형 토조에서 평판 재하시험을 실시한 결과, 기존 scale effect 적용식과 다른 결과를 도출하였다.

따라서, 본 논문에서는 국내에서 지내력 기초로 많이 적용되고 있는 화강풍화토 지반을 대상으로 모형토조 및 현장 평판재하시험을 실시하고 재하판이 증가함에 따른 지지력 및 침하량의 상관관계를 분석하였다. 평판재하시험에서 시험결과가 재하판 크기의 2배까지 영향을 미친다는 이론을 고려하여 본 연구의 대상지반은 영향범위내에서는 동일한 지층을 구성하는 현장으로 선정하였다. 또, 재하시험 분석 결과로부터 화강풍화토 및 풍화암 지반에서 재하판 증가에 따른 지지력 및 침하량 경향을 도출하고 수치해석을 통해 지내력 기초설계시 scale effect를 반영하기 위한 지지력 및 침하량 산정식을 제시하였다

## 2. 기존 Scale Effect 이론

반적으로 적용되고 있는 scale effect 산정식은 Terzaghi & Peck(1967) 지지력 공식을 사질토 및 점성토로 구분하여 제안한 식(표 1)으로 하부가 균질한 토층을 기준으로 만들어진 것으로 이질토층으로 구성된 국내토층에 적용시 실제와 차이가 많으며 특히, 적정여부 판단을 위한 허용 침하량도 국내에는 기준이 없고 외국의 경우도 국가별, 제안자 별로 차이가 심한 실정이다.

표 1. 기존 scale effect 산정식

토질	구분	검토식
점성토	지지력	$q_u(\text{기초}) = q_u(\text{재하시험})$
	침하량	$S(\text{기초}) = S(\text{재하시험}) \times (B/b)$
사질토	지지력	$q_u(\text{기초}) = q_u(\text{재하시험}) \times (B/b)$
	침하량	$S(\text{기초}) = S(\text{재하시험}) \times \{2 \times B / (B+b)\}^2$

\* 주) B : 기초판 폭, b : 재하판 폭

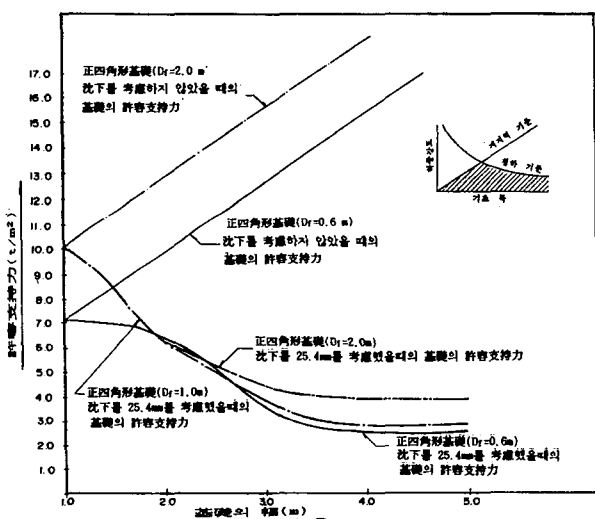


그림 1. 사질지반의 scale effect(평원 ENG, 1992)

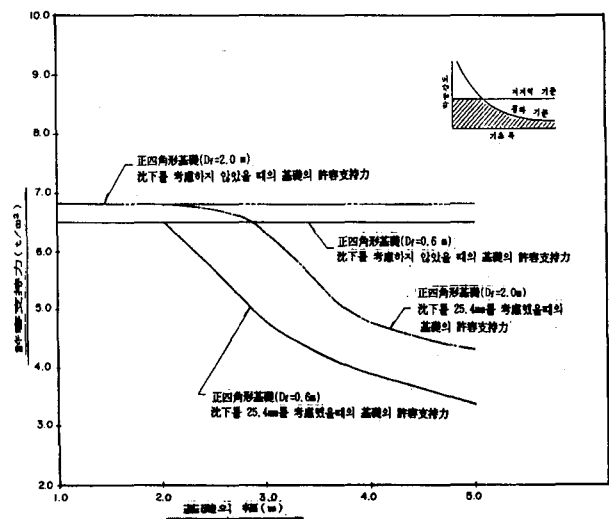


그림 2. 점성토 지반의 scale effect(평원 ENG, 1992)

예를 들어, 사질토 지반에서 scale effect를 계산할 때 위 식의 관계에서 기초폭에 따라 지지력이 커지며 침하량도 커지는데 침하량이 기준(보통 25.4mm) 범위내에서의 지지력 증가까지만 고려해주는 것이 타당하다.

현재, 국내 기초가 대부분 풍화암 정도에 시공되는데 이를 사질토라고 하기에는 어려우며 scale effect를 그대로 적용하기는 불합리한 점이 있으나 국내 토질에 대한 연구결과가 없기 때문에 명확한 기준이 없는 실정이다. 점성토 지반의 경우는 작은 재하판에서의 값에 기초판 크기에 대한 침하량 증가 효과를 고려하면 지지력이 더 감소할 수도 있다(그림 1, 2).

최근에 이런 문제를 해결하기 위해 모형토조 및 현장 재하시험, 수치해석등을 이용한 연구결과가 발표되고 있다.

