

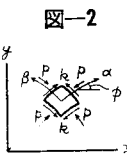
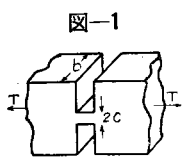
角状切欠棒の引張りによる塑性変形

“Plastic Flow in a Notched Bar”

by E.H. Lee

Journal of Applied Mechanics, June 1954

緒論 図-1 に示した角状切欠棒が引張りを受けるとき $b \gg 2c$ なら平面変形塑性流れとみてよく、また



大変形を考慮するので剛塑性材と仮定できる。これは試験片が変形する自由表面

をもついわゆる非定常塑性問題として興味がある。ここでは迂り線場が刻々変つてゆく場合の自由表面の変形運動が求められた。これは切欠底部が離れるまで適用できる。剛塑性体の二次元問題の基礎式は図-2 に関してまづ Hencky の式

$$\left. \begin{aligned} p+2k\phi &= \text{const.} \quad (\alpha \text{ 線に沿い}) \\ p-2k\phi &= \text{const.} \quad (\beta \text{ 線に沿い}) \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

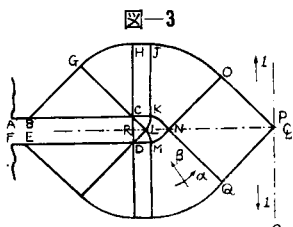
(ただし α, β は直交する二特性曲線である) が成立つ。

また速度場は Mises の流れ条件に従う応力場に関するひずみ速度に対し非圧縮となるように決まり、Geiringer の式

$$\left. \begin{aligned} du-vd\phi &= \text{const.} \quad (\alpha \text{ 線に沿い}) \\ dv+ud\phi &= \text{const.} \quad (\beta \text{ 線に沿い}) \end{aligned} \right\} \dots\dots(2)$$

(ただし u, v は α, β 方向の速度成分) が成立つ。

初期流れの解 有限な境界運動が起る前の初期流れの解は Hill が与えた。大要は図-3 に示され、そこ



で $\Delta BGC, \Delta NOP, \Delta CLD$ は直角二等辺であり $CKJH$ は矩形, CKL, CGH は扇形, $KLMN$ は直交する等しい円弧の上に作られた迂り線場で, Bessel 函数で与えられ、または表になつている。JKNO は KN でこれに立てた法線及び、その法線群と直交する曲線群から決まる。全体の迂り線場はこの図形の鏡像及び対

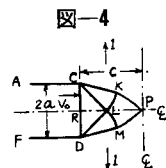
称性から得られる。全領域内の p の値は (1) と条件: BC, CD 上で $p = -k$ なることから求められる。

迂り線場 BGHJOP はこれを超えて拡げることは可能であるが、これは余分な仕事の要ることであり実際上は起り得ないであろう。完全な解をうるためには BGHJOP 上の境界引張力が降伏条件を破ることなく切欠棒のくびれ部を通じ伝えられることを検討せねばならぬが、現在のところこれを厳密に確かめる方法はなく、ただくびれが十分巾が広げれば可能であると考えられる。

流れの速度場を調べると切欠剛性部がそれぞれ単位速度であるとき図-3 下半部を上向き単位速度を加えることにより仮想的に静止せしめる。従つて LNP 上の粒子は +1 の上向速度をもち EDMNO の下で β 線は皆直線だからそこで v は一定 (式 (2) による) また EQP で静止剛体域との連続性から上の $v=0$ となり、これらより $u = \sqrt{2}$ が帰結され、従つて ED 上の粒子は回転なしに剛体変位をなす。また DL, CL に垂直な速度成分が一定なることも容易にわかり、これから境界 CD の運動も剛体的である。

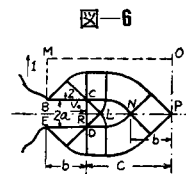
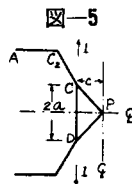
有限ひずみに対する解 塑性流れが始まるときの初期境界運動は、上下に単位速度で離れるときの場合に戻ると (図-3), 前の考察から BC は上向に 2 単位速度、および水平右向に 1 単位速度で動くことがわかる。他方、境界 CD は右向に RN/CR の並進的速度を持つので C 点はいわば速度に関する特異点となり A, C, CD なる直線境界が保てなくなるように思われるがこれは HCKJ 内の粒子が新たにこの隙間を補充するごとく働らいて境界の直線状交叉が維持されると考えられ、このことは塑性仕事による安定議論からも推定できるのである。

