

## 지오그리드 매트리스기초에 관한 실험적 연구

### Experimental Study on Geogrid-Mattress Foundation

주 재 우, JAE-WOO JU

순천대학교 공과대학 토목공학과 부교수  
Associate Professor, Department of Civil Engineering, Suncheon National University

#### ABSTRACT

Mattress foundations using geogrids are often used on soil foundations to increase the supporting capability of a mattress-soil foundation system, in which the mattress foundation transmits a point load applied above to a wider area of the soil foundation underneath. To examine this load dispersion capability of the mattress foundation, model experiments were carried out on lab-floor. Especially, the effect of the thickness of the mattress and the subgrade modulus of the soil foundation on load dispersion are considered. The load distribution and the tensile force generated on geogrid of the upper part of the mattress are examined in the paper.

#### 1. 序 論

연약지반상에 건설되는 성토나 구조물의 기초에 관한 보강토 공법중에 지오그리드 매트리스공법이 있다. 지오그리드 매트리스 공법이란 토목섬유의 일종인 지오그리드를 입체적인 매트리스 형태로 조립하고 砂, 砂利, 碎石등을 그 안에 채워넣어 구속시킴으로서 전체로서 일체화되어 강성 및 휨특성을 갖는 盤狀構造體를 형성하게 되는데 성토하중 및 부등재하에 의한 局部應力을 매트리스내에 再分配하여 매트리스 기초하의 지반에 하중을 넓게 分散시키도록 하는 공법이다. 매트리스 기초의 剛性이 增加되는 것은 매트리스 内部의 채움재료가 지오그리드에 구속되어 있기 때문에 재하용량 및 침하로 인해 발생하는 dilatancy에 의해 내부재료가 체적팽창을 일으킨 경우 지오그리드로부터 反力을 받기 때문인것으로 생각되어진다.

토목섬유의 일종인 지오그리드는 격자망상의 고분자 재료인데 지반의 보강재로서 흙과 쉽게 동화되는 성질을 지니며 그 強度는 軟鋼에 가깝다. 또한 장기의 내구성을 지니며 경량이고 가공성이 우수해 시공이 편리하다는 장점을 지닌 보강재료이다. 따라서 지오그리드 매트리스 공법이란 이 보강재를 이용하여 개발된 새로운 공법이라 말할 수 있다. 그러나 매트리스공법은 기존의 施工例에서 경험적으로 그 효과가 인정되고 있어 주목을 받는 공법이지만 이에 대한 설계방법은 아직 확립되어 있지 않다.

본 연구에서는 매트리스 공법의 確立을 目的으로 하여 매트리스 기초의 주된 효과라 할 수 있는 荷重分散 效果를 검토하기 위해 하부 지반을 탄성스프링을 사용하여 구성한 모형실험장치를 제작하였다. 매트리스상의 재하폭을 매트리스 폭에 비해 충분히 작게 하였으며 彈性스프링으로 구성된 하부지반에 傳達되는 분산하중의 정량적 파악을 목적으로 하여 실내 모형실험을 실시하였다.

#### 2. 實 驗

##### 2-1. 實驗裝置

그림-1은 실험장치를 나타낸 것으로 폭 108cm, 길이 40cm, 높이 약 80cm의 실험토조 저부에 폭 5cm, 길이 40cm의 21개의 角型 輕金屬 브력을 竝列配置시키고 각각의 브력하부에 2本の 스프링을 설치함으로써 모형지반을 형성시켰다. 연직지반의 지반반력

