

## 저면돌출벽을 이용한 연약지반상 얇은기초의 지내력 증대 효과

임종석\* · 박승훈\*\*

Lim Jongseok\*, Park Seunghoon\*\*

### The Effect of Base Projecting Walls on the Bearing Capacity and Settlement of Shallow Foundations on Soft Ground

#### ABSTRACT

It is necessary to develop the simple and efficient technique that ease entry of man and equipment and take the role of foundations of temporary or small structures on the soft ground. This study intends to verify the effects on the increase of bearing capacity of base projecting walls under shallow foundations and to investigate the variance of the bearing capacity of the foundations according to the interval and length of the walls. For this, model soft ground in the chamber equipped with loading apparatus is made and the loading tests on the model foundations with base projecting walls of various intervals and lengths using the apparatus are performed with measuring the loads and settlements. The results show that the base projecting walls under shallow foundations on soft ground are effective on the increase of bearing capacity and the more the number and length of the walls the larger the effects. And, when the ratio of interval to length of the walls is 1, i.e. the shape forming the base of the foundation and the walls is square, the bearing capacity is increased by 25% and the effect is optimum.

**Key words :** Base projecting wall, Soft ground, Shallow foundation, Bearing capacity, Settlement, Model Test

#### 초 록

연약지반에 적용하여 인력 및 장비의 진입을 용이하게 함은 물론 나아가 가시설이나 소형구조물의 기초로서의 역할도 가능한 간편하고 효율적인 공법의 개발이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 얇은기초에 설치되는 저면돌출벽의 지내력 증대 효과를 확인하고 간격과 길이에 따라 연약지반상 기초의 지내력이 어떻게 달라지는가를 알아보고자 하였다. 이를 위하여 재하장치가 설치된 토조에 연약지반을 조성하고 다양한 간격과 길이의 저면돌출벽을 가진 모형기초에 대해 재하시험을 실시하여 지지력과 침하량을 측정하였다. 그 결과 연약지반에서 얇은기초에 저면돌출벽을 장치하면 지내력 증대 효과를 얻을 수 있으며 돌출벽의 길이가 길수록, 개수가 증가할수록 전반적으로 지내력은 증가하는 양상을 보였다. 또한 저면돌출벽의 길이 대 폭 비가 1일 때 즉, 돌출벽과 기초 저면이 이루는 형상이 정사각형일 때 최적의 효과를 보이며 이 경우 지내력은 약 25% 증대된다.

**검색어 :** 저면돌출벽, 연약지반, 얇은기초, 지지력, 침하량, 지내력, 모형시험

## 1. 서론

현재 각종 건설공사가 다양한 조건의 지반에서 이루어지고 있다. 이러한 지반들 중에는 암반과 같이 대형구조물의 기초로서도 손색없는 견고한 지반이 있는 반면에 해안점토지반, 준설매립지반 등과 같이 인력이나 장비의 진입조차 어려운 지반들도 있다. 이 경우 양질토로

\* 정회원 · 교신저자 · 목포대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Mokpo National University · jslim@mokpo.ac.kr)

\*\* 목포대학교 토목공학과 석사 (nadea000@naver.com)

Received March 26 2013, Revised May 23 2013, Accepted May 28 2013

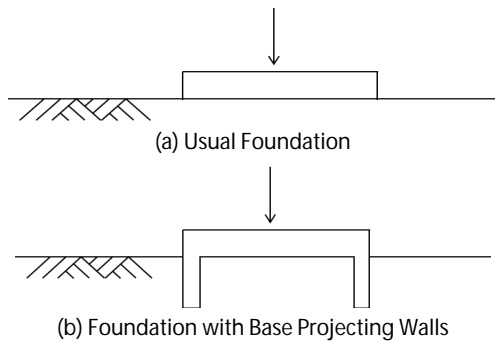


Fig. 1. Shape of Base Projecting Walls

복토하거나 대나무망, 강판가도 등을 설치하는 방법을 고려할 수 있으나(이용길, 2003) 시간과 비용 면에서 비효율적인 측면이 있다. 최근에는 강재매트(김종길 등, 2012)나 복합소재매트(이성우 등, 2007)를 이용하는 방법이 제안되고 있으나 아직 널리 실용화되었다고 보기는 어렵다. 따라서 이러한 연약지반에 적용하여 인력 및 장비의 진입을 용이하게 함은 물론 나아가 가시설이나 소형구조물의 기초로서의 역할도 가능한 간편하고 효율적인 공법의 개발이 필요한 실정이다.