### 2.1 김도열(2002)

기초 지반조건을 순수 모래지반(100:0), 모래:점토 혼합지반(75:25), (50:50), (25:75), 순수 점토지반(0:100)으로 5가지로 분류하여 모형 기초지반을 성형한 후 10cm, 15cm, 20cm, 25cm인 정사각형 재하판을 이용하여 모형 토조에서 평판재하시험을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

#### (a) 지지력

- 순수 모래(100:0) : 재하판의 크기가 커지면 극한지지력은 증가하였으나, 사질토에 대한 scale effect 산정식과 비례적으로 증가하지는 않았고, 재하판의 크기가 2.5배 커질 때, 약 48% 정도 극한지지력이 증가하였다.
- 순수 점토(0:100) : 재하폭이 커지면 극한지지력은 약간 증가하였고 재하판의 크기가 2.5배 커질 때 약 15% 정도 극한지지력이 증가하는 것으로 나타났다.

#### (b) 침하량

- 순수 모래(100:0) : 재하판의 크기가 커지면 침하량은 증가하였으나, Terzaghi & Peck(1967)의 실험식만큼 증가하지는 않았고 재하판의 크기가 2.5배 커질 때, 약 51% 정도 침하량이 증가하였다.
- 순수 점토(0:100) : 재하판의 크기가 증가하면 침하량은 증가하였으나 비례적으로 증가하지 않고, 재하판의 크기가 2.5배 커질 때, 약 132% 정도 증가하는 것

으로 나타났다.

### 2.2 FHWA(1997)

근입깊이 76cm로 모래지반위에 기초직경 1~3m인 실험체를 설치하고 재하시험을 실시하였다. 기초크기는 1×1m, 1.5×1.5m, 2×2m, 3×3m로 시공하였다. 시험분석에 의하면 변위 150mm에 도달하는 압력을 지지력으로 간주하면 scale effect가 명백하지만 지지력이 상대변위 0.05인 경우로 한정하면 scale effect는 없어지고 실제로 하중-침하곡선이 압력-상대 침하 곡선으로 작성되면 거의 대부분 하나의 동일한 곡선으로 표시되었다. 따라서, 일반적인 지지력 공식처럼 명백한 scale effect가 재하시험에서 나타나지 않으므로 상대침하 s/B가 0.1일 때 지지력 산정식 식 (1)을 제안하였다.

$$q_u = \frac{N}{12} (MPa) \quad (1)$$

여기서, N : 관입깊이 30cm일때의 타격수

### 2.3 백성용(2001)

공기 건조시킨 사질토 모형지반에서 얇은 기초에 대한 평판재하시험을 실시하고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (a) 매우 조밀한 지반에서는 전반 전단파괴, 중간 정도 조밀한 지반에서는 국부 전단 파괴 양상을 나타내었다.
- (b) 일정한 상대밀도에서 재하판 폭이 증가할수록 기초 지반의 침하가 감소하고 상대밀도의 증가에 따른 기초지반의 침하비는 재하판 폭이 증가할수록 감소하였다.

### 2.4 Fanyu Zhu외 2인(2001)

띠형기초와 원형기초에 대해 수치해석을 실시한 결과, 기초 크기가 증가할수록 지지력이 커지고 지지력 계수  $N_f$ 은 감소하였다. 단위중량 15.4 kN/m<sup>3</sup>인 건조 모래인 경우에 기초 크기가 0.1에서 10m 증가할 때 지지력의 변화는 strip 기초에서는 0.62에서 12.3 MPa, 원형 기초에서는 0.29에서 6.73 MPa로 나타났다. 10배 정도 기초 크기를 증가시키면 지지력 계수  $N_f$ 은 약 55% 감소하였는데 원심 모형실험에서 유사한 결과가 나왔다. 수치해석과 실험에서 형상계수  $S_f$ 은 기초폭이 증가할수

록 커졌다. 수치해석에서 원형기초의 형상계수  $S_r$ 은 고전적인 값인  $S_r=0.6$ 보다 약 22% 적었다.

### 3. 현장시험 및 해석방법

#### 3.1 모형 토조시험

토조시험은 동일한 지반조건하에 다수의 시험을 수행하여 신뢰성있는 결과를 도출하기 위해 실시하는 것으로 주요 장비로는 모형토조, 계측장비 등으로 구성된다. 토조시험의 시험조건으로 크게 함수비(자연함수비, 함수비 증가), 다짐횟수(3층 3회, 20회), 습윤 단위중량(1.75 ~ 1.95t/m<sup>3</sup>), 함수비(15~30%), 재하판 직경(D15, 25cm)를 분류하여 5개 현장에서 시료를 현장반입하여 실시하였다. 지반밀도에 영향을 주는 요소인 다짐층수와 다짐횟수는 각각 시험을 통해 보다 큰 변수를 예비시험을 통해 선정하였다. 3, 4, 7, 12, 20층 등으로 층수를 세분화하여 단위밀도를 측정된 결과 층별 다짐밀도차가 크기않아 동일한 층에 다짐횟수를 달리하여 시험을 실시하였다. 시험결과는 종전의 항복하중 판정법보다는

상대침하~하중 관계식을 사용하였다. 이때, 지반조건에 관계없이 일정한 경향을 나타내는 추세선을 도출하여 재하판 직경 15, 25cm이외의 지반조건에 하중-침하량 거동을 추론하였다.