さらに変形が進むと CD は増し RP は減るので B はだんだん C に近づき同時に P は N に近づく。これらが一致した後の所求の迂り線場は図-4 に示され、こ



の図は P が L に一致するまで用いられる。この際前同様 C 点は直角を保ちまた CD は並進を行う。

P が L と一致したのちの状態は図-5 に示され、CDP は一様塑性場で CD は右へ単位速度をもち、



新しく発達する境界は一定傾斜線でありこれは二つの

くさびを互いに押しつぶすときの塑性流れを逆にしたものとなる。

境界運動 CD の水平速度を求めため BMOPRC を通じて非圧縮性の式を用いると $1 \times MO = 2 \times BC + v_0 \times CR$ より

$$v_0 = \frac{c-b}{a} = \frac{RN}{CR} \dots \dots \dots (3)$$

BがCと一致するまで CRDN は大きくはなるが形は相似に保たれるので v_0 はその間定値(3.64)を保つ。すなわち 図-3 が適用できる間 $b=c-3.64a$ でかつ $\dot{a}=2, \dot{c}=-3.64$ であるから $\dot{b}=-10.92$, かくて切欠部の速さはすべて求まる。例えばBは $-(\dot{b}+\dot{c})=14.56$ (これはそこでの実質粒子の速さではないことに注意)。NがPと一致して以後は

$$v_0 = c/a \dots \dots \dots (4)$$

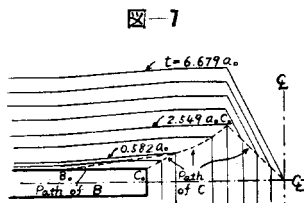
であるがこれはもはや一定でない。このときC点は剛性域の一端となり向上に単位速度を持つ。よつて $\dot{a}=1$ または $a=a_1+t_1$, ここに a_1 は 図-4 の始まる瞬間の a であり t_1 はそれから測つた時間である。したがつて (4) は

$$v_0 = -\dot{c} = \frac{c}{a_1+t_1} \dots \dots \dots (5)$$

$$\therefore c = \frac{a_1 c_1}{a_1+t_1} = \frac{a_1 c_1}{a} \dots \dots \dots (6)$$

ただし初期条件を $t_1=0$ で $c=c_1$ とした。(6) から 図-4 を通じ点Cは直角双曲線 $ac=const. (=a_1 c_1)$ 上にありこれは 図-5 が起るまで ($LP=0, a=c=\sqrt{a_1 c_1}$) つづく。 図-5 では $v_0=1=-\dot{c}=\dot{a}$ であるから $a=\sqrt{a_1 c_1}-t_2$ (この t_2 は 図-5 の始まる瞬間から測る) で与えられ AC_2C は向上に単位並進速度で動く。

かくて各段階の境界運動はすべて判明した。なお試験片は $a=0$ で相離れるがこれは $t_2=\sqrt{a_1 c_1}$ であり $P \rightarrow N, N \rightarrow L$ までの所要時間と合わせ引張の全経過時間が求まる。



(東京大学 山口柏樹)

道路の防護柵について

“Dynamics of Guardrail Systems”

By R.S. Ayre & J.I. Abrams

Highway Research Board, Proceedings, Jan. 1954

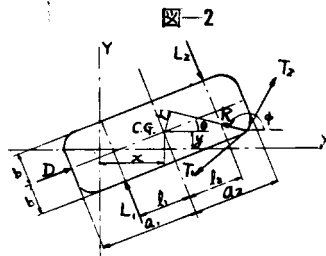
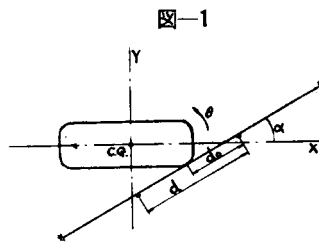
道路交通の速度と交通量は近來ますます増大の傾向にあり、防護柵についても事故の程度を最小ならしめるような構造が探求されている。本来防護柵は、危険を予告する道路標識的な意義と、衝突車が危険区域に突入するのを防ぐ構造的意義を持つので、前者または後者の意義をそれぞれ独立に強調した構造が採用された場合もあるが、色彩、形状等によつて前者の目的を満たしつつ強度的にも十分なものであることが望ましい。ただ交通が比較的低速のときには、頑丈な構造でその効果を発揮しうが、高速交通では必ずしも最良とは考えられないので、この論文では弾性的な防護柵について、基本となる衝突車の運動方程式を求め、これから模型実験に対する長さ、時間、力の縮尺を算出して、実験的にその運動が調べられている。

