地盤の堆積条件を考慮した構造物・地盤系の側方変位量推定法

専修大学北海道短期大学土木科	正会員	○横浜	勝司
室蘭工業大学工学部建設システム工学科	正会員	川村	志麻
北海道大学大学院工学研究科	フェロー	三浦	清一
室蘭工業大学大学院建設システム工学専攻	学生会員	柴田	泰孝

1. はじめに

種々の荷重条件下にある構造物・地盤系の力学挙動を調べるために、一連の模型試験¹⁾²⁾が行われている.本 研究では、地盤の堆積条件を変化させた模型地盤について一連の静的載荷試験を行い、地盤の側方変位量推定法 を提案した.得られた推定値と実測値との比較を行い、その妥当性を併せて検討している.

2. 試験装置および方法

ー連の試験は、二次元平面ひずみ模型土槽および種々の載 荷が可能な装置¹⁾を用いて行われている.模型土槽の内寸法 は幅 2,000mm,高さ 700mm,奥行き 600mm である.模型地 盤は、豊浦標準砂($\rho_s=2.65g/cm^3$, $\rho_{dmax}=1.648g/cm^3$, $\rho_{dmin}=1.354g/cm^3$)を底部にスリットを有するサンドホッパー(高さ 640mm,頂角 30°)を介して空中落下させることにより作製さ れた.地盤の相対密度 Dr は 50,80%である.なお、地盤の堆 積条件は土槽を任意の角度まで傾斜させることによって変化 させている¹⁾.本研究では、鉛直方向と堆積面とのなす角度 (反時計回り)を堆積角βと定義し、 $\beta=90,75,60,55^\circ$ の初期 構造異方性を有する地盤について試験を行った¹⁾.

試験は、中心載荷(Static Central Loading Test;以下 SCL と 略称)および偏心載荷(Static Eccentric Loading Test;以下 SEL と略称)条件下の静的載荷試験であり、応力制御 σ s(荷重 Ps/ 構造物底面積A)=0.3kN/m²/min の下で行われている. **図**-1 にそれらの試験方法を示す. 偏心距離 e は模型構造物の中心 から載荷点までの距離であり、試験開始時の偏心度 e/B(偏心 距離 e と構造物幅 B の比)が 0.15, 0.3, 0.5 になるように設定 されている.



図-1 載荷方法(静的中心, 偏心載荷条件)



図-2は変形の定義を示している.本研究では、構造物天端の鉛直変位量 Y_L , Y_R と構造物の幾何学的関係から算出した左右の沈下量 S_{VL} , S_{VR} の卓越した方の値を沈下量 S_{Vmajor} と定義している.また左右の沈下量の差を不同沈下量 S_{Vdif} (= | S_{VL} - S_{VR} |)として、構造物の傾斜の程度を示す指標とした.地盤内の側方変位量は、地盤内に挿入されたスパゲティの変形量を測定することによって把握されている.左右のスパゲッティの変形量を δ_L , δ_R とし、卓越した方の最大値を最大側方変位量 δ_{max} とした.さらに、堆積面と載荷方向を規定するために、構造物の左側から荷重を与えている.このような載荷条件及び地盤条件下で一連の載荷実験が行われた.

3. 結果と考察

静的載荷条件での構造物・地盤系の側方流動挙動を調べるために、図-3は最大側方変位量 δ_{max} と沈下量比 S_{Vmajor}/Bの関係を示している.なお β =90°の地盤条件である.図より、構造物の沈下が進行するにともない、地 キーワード:側方流動、沈下、変形、模型実験、砂

