

# 静的及び繰返し荷重場にある構造物支持地盤の支持力特性とその評価

室蘭工業大学工学部	正会員	川村 志麻
北海道大学大学院工学研究科	正会員	三浦 清一
専修大学北海道短大	正会員	横浜 勝司
北海道大学大学院工学研究科	学生員	宮浦 征宏

## 1. はじめに

構造物を支持する地盤では、外力の条件によって支持力特性は変化する。本研究では、繰返し鉛直及び静的中心、偏心荷重を受ける構造物・地盤系の支持力特性を模型実験により調べた。特に、載荷方法によらない支持力の評価法について検討した。

## 2. 試験装置と試験方法

装置は、従来から用いている二次元平面ひずみ模型土槽と載荷装置である。模型構造物は高さ  $D$ 、幅  $B$  とともに 100mm のものと幅のみを 200mm にしたものをを用いた。これらの装置の詳細は既報<sup>1)2)</sup>に詳しい。模型地盤は、豊浦標準砂 ( $\rho_s = 2.65\text{g/cm}^3$ ,  $\rho_{d\max} = 1.648\text{g/cm}^3$ ,  $\rho_{d\min} = 1.354\text{g/cm}^3$ ) をサンドポッパーから空中落下させる方法で作製し、相対密度  $Dr=50$ , 80% の地盤を得た。

行なった試験は図 - 1 (a), (b) に示すように、繰返し鉛直、水平載荷試験 (Cyclic Vertical or Cyclic Horizontal Loading Test: CVL または CHL と略称) と静的中心、偏心載荷試験 (Static Central or Static Eccentric Loading Test: SCL または SEL と略称) である。また波浪場の応力条件を再現した試験 (WRT と略称) も併せて行なっている<sup>1)2)</sup>。ここで繰返し載荷試験では左右のロード 2 本 ( $P_{VL}$ ,  $P_{VR}$  または  $P_{HL}$ ,  $P_{HR}$ ) により半正弦波荷重を周期 4 秒で交互に模型構造物に与えている。静的載荷試験では、(b)

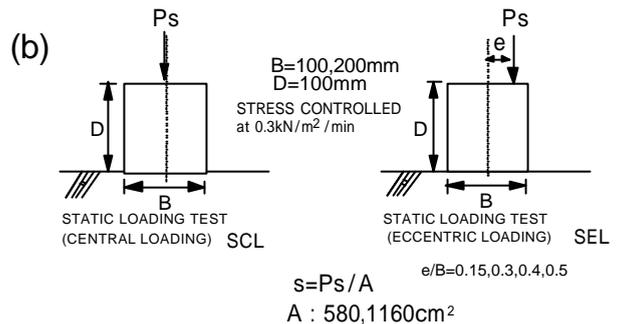
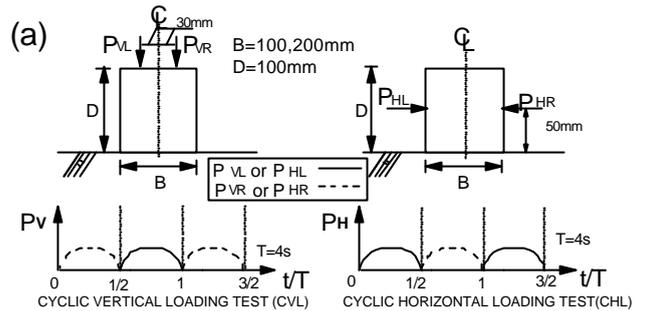


図 - 1 載荷方法

図に示すように  $0.3\text{kN/m}^2/\text{min}$  で鉛直荷重  $P_s$  を模型構造物に与えた。偏心載荷試験では、載荷初期の偏心度  $e/B$  (偏心距離  $e$  を構造物の幅  $B$  で正規化した値) が 0.15, 0.3, 0.4, 0.5 になるように設定している。なお、構造物・地盤の変形量は沈下量によって評価し、構造物の左右の卓越する方を  $S_{V\text{major}}$  と定義した。

