

水産庁水産工学研究所 正 員 大 槇 正 紀
千葉工業大学 大学院 西 村 右 敏

はじめに 防波堤、岸壁などの土木構造物は重力などの鉛直荷重とともに、波力、地震力、裏込め土圧などの水平荷重を受ける。本文はこのような偏心傾斜した荷重を受ける地盤の支持力・変形挙動を明らかにする目的で、模型粘性土地盤で偏心傾斜荷重の載荷試験を行なった結果を示したものである。

試験方法と試験に用いた試料 試験は小型土槽(内寸法が $W100\text{cm} \times D20\text{cm} \times H43.5\text{cm}$ の鋼製で、前面が補強鋼つきガラス壁)に含水比を60%に調整した練り返し藤の森粘土($w_L=56.7$ 、 $PI=29.5$ 、 $G_s=2.673$ 、砂分10.8%、シルト分60.9%、粘土分28.3%、日本統一土質分類CL)を約25cmの高さまでセットした後、両面排水条件のもとに圧密圧力 0.1 、 0.2kgf/cm^2 の2段階で圧密を行った。圧密終了後、図1に示した載荷装置を取り付け、ゴム袋により最終圧密圧力をかけた状態で鉛直および水平荷重を同時にかけて荷重制御による急速載荷試験(各段階の載荷時間25分)を行なった。載荷中、鉛直、水平方向の荷重、変位および載荷板の回転角を測定した。なお、載荷板の幅は10cmである。

試験結果 図2(a)に載荷圧経路を示す。試験1、2は、水平載荷圧 p_h をゼロとし、鉛直載荷圧 p_v のみを増加(以後この経路を鉛直経路と呼ぶ)した後、 p_v を一定として p_h のみを増加させる経路(水平経路と呼ぶ)の試験である。試験3~5は、 p_h/p_v がほぼ一定の経路(放射経路と呼ぶ)の試験である。試験6、7は、 p_v と p_h/p_v を同時に変化させる経路(中間経路と呼ぶ)の試験である。図2(b)に、各試験の載荷板の水平変位量 δ と鉛直沈下量 d の関係を示す。

図3(a)、(b)に、それぞれ各試験の $p_v \sim d$ 関係および $p_h \sim \delta$ 関係を示す。図より載荷圧経路の違いによる影響は、 $p_v \sim d$ 関係では比較的少ないが、 $p_h \sim \delta$ 関係ではかなり大きく、載荷圧経路依存性を示している。

図4(a)、(b)、(c)にそれぞれ鉛直・水平経路、放射経路、中間経路に対する各載荷段階における変位増分ベクトルを矢印で示す。図より、変位増分比 $\Delta\delta/\Delta d$ は、水平経路および中間経路では p_h/p_v の増加とともに増加しているが、放射経路ではほぼ同じとなっている。

載荷板の変位に関する考察 ここでは、載荷板の変位量の載荷圧経路依存性を考慮して、変位増分の鉛直および水平成分を放射経路による成分 $(\Delta d)_r$ 、 $(\Delta\delta)_r$ と水平経路による成分 $(\Delta d)_h$ 、 $(\Delta\delta)_h$ の和として式(1)のように表わす。はじめに、水平経路

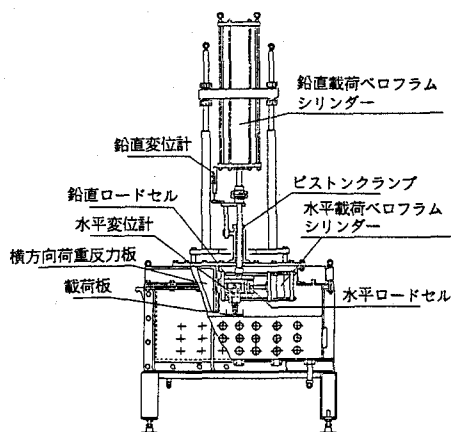


図1 土槽正面図(載荷時)

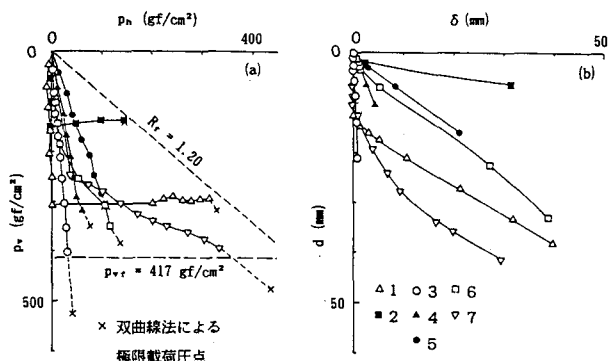


図2 (a) 載荷圧経路、(b) 載荷板の変位経路

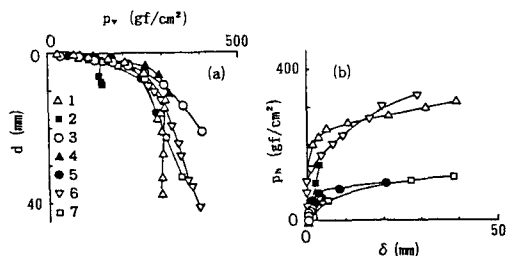


図3 (a) $p_v \sim d$ 関係、(b) $p_h \sim \delta$ 関係

成分について考える。図5 (a) に示したように $p_n/p_v \sim d_n/d_o$ 関係 (d_o は鉛直経路から水平経路に移る時の鉛直変位、 d_n は水平経路で発生した鉛直変位) は双曲線とみなすことができ、これを式 (2)、(3) のように表わす。ここに、 α_n 、 β_n は定数である。また、変位増分比 $(\Delta d/\Delta \delta)_n$ と p_n/p_v の関係を図5 (b) に示した