#### 3.1.1 시험장치

일반적으로 재하시험에 사용되는 주요 시험장비는 유압잭, 로드셀, 다이알게이지 등이 있는데 본 시험에서는 20t 유압장치, 20t 측정용 로드셀, 50mm 변위 측정용 다이알게이지 2조를 사용하였다. 재하판은 원형형태로 직경이 15, 25cm를 사용하였다.

#### 3.1.2 모형지반의 성형

모형시험에 사용된 화강풍화토는 현장에서 반입한 후 깊이 85cm 토조에 3층으로 나누어 투기하고 표면을 20회씩 간이 휴대용 다짐기를 사용하여 다졌다. 시험종료후 캔을 이용하여 8회의 단위중량 시험과 함수비를 측정하였으며 액·소성, 체가름, 비중시험등을 실시하였다. 토조시험에 사용된 시료의 단위중량, 함수비, 액·소성 시험결과, 통일분류법에 의한 분류결과는 표 2~3

표 2. 현장별 단위밀도 및 함수비

현장명	시험조건	D15				D25			
		자연		함수비 증가		자연		함수비 증가	
		3층 3회	3층 20회	3층 3회	3층 20회	3층 3회	3층 20회	3층 3회	3층 20회
십정	단위중량(t/m <sup>3</sup> )	1.8	1.74	1.88	1.89	1.86	1.85	1.84	1.85
	함수비(%)	24.1	23.2	30.2	28.4	28.5	25.7	29.4	25.7
안중	단위중량(t/m <sup>3</sup> )	1.65	1.76	1.77	1.83	1.76	1.76	1.82	1.88
	함수비(%)	25.1	20.9	27.0	27.9	23.6	22	27.0	27.6
신갈	단위중량(t/m <sup>3</sup> )	1.96	1.91	-	-	1.72	1.93	-	-
	함수비(%)	15.5	21.9	-	-	11.2	20.8	-	-
송화	단위중량(t/m <sup>3</sup> )	1.79	1.88	1.9	1.91	1.79	1.86	1.88	1.9
	함수비(%)	18.7	19.4	25.2	25.7	19.8	19.2	26.5	26.1
울전	단위중량(t/m <sup>3</sup> )	1.66	1.65			1.62	1.76		
	함수비(%)	11.7	8.7			12.7	12.0		

표 3. 현장별 물성치

구분	비중	액성 한계(%)	소성 한계(%)	소성 지수	체 통과량(%)		$C_u$	$C_v$	분류
					20번체	4번체			
안중	2.75	36.5	22.5	14	42.5	96.5	40	1.4	SC
십정	2.79	34.7	21.8	12.9	42	92	66.7	2.7	SC
송화1	2.69	36.1	25.6	10.5	44.4	96.7	350	0.4	ML
송화2	2.67	34.9	24.6	10.3	41.3	93.9	166.7	0.8	ML
신갈	2.68	24.9	17.6	7.3	30.5	90.4	350	23.1	SC
울전	2.65		NP		32.6	91.3	110	6.9	SM

과 같다. 또, 점착력과 내부 마찰각을 구하기 위해 토조 시험과 동일한 시료를 대상으로 직접 전단시험을 실시하였고 그 결과는 표 5와 같다.

### 3.1.3 모형토조 제작

화강풍화토를 대상으로 모형시험을 실시하기 위해 그림 3과 같은 모형토조를 제작하였다. 지반의 전단파괴시 발생하는 변위의 영향을 고려하여 재하직경의 6배 크기의 토조를 제작하였으며 크기는 2,000×2,000×1,000mm 이며 반력용 빔은 H빔 200×150×6×9mm 자재를 사용하여 토조본체에 볼트로 연결하여 설치하였다.

## 3.2 모형 토조시험

현장 재하시험은 실제 현장에서 재하판 직경별 지지력 크기변화를 측정하기 위해 D15, D25, D30, D40, 75×75, 140×210 크기의 재하판을 사용하여 실시하였다.

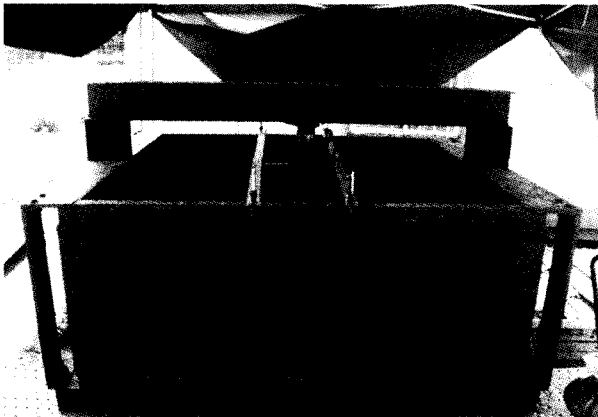


그림 3. 모형토조

D15, D25, D30, D40 재하판은 백호우(용량 1.0 m<sup>3</sup>, 중량 26t)를, 75×75, 140×210 재하판은 재하하중 200t을 지지할 수 있는 반력식 H빔대(그림 4~5)를 반력으로 사용하였다.

현장시험별 재하판 크기와 지반조건은 표 4와 같다.