1. 衝突車の運動方程式 運動方程式を作るに當つて次の仮定がおかれている。

- a) 自動車は剛体と考え、前車輪の操向効果は無視する。
- b) 柵の弾性体として用いる cable の重量は、車両重量に比べて無視できるものとし、cable は post に対し自由にスライドできるように取付けられるものとする。

以上により、 図-1 の座標をとれば、 図-2 より次の方程式が成立つこととなる。

$$\begin{aligned} \frac{W}{g} \frac{d^2 x}{dt^2} &= D \cos \theta - (L_1 - L_2) \sin \theta - R \cos \phi \\ \frac{W}{g} \frac{d^2 y}{dt^2} &= D \sin \theta + (L_1 - L_2) \cos \theta + R \sin \phi \dots (1) \\ \frac{W}{g} \rho \frac{d^2 \theta}{dt^2} &= -(L_1 l_1 + L_2 l_2) + Rr \end{aligned}$$



ここに
 W: 車両総重量
 ρ: 鉛直重心軸に関する車両の回転半径
 ±D: 車両の進行方向に加わる牽引力または制動力
 ±L₁, ±L₂: 後, 前車輪に対する横

り摩擦抵抗 (符号はりの方向により変る)

l_1, l_2 : 車両重心より、後、前車軸までの距離

R : 車両に加わる cable tension T_1, T_2 の合力

これらの方程式を数値的に解いてゆくことは不可能ではないが、実際にはこのような条件に適する模型実験を行うことにより、十分その目的を達しうるわけである。

2. 模型実験の縮尺 (1) の各式を W または $W\rho$ で除して Dimensionless の方程式を作れば、これらの式は実物にも模型にも、ともに適用できなければならないから、実物及び模型のそれぞれに p 及び m なる添字を設けると

$$\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_m = \left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)_p, \left(\rho \frac{d^2\theta}{dt^2}\right)_m = \left(\rho \frac{d^2\theta}{dt^2}\right)_p \dots\dots(2)$$

$$\left(\frac{D}{W}\right)_m = \left(\frac{D}{W}\right)_p, \left(\frac{L_1 l_1}{W\rho}\right)_m = \left(\frac{L_1 l_1}{W\rho}\right)_p \dots\dots(3)$$

従つて力、長さ及び時間の元を模型及び実物についてそれぞれ f_m, l_m, t_m 及び f_p, l_p, t_p とすれば、(3), (4) 式を満足するためには

$$\frac{t_m}{t_p} = \sqrt{\frac{l_m}{l_p}}, \frac{v_m}{v_p} = \sqrt{\frac{l_m}{l_p}} \dots\dots(4)$$

$$\frac{W_m}{W_p} = \frac{D_m}{D_p} = \frac{f_m}{f_p}, \frac{(A \cdot E)_m}{(A \cdot E)_p} = \frac{T_m}{T_p} = \frac{f_m}{f_p} \dots\dots(5)$$

なる関係が成立たねばならない。ここに A, E, T はそれぞれ柵の cable の断面積、弾性係数及び張力を示す。

3. 模型実験 模型車に速度を与えて柵に衝突させたときの運動は multiple flash を用いて撮影してあり、図-3, 4 にその図化した例を示す。この場合、路面は heavy kraft paper を金属板上に広げたもので、模型

図-3

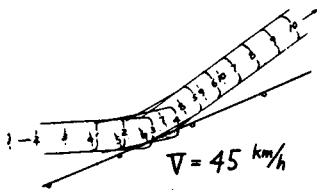
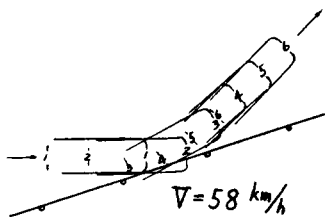


図-4



車の鉄輪との間の横切り摩擦係数は、0.33程度となる。観測によれば、cable のたわみは相当大きく、また速度の大なるほど反射角が大きくなることが認められる。

この論文の実験内容はこの程度までであるが車重、速度及び

cable の張力、長さの大小、cable 端のスプリング・アンカーの有無、柱の間隔、路面と車輪の摩擦係数等

を系統的に変化させて研究が続けられており、さらに柱の cable 支持法、弾性、埋込法等が将来の課題となつているので、今後の進展が期待される。

(建設省道路局 渡辺修自)

コンクリート混和材

“Admixtures for Concrete.”

