土木学会第52回年次学術講演会（平成９年９月）

Ⅲ－B26　斜面地盤における矢板の水平支持力特性及び斜面安定解析に関する研究

広島大学　学生会員　○　呉　正林
東京工業大学　正会員　日下部　治
広島大学　正会員　佐々木　康

１．はじめに

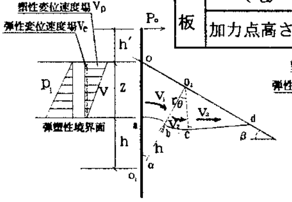
論文「斜面地盤における矢板の水平支持挙動に関する研究」[1]では、矢板載荷実験の概要及びその結果と考察についで記述した。本論文では、前論文中で検討した斜面地盤の破壊メカニズムに基く解析を行い、その解析結果及び実験結果との比較について報告する。

表－１　解析に用いた材料定数

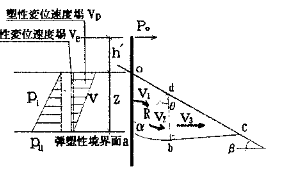
地盤	単位体積重量　$\gamma(kgf/cm^3)$		0.00136
	非排水せん断強度$C_u(kgf/cm^2)$		0.11
	地盤変形係数　$E(kgf/cm^2)$		4.67
	内摩擦角　ϕ（°）		0.0
矢板	曲げ剛性 $EI(kgf \cdot cm^2)$	（厚さ10mm）	3135
		（厚さ15mm）	10580
	加力点高さ　h'（cm）		14

２．解析の概要

地盤の塑性化領域の受働抵抗の解析は、地盤の破壊メカニズム及び力学特性を考慮し、極限解析法の上界定理に基づく計算法（上界法）を用いて実施した。矢板の解析は、上界法解析から得られた受働土圧強度を用い、複合地盤反力法により行った。解析に用いた材料定数を表－１に示す。



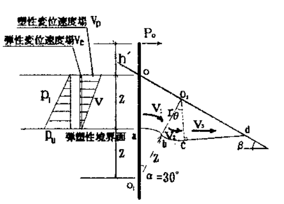
基本破壊メカニズム
図－１



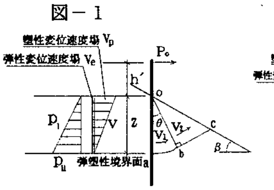
破壊メカニズムD
図－２

１）塑性化領域の受働抵抗の解析

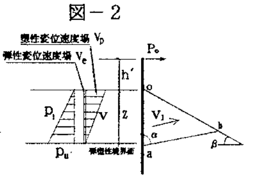
可容速度場は変速度場及び定速度場２種類、地盤の可能な破壊メカニズムは図－１～５に（変速度場のみ）示す５種類を設定した。全部で１０ケースの解析を行った。



破壊メカニズムA
図－４



破壊メカニズムB
図－３



破壊メカニズムC
図－５

上界法により各ケースの支持力関数表現式を求めた後、この支持力関数式を最小化パラメーターで極小化した。基本メカニズムと破壊メカニズムDは破壊メカニズムBと同じ結果になった。また、解析結果と実験結果を比較すると、変速度場の各ケースの解析結果は実験値より大き過ぎる。定速度場の解析結果では、破壊メカニズムAは実験値のそれを上回っている。破壊メカニズムCは実験値よりやや小さい。破壊メカニズムBと実験値は最も近い。定速度場の各ケースの解析結果を表－２に示す。斜面勾配の変化に着目した破壊メカニズムBと破壊メカニズムCの解析結果の関係を表－３に示す。

表－３　斜面勾配と上界解関係

斜面勾配	上界法／極限釣合法
10°	1.36
20°	1.35
30°	1.34
40°	1.26
50°	1.15
60°	1.08

表－２　上界法による極限状態の土圧計算結果一覧

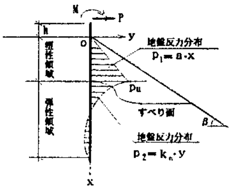
実験ケース	斜面勾配（°）	（定速度場）メカニズムA		メカニズムB		メカニズムC		実測値	
		R_u	p_u	R_u	p_u	R_u	p_u	R_u	p_u
実験１	30°	2.930	0.586	1.696	0.339	1.289	0.258	1.550	0.310
実験２	40°	2.493	0.498	1.298	0.259	1.046	0.209	0.900	0.180
実験３	50°	1.330	0.379	0.651	0.186	0.569	0.162	0.630	0.180
実験４	40°	2.493	0.498	1.160	0.259	0.993	0.209	0.910	0.190
実験５	50°	2.272	0.379	1.116	0.186	0.987	0.164	1.050	0.175
実験６	30°	1.832	0.519	1.183	0.338	0.898	0.257	1.190	0.310
実験７	40°	2.740	0.498	1.428	0.259	1.153	0.209	1.020	0.185

注：$R_u(kgf)$ $p_u(kgf/cm)$は実験と同じ塑性化領域深さの受働土圧合力及び強度

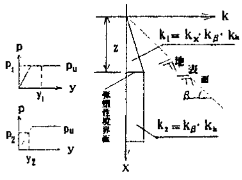
キーワード：斜面、矢板、破壊メカニズム、土圧
連絡先：広島大学工学部構造工学専攻土質研究室　Tel(Fax):0824-24-7785