連絡先:〒079-0197美唄市光珠内町,専修大学北海道短期大学土木科,TEL 01266-3-0246, FAX 01266-3-4071

-424-

盤の側方変位が大きくなることが分かる.特に SEL におい ては,沈下量比がある値に達すると最大側方変位量 δ_{max} の 増加割合が急増している.なお,この傾向は β が変化して も同様に見られる.これより,地盤の側方変形挙動は構造 物の沈下性状の影響を強く受けると考えられる.そこで, 地盤の側方流動挙動と構造物の沈下特性の関係を調べた. **図-4**は,**図-3**中の変曲点に至るまでの δ_{max} と不同沈下 量 $S_{Vdif.}$ を沈下量 S_{Vmajor} により正規化した値との関係として 示している.図より,いづれの試験条件においても線形関 係にあることが分かる.この関係に基づいて,地盤の最大 側方変位量 δ_{max} と構造物の沈下量 S_{Vmajor} ,不同沈下量 $S_{Vdif.}$ の関係を整理した.すなわち,以下のような関係が成立つ.

$$\delta_{\text{max}} = -\mathbf{A} \cdot \mathbf{S}_{\text{Vdif.}} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{S}_{\text{Vmajor}} \qquad \cdots (1)$$

ここで A は図中の直線勾配, B は直線の切片値である. な お, 定数 A(直線勾配)は地盤の堆積角 β の違いに関わらず一 定(ここでは 0.48)である. 一方, 定数 B は, 地盤の側方流動 変形に及ぼす堆積構造異方性の影響を示す値である. した がって, この事実は構造物の不同沈下量 S_{Vdif} および沈下量 S_{Vmajor} が求まれば, 最大側方変位量 δ_{max} が一義的に決まる ことを示すものである.

一方,筆者らは波浪力のような繰返し荷重を受ける構造物の沈下量 S_{Vmajor}および不同沈下量 S_{Vdif}を天端2点の計測値により求める方法を以下のように提案している³⁾.

$$S_{Vmajor} = \frac{Y_L + (B/2 - e_d)(Y_L - Y_R)/2e_d + a[(Y_L - Y_R/2e_d)]^2}{1 - (V/V)(C/C)(B/H_S)(Y_L - Y_R)/2e_d} \qquad \dots (2)$$

$$S_{Vdif} = \frac{B \cdot (Y_L - Y_R)}{2e_d} \qquad \dots (3)$$

ここで、 Y_L 、 Y_R :構造物天端左右2地点での鉛直変位計測値、 **B**:構造物幅、 $2e_d$: 2地点での鉛直変位測定点間の距離、a: 波力の作用位置、 H_s :地盤厚、 V_{δ}/V_{ρ} :土量比³⁾、 C_{δ} 、 C_{ρ} : 側方流動および沈下に関する変形パラメータ³⁾である.なお 過去の研究より、(2)、(3)式の妥当性は確認されている.こ れらの提案式と(1)式を用いて、天端2点の計測値から側方変



形量の推定を行った.図-5は実際の海洋構造物・地盤系における側方変位量の実測値と本推定値を比較した結 果を示している.なお実測データは水産工学研究所技報(平成元年)⁴⁾に報告されたものを用いた.実測値では,構 造物天端での4地点の沈下量を平均して算出されているため,ここでは偏心度 e/B=0 の条件で推定を試みた.ま た,推定を行うための地盤条件として,相対密度 Dr=80%で β=90°(定数 A=0.48, B=0.8 に相当)および相対密度 Dr=50%で β=55°(定数 A=0.48, B=0.35)の2つを想定した.図より,推定結果は実測値を上回るようであるが, 地盤の異方性と密度の影響を適切に考慮すれば,両者の一致度が良好になると考えられる.なお,この実測値は, A=0.48, B=0.14 のケースに対応するようである.このように,本推定式は構造物支持地盤の側方変位量の推定を 行う上で有用であると言える. <<参考文献>> 1)川村ら(2001):第36回地盤工学研究発表会講演集(印刷中).2)川村ら (1999):土木学会論文集,No.624/II-47,pp.65-75.3)横浜ら(2000):海岸工学論文集,Vol.47,No.2,pp.936-940.4)水産 庁水産工学研究所(1989):水産工学研究所技報,Vol.11.

-425-