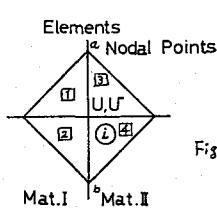


II-11 摩擦力を考慮した FEM 解析

長崎大学 正・伊勢田 哲也
正・棚橋 由彦
学・樋口 敏昭



連続体の構造解析法には特に威力を發揮するFEM解析法も不連続体ではかなり力学モデルや仮定を設ける必要が生じる。

ここに剛性が極端に異なる材料(Mat I, Mat II)がFig-1に示すようにa-bで接しており、接点を②とする。

Fig 1 今これらが一體となわち連続体とし、外力が作用した場合、①点の水平、垂直変位をそれぞれ U_x, U_y とする。さらに水平方向に対しての変位は等しく U_x が共通して生じ、垂直方向には左下に掲げるような条件のもとでせりが生じ、摩擦によ

U_x, U_y
Displacement (U_x, U_y)
 U_x, U_y

K: stiffness
cond:

μ : coef. of friction

$$(f_n \cdot \tan \phi + \Sigma C) \text{ or } f_n \leq \mu U_x : \text{nodal point } z \text{ divide and slide to } y \text{ axis}$$

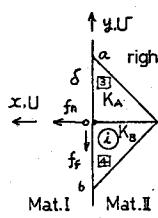


Fig 2

Displacement U_x, U_y, U
 $\geq f_f$: Not divide
Displacement U_x, U_y

ここに f_n, f_f は材料IIが水平、垂直に材料Iの方向に作用する力である。

これを少し具体的に進めるためにFig-3, Fig-4の条件で考察してみることにする。

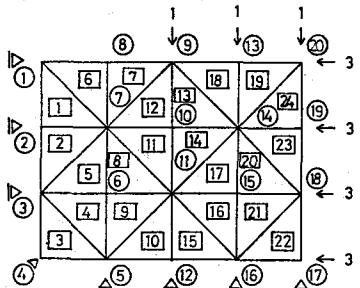


Fig 3

今、計算を進めるための系としてFig-5の模型を考える

① 初め変位を拘束した状態
(①の系)の拘束を除き、
摩擦力 μ の作用によって
変位 U の状態で静止する(②の系)ものとする。

そのときの変位量 U を求めるのが目的となるが、

それには図に示す③の系の変位 U' から ④の系の変位 U'' を差引けば良い。

$$\text{すなわち } U = U' - U''$$

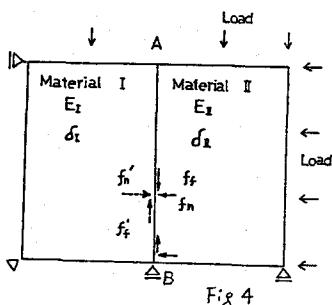


Fig 4

Material I $E_I \gg E_{II}$ E : Young ratio
 $\delta_I \ll \delta_{II}$ δ : Displacement
Material II f_n : horizontal force f_f : reaction
 f_v : vertical , f_f :