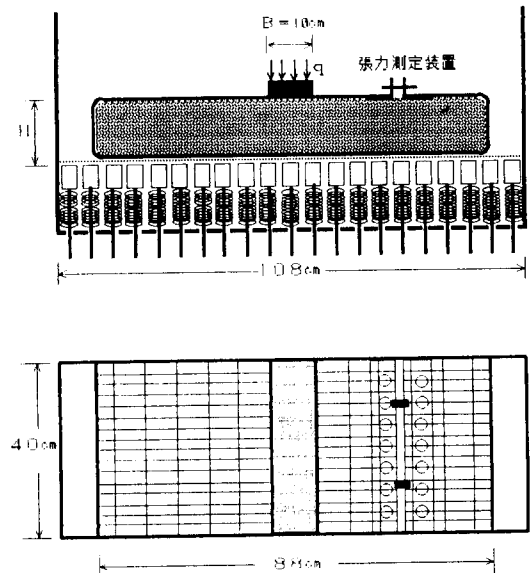


그림-1. 模型實驗裝置 개략도

계수가 다른 지반을 모델화 시키기 위해서 2종류의 스프링을 사용하였는데 사용 스프링의 탄성계수는 각각 1.12, 3.14kgf/mm였다.

하부 브림에 다이알 게이지를 부착시켜 스프링의 변위를 측정함으로써 분산하중의 측정을 행하였다. 토조벽면은 투명 아크릴판이며 공시체와 토조벽면과의 마찰을 줄여 平面變形조건을 만족시킬 수 있도록 Grease를 벽면에 바르고 Rubber Membrane을 붙였다.

## 2-2. 實驗方法

매트리스 기초의 모형실험에 있어서 下部模型地盤을 구성하는 탄성스프링의 종류 및 매트리스의 두께를 변화시키므로 매트리스 기초가 상부하중을 하부지반에 분산, 傳播시키는데 미치는 영향등을 검토할 목적으로 실험을 실시하였다. 즉 탄성계수 1.12kgf/mm (換算地盤反力係數  $k_g = 0.112 \text{ kgf/cm}^3$ )를 갖는 스프링으로 이루어진 하부모형지반에 대해 5, 10, 15, 20cm 두께의 매트리스 기초를 만들고, 또한 탄성계수 3.14kgf/mm (換算地盤反力係數  $k_g = 0.314 \text{ kgf/cm}^3$ )를 갖는 스프링으로 이루어진 하부모형지반에 대해 5, 10, 15, 20cm 두께의 매트리스 기초를 만들어 실험을 행하였다.

그림-2에 각 실험측정치 및 본 논문에 사용되는 기호의 설명을 나타냈다.

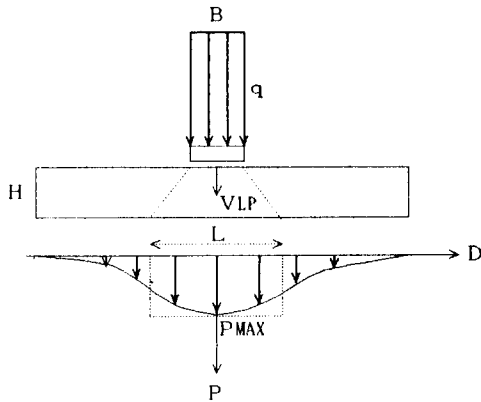


그림-2. 본 論文에 사용된 用語說明

매트리스 공시체 제작은 먼저 지오그리드를 폭 40cm, 길이 2m 전후로 잘라내어 하부 모형지반상에 깔고 그 속에 채움재료를 空中落下시켰다. 그리고 채움재료를 지오그리드에 포함시켜 공시체의 上面部에서 金屬連結器에 의해 양단부를 연결시켰으며 연결기에는 變形게이지를 부착시켜서 지오그리드에 발생하는 張力의 측정이 가능하도록 하였다. 매트리스 기초의 크기는 폭 88cm, 길이 40cm 이며 높이는 5, 10, 15, 20cm로 하였다. 채움砂의 비중은 2.613이며 전체의 90%이상의 粒徑이 2-5mm의 砂礫으로서 공시체 밀도 평균치는  $1.67 \text{ g/cm}^3$  이었고 그 때의 내부마찰각은  $41^\circ$  였다.