## 3. 試験結果と考察

図 - 2 は、静的載荷試験における載荷応力  $s (= P_s / A : A$  断面積 580 ( $B=100\text{mm}$ ), 1160 ( $B=200\text{mm}$ )  $\text{cm}^2$ ) と沈下量比  $S_{V\text{major}}/B$  (沈下量/構造物幅) との関係を偏心度ごとに整理したものである。ここでは  $Dr=80\%$  の場合についてのみプロットした。図より、偏心度が増加することによって支持力が低下していることがわかる。本研究では、沈下量比が 0.1 程度で塑性くさびの明確な発生が確認された。この時点の支持力を極限支持力として以下の考察を行っている。図 - 3 には、繰返し鉛直載荷試験の代表的な結果を示した。  $Dr$  は 80% である。図は、繰返し鉛直応力  $\sigma_v$  と沈下量比が  $S_{V\text{major}}/B=3\%$ , 5%, 10% に至るに必要な繰返し載荷回数  $N_c$  との関係により整理されている。図より、構造物・地盤系の繰返し強度は、室内要素試験と同様の疲労曲線型となる。このことは、CHL 試験及び WRT 試験においても得られている<sup>1)2)</sup>。

これらの静的及び繰返し荷重場で得られた地盤の強度を合理的に評価できるような破壊基準を検討した。

キーワード：繰返し荷重, 単調荷重, 支持力, 模型実験, 砂

連絡先：〒050-8585 室蘭市水元町 27 - 1, 室蘭工業大学建設土木工学科, TEL 0143-46-5282, FAX 0143-46-5283

図 - 4 は、静的荷重試験 (SCL, SEL) における地盤が極限支持力に達したときのモーメント  $M$  と鉛直力  $V$  の関係を示している。モーメントは構造物の底部中心で算出した。図中には繰返し鉛直荷重試験 (CVL) の結果も併せてプロットしている。ここで、CVL 試験では静的荷重試験と同様に、沈下量比が  $S_{vmajor}/B=0.1$  に至った点を破壊とし、 $S_{vmajor}/B=10\%$  の曲線の収束値を繰返し強度  $v_u$  とした(図 - 3 参照)。構造物・地盤系の支持力特性は、従来より報告されているような放物線状の破壊包絡線 (図中の挿入式<sup>3)</sup>) を示すようである。また、構造物の幅や地盤の密度の違いにより破壊包絡線の大きさは変化するが、静的荷重 (SCL, SEL) と繰返し荷重 (CVL 試験) のような荷重方法による破壊点の違いは認められない。このことは、荷重方法の違いによらず、地盤の支持力を一義的に評価できることを示すものである。また過去に行なった研究<sup>4)</sup>では、構造物支持地盤の変形挙動は、荷重方法よりは構造物の沈下形態に強く依存することが明らかにされている。支持力特性についてもこの事実を支持する結果になった。

次に、繰返し荷重試験における荷重方向が水平方向である場合について、同様な整理を行なった。図 - 5 は、CHL 試験と WRT 試験におけるモーメント  $M$  と水平力  $H$  との関係を示したものである。WRT 試験は波浪場を再現した試験であるが、鉛直力よりも水平力が卓越して生じる荷重条件であるので、ここでの評価に用いている。前述のように水平荷重試験においても放物線状の破壊包絡線が得られている。しかしながら、鉛直荷重試験とは異なり、破壊包絡線は相対密度に依存しないようである。破壊形態が沈下より滑動が卓越するようなパターンであるために、このような支持力特性になったものと考えられる。

以上のことから、外力の作用方向が水平方向に卓越する場合においても、鉛直荷重条件と同様の形状の破壊基準が存在し、その特性は地盤密度によらないことが明らかにされた。

#### 4. まとめ

静的及び繰返し荷重のような荷重条件に関わらず、地盤の破壊は、1つの破壊基準で表現されることを明らかにした。このことから、たとえば、波浪場のような複雑な荷重条件下にある構造物・地盤系の支持力・変形特性をより簡便に評価できることが示唆された。

参考文献 (1)川村ら(1999):土木学会論文集, No.624/ -47, pp.65-76. (2)川村ら(1999):土木学会論文集, No.624/ -47, pp.77-89. (3)例えば, Butterfield, R. and Gottardi, G. (1994): Geotechnique, Vol.44, No.1, pp.181-184. (4)宮浦ら(1999):地盤工学研究発表会発表講演集 pp.1045-1046.

