

立命館大学理工学部 正 員 深川 良一
 神戸大学大学院 学生員 江南 和彦
 (有)コスモシティー 正 員 〇灘波 賢樹
 (株)神戸製鋼所 正 員 木下 文男

1. 緒論

前面に刃物角を有する際の掘削において、刃物角や刃幅、掘削深さ等が掘削特性に与える影響についての理論的研究¹⁾は既に既に公表を行った。ここでは底面に刃物角を有する際のモデル化について検討を行った。

2. 掘削範囲の種類

掘削を行った際に得られる掘削範囲は、掘削刃の持つ形状及び掘削の対象となる岩盤の強度に依存すると考えている。なぜなら、掘削刃形状が異なれば当然掘削範囲も異なるし、岩盤の強度が変化すれば破壊面の入る方向も変化するからである。掘削モデルの構築にあたっては、前面刃物角が存在する際のモデルと同様にしてMcKyes モデル²⁾の拡張という形で理論解析を進めた。今回は、掘削刃の形状として図1に示すように、前面、底面に刃物角が存在するようものを考えた。また、掘削刃の側面の有無についても考慮した。本モデルを構築するにあたっての基本的概念の参考図を図2に示す。これは、底面にのみ刃物角を有する掘削刃によって得られる掘削範囲を示している。領域①(円錐の一部)は掘削刃最下端O点からの破壊によって引き起こされる掘削範囲であり、領域②(三角錐)は掘削刃斜辺OBからの破壊によって引き起こされる掘削範囲である。なお、このケースでは領域①の最側方点Cがそのまま全掘削領域の最側方点になる。また、最側方点Cからの接線の終点を点Eとする。ここで、掘削を進行方向から見た際に $\angle ODA = \lambda$ 、 $\angle OEA = \psi$ とすると、最側方点Cから掘削刃端点Bに延びる破壊線の位置が、1) 点Bより内側にある時、2) 点Dと点Eの間にある時、3) 点Eの外側にある時、によって破壊面形状が異なってくる。言い換えれば、底面刃物角 2β の値によって破壊面形状が異なってくるわけである。岩盤強度を一定として、これらのことを(前面+底面)刃物角を有する場合、さらに側面を有する場合にも適用すると、破壊面形状は表1に示すように合計21種類存在することになる(便宜的に、前面刃物角を有する際には $\lambda \rightarrow \Lambda$ 、 $\psi \rightarrow \Psi$ としている)。

3. 掘削のモデル化

多数の掘削パターンが存在する中、今回は底面刃物角のみが存在する場合についてモデル化を行った。既に述べた通り、底面刃物角のみが存在する際の破壊面形状は底面刃物角の大きさに応じて6種類ある。それらの一例を図3、図4に示す。次に、破壊を起こすに必要な水平掘削抵抗の理論式を以下に示す。

表1 掘削刃による破壊面形状の分類

前面刃物角 2α (degree)	底面刃物角 2β (degree)	側面の 有無	No.
$\alpha = 90^\circ$	$\lambda \leq 90^\circ - \beta < 90^\circ$	無	1
		有	2
	$\psi < 90^\circ - \beta < \lambda$	無	3
		有	4
	$0^\circ < 90^\circ - \beta \leq \psi$	無	5
		有	6
	$90^\circ - \beta = 0^\circ$	有	7
$90^\circ > \alpha > \eta$	$\Lambda \leq 90^\circ - \beta < 90^\circ$	無	8
		有	9
	$\Psi < 90^\circ - \beta < \Lambda$	無	10
		有	11
	$0^\circ < 90^\circ - \beta \leq \Psi$	無	12
		有	13
	$90^\circ - \beta = 0^\circ$	有	14
$\eta \geq \alpha > 0^\circ$	$\Psi \leq 90^\circ - \beta < 90^\circ$	無	15
		有	16
	$\Lambda \leq 90^\circ - \beta < \Psi$	無	17
		有	18
	$0^\circ < 90^\circ - \beta < \Lambda$	無	19
		有	20
	$90^\circ - \beta = 0^\circ$	有	21

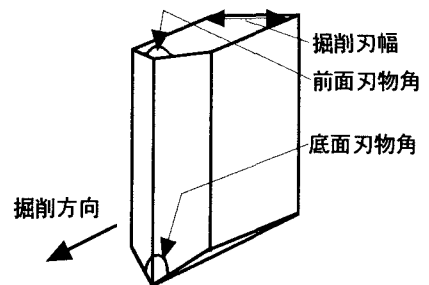


図1 掘削刃概略図

Ryoichi FUKAGAWA, KAZUHIKO Enami, Masaki NAMBA, Fumio KINOSITA

(No.1の場合、図2)

$$H = \frac{S_s \left(1 + \frac{\sin \kappa_1}{\cos \beta} \right) + \frac{\gamma}{3} d \sin \eta \cos (1 + \tan \beta \cos \eta)}{\cos \eta - \tan \delta \sin \eta} \frac{d^2}{\tan \eta}$$

$$\text{ここで } \kappa_1 = \cos^{-1} \left\{ \frac{\sin \eta \cos \beta}{2} \left(\frac{1}{\sin^2 \eta} + \frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{1}{\tan^2 \eta} \frac{\cos^2 \eta}{\sin^2 v_1} \right) \right\}$$

$$v_1 = 180 - \tan^{-1} \left(\frac{\cos \eta}{\tan \beta \tan \eta - \sin \eta} \right)$$