재하는 매트리스 공시체의 중앙에 설치한 폭 10cm, 길이 40cm의 재하판을 사용하여 變位制御 方式(약 1mm/min)으로 행하였다. 또한 재하판상에는 2개의 다이알 게이지를 설치하고 재하에

따르는 재하판의 연직변위를 측정하였다. 實驗測定値는 재하판상의 載荷應力, 재하판의 鉛直變位, 지오그리드에 발생하는 張力, 하부탄성스프링에 배치된 각 金屬 브림상에 발생하는 鉛直應力등이다. 각 측정량은 GPIB보드를 사용하여 컴퓨터에 의해 확립화되었다.

본 실험에서 사용된 지오그리드는 TENSAR SR-1 으로서 그 형태는 그림-3 과 같으며 이 제품의 인장강도는 6000kgf/m인 1軸 延伸品이다.

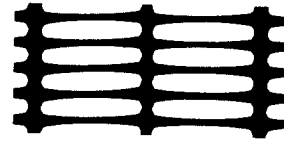


그림-3. TENSAR SR-1의 形狀

## 3. 매트리스基礎의 荷重分散에 관한 實驗結果 및 考察

### 3-1. 載荷應力- 沈下曲線, 載荷應力- 最大傳播應力

그림-4 는 재하응력 q - 載荷板의 鉛直變位  $V_{LP}$ 를 나타낸 것이다. 또한 그림-5는 재하응력 q - 하부모형지반 中央部에 있어서의 最大 傳播應力  $P_{MAX}$ 곡선을 나타낸 것이다. 그림-4에 의하면 재하응력 q는 침하  $V_{LP}$ 의 증가에 따라 peak를 보이지 않고 직선적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 매트리스의 두께 H가 크면 클수록 同-載荷應力일 경우 재하판의 침하가 작아지는 경향을 보이고 있어 매트리스의 두께가 클수록 침하억제효과가 클음을 알 수 있다. 그림-5에 의하면 최대 전파응력  $P_{MAX}$ 는 매트리스의 두께가 커짐에 따라 작아지는 경향을 보이고 있어 매트리스의 두께가 하중분산효과에 밀접하게 관계하고 있음을 알

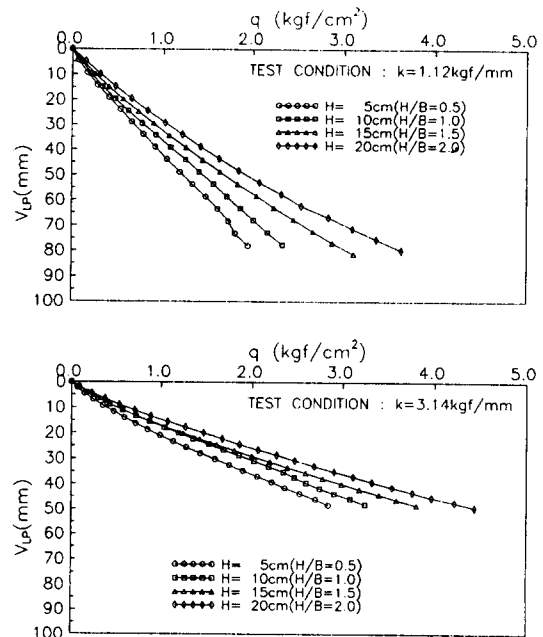


그림-4. 載荷應力 q 와 載荷板沈下  $V_{LP}$ 의 관계

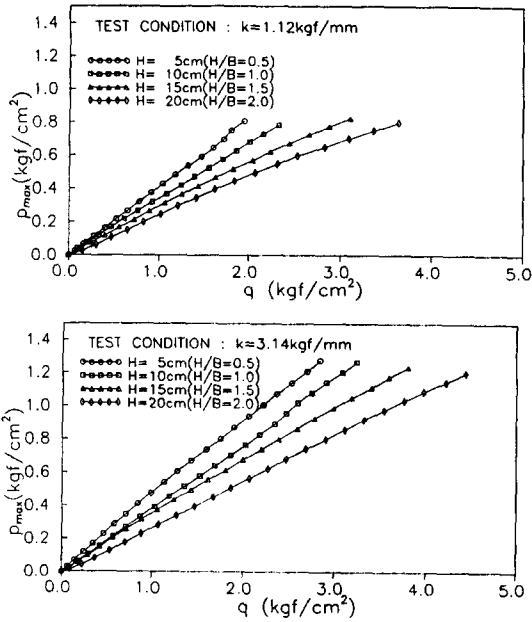


그림-5. 載荷應力  $q$  와 最大傳播應力  $P_{MAX}$  의 관계

수 있다. 또한 하부 모형지반의 반력계수가 크면 클수록 재하에 따르는 재하판 침하가 작아지지만 반면에 최대전파응력  $P_{MAX}$  는 커지는 것을 알 수 있다.