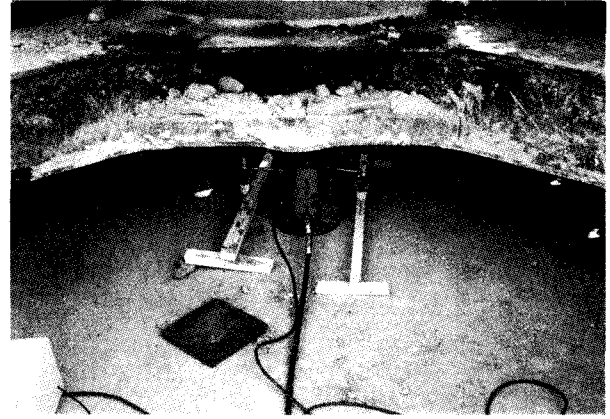


그림 4. 현장재하시험 전경(D15, D25, D30, D40)

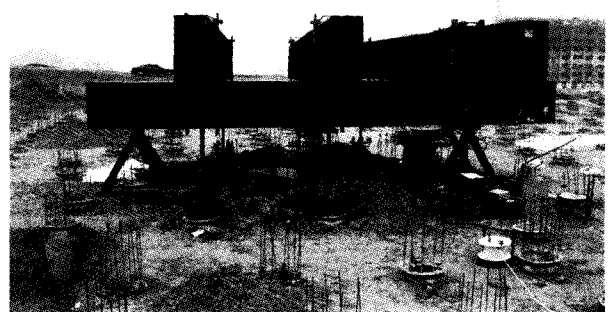


그림 5. 현장재하시험 전경(75×75, 140×210)

표 4. 현장별 지반조건 및 시험내용

현장명	지반조건							시험내용(단위 : cm)
	비중	액성 한계	소성 한계	함수비 (%)	단위중량	통일 분류법	N치	
노은	2.67	NP	NP	7.0	1.8	SM	36~42/30	D15, D25, D30, D40, 75×75, 140×210
가경	2.68	NP	NP	14.5	1.62	CL	10/30~30/30	D25, D30, D40, 75×75, 140×210
안중	2.67	NP	NP	28.1	1.79	ML	10/30~20/30	D25, D30, D40, 75×75, 140×210
십정	2.64	NP	NP	22.1	1.83	SM	15/30	D30, 75×75, 140×210
건산	2.66	NP	NP	37.3	1.66	SM	10/30~20/30	D15, D25, D30, 75×75, 140×210
도농		NP	NP	8.6		SM		D15, D25, D30, D40
불로		NP	NP	6.2	1.3	SM	50/24~50/7	
화곡1	2.64	NP	NP	20.4	1.91	SM	44/30~50/17	
화곡2	2.68	NP	NP	17.0	1.71	ML	10/30~22/30	
울전1	2.65	NP	NP	5.3	1.7	SM	50/20~50/29	
울전2	2.67	NP	NP	6.5	1.72	GP-GM	50/10~50/29	

지반조건에서 액성한계 및 소성한계, N치, 비중은 지반 조사 보고서를 참조하였고 변형계수중 정적인 변형계수는 재하시험의 하중-침하곡선에서, 동적인 변형계수는 동평판 재하시험에서 측정된 값을 적용하였다.

#### 4. 시험결과 및 고찰

##### 4.1 Scale Effect 경향 분석 방법

여러 연구자들의 지지력 scale effect에 대한 연구와 제시가 있었으나 실제 결과 도출에 사용된 지지력 측정 값은 기초판 크기가 최대 2~3m에서 측정된 값들을 토대로 하였다. 그러나, 실제로 공동주택이나 그 외 실 구조물의 기초크기는 이를 훨씬 상회하는 경우가 대부분이며 아파트의 전면기초의 경우 기초폭은 단변폭이 최대 10m를 넘는 경우가 많으므로 scale effect도 이 크기까지를 포함하여 분석하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 실내 토조 시험과 현장 재하시험을 수행하였으나 하중 재하의 한계성으로 인하여 최대 1.4m × 2.1m 재하판 크기까지의 지지력 측정 시험이 수행되었다. 이보다 더 큰 재하판 크기의 지지력 거동은 실제 측정된 지지력 시험의 하중-침하 거동을 수치해석적으로 묘사하여 가장 적합한 하중-침하 거동을 나타내는 입

력 물성과 하중 재하 시스템을 재현하고 이 방식으로 재하판 2, 5, 10m 크기까지 시뮬레이션하였다. 재하판 크기에 따른 지지력 거동을 보다 일목요연하게 파악해 보기 위하여 여러 분석 방법중 하중-침하 곡선에서 침하 값을 재하판의 크기로 나누어 침하비로 나타내는 정규화 방법을 적용하였다. 이렇게 하여 측정된 하중-침하곡선으로부터 재하판 크기별로 각각의 경우에서의 항복 하중과 그때의 침하량을 산정하여 재하판 크기별로 항복하중과 그때의 침하량이 어떻게 변화하는지를 예측할 수 있는 추정식을 도출하였다.

수치 시뮬레이션에 적용된 화강 풍화토와 풍화암에 대한 물성치는 표 5와 같다.

##### 4.2 Scale Effect 경향

대표적인 화강풍화토와 화강암에 대한 재하판 크기별 하중(kPa)-침하 거동(mm)은 그림 6~13과 같다(1kPa = 0.102t/m<sup>2</sup>).