Reported by ACI Committee 212.”

Journal of ACI., Oct. 1954

本文は ACI の混和材委員会の最近の報告である。同委員会は 1944 年 11 月にも報告を出しているが、それから 10 年経過したこの報告は 34 ページに及ぶくわしいものである(前回は 14 ページ)。このことは混和材に対する関心の高まつたことを意味するのではなからうか。事実、報告の冒頭で、委員会は P.H. Bates 氏の「混和剤の使用は決して気嫌いしたり、馬鹿にしてはならぬ。それどころか、その発展と研究とは大いに推賞し助成してやらねばならぬ」という言葉を確認しているのである。以下報告の要点を述べよう。

混和材の分類 次の 11 グループに分類する。

- (1) 促進材
- (2) 遅緩材
- (3) AE 材
- (4) 起泡材 (Gas-forming agents)
- (5) 結合材 (Cementious materials)
- (6) ポゾラン
- (7) アルカリ骨材反応防止材
- (8) 防湿、防水材
- (9) ウォーカビリチー増進材
- (10) グラウト用混和材
- (11) その他の混和剤

1944 年の報告による分類とくらべると、(7)および(10)が新たに加わり、その他はほぼ同じである。

(1) 促進材: セメントと水との化学反応を促進させるものとしては、塩化カルシウム、ある種の可溶性炭化物、ケイ弗化物、アルミナセメント、それにトリエタノラミンのような有機物がある。しかし、塩化カルシウムを除いては、いずれも高価であつたり、まだその性質がよくわかつていなかつたりして一般に推賞しにくい。

塩化カルシウムは通常セメントの 2% まではなら心配なく用いられるが、3% はこえないのがよい。塩化カルシウム混和による強度増進は一般に 1~3 日で最大に達するが、1 年経つてもまだ多少の増進を続けている。凍結融解に対する耐久性は混和により早期には増すが、後にいたりいくぶん減少する。塩化カル

シウムはコンクリート中の鉄筋をさびさせることはなく、コンクリートの腐食やすりへりに対する抵抗を相当に増すものである。それゆえ各種コンクリート製品の製造に用いると養生期間の短縮、寒中の硬化促進ができて有利である。

(2) 遅緩材: これはセメントの凝結を遅らせて、高温による急結や、セメントで偽凝結を起す傾向のものがあればこれを防止したり、打込みに手間がかかる場合コンクリートの固まるのを遅らせたりするものである。たとえば、長時間にわたりグラウチングをなし、グラウトを遠距離にポンプで輸送し、グラウト注入の途中に高温水があるといった場合に、遅緩材を用いることは非常に有効である。遅緩材には種々のものがあるが、次の3つに大別できる。

(1) でん粉またはセルローズよりの生成物 (2) 砂糖, (3) 水酸基を含む酸またはその塩類。

最も一般に知られているものは炭水化物の誘導体とリグニンスルホン酸カルシウムで、セメントに対しごく少量 (0.2% 以下) 用いればよい。

セメントの偽凝結は厄介な問題で、その原因は一般にセメントの製造過程にある。しかし、コンクリート打ち現場で偽凝結が生じ、これを解決しなければならぬときには遅緩材を用いるのがよい。現場で簡単でしかも安価に用いられるのは石コウ粉末で、通常セメントの 1~2% 混和するのである。なお Wetting agent (水の表面張力を減少させる薬品、セメント分散材もこの 1 種) あるいは Wetting agent と AE 材との混合物も、少量用いて偽凝結防止に有効なことがある。

(3) AE 材: 現在 AE 材として市販されているものは非常に種類が多いが、樹脂、脂肪、各種スルホン化合物等はいずれも空気をエントレインする性質を持つている。AE 材使用にあたっては、あらかじめ AE 材としての作用およびコンクリートの性質に悪影響がないかどうかを確かめるべきで、ASTM では AE 材の臨時規格とその試験法とを定めている。

AE 材の混和はコンクリート製品に対しても有利である。十分なデータはないが、エントレインドエアによりウォーカビリティーが改善されることはコンクリートブロック製造に種々の利点をもたらしている。すなわち、普通の方法でも詰め固めが一層よくできるから密実な製品ができ、外観もよく、かどのかけるのが減少する。パイプ製造でも同様な効果があり透水も減じる。

AE 材混和により軽量コンクリートを造ることもできる。この場合空気量は構造用コンクリートに対し 30

~60%, 絶縁用コンクリートには 70~85% エントレインされてよい。この空気は高速でