

複合裏込めによる土圧について

小林 幸男

§ 1. はじめに

現在、擁壁に働く土圧の算定法としては、クーロンおよびランキンの古典式が使われているが、これらの理論式は裏込めを一様と仮定して解いたものである。しかし裏込めが盛土でなく、切土あるいは既設の盛土の場合には、ある程度裏込めを掘ってから擁壁の背面に埋め戻しを行なうのが普通である。

そこで裏込めを埋めもどしと、もとの地盤との複合裏込めとし、裏込めの土を砂質土とした場合の主働土圧係数を極大法により電子計算機を用いて求めようとしたものである。

なお、掘込み面が垂直の場合と擁壁背面に平行な場合の近似式を演算結果より導いた。

§ 2. 解法

擁壁の裏込めは図-1に示すように埋め戻し(I)と、もとの地盤(II)とする。

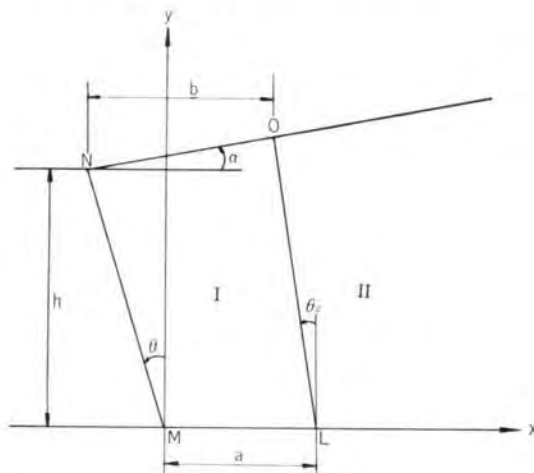


図-1

- ここで h : 擁壁の高さ
 a : 擁壁下端から裏込め I, II の境界面までの水平距離
 b : 擁壁背後の地表面上における裏込め I, II の境界点から擁壁上端 N を通る垂直線までの距離
 θ : 擁壁背面が鉛直方向となす角
 θ_2 : 裏込め間の境界面の鉛直方向となす角
 α : 擁壁背後の地表面の傾斜角

ただし角度は図の矢印の方向を正とする。また、 α または b が負となる場合は考えていない。

解法を進めるにあたって次の仮定を用いた。

- i) 土には粘着力がなく、すべり面にそっての抵抗としては面の法線と内部摩擦角 (ϕ_1, ϕ_2) なる角をなして摩擦力が働く。
- ii) すべり面は擁壁背面の下端を通り、裏込めの内部で直線である。

擁壁に働く主働土圧はすべり面の角度を種々にかえて土圧 P の計算し P の最大値を求めればよい。このとき土圧の計算式は次の2つの場合において異なる。

- ① すべり面が裏込め I 内にある場合
- ② すべり面が裏込め I, II の両方にある場合

すなわち、擁壁下端 M を原点とし水平方向を x 軸、鉛直方向を y 軸にとり、裏込め I 内のすべり面の角度を X 、点 O の座標を (SX, SY) とすれば①、②の判別は次式でなされる。

$SX > 0$	$SY - SX \cdot \tan X \leq 0$	①
	$SY - SX \cdot \tan X > 0$	②
$SX \leq 0$		