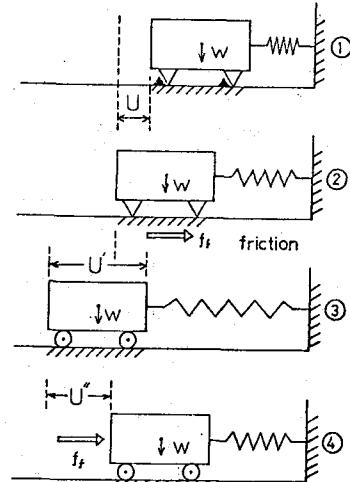


Fig 5

Displacement
 $U = U' - U''$

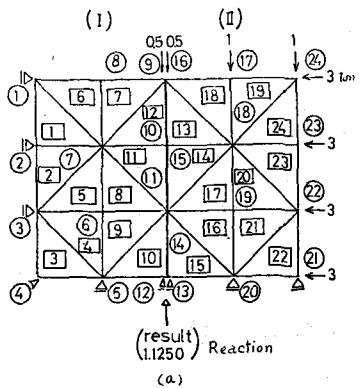


Fig. 6

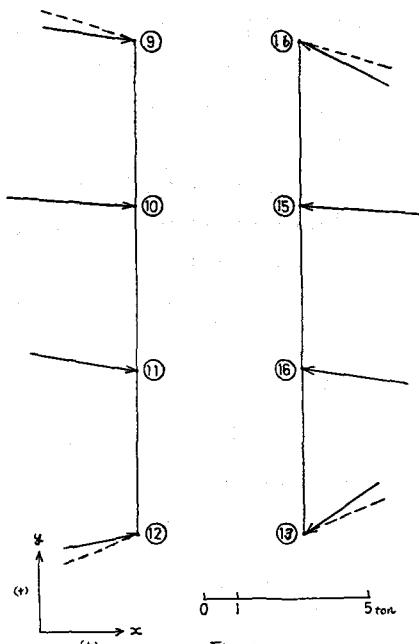


Fig. 7

Material	Joint No.	Table 1		
		X	Y	$\tan(\gamma_{yx})$
(I)	(9)	+ 2.6805	- 0.3967 (-0.8749)	8.42 (2.2556)
	(10)	+ 3.8480	- 0.2532	3.76
	(11)	+ 3.1843	- 0.4490	8.03
	(12)	+ 2.2871	+ 0.3829 (+0.9454)	9.50 (2.2552)
(II)	(16)	- 2.6805	+ 1.3967 (+0.8749)	27.53 (2.2556)
	(15)	- 3.8480	+ 0.2532	3.76
	(14)	- 3.1843	+ 0.4490	8.03
	(13)	- 2.2871	- 0.3829 (-0.9454)	33.49 (2.2552)

Assumption $\mu = 0.29 \quad \phi = 18^\circ$
 $|X| \cdot \tan(18^\circ)$

(16)	0.7773
(13)	0.6633

(b) : ton

ここで変位を求めるが力はそれぞれ Table 1 の上段に示す値で、ベクトルで表すと Fig. 7 の実線のようになる。同図中、節点 (9), (16), (12), (13) には他に外力が作用しているのでそれらを加えて合力として点線で示した。

今接する面の摩擦係数 $\mu = 0.29 (\phi = 18^\circ)$ とすれば、摩擦力は Table 1 (b) の下段の値でこれを外力として作用させ (b) の計算を行なう。終局の変位はその差ということになる。なお Fig. 9 は Table 1 を図で示したものである。

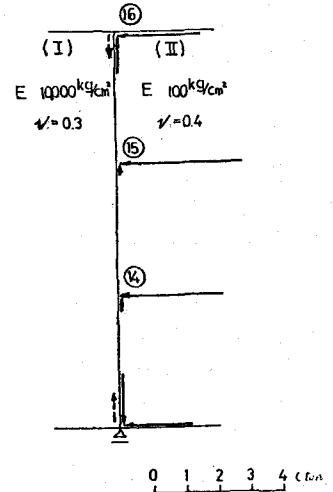


Fig. 9 Result of Calculation

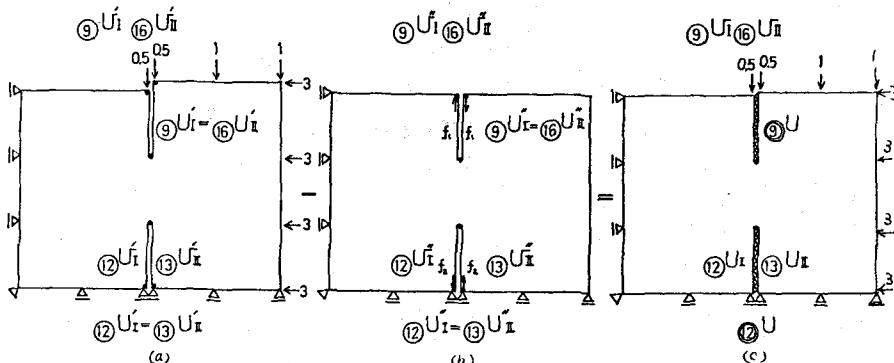


Fig. 8

これをさらに具体的な計算を進めるため Fig. 6 のように要素分けを行なう。

Fig. 8 は Fig. 5 の考え方を計算例に置き変えてみたものである。

Fig. 8 で相接するものの間の水平変位は等しく（例えば (9) $U'_1 = (16) U''_1, \dots$ ），垂直方向にはそれぞれ相異なる変位（例えば (9) $U'_1, (16) U''_1, \dots$ ）が生じるものとする。Fig. 8 の (a) の系の計算