3-2. 下部地盤에서의 荷重分散의 形態

하부모형지반의 反力係數가 각각  $k_r=0.112, 0.314\text{kgf/cm}^3$ 일때 재하응력 증가에 따른 하부지반에서의 荷重分散의 모양을 그림-6, 그림-7에 나타냈다. 각 測定点에서의 전파응력은  $p$ , 매트릭스

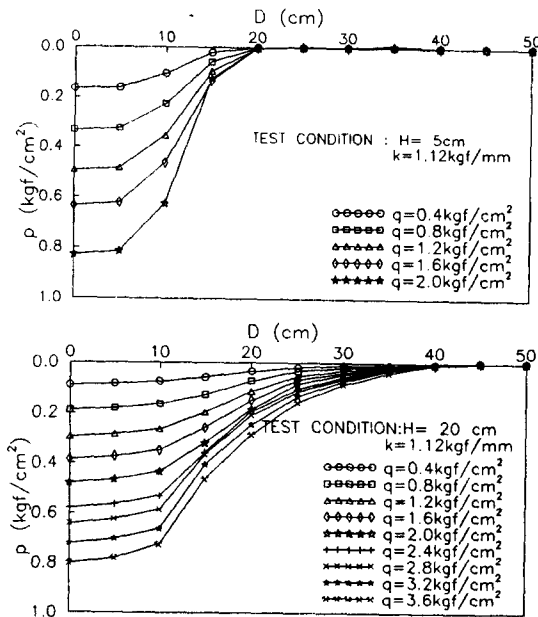


그림-6. 전파응력 分布形狀 ( K=1.12kgf/mm)

스의 중앙부로부터 測定点까지의 거리를  $D$ 로 나타내었다. 그림-6으로부터 매트릭스의 중앙부에 있어서 凸 形상을 갖는 분포를

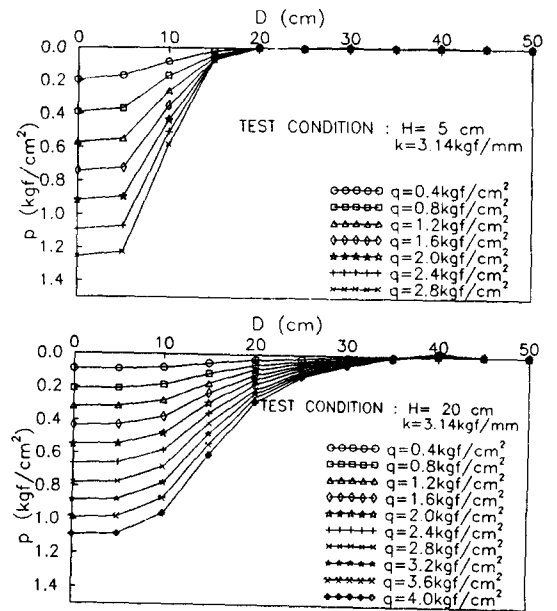


그림-7. 전파응력 分布形狀 ( K=3.14kgf/mm)

보이고 있음을 알 수 있다. 또한 그림-8, 그림-9는 각 재하응력  $q$ 에 대한 연직응력  $p$ 의 분포를 최대 전파응력  $p_{MAX}$ 로 나눈 값을 나타낸 것으로 재하에 따른 規準화된 전파응력의 분포형상의 변