저면돌출벽은 Fig. 1과 같이 일반적인 얇은기초의 저면에 벽체를 돌출시켜 기초 하부 지반의 변형을 구속함으로써 지지력을 증대시키고 침하량을 감소시키는 효과를 얻고자 하는 것이다. 이는 연약지

반에 압입하는 방식으로써 설치에 따른 별도의 작업이 필요치 않아 간편하고 신속하게 적용할 수 있다.

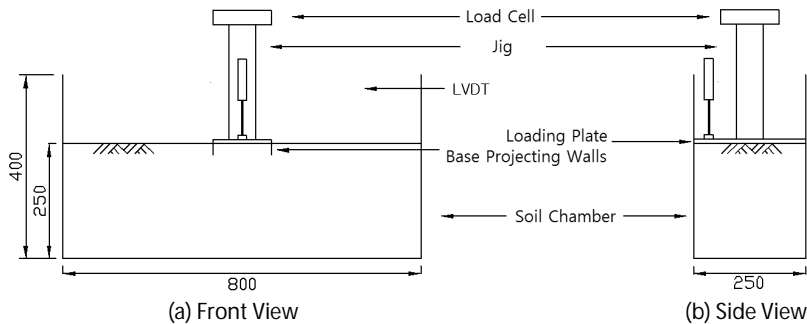
권오순 등(2002a, b)은 수치해석과 모형시험을 통하여 연약지반 방과제에 적용된 저면돌출벽으로 인한 압밀침하량 감소 효과에 대해 연구한 바 있다. 연구결과에 따르면 돌출벽이 길어질수록 압밀침하량이 감소하였으며 돌출벽의 길이가 충분히 길다면 압밀 침하량에 미치는 기초폭의 영향은 크지 않다고 하였다. 그러나 기초폭과 돌출벽 길이와의 관계가 침하량에 미치는 영향을 구체적으로 밝히지는 못하였다.

본 연구에서는 얇은기초에 설치되는 저면돌출벽의 효과를 확인 해 보고 돌출벽의 간격과 길이에 따라 연약지반상 기초의 지내력이 어떻게 달라지는가를 알아보려고 하였다. 이를 위하여 재하장치와 설치된 토조에 연약지반을 조성하고 다양한 간격과 길이의 저면돌출벽을 가진 모형기초에 대해 재하시험을 실시하여 지지력과 침하량의 관계를 측정하였다.

## 2. 실내모형시험

### 2.1 시험개요

본 시험에서는 3차원 영향을 배제하고 2차원으로 수행하기 위하여 가로에 비해 세로가 짧은 800mm × 250mm의 토조를 제작하였다. 모형시험장치를 Fig. 2에 보이고 있다.



(c) Complete View of the Test



(d) Loading and Measuring

Fig. 2. Model Test (Unit : mm)

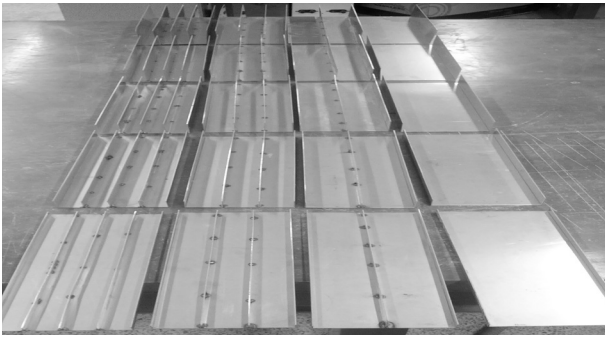


Fig. 3. Base of the Loading Plate with Projecting Walls

시험에 사용된 재하판은 두께 1mm의 강재로 제작하였으며 폭이 100mm이고 길이는 토조의 세로와 비슷하게 하였다. 이 때 재하시 토조의 벽과 기초의 마찰을 최소화하기 위하여 기초의 길이를 토조의 세로보다 약간 짧게 하였다. 저면돌출벽은 강재를 용접하여 부착하였으며 개수는 2, 3, 4, 5개의 4가지 형태이고 각 형태마다 길이 1, 2, 3, 4, 5cm의 5가지를 제작하였다(Fig. 3 참조).