次に2つの場合について土圧を求める。

- ① すべり面が裏込め I 内にある場合

土圧 P は図-2に示すようにくさび体 MNR の重量 W とすべり面に働く抵抗力 F_1 の釣合いによって求まる。

§ 3. 演算結果

次の2つの場合について演算を行ない、主働土圧係数を求めた。

i) 掘込みが垂直の場合

$\alpha: 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$

$\theta: -20^\circ, -10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$

CODEL: 0.75

A: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8

B: $A + \tan \theta$

$\phi_1: 25^\circ, 35^\circ$

$\phi_2: 40^\circ$

$\gamma_1 = \gamma_2: 1.6 \text{ t/m}^3$

ii) 掘込みが擁壁背面に平行である場合

$\alpha: 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ$

$\theta: -25^\circ, -20^\circ, -15^\circ, -10^\circ, -5^\circ$

CODEL: 0.75

A=B: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8

$\phi_1: 35^\circ, 40^\circ$

$\phi_2: 25^\circ$

$\gamma_1 = \gamma_2: 1.6 \text{ t/m}^3$

ただしA, B, CODELは a/h , b/h , δ/ϕ_1 または δ/ϕ_2
 KA1: 裏込めがすべて埋めもどしとしたときのクーロンの主働土圧係数

KA2: 裏込めがすべてもとの地盤であるとしたときのクーロンの主働土圧係数

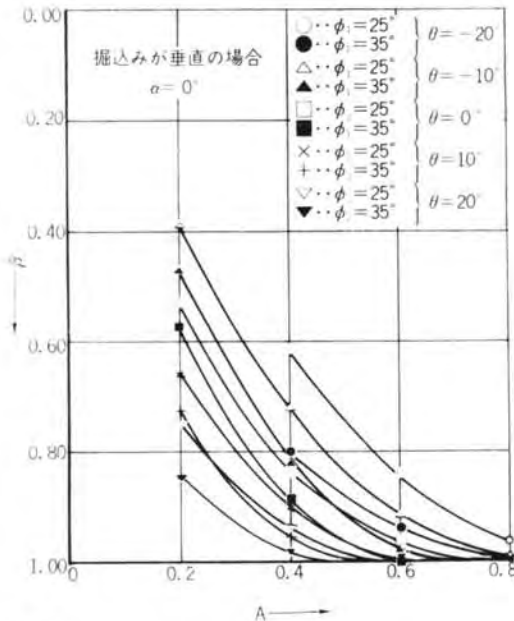


図-4

とすると、演算による主働土圧係数KAはKA1とKA2の間の値となると考えられるから、

$$KA = \beta \cdot KA1 + (1 - \beta) \cdot KA2 \text{ と表わされる。}$$

ただし $\beta \geq 1$ なら $KA = KA1$ である。

$\beta = (KA - KA2) / (KA1 - KA2)$ を縦軸に、横軸にAまたはBをとってi), ii)の演算結果を図-4~図-9に示す。

β の値がAまたはBの値により大きく変わることは、A(B)により裏込めIの体積が変わることから予想されるが、演算結果図をみても明らかである。また演算した範囲内では θ, ϕ に比べ α による影響が大きいことがわかる。

i), ii)の場合について β の近似式を導けば

・掘込みが垂直の場合

$$\beta = 0.9A + 0.40 - \alpha/80$$

・掘込みが擁壁背面に平行な場合

$$\beta = A(3.00 - 0.075\alpha)$$

上式から求めた β の値を $KA = \beta \cdot KA1 + (1 - \beta) \cdot KA2$ に代入すれば $1/2\gamma_2 h^2$ に対する主働土圧係数が求まる。