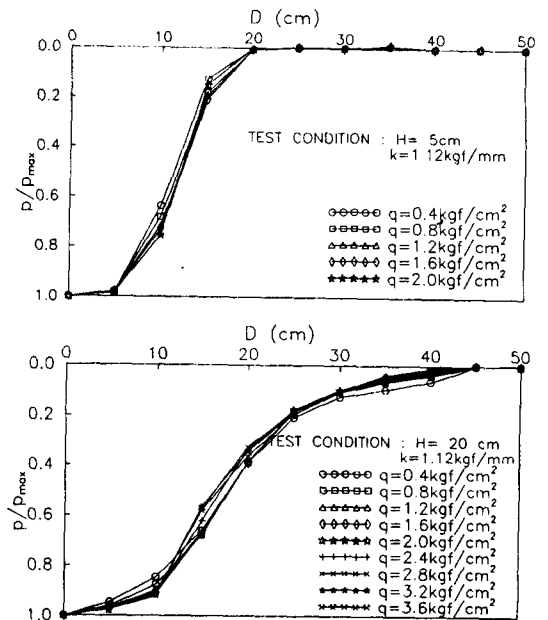


그림-8. 規準화된 전파응력의 形상 ( K=1.12kgf/mm)

화를 표시하고 있다. 전파응력의 分布形狀은 재하응력의 크기 에 따라 현저한 변화는 보이고 있지 않음을 알 수 있다.

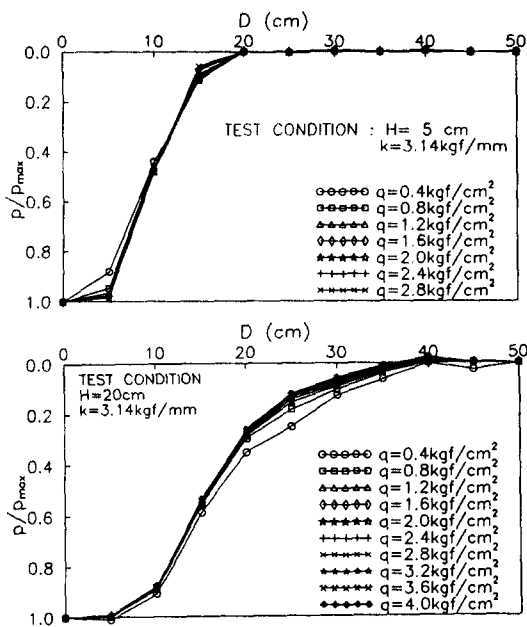


그림-9. 標準化된 전파응력의 형상 (K=3.14kgf/mm)

3-3. 荷重分散 有效幅 L과 그 거동

매트리스의 두께 H가 荷重分散에 미치는 영향을 그림-8에 표시하였다. 이 그림은 載荷應力 2.0kgf/cm<sup>2</sup>에 있어서 매트리스의 두께가 5,10,15,20cm로 다를 경우 傳播應力 p를 매트리스의 中央部로부터 거리 D에 대하여 나타낸 것이다. 그림-10에 의하면 매트리스의 두께 H가 크면 클수록 매트리스의 중앙부의 전파응력 p<sub>MAX</sub>가 감소하고 하중이 넓게 분산되고 있는 것을 알 수 있다. 또한 하부지반 반력계수 k<sub>g</sub>가 크면 클수록 최대전파응력 p<sub>MAX</sub>가 증가하고 더욱凸한 분포를 보이고 있음을 알 수 있다.

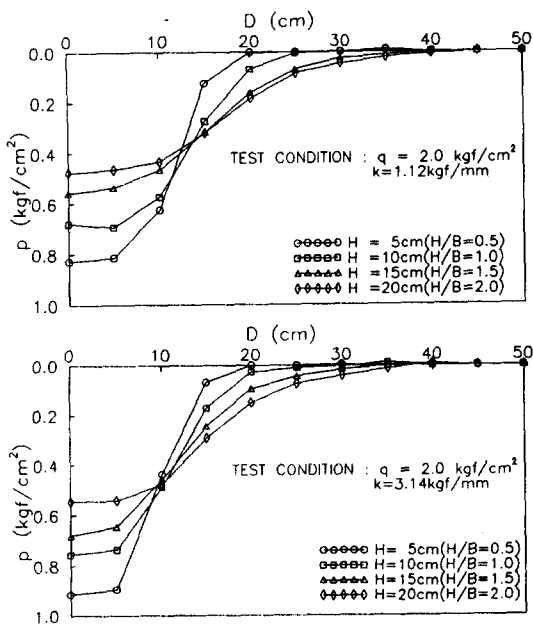


그림-10. 매트리스 두께에 따른 응력분포의 비교 (q=2.0kgf/cm<sup>2</sup>)