## 2.2 모형지반

모형지반은 서남해안지역인 목포시의 목포대교 인근에서 채취한 해성점토를 사용하였으며 이 흙의 입도분포곡선 및 물성값은 각각 Fig. 4와 Table 1에 나타내었다. 모형지반을 조성할 때에는

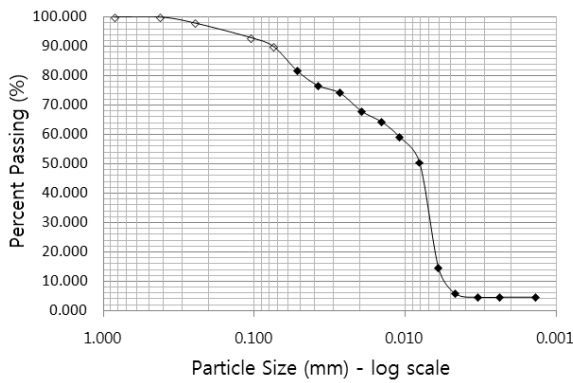


Fig. 4. Particle - size Distribution Curve of the Soil in Test Ground

Table 1. Properties of the Soil in Test Ground

Properties	Value
Liquid Limit, $LL$ (%)	70.4
Plastic Limit, $PL$ (%)	34.2
Plasticity Index, $PI$ (%)	36.2
Specific Gravity, $G_s$	2.62
Soil Classification	MH

매번 비슷한 함수비의 흙을 손으로 반죽하여 토조에 넣었다. 약 24시간 경과 후 재하시험을 실시하였으며 이 때 지반의 깊이 약 10cm의 흙에 대해 베인전단시험을 실시하고 함수비를 측정하였다. 그 결과 비배수전단강도  $c_u$ 는 최소 34.1kN/m<sup>2</sup>에서 최대 40.9kN/m<sup>2</sup>의 범위에 있었으며 대부분은 37.5kN/m<sup>2</sup> 내외이고 함수비는 48~49%여서 매 시험은 유사한 지반조건에서 이루어졌다고 볼 수 있다. 확인을 위하여 일부 지반에 대하여 2~3일 경과 후 베인전단 시험을 실시하고 함수비를 측정하였다. 이 때에도 비배수전단강도와 함수비는 앞에서의 범위 내에 있었다. 따라서 본 지반은 24시간 이전에 안정되어 이후로는 별다른 변화가 없는 것으로 보인다.

## 2.3 시험방법

본 시험에서는 먼저 조성된 연약지반 위에 재하판을 설치한다. 이 때 저면돌출벽을 끝까지 근입하여 재하판의 저면을 지반과 밀착시켜 계측 시 영점을 갖게 한다. 로드셀에 지그를 연결하고 침하량 측정을 위한 LVDT를 재하판에 설치한 후 재하하면서 데이터로거를 이용하여 LVDT와 로드셀로 측정된 값을 PC로 출력한다. 측정된 값을 가지고 하중-침하량 곡선을 작성한다.

## 3. 시험결과 및 분석

### 3.1 저면돌출벽 길이의 영향

본 연구에서는 먼저 같은 개수의 저면돌출벽에 대하여 길이가 달라질 경우의 변화를 알아보았다. Fig. 5의 (a), (b), (c), (d)에는 각각 돌출벽 2개, 3개, 4개, 5개인 경우 길이가 달라짐에 따른 하중-침하량 곡선이 나타나 있다. 각 그림에는 모두 비교를 위하여 저면돌출벽이 없는 보통의 재하판에 대한 결과도 나타내었다.

그림에서 알 수 있는 바와 같이 같은 수의 저면돌출벽인 경우 길이가 길어짐에 따라 같은 침하량에 도달하기 위한 하중이 더 커지는 즉, 지내력이 더 커지는 경향을 보이고 있다. 이러한 경향을 분석하기 위해서는 원칙적으로 극한지지력을 가지고 비교할 필요가 있다.