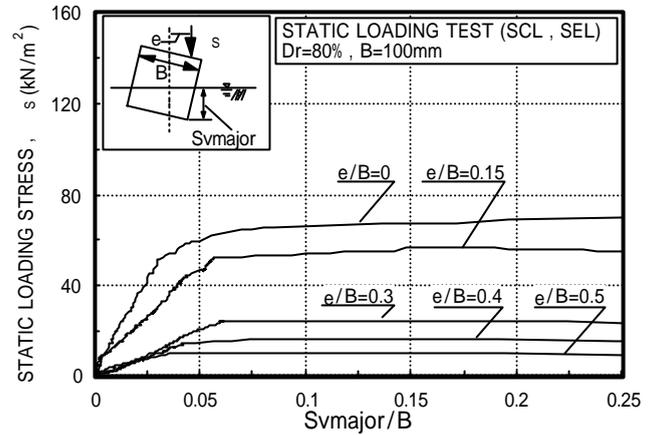


図 - 2 応力 沈下量の関係

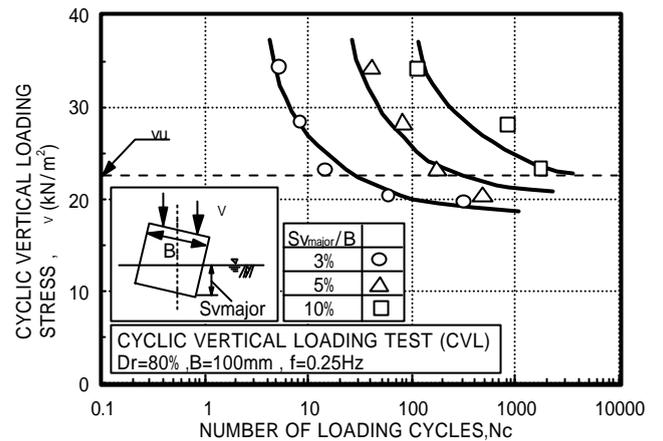


図 - 3 繰返し応力と繰返し回数の関係

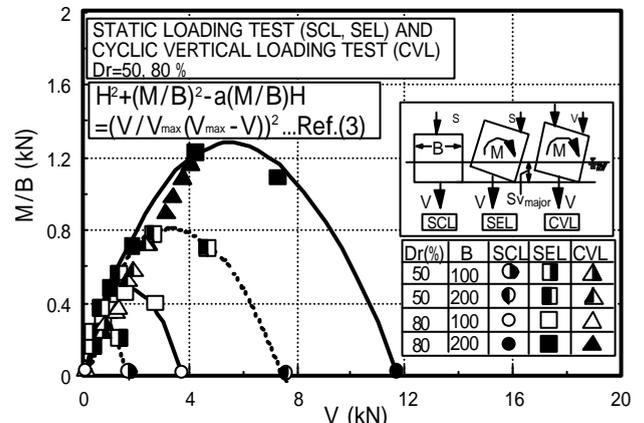


図 - 4 鉛直荷重試験の M - V 関係

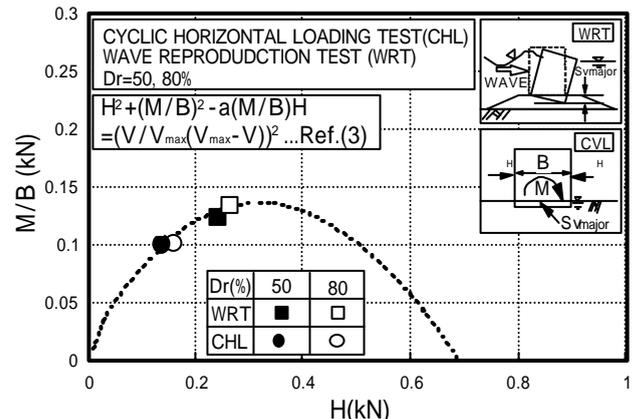


図 - 5 水平荷重試験の M - H 関係