이와같은 매트리스기초의 하중분산효과를 평가하기 위해 하중분산유효폭 L를 다음과 같이 정의한다.

$$L = \frac{b \sum_{i=1}^N p}{P_{MAX}}$$

여기서 b는 하부지반을 형성하는 각 金屬브릭의 幅, N은 金屬브릭의 數를 나타낸다. 윗식은 매트리스 중앙부에서의 최대전파응력 p<sub>MAX</sub>가 매트리스기초중의 支持力문제중에 있어서 중요한 지표가 되기 때문에 傳播應力 p<sub>MAX</sub>가 똑같은 크기로 하부지반에 작용하는 것으로 가정했을 경우 有效幅을 정의하고 있다. 그림-11은 재하에 따르는 하중분포 유효폭 L/B의 거동을 나타낸 것이다. 여기서 B는 재하판 폭을 가리킨다. 2 종류의 모형지반에서 똑같이 q≥1.0kgf/cm<sup>2</sup>에 있어서 거의 일정한 값으로 귀착하지만 매트리스의 두께에 따라 L/B의 값은 달라짐을 알 수 있다.

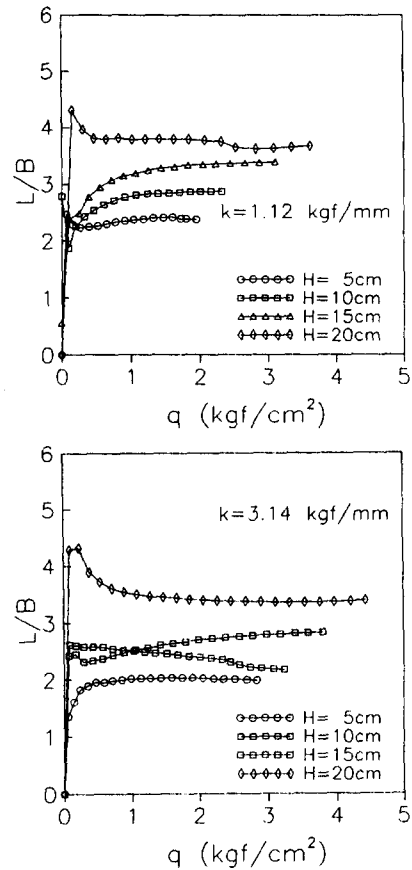


그림-11. 載荷應力 q 와 하중분산유효폭 L/B의 관계

그림-12는 재하에 따르는 최대전파응력비 p<sub>MAX</sub>/q의 거동을 나타낸 것이다. 하중분산유효폭 L/B의 거동과 마찬가지로 q≥1.0kgf/cm<sup>2</sup>에 있어서 거의 일정한 값으로 귀착하지만 매트리스의 두께에 따라 p<sub>MAX</sub>/q의 값은 달라짐을 알 수 있다.