##### 4.3 재하판 Scale Effect를 고려한 지지력 예측

화강풍화토와 풍화암에 대한 하중-침하, 하중-상대침하(침하비)를 분석한 결과(그림 6~13)에 의하면 기초

표 5. 수치해석에 적용된 물성치

구분	단위중량 ( $t/m^3$ )	변형계수 ( $t/m^2$ )	포아송비	점착력 ( $t/m^2$ )	내부마찰각( $^\circ$ )
풍화토	1.8	3,000	0.30	0.5	25
풍화암	2.1	50,000	0.28	10.0	35

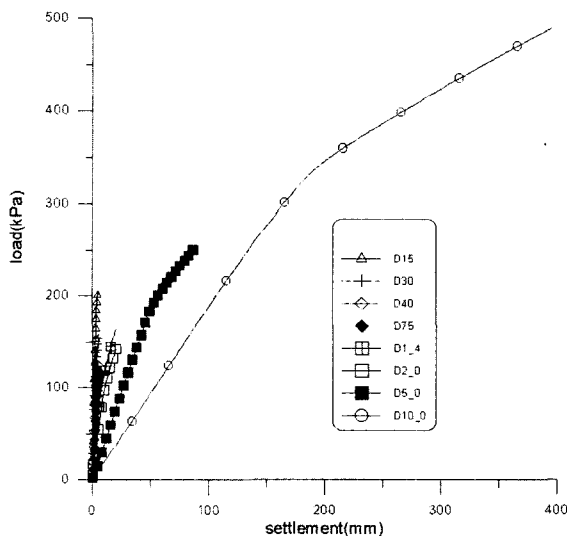


그림 6. 재하판 크기별 화강풍화토의 하중-침하 경향(I)

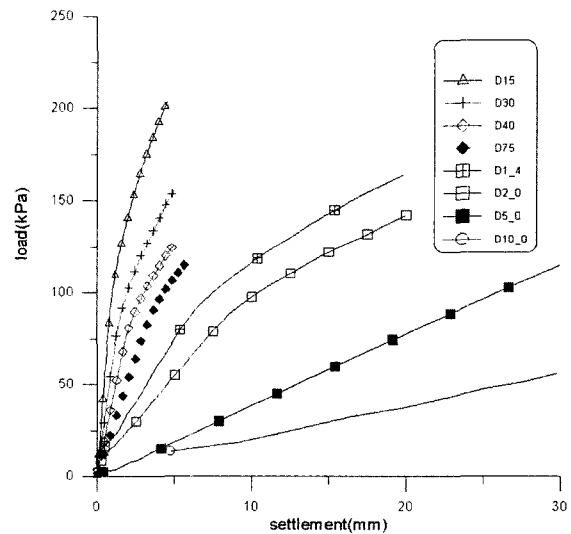


그림 7. 재하판 크기별 화강풍화토의 하중-침하 경향(II)

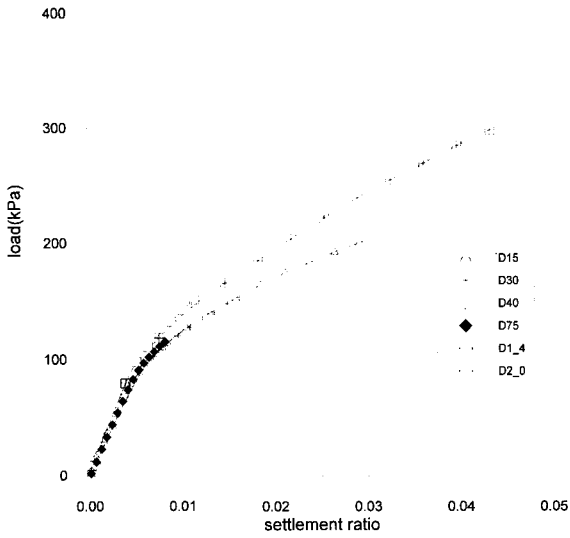


그림 8. 재하판 크기별 화강풍화토의 하중-침하비 경향(I)

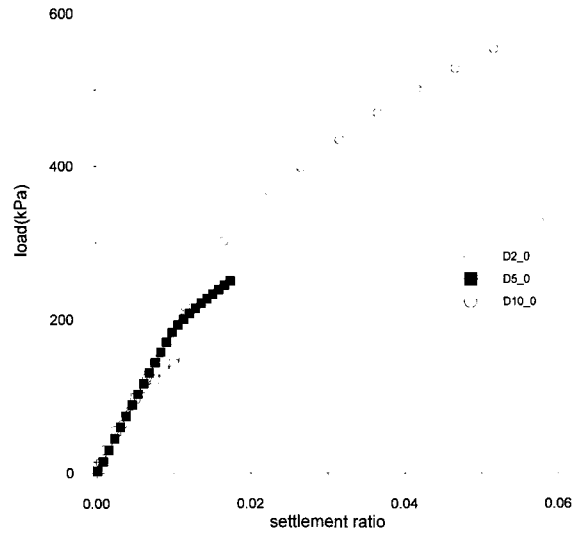


그림 9. 재하판 크기별 화강풍화토의 하중-침하비 경향(II)