２）矢板の解析

塑性化領域の地盤反力分布は、実験で観察した分布状態に基づき、三角形線形分布と仮定し、反力強度は上界法の計算結果を利用する。弾性領域の地盤反力は$p_2 = k_h \cdot y$の仮定を採用する。



図－６　解析モデル

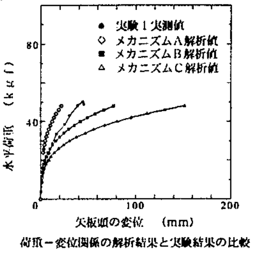


図－７

解析モデルを図－６に示す。基本微分方程式は

$$EI\frac{d^4y}{dx^4} + p(x,y) = 0 \qquad (1)$$

である。水平方向の地盤反力係数は、地盤の傾斜角及び深さ要素の影響を考慮して、斜面勾配影響係数k_β及び深さ影響係数k_xを用い評価する。斜面勾配βが０°（平面）になると、k_βは１になり、斜面勾配が安息角ψならば、k_βは０になることが分かる。この二つの特異点の間は、寺師、北詰ら[2]及び大志万、佐藤ら[3]の実験結果を用い、線形分布と設定できる。斜面勾配影響係数は



荷重－変位関係の解析結果と実験結果の比較

図－８

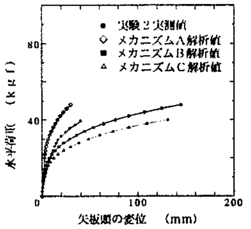
$$k_\beta = 1 - \beta / \psi \qquad (2)$$

である。深さ影響係数k_xは塑性化領域のみ考えて

$$k_x = x / z \qquad (3)$$

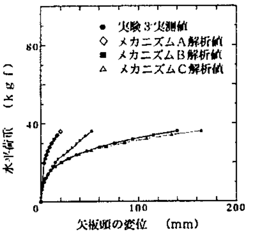
である。斜面地盤の地盤反力係数は図－７に示す。

ここに、k_h平坦地盤の地盤反力係数。



荷重－変位関係の解析結果と実験結果の比較

図－９



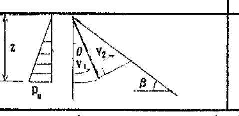
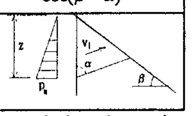
荷重－変位関係の解析結果と実験結果の比較

図－１０

３．解析結果と実験結果の比較

定速度場破壊メカニズムＡ、Ｂ、Ｃの上界法解を用い、複合地盤反力法により求めた荷重－矢板頭変位関係（斜面勾配３０°の実験１、４０°の実験２、５０°の実験３を例とし）を実測値とともに図－８～１０に示す。この結果から見ると、破壊メカニズムＡは危険側になり、破壊メカニズムＢとＣは安全側になっている。破壊メカニズムＢは破壊メカニズムＣ（破壊メカニズムＣの上界解析結果と現行設計体系の極限釣合法の解析結果と同じ）より更に実測値より近い。斜面勾配の変化については、斜面勾配が小さい時、破壊メカニズムＢと破壊メカニズムＣの計算結果の差が大きく、斜面勾配が大きいと、両者の差が小さくなる。それぞれの計算中上界法定速度場破壊メカニズムＢは塑性化領域の受働抵抗や、矢板頭の変位の計算精度が他の計算より良い。

表－４　塑性化領域受働抵抗強度評価式

斜面勾配β＜４５°	斜面勾配β≧４５°
$p_u(z,\theta) = c_u \cdot N_c + \frac{\gamma \cdot z}{2} N_\gamma$ $N_c = 2[2\theta + \cot(\beta+\theta)]$ $N_\gamma = 2[\cot(\beta+\theta)\sin\theta - \cos\theta]$	$p_u(z,\theta) = c_u \cdot N_c + \frac{\gamma \cdot z}{2} N_\gamma$ $N_c = \frac{2\cos\beta}{\sin\alpha \cdot \cos(\beta-\alpha)}$ $N_\gamma = \frac{2\sin\beta \cdot \cos\alpha}{\cos(\beta-\alpha)}$
	

４．支持力評価式の提案

上界法により矢板前の塑性化領域の水平支持力評価式（表－４に示す）を提案する。

５．あとがき

本解析法や現行設計計算法（極限釣合法）とも地盤が完全剛塑性材料を模擬している。実際の地盤は理想な剛塑性材料ではない。両方とも地盤の真実な破壊メカニズムを忠実に模擬することができなく、近似的な方法である。しかし、本解析法は解析モデルが簡単で、理解し易い。斜面勾配が４５°より小さい時、破壊メカニズム中の過渡領域は斜面勾配の変化に対応して理想的な過渡ができ、計算精度が高い。実際問題への適用性がある。

参考文献

1) 呉正林、日下部　治ら：斜面地盤における矢板の水平支持挙動に関する研究、第32回地盤工学研究発表会、熊本、平成９年７月

2) M. Terashi & M. Kitazume: Lateral resistance of a long pile in near the slope. Centrifuge 91. Ko(ed.)PP245-252. 1991. Balkema. Rotterdam. ISBN. 90 6191 1931

3) 大志万、佐藤ら：傾斜面上の深礎杭の設計、土と基礎. Vol. 33, No. 2, 1985. 2