

III-574

橋梁基礎工仮締め切りのボーリングに対する安全率の算定方法

北海道大学工学部 正会員 三浦均也
 北海道大学工学部 学生員 高治一彦
 北海道大学大学院 学生員 ○古川美典
 北海道開発局 今福 守

1. まえがき 著者らは橋梁基礎の施工における仮締め切りのボーリングについて一連の研究を行ってきた^{1,2)}。本研究ではこれまでの研究成果を受けて種々の条件の仮締め切りを設定し、有限要素法によるパラメトリックスタディーを行っている。西垣ら³⁾は同様な観点からパラメトリックスタディーを行っているが、ここではさらに範囲を広げて比較・検討している。解析結果を整理することによってボーリングの影響因子について定量的に調べ、安全率を算定する際に利用できる図表および数式を導いている。

2. 解析手法 **2.1. 仮締め切りのモデル化** 仮締め切りは図1に示す様にモデル化している。仮締め切りの浸透流解析は3次元条件（正方形、長方形；3-D）と2次元条件（帯状、平面条件；2-D Plane, 円形、軸対称条件；2-D Axial Symmetry）で行っている²⁾。

2.2. ボーリングに対する安全性の評価方法 ボーリングに対する安全率の算定方法は、Terzaghi and Peck⁴⁾の方法とTaylor⁵⁾の方法に分けられる。それぞれの方法で得られた安全率を $F_s(pf)$ 、 $F_s(hg)$ と記することにする。計算方法の詳細は別報²⁾を参照して頂きたい。数値解析によって得られたポテンシャル分布から、安全率を計算している。

3. 解析結果および考察 3.1. 平面形状の影響

平面形状の影響を明らかにするために、円形、長方形（正方形を含む）の仮締め切りについて安全性の解析を行っている。解析条件は表1に示すようであり、3つの設定条件で、形状を変えて安全率を求めている。結果を示す図2では、長方形の場合の安全率 $F_s(pf)_{rectangle}$ を円形の場合の安全率 $F_s(pf)_{circle}$ で除した値を長辺と短辺の比に bb/ba に対して示している。

$bb/ba=1$ で安全率の比はほぼ1となるので、正方形の安全率は内接する円形の安全率と等価であると考えて良いことが分かる。また、辺の比 bb/ba が大きくなるほど安全率は増加する傾向を示し、形状が十分に細長くなると、 $bb/ba=1$ （正方形）のときよりも少なくとも8%程度の安全率の増加を見込むことができる。設計に際して、長方形の場合は短辺を一辺とする正方形の安全率を用いれば十分に安全側であり、その安全率は内接円の安全率で評価できるということになる。よって、次節では円形仮締め切りに絞って検討する。

3.2. 根入れ深さ等の影響設定した解析条件 パラメトリックスタディーの条件は表2に示したようである。図3には安全率を根入れ深さと掘削幅の比 di/ba に対して示している。2通りの方法で計算した安全率 $F_s(pf)$ と $F_s(hg)$ の差は図上では確認できないほど小さいので、以下では $F_s(pf)$ の値にのみ注目して検討する。浸透力による安全率 $F_s(pf)$ は、水頭差 H に反比例し、 di および $(\bar{\gamma}'/\gamma_w)$ に比例すると考えられるので、安

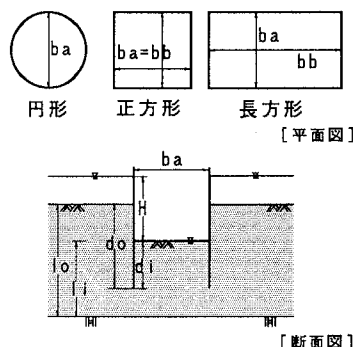


Fig. 1

Table 1

2次元軸対称条件 (円形)			
3次元条件 (長方形) $bb/ba = 1.0, 2.0, 4.0, 8.0$			
case	条 件	備 考	
case a	$lo/ba = 2.0$, $(do-di)/ba = 0.6$, $di/ba = 0.4$	標準条件	
case b	$lo/ba = 2.0$, $(do-di)/ba = 0.6$, $di/ba = 1.2$	矢板の根入れ長が大きい	
case c	$lo/ba = 4.0$, $(do-di)/ba = 0.6$, $di/ba = 0.4$	不透水層が深い場合	

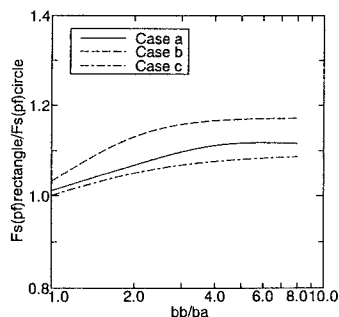


Fig. 2

Table 2

$h/ba = 1.0 + (do-di)/ba$, $\bar{\gamma}'/\gamma w = 1.0$, $kh = kv$ 2次元軸対称条件(円形)		
パラメータ	範囲	備考
lo/ba	1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0	不透水層の深さのパラメータ
$(do-di)/ba$	0.0, 1.0, 2.0, 3.0, ... $(lo/ba-1.0)$	基礎底面の深さのパラメータ
di/ba	0.04, ..., $(lo-do+di)/ba-0.04$ [10case]	基礎底面からの掘入れ長のパラメータ