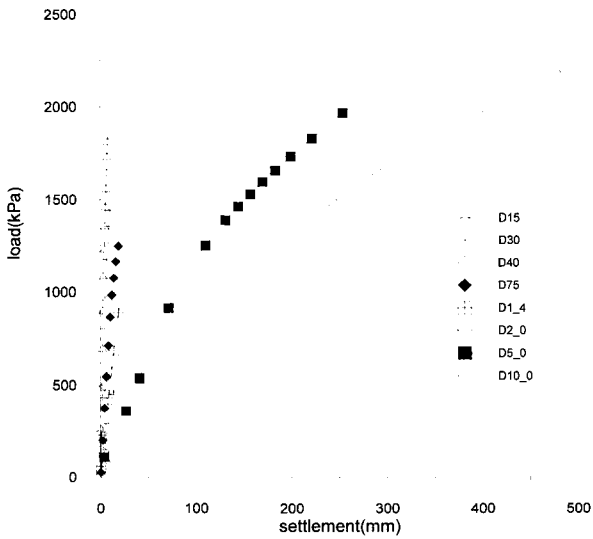


그림 10. 재하판 크기별 화강풍화암의 하중-침하 경향(I)

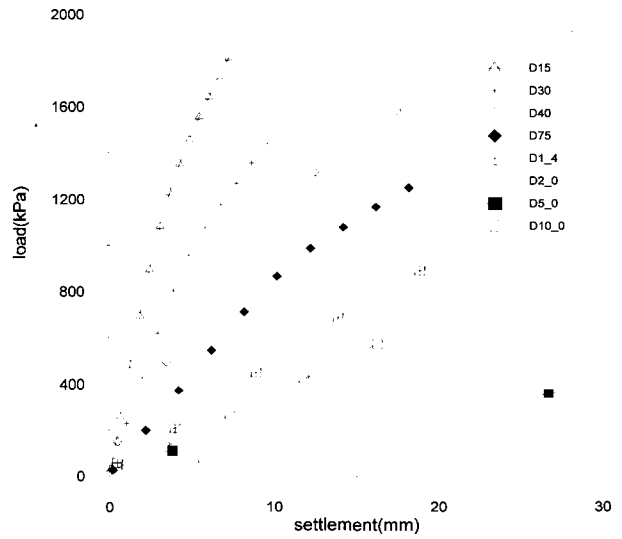


그림 11. 재하판 크기별 화강풍화암의 하중-침하 경향(II)

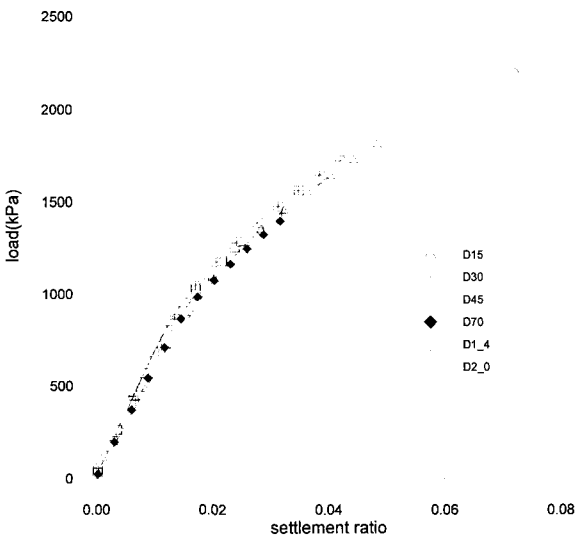


그림 12. 재하판 크기별 화강풍화암의 하중-침하비 경향(I)

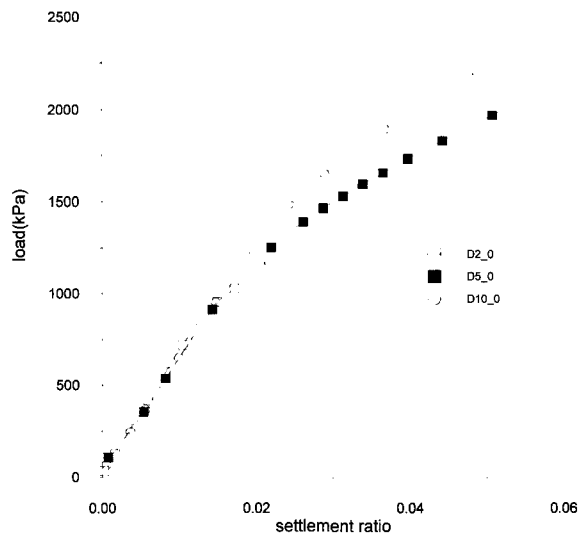


그림 13. 재하판 크기별 화강풍화암의 하중-침하비 경향(II)

판 크기 2m를 전후로 경향이 다름을 알 수 있다. 따라서, 기초판 scale effect를 예측하는 방법도 기초판 크기 2m 이하와 2m 이상의 경우에 대하여 분리하여 다루는 것이 타당한 것으로 분석되었다. 이러한 분석결과를 토

대로 화강풍화토와 화강암 지반조건에서 재하판 크기에 따른 scale effect를 고려한 지반의 지지력 값을 예측하는데 필요한 항복하중과 항복시의 침하량을 산정하는 경향(그림 14~19)과 식 (2)~(5)를 제시하였다.