재하시험으로부터 극한지지력을 산정하는 방법은 일반적으로 하중-침하량의 관계에서 소성적인 곡선부분에서 다시 무한직선으로 이행되는 시점의 하중을 극한지지력으로 결정하는 방법이 있다. 이 밖에도  $\log p$ - $\log s$ ,  $\log p$ - $s$ ,  $p$ - $s$  곡선법 그리고 재하판 폭의 10%, 25%범위에 해당하는 침하량을 극한지지력으로 보는 방법(정형식 등, 2002; 김대현 등, 2004) 등이 있다.

Fig. 5에서 보면 극한지지력의 결정이 다소 애매한 경우가 대부분이다. 그런데 본 연구와 같은 경우는 상대적인 지지력의 증가를 알아보는 것이 목적이므로 굳이 극한지지력을 구할 필요는 없다고 본다. 대신에 소정의 침하량에 도달하기 위한 하중을 가지고 비교하

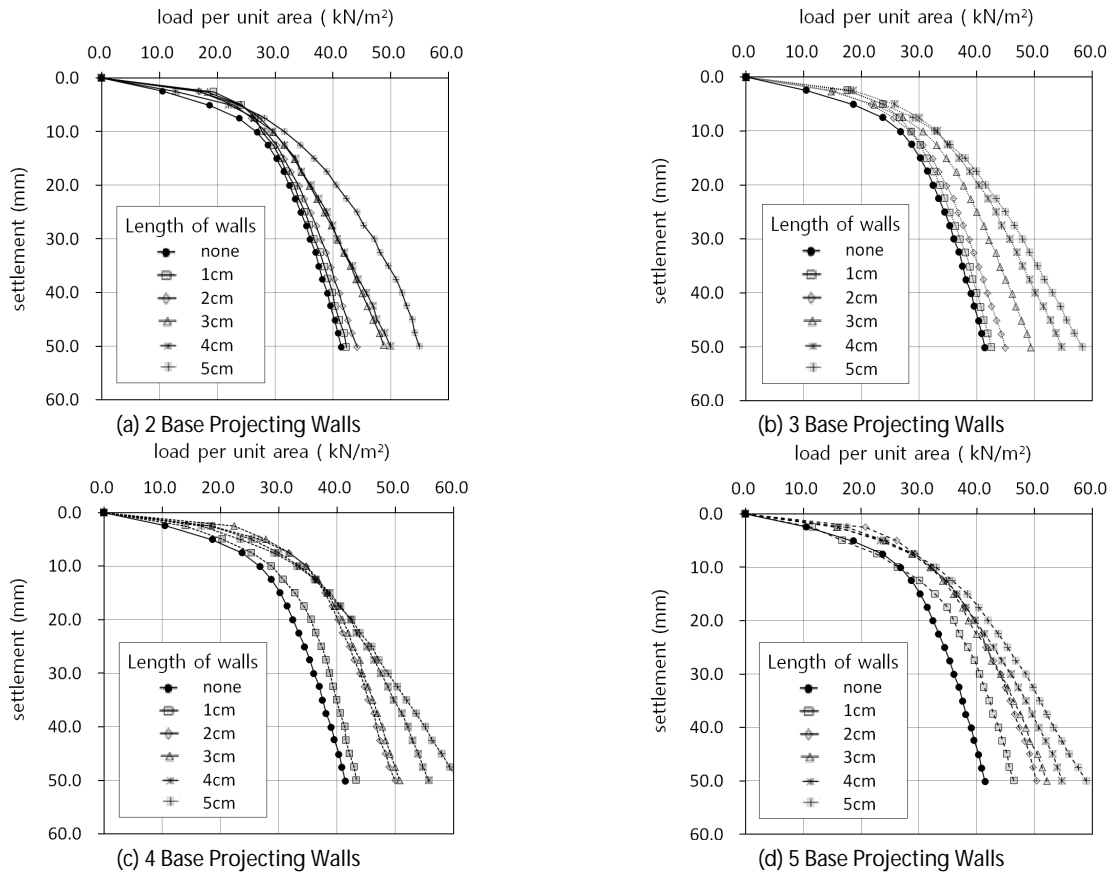


Fig. 5. Influence of the Length of Base Projecting Walls

기로 하였다. 이에 따라 본 연구에서는 항복점을 넘어 하중의 차이가 뚜렷해지는 재하판 폭의 25%에 해당하는 25mm 침하 시의 단위면적당 하중을 채택하여 비교하기로 하였다. 전반전단파괴인 경우 극한지지력은 기초의 침하량이 기초 폭의 4~10% 범위에서 발생하고 국부전단파괴나 관입전단파괴의 경우 극한지지력은 침하량이 기초 폭의 15~25% 범위에서 발생한다(Vesic, 1973)는 연구도 있으므로 본 연구의 25mm 기준은 적절하다고 보인다.