全率 $F_s(pf)$ を $(ba/H)(di/ba)(\bar{\gamma}'/\gamma w)$ で除した値の逆数を図4に示している。このパラメータは以下のように書ける。

$$(ba/H)(di/ba)(\bar{\gamma}'/\gamma w)/F_s(pf) = \bar{h}/H \quad (1)$$

ここで、 $\bar{h}$ は矢板下端を通る水平面上の平均ポテンシャル値である。

「道路土工・擁壁・カルバート・仮設構造物工指針」⁶⁾の方法では無条件に $\bar{h}/H=0.5$ としているが、図示のように条件によっては0.9まで増加することが分かる。

3.3. 安全性評価法を導くための整理 線形的な影響を与えるパラメータ ba/H と $\bar{\gamma}'/\gamma w$ で $F_s(pf)$ を正規化してみる。

$$F_s(pf)(H/ba)(\gamma w/\bar{\gamma}') = F_s \cdot F_b \\ = f(lo/ba, (do-di)/ba, di/ba) \quad (2)$$

F_s ; 設計時に設定する安全率 (= $F_s(pf)$)

F_b ; ボイリング係数 (= $(H/ba) \cdot (\gamma w/\bar{\gamma}')$)

F_b は解析結果を簡単に整理するために新たに導入した無次元係数である。設計時には条件として lo/ba , $(do-di)/ba$, H/ba , $\bar{\gamma}'/\gamma w$ が与えられ、安全率 F_s が設定された上で必要な di/ba を求めることになる。

図5は $F_s \cdot F_b$ を横軸に縦軸に di/ba をとって示したものである。図から、 lo/ba の影響は di/ba が $(lo-do+di)/ba$ に近いとき、すなわち矢板先端が不透水層に達する時にしか見られず、この時に $F_s \cdot F_b$ は無限大に発散する。また、 $(do-di)/ba$ の影響は全体に渡って小さく、 di/ba の影響が支配的である。したがって、 $F_s \cdot F_b$ が発散する部分を除けば $F_s \cdot F_b$ は di/ba のみの関数と見なし実用上は問題ないであろう。

図5には $F_s \cdot F_b \sim di/ba$ 関係を二本の直線で近似して示している。近似する際には、安全側の近似となるように解析で得られた曲線群を下側に含むように近似している。

$$di/ba = 0.5 \cdot F_s \cdot F_b \quad ; F_s \cdot F_b < 0.5, \\ di/ba = -0.25 + F_s \cdot F_b \quad ; F_s \cdot F_b \geq 0.5 \quad (3)$$

以上の関係から、ボイリングに対して限界 ($F_s=1.0$) となるとき ($di/ba)_c$ と F_b との関係を模式的に示すと図6のようになる。図には指針による方法も併せて示し、比較している。

水平方向と鉛直方向で透水係数が異なる場合には安全率が大きく変化することが分かっている²⁾。この場合は水平方向の寸法を以下に示す式によって修正することによって、等方性を仮定した解析結果をそのまま利用することが可能である。ここでは、 ba を $ba\sqrt{(kv/kh)}$ と変換することによって式(3)を利用できる。

【参考文献】1)三浦ら(1992):橋梁下部...破壊事例,第27回土質工学研究発表会,2)三浦ら(1992):橋梁下部...安定性解析,第27回土質工学研究発表会,3)西垣ら(1989):土と基礎,Vol.37, No.6, pp.69-74,4)Terzaghi and Peck(1967):Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, pp.170-173,5)Taylor(1948):Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley and Sons, Inc, pp.132-133,6)(社)日本道路協会:道路土工・擁壁・カルバート・仮設構造物工指針, pp.240-242.

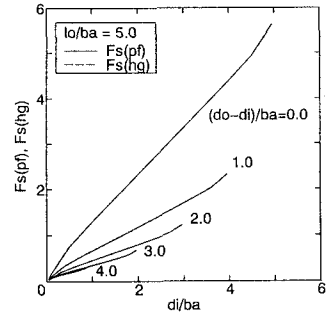


Fig. 3

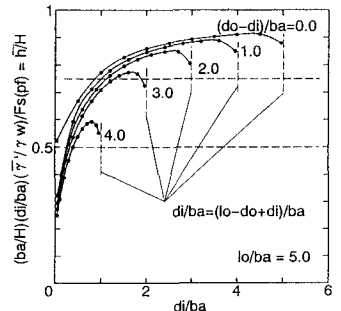


Fig. 4

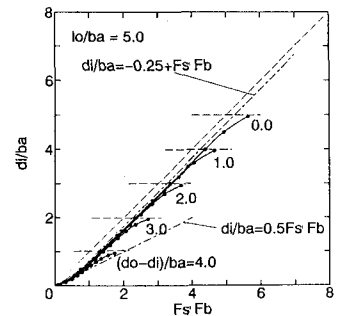


Fig. 5

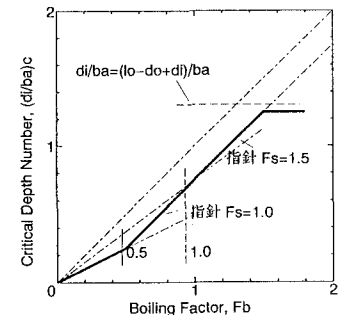


Fig. 6