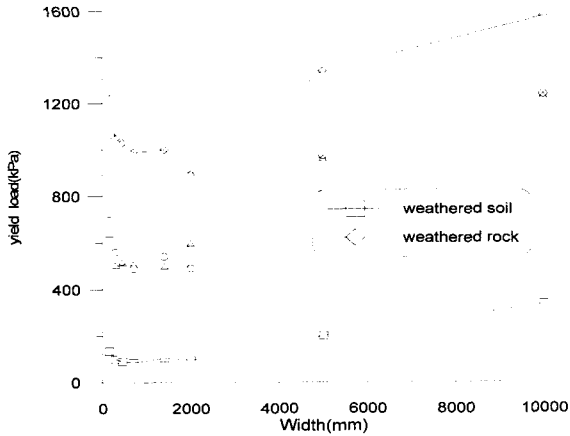


그림 14. 기초 크기에 따른 항복하중 거동

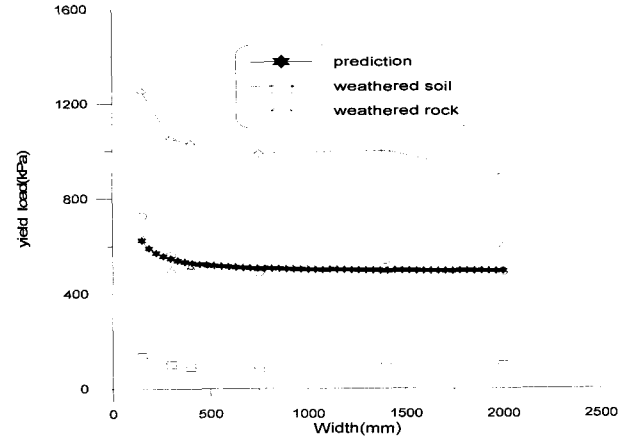


그림 15. 기초 크기에 따른 항복하중 거동(2m 이하)

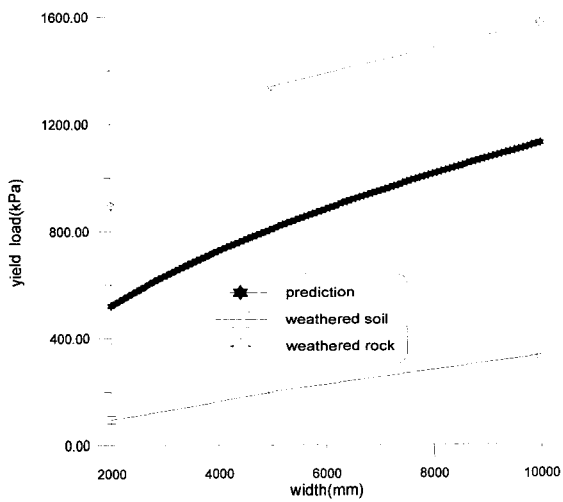


그림 16. 기초 크기에 따른 항복하중 거동(2m 이상)

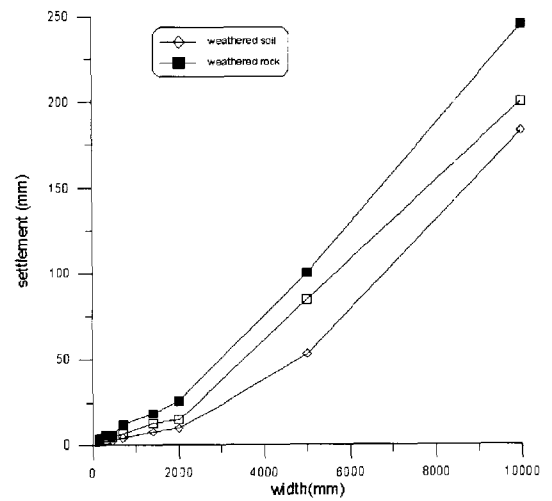


그림 17. 기초 크기에 따른 항복 침하량 거동

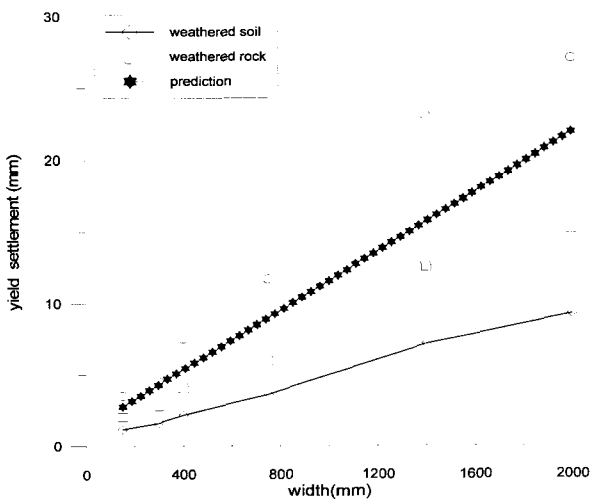


그림 18. 기초 크기에 따른 항복 침하량 거동(2m 이하)