본 연구에서는 또한, 비교를 위하여 25mm 침하 시의 단위면적당 하중을 모두 저면돌출벽이 없는 보통의 재하판의 경우로 나누어 정규화하였다. 이와 같이 정규화한 값을 지지력비(Bearing Capacity Ratio)라 하기로 한다. 즉,

$$\text{지지력비} = \frac{\text{(어떤 재하판이 25cm 침하 시의 단위면적당 하중)}}{\text{(저면돌출벽이 없는 재하판이 25cm 침하 시의 단위면적당 하중)}}$$

이상의 기준을 사용하여 같은 수의 저면돌출벽에 대해 길이에 따른 효과를 Fig. 6에 보이고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와

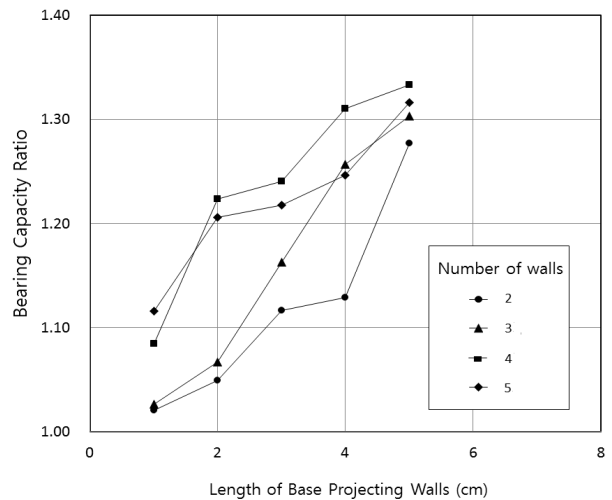


Fig. 6. Variation of Bearing Capacity Ratio by the Length of Base Projecting Walls

같이 돌출벽의 길이가 길어질수록 지지력비가 증가하는 것을 확인하였다.