(No.3の場合)

$$H = \frac{S_s \left(1 + \frac{\sin \kappa_2}{\cos \beta} \right) + \frac{\gamma}{3} d \sin \eta \cos (1 + \tan \beta \cos \eta)}{\cos \eta - \tan \delta \sin \eta} \frac{d^2}{\tan \eta}$$

$$\text{ここで } \kappa_2 = \cos^{-1} \left\{ \frac{\sin \eta \cos \beta}{2} \left(\frac{1}{\sin^2 \eta} + \frac{1}{\cos^2 \beta} - \frac{1}{\tan^2 \eta} \frac{\cos^2 \eta}{\sin^2 v_2} \right) \right\}$$

$$v_2 = 180 - \tan^{-1} \left(\frac{\sin \rho}{\tan \beta \tan \eta - \cos \rho} \right), \quad \rho = \cos^{-1} \left(\frac{1}{\tan \beta \tan \eta} \right)$$

(No.5の場合、図3)

$$H = \frac{S_s + \frac{\gamma}{3} d \cos \eta \sin \eta}{\cos \eta - \tan \delta \sin \eta} \cdot \frac{d^2}{\tan \eta} \left(\frac{\cos \rho}{\sin \eta} + \frac{\tan \beta \sin^2 \rho}{\cos \eta} \right)$$

(No.2の場合)

$$H = \frac{S_s \left\{ D^2 + \frac{(D^2 - d^2)}{\tan \eta \cos \beta} \sin \kappa_1 \right\} + \frac{\gamma}{3} \sin \eta \cos \eta \left\{ D^3 + (D^3 - d^3) \tan \beta \cos \eta \right\}}{(\cos \eta - \tan \delta \sin \eta) \tan \eta}$$

(No.4の場合、図4)

$$H = \frac{S_s \left\{ D^2 + \frac{(D^2 - d^2)}{\cos \beta} \sin \kappa_2 \right\} + \frac{\gamma}{3} \frac{\sin \eta}{\tan \eta} \cos \eta \left\{ D^3 + (D^3 - d^3) \tan \beta \cos \eta \right\}}{(\cos \eta - \tan \delta \sin \eta) \tan \eta}$$

(No.6の場合)

$$H = \frac{S_s \frac{1}{\sin \eta} \left\{ (D^2 - d^2) (\cos \rho + \tan \rho \sin \rho) + d^2 \sin \eta \right\} + \frac{\gamma}{3} \frac{\sin \eta}{\tan \eta} \left\{ (D^3 - d^3) (\cos \rho + \tan \rho \sin \rho) + d^3 \sin \eta \right\}}{(\cos \eta - \tan \delta \sin \eta) \tan \eta}$$

なお、理論値と実測値の比較については講演会場で発表することにする。

参考文献

- 1) 深川・江南・灘波・木下：平成10年度関西支部年次学術講演会講演集、1998。
- 2) McKyes, E : ASAE May, pp20-24, 1977.

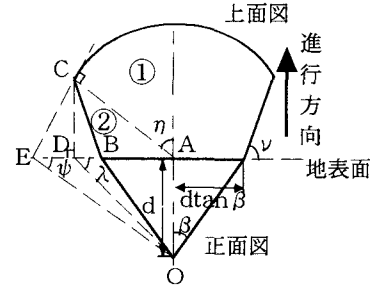


図2 モデル構築の参考図

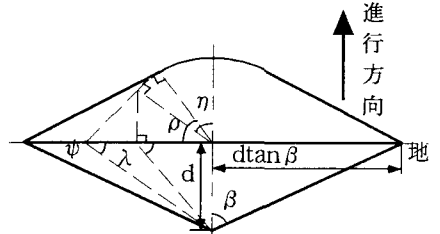


図3 底面刃物角を有する際の掘削範囲 ($90^\circ - \beta \leq \psi$)

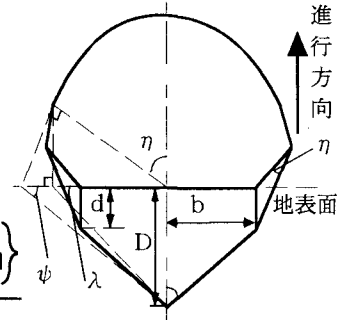


図4 底面刃物角と側面を有する際の掘削範囲 ($\psi < 90^\circ - \beta < \lambda$)