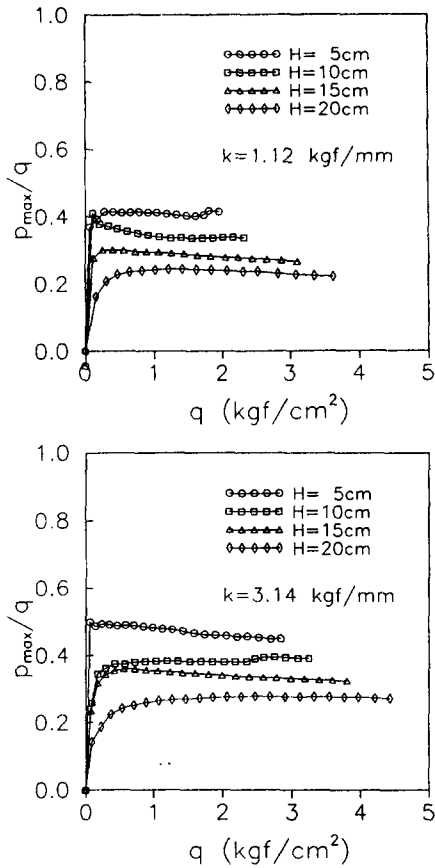


그림-12. 載荷應力  $q$  와 最大傳播應力比  $P_{MAX}/q$  의 관계

3-4. 매트리스의 두께  $H$  및 하부지반의 반력계수  $k_f$ 가 荷重分散에 미치는 영향

재하에 따른 매트리스에 있어서 전파응력  $p$ 의 분포를 정량적으로 파악하는 방법으로 하여 매트리스 중앙부에서 보이는 최대 전파응력  $p_{MAX}$ 와 이에 따라 정의된 荷重分散 有效幅  $L$ 이라 하는 2개의 요소에 착안하는 것이 가능하다. 그림-13에는 하중분

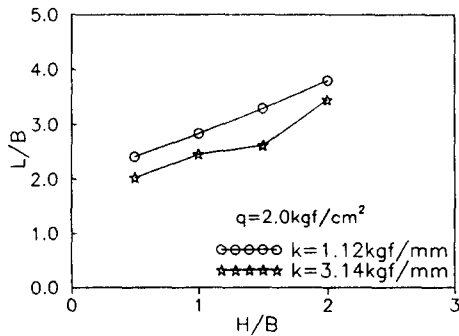


그림-13. 하중분산유효폭  $L/B$  와 매트리스의 두께  $H/B$ 의 관계

산유효폭비  $L/B$  및 최대전파응력비  $p_{MAX}/q$ 의 값이 거의 일정하게 되는, 재하응력  $q=2.0kgf/cm^2$ 에 있어서 하중분산 有效幅比  $L/B$ 값을  $H/B$ 에 대하여 그린것이다. 매트리스의 두께가 크면 클수록 또한 하부모형지반의 반력계수  $k_f$ 가 작으면 작을수록  $L/B$ 는 증가하고 있음을 알 수 있다. 이 그림에 있어서 점근치  $L_{(H/B \rightarrow \infty)}$ 은 채운재료를 삽입하지 않은 지오그리드만을 사용했을 경우에 대한 하중분산폭  $L_0$ 로 간주하는 것이 가능하며  $L_0=2B$ 이다. 이것과는 반대로 최대전파응력비  $p_{MAX}/q$ 는 그림-14에 표시되어 있는것 처럼 매트리스의 두께  $H$ 가 작을수록 또는 하부지반의 탄성계수  $k_f$ 가 클수록 증가하는 것을 알 수 있다.

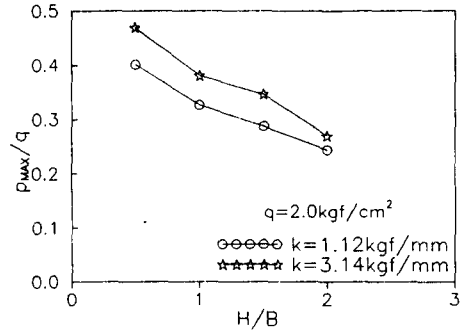


그림-14. 最大傳播應力比  $P_{MAX}/q$ 와 매트리스의 두께  $H/B$ 의 관계

3-5. 張力 測定結果

매트리스 두께 및 하부지반의 반력계수의 변화에 따라 지오그리드에 걸리는 장력의 변화를 파악하기 위해 매트리스기초의 상단부 한 지점에서 張力을 측정하였다.

그림-15는 재하응력  $2.0kgf/cm^2$ 의 경우 지오그리드에 걸리는 장력과  $H/B$ 의 관계를 나타낸 것이다. 장력은 기초의 두께가 크면 클수록 하부지반의 반력계수  $k_f$ 가 작으면 작을수록 증가하는 것을 알 수 있다.