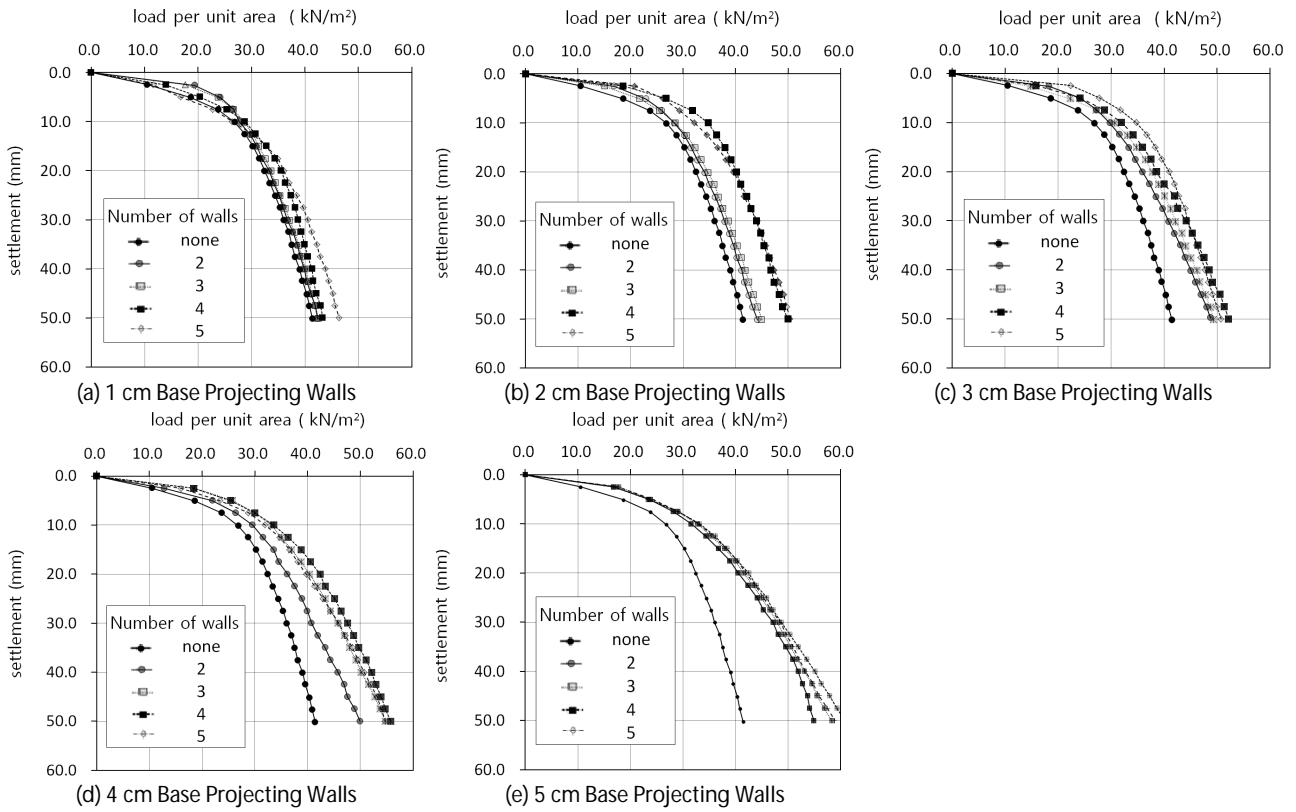


Fig. 7. Influence of the Number of Base Projecting Walls

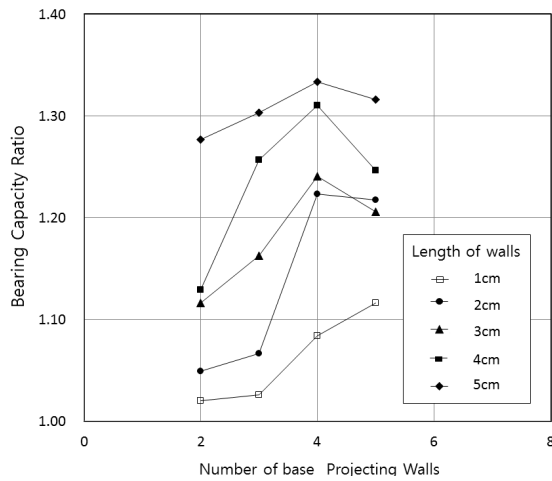


Fig. 8. Variation of Bearing Capacity Ratio by the Number of Base Projecting Walls

### 3.2 저면돌출벽 개수의 영향

다음으로는 같은 길이의 저면돌출벽이 개수가 달라짐에 따라 하중-침하 양상은 어떻게 변하는지를 알아보기 위하여 Fig. 7과 같이 같은 길이별로 개수에 따른 변화를 도사하였으며 Fig. 8에는

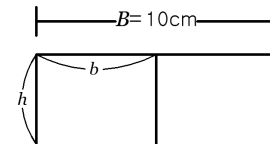


Fig. 9.  $h$  and  $b$

같은 길이의 저면돌출벽 개수에 따른 지지력비의 변화를 나타내었다. 그림에서 보면 돌출벽의 개수가 늘어날수록 지지력비는 증가하는데 1cm일 때를 제외하고는 돌출벽의 개수가 4개에서 5개로 늘어날 때에는 지지력비가 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3.3 저면돌출벽의 길이와 간격의 영향

이상의 결과에서 보면 저면돌출벽의 길이가 길어질수록 지지력은 커진다고 볼 수 있으나 같은 길이에서 개수가 많아진다고 계속 커지는 않는다는 것을 알 수 있었다. 더욱이 Fig. 6에서 보면 돌출벽 개수가 많을 때 길이에 따른 증가세는 완만해짐을 알 수 있다. 따라서 여기서 Fig. 9과 같이 돌출벽 길이  $h$ , 간격  $b$ 라 하고 길이 대 간격 비  $h/b$ 를 변수로 하여 지지력비를 Fig. 10와 같이 도사해보았다.