この近似式によるKA'と演算によるKAの誤差は、

・掘込みが垂直の場合

$$-0.032 \leq KA - KA' \leq 0.035$$

・掘込みが擁壁に平行な場合

$$-0.032 \leq KA - KA' \leq 0.037$$

であり、この近似式から実用的な主働土圧係数が求められる。ただしこの近似式の適用範囲は前記の演算範囲内である。

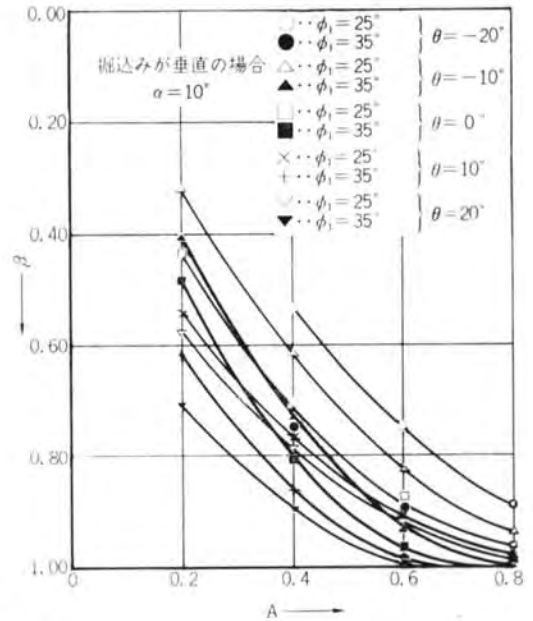


図-5

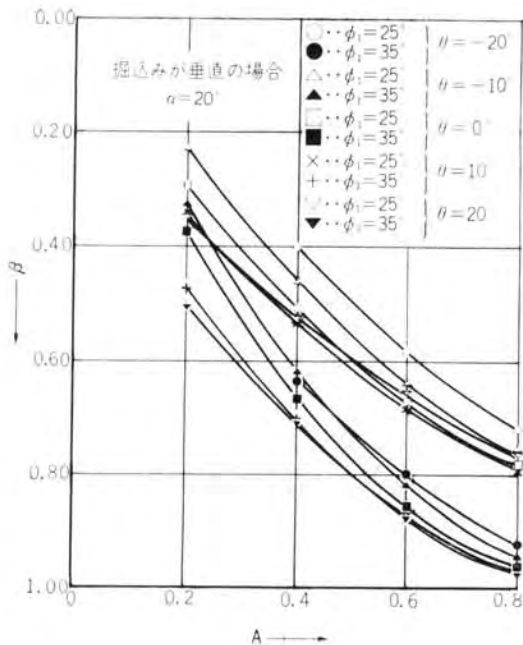


図-6

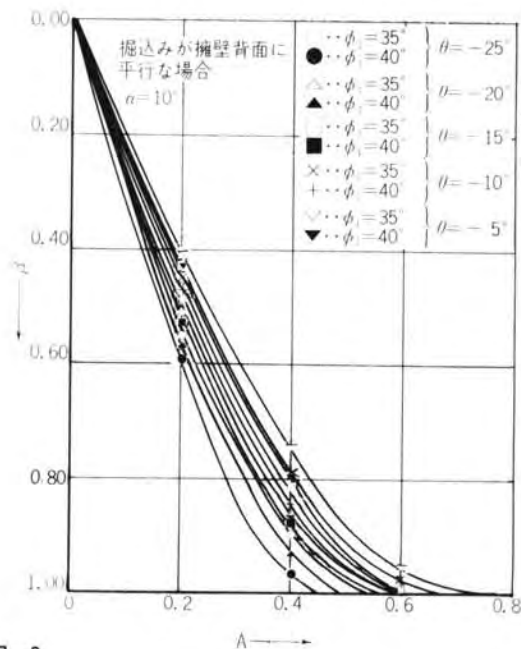


図-8

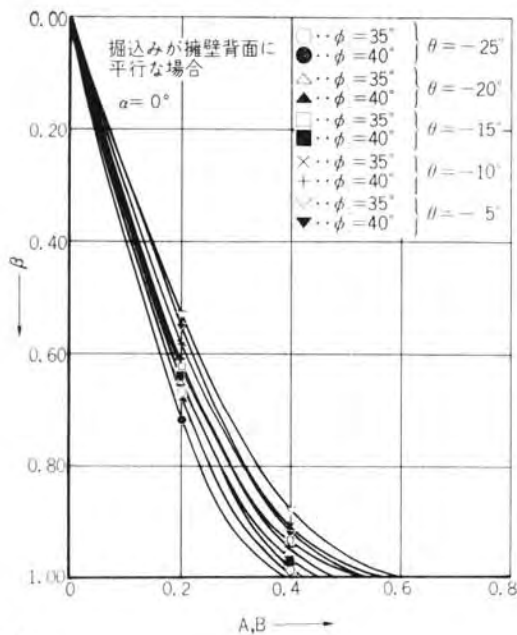


図-7

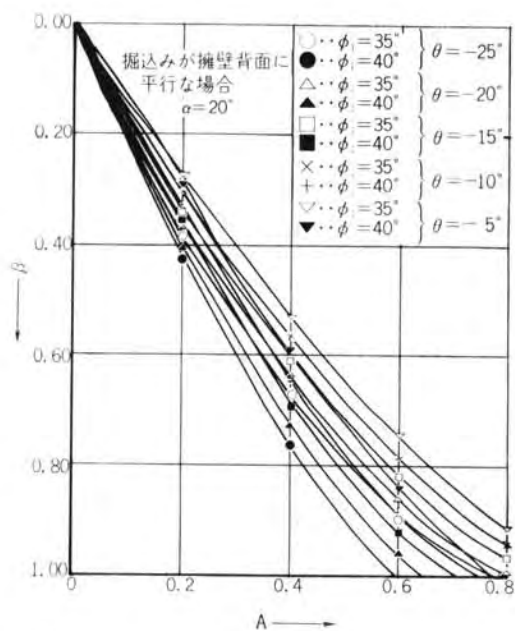


図-9

§ 4. おわりに

掘込みが垂直の場合、擁壁背面に平行な場合において、演算した範囲内では2つの近似式により実用的な主動土圧係数が求められるが、この範囲外でもこの解法が適

用できるか、さらに検討を加えねばならない。

本論文は建設省建築研究所第3研究部大崎研究室における1年間のまとめであり、終始御指導いただいた大崎順彦博士に深く感謝する次第です。

<付録>

```
begin real ALPHA, THETA, A, B, PHI1, PHI2, CÔDEL, GAMMA1, GAMMA2, DELTA, G, X,
      Y, XM, YM, XI, YJ, XMAX, YMAX, THETA2, DELTA2, XP1, XP2, YP2, TD2,
      PTD PSI1, PSI2, CTH, CAL, CAT, CT2, SINX, CÔSX, TANX, SX, SY, TY, ST,
      W1, W2, P2, KA, KAMAX, YKA, YKAMAX, I, J, XPTD;
integer N, K, LABEL, LABMAX;
procedure CÔEFKA (PHI);
value PHI; real PHI;
  begin if 1.570796+THETA-PHI ≤ 0 then CÔEFKA := 0.0; go to end;
        CÔEFKA := (CÔS (PHI-THETA)/CTH / (SQRT (CÔS (THETA+DELTA))+SQRT
                  (SIN(PHI+DELTA) * SIN(PHI-ALPHA)/CAT))) ↑ 2
  end
procedure CÔEFK3;
  begin W1 := G*(B * CAT/CAL/CTH+A/(CÔSX+SIN(THETA2)/CT2 * SINX)*ST * CÔS(X-
        THETA2));
        PSI1 := PTD-ARCTAN((W1-P2)/(W1+P2) * CÔS(PTD)/SIN(PTD));
        PSI2 := XPTD+PSI1;
        YKA := SIN(PSI2)/CÔS(PSI1) * CÔS(TD2)/CÔS(XP1-THETA-DELTA) * W1
  end
end
READINTEGER (N);
L 1: N := N-1;
READREAL(ALPHA); READREAL(THETA); READREAL(CÔDEL); READREAL(A);