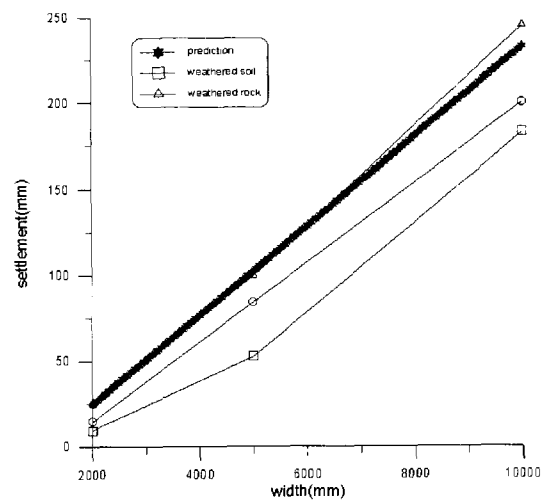


그림 19. 기초 크기에 따른 항복 침하량 거동(2m 이상)



(1) 기초 크기 2m 이하 항복하중 추정식

$$y_p = \frac{485.21B}{-33.13 + B} \quad (2)$$

(2) 기초 크기 2m 이상 항복하중 추정식

$$y_p = 13.54B^{0.48} \quad (3)$$

(3) 기초 크기 2m 이하 항복 침하량 추정식

$$y_s = 1.20 + 0.0103B \quad (4)$$

(4) 기초 크기 2m 이상 항복 침하량 추정식

$$y_s = -27.39 + 0.026B \quad (5)$$

여기서,  $y_p$  : 항복하중(kPa)

$y_s$  : 항복시의 침하량(mm)

B : 기초 크기(mm)

## 5. 결론

지내력 기초에서 재하판 크기증가에 따른 지지력 및 침하량 증가량을 예측하기 위해 모형토조와 현장 평판 재하시험을 실시하고 수치해석을 통해 화강풍화토 및 풍화암(원지반 조건)에서 기초 크기에 따른 scale effect를 산정하기 위한 항복하중 및 침하량 산정식을 제안하고 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 기초 크기에 따른 항복 하중과 항복시의 침하량 거동은 기초 크기 구간별로 다르게 나타났다.
- (2) 지내력기초(얕은 기초)가 가능한 화강 풍화토나 풍화암 지반에서는 기초 크기 약 2m를 경계로 scale effect가 크게 구분되었다.
- (3) 기초 크기 2m 이내에서는 기초 크기가 커질수록 항복 하중이 감소하는 경향을 보이며 기초 크기 2m 이상에서는 기초 크기가 커질수록 항복하중이 증가하는 것으로 나타났다.

(4) 또, 항복시의 침하량을 살펴보면 기초 크기 2m 이내에서는 기초 크기가 커질수록 항복 침하량이 증가하지만 기초 크기 2m 이상에서의 항복하중 증가율이 더 크다.

(5) 이러한 경향을 바탕으로 기초 크기 2m 이상과 이하에서의 항복하중과 항복 침하량 예측식을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

1. 대한주택공사 (2002), "지내력 기초에서의 크기효과(scale effect) 적용방안에 관한 연구".
2. 평원Eng (1992), "지반지지력 및 토질정수의 평가방법", 평원Eng 기술자료집.
3. 대한주택공사, "신갈, 건산, 노은, 울전, 가정, 십정, 안중, 송화지구 지반조사 보고서".
4. 김도열 (2002), "평판재하시험을 이용한 지지력 및 침하량 산정 시 모래와 점토의 혼합비율에 따른 Scale effect 연구", 한양대 박사학위 논문.
5. 백성용 (2001), "재하시험에 의한 얕은 기초의 지지력 특성", 경상대학교 대학원 석사논문.
6. 정형식, 김도열, 김정호 (2003), "Scale effect를 고려한 기초의 지지력 및 침하량 산정을 위한 모형실험", 한국지반공학회 논문집, 제19권 제5호.
7. Federal Highway Administration (1997), "Large-Scale Load Tests and Data Base of Spread Footings on Sand".
8. Bengt H. Fellenius (1999), "Bearing Capacity of Footings and Piles-A Delusions?", DFI Annual Meeting, October.
9. Zhu, F., Clark, J.I. (2001), "Scale effect of strip and circular footings resting on dense sand", *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*.
10. Schultze, F. and Sherif, G. (1973), "Prediction of settlement from evaluated settlement oversation for sand", *Proc., VIII, ICSMFE, Moscow, U.S.S.R., Vol.13, pp.225-230.*
11. Clark, J. I. (1998), "The settlement and bearing capacity of very large foundations on strong soils: 1996 R. M. Hardy lecture", *Canadian Geotechnical Journal, Ottawa, pp.131-144.*
12. Meyerhof, G. G. (1974), "Ultimate bearing capacity of footings on sand layer overlaying clay", *Canadian Geotechnical Journal, Vol.11, pp.223-229.*
13. Zolkov, E. (1974), "The nature of sand deposit and the settlements of shallow foundations", *Proc., I, Europe Sym. Penetr. Test, Stockholm, Sweden, Vol.22, pp.421-431.*
14. Zhu, F., Clark, J. I., and Phillips (2001), "Scale effect of strip and circular footings resting on dense sand", *Journal of the Geotechnical Engrg., ASCE, Vol.127, No.7, pp.613-621.*

(접수일자 2004. 1. 2, 심사완료일 2004. 2. 20)