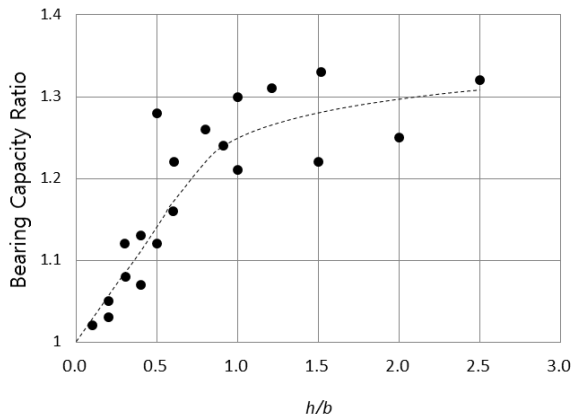


Fig. 10. Bearing Capacity Ratio According to  $h/b$

Fig 10의 점선은 표시된 점들의 대체적인 평균선이다. 이 선에서 알 수 있듯이  $h/b$ 가 약 1이 되면 즉, 저면돌출벽의 길이와 간격이 비슷해져서 기초판과 저면돌출벽이 이루는 형상이 정사각형에 가까워지면 최적의 효과를 얻을 수 있다고 볼 수 있다. 이 때 지지력비는 약 1.25로서 지지력 증대효과는 약 25%이다. 이는 효과적인 저면돌출벽을 설계에 도움이 될 것으로 보인다.

#### 4. 결론

연약지반에서 얇은기초에 저면돌출벽을 장치하여 지내력 증대 효과를 얻는 방법을 알아보기 위하여 저면돌출벽의 개수와 길이를 달리한 기초판을 이용하여 재하시험을 실시하여 하중에 따른 침하량을 측정하였으며 시험결과 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 연약지반에서 얇은기초에 저면돌출벽을 장치하면 지내력 증대 효과를 얻을 수 있다.
- (2) 저면돌출벽의 개수가 같은 경우 돌출벽의 길이가 길수록 지내력은 증가하는 양상을 보인다.
- (3) 길이가 같은 저면돌출벽의 경우 돌출벽의 개수가 증가할수록 지내력은 증가하는 양상을 보이다가 길이 1cm인 경우를 제외하고는 4개에서 5개로 늘어날 때는 감소하는 경향을 보였다.
- (4) 저면돌출벽의 길이 대 폭 비가 1일 때 즉, 돌출벽과 기초

저면이 이루는 형상이 정사각형에 가까워질수록 최적의 효과를 얻을 수 있으며 이 때 약 25%의 지지력 증대 효과가 있다.

#### 감사의 글

본 논문은 2012학년도 목포대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

#### References

- Chung, H. S. and Kim, D. Y. (2002). "Characteristics of bearing capacity and settlement according to the difference of loading plate size." *Journal of Korean Geotechnical Society*, Vol. 18, No. 4, pp. 179-188 (in Korean).
- Kim, D. H. and Yamamoto, K. (2004). "Upper bound limit analysis of bearing capacity for surface foundations on sand overlying clay." *Journal of Korean Geotechnical Society*, Vol. 20, No. 3, pp. 85-96 (in Korean).
- Kim, J. G., Choi, G. Y. and Han, S. H. (2012). "Method for structural steel mat to secure trafficability on access road on soft ground." *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers*, pp. 1314-1317 (in Korean).
- Kwon, O. S., Jang, I. S., Park, W. S. and Yum, K. D. (2002a). "Consolidation settlement of the soft ground breakwater." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 22, No. 1-B, pp. 57-66 (in Korean).
- Kwon, O. S., Jang, I. S., Park, W. S. and Yum, K. D. (2002b). "Applicability Evaluation of One Dimensional Consolidation Theory to the New Type Soft Ground Breakwater." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 22, No. 6-B, pp. 833-842 (in Korean).
- Lee, S. W., Hong, K. J., Cho, S. H. and Sim, Y. S. (2007). "Design and manufacturing of composite rigmat for temporary road in development of oil fields." *Proceedings of the Korean Society of Civil Engineers*, pp. 166-169 (in Korean).
- Lee, Y. G. (2003). "Technique of temporary road by steel plate for secure the drivability on weak ground." *Geotechnical Engineering*, Korean Geotechnical Society, Vol. 19, No. 8, pp. 31-37 (in Korean).
- Vesic, A. S. (1973). "Analysis of ultimate loads of shallow foundations." *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division*, American Society of Civil Engineers, Vol. 99, No. SM1, pp. 45-73.