$$\begin{aligned} \Delta d &= (\Delta d)_r + (\Delta d)_n \\ \Delta \delta &= (\Delta \delta)_r + (\Delta \delta)_n \\ \frac{p_n}{p_v} &= \frac{\alpha_n \cdot d_n/d_o}{\alpha_n + \beta_n \cdot d_n/d_o} \\ (\Delta d)_n &= \frac{\alpha_n \cdot d_o \cdot \Delta (p_n/p_v)}{(1 - \beta_n \cdot p_n/p_v)^2} \\ \frac{(\Delta d)_n}{(\Delta \delta)_n} &= B \left(1 - \frac{p_n/p_v}{R_r}\right) \\ p_v &= \frac{d_r}{\alpha_r + \beta_r \cdot d_r} \\ (\Delta d)_r &= \frac{\alpha_r \cdot \Delta p_v}{(1 - \beta_r \cdot p_v)^2} \\ \frac{(\Delta \delta)_r}{(\Delta d)_r} &= \frac{A \cdot R_r \cdot p_n/p_v}{(R_r)^2 - (p_n/p_v)^2} \end{aligned}$$

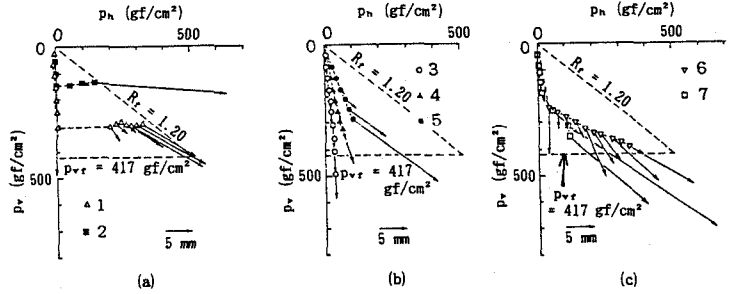


図4 (a) 鉛直-水平経路、(b) 放射経路、(c) 中間経路

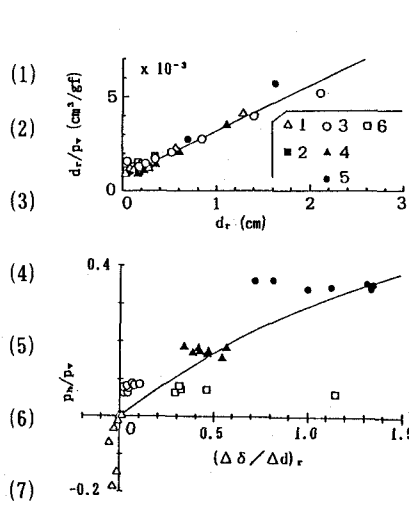


図6 放射経路上での挙動

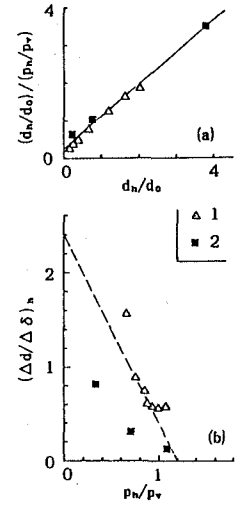
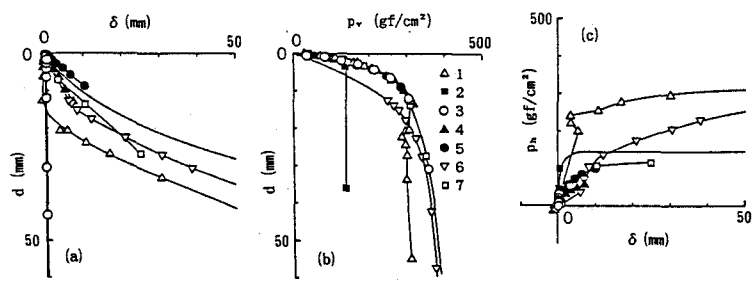


図5 水平経路

破線で表わされるとすれば、式 (4) を得る。ただし、 B 、 R_r は定数であり、 R_r は破壊時の載荷圧比を表わす。つぎに、放射経路について考える。放射経路の鉛直変位 d_r と p_v の関係が図6 (a) に示したように双曲線で表わされるとして、式 (5)、(6)



のように表わす。ここに、図7 (a) $d \sim \delta$ 関係、(b) $p_v \sim d$ 関係、(c) $p_n \sim \delta$ 関係 (計算結果) α_r 、 β_r は定数である。また、この経路での変位増分比 $(\Delta \delta / \Delta d)_r$ を式 (7) のように表わせるとしたときの関係を図6 (b) に示す。ただし、 A は定数である。

図7 (a) ~ (c) に、上で得られた定数値 ($B=2.40$ 、 $R_r=1.20$ 、 $\alpha_n=0.25$ 、 $\beta_n=0.86$ 、 $A=1.91$ 、 $\alpha_r=0.00079 \text{ cm}^3/\text{gf}$ 、 $\beta_r=0.0024 \text{ cm}^2/\text{gf}$) を用いた式 (1) ~ (7) による計算結果を示す。実験結果と同様の傾向を示している。なお、図2 (a) および図4には、水平経路に対する破壊時の載荷圧比 $R_r=1.20$ および放射経路に対する極限支持力 $p_{vr}=1/\beta_r=417 \text{ gf/cm}^2$ を破線で示した。一軸圧縮試験より得られた地盤支持力は $p_{vc}=5 \cdot c_u=220 \text{ gf/cm}^2$ ($p_{vc}/p_{vr}=0.53$) であった。破壊時に載荷坂が地盤中にめり込むことにより、大きい極限載荷圧比 $R_r (=1.20)$ を示している。また、破壊時の載荷坂の回転角は時計回りに最大で7度程度であった。