READREAL(B); READREAL(PHI1); READREAL(PHI2); READREAL(GAMMA1);
READREAL(GAMMA2); CRLF; CRLF; CRLF; PRINTSTRING(ALPHA); PRINTREAL(ALPHA);
PRINTSTRING (THETA); PRINTREAL(THETA); PRINTSTRING(CÔDEL);
PRINTREAL(CÔDEL); PRINTSTRING(A); PRINTREAL(A); PRINTSTRING(B);
PRINTREAL(B); CRLF; PRINTSTRING (PHI1); PRINTREAL(PHI1); PRINTSTRING(PHI2);
PRINTREAL(PHI2); PRINTSTRING (GAMMA1); PRINTREAL(GAMMA1);
PRINTSTRING(GAMMA2); PRINTREAL(GAMMA2); CRLF;
if B=0 then go to L2;
if ALPHA-PHI1 > 0 then go to L3;
L 2: if ALPHA-PHI2 > 0 then go to L3 else go to L4;
L 3: PRINTSTRING(SLÔPE FAILURE); go to L15;
L 4: ALPHA := 0.01745329 * ALPHA; THETA := 0.01745329 * THETA; PHI1 := 0.01745329 * PHI1;
      PHI2 := 0.01745329 * PHI2; G := GAMMA1/GAMMA2;
      CTH := CÔS(THETA); CAL := CÔS(ALPHA); CAT := CÔS(ALPHA-THETA);
      DELTA := CÔDEL * PHI1;
      if THETA+DELTA > 1.570796 then go to L14;
      KA := G * CÔEFKA(PHI1); PRINTSTRING(KA1); PRINTREAL(KA); DELTA := CÔDEL * PHI2;
      if THETA+DELTA > 1.570796 then go to L5;
      KA := CÔEFKA(PHI2); PRINTSTRING(KA2); PRINTREAL (KA);
L 5: CRLF;
      PRINTSTRING (KA);
      SX := B-SIN(THETA)/CTH; SY := 1.0+B * SIN(ALPHA)/CAL;
      THETA 2 := ARCTAN((A-SX)/SY); CT 2 := CÔS(THETA 2); DELTA := CÔDEL * PHI 1;
      XM := 0.7853982; XI := 0.1570796;
      YM := (1.570796+PHI2)/2.0; YJ := (1.570796-PHI2)/10.0;
      K := 2; KAMAX := 0.0;
L 6: K := K-1;
      for I := -5.0 step 1.0 until 5.0 do
        begin X := XM+XI * I
              XP1 := X-PHI1; XP 2 := X-PHI2;
              if 1.570796-X ≤ 0 then go to end;