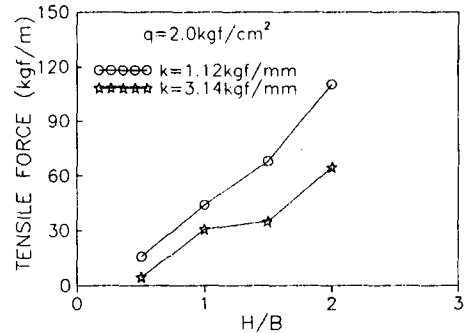


그림-15. 張力과 매트리스 두께  $H/B$ 의 관계

지오그리드에 걸리는 張力의 크기는 재하응력 및 침하에 의한 매트리스 기초의 體積膨脹의 크기에 기인한다고 볼 수 있다. 따라서 실험결과로 볼때 동일한 재하응력의 경우에도 매트리스기초의 두께가 클수록 기초하의 지반이 연약할수록 체적팽창의 정도가 크게 나타나는 것으로 생각되어진다.

#### 4. 結論

수직하중을 받고 있는 지오그리드 매트리스기초의 거동을 파악하기 위해 매트리스의 두께 및 매트리스 기초하의 지반의 강도를 변화시켜 일련의 模型實驗을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 매트리스 두께가 커질수록 동일 재하응력하에 있어서 매트리스 기초의 침하는 작아지는 경향을 보여 매트리스 두께가 크면 클수록 沈下抑制 效果가 큰 경향을 보인다.
- 2) 매트리스를 통해 하부지반에 전파되는 응력의 분포는 하중이 재하되는 중앙부에서 가장 크고 중앙부에서의 거리에 따라 점차 작아지는 凸形 형태를 보이며 傳播應力의 分布形狀은 재하응력의 크기에 따라 현저한 차이는 보이고 있지 않다.
- 3) 하중분산 유효폭 L/B는 재하응력  $1.0\text{kgf/cm}^2$  이상의 경우 응력의 증가에도 불구하고 거의 일정한 값으로 귀착되지만 매트리스의 두께가 커짐에 따라 또한 하부지반의 반력계수가 작으면 작을수록 荷重分散有效幅은 점차 커지는 경향을 보인다.
- 4) 최대전파응력비  $P_{MAX}/q$ 는 재하응력  $1.0\text{kgf/cm}^2$  이상의 경우 응력의 증가에도 불구하고 거의 일정한 값으로 귀착되지만 매트리스의 두께가 커짐에 따라 또한 하부지반의 반력계수가 작으면 작을수록 最大傳播應力比는 작아지는 경향을 보인다.
- 5) 지오그리드에 발생하는 張力은 재하응력이 일정할 경우 매트리스의 두께가 커짐에 따라 또한 하부지반의 반력계수가 작으면 작을수록 증가하는 경향을 보인다.

#### 參考文獻

1. 土質工學會(1984), 補強土工法, 土質基礎工學 라이브러리, No. 29.
2. 宋岡 元, 高木 信, 西井 正浩(1992), 粒狀體地盤の有効な支持力補強方法, 土木工學會學術論文講演會, pp. 1194-1195.
3. Ochiai, H., Matsushita, H. and Hayashi, S. (1986) Foundations for buildings on grounds containing sulphuric ion, Tsuchi to Kiso, 34:6:45-50.
4. ジオグリッド研究會(1990), ジオグリッド工法ガイドライン 1分冊(材料試驗法, 設計法)
5. 朱宰佑, 落合 英俊, 林 重德, 大谷 順(1993), ジオグリッド マットレス 基礎の荷重分散效果, 第48回土木工學會學術論文講演會, pp. 1176-1177.
6. Fukuda, N, Taki, M, Sutoh, Y(1987), Foundation Improvement by Polymer Grid Reinforcement, Proc. 8th Asian Reg. Conf. SMFE, Kyoto, Japan, pp. 365-368