```

```

if 1.570796+THETA-X ≤ 0 then go to end;
SINX :=SIN(X); COSX :=COS(X); TANX :=SINX/COSX;
if SX>0 & SY-SX+TANX ≤ 0 then go to L8
else go to L10;
L 8: if XP1 ≤ 0 then go to end;
KA :=G * CAT/CTH ↑ 2 * SIN(XP1)/SIN(X-ALPHA) * COS(X-THETA)/COS(XP1-
THETA-DELTA);
LABEL :=1; go to L12;
L10: if XP1-THETA-DELTA=1.570796 then go to end;
if PHI1-PHI2 ≤ 0 then DELTA 2 :=PHI1
else DELTA 2 :=PHI2;
TD 2 :=THETA2+DELTA 2;
if 1.570796-TD 2 ≤ 0 then go to L14;
PTD :=0.7853982+TD 2/2.0;
XPTD :=XP1-TD2
TY :=A * TANX/(1.0+SIN(THETA 2)/CT 2 * TANX);
ST :=(SY-TY)/CT 2;
if 1.570796+THETA 2-PHI 2 ≤ 0
then begin P2:=0.0; COEFK 3; KA :=YKA; YMAX :=THETA 2;
go to L11
end
else begin YKAMAX :=0.0;
for J := -5.0 step 1.0 until 5.0 do
begin Y :=YM+YJ * J;
if 1.570796+THETA2-Y ≤ 0 then go to end;
if 1.570796-Y ≤ 0 then go to end;
YP2 :=Y-PHI2;
if YP2 ≤ 0 then go to end
W2 :=ST ↑ 2 * COS(ALPHA-THETA2)/SIN(Y-ALPHA) * COS(Y-THETA2);
P2 :=W2 * SIN(YP2)/COS(YP2-TD2); COEFK3;
if YKAMAX-YKA < 0 then begin YKAMAX :=YKA; YMAX :=Y end
end
KA := YKAMAX
end
L11: LABEL := 2
L12: if KAMAX-KA < 0 then begin KAMAX :=KA; XMAX :=X; LABMAX := LABEL end
end
if k ≠ 0 then begin XM :=XMAX; XI :=XI/5.0;
YM :=YMAX; YJ :=YJ/5.0; go to L6
end
L13: PRINTREAL(KAMAX); PRINTSTRING( ( ); PRINTINTEGER(LABMAX); PRINTSTRING( ( );
PRINTSTRING(X); PRINTREAL(XMAX);
if LABMAX = 2 then begin PRINTSTRING(Y); PRINTREAL(YMAX);
go to L15
end
else go to L15;
L14: PRINTSTRING(NŌ SŌLUTIŌN);
L15: if N = 0 then go to end
else go to L1
end

```

<参考文献>

大崎順彦：基礎構造

大崎順彦：宅地造成技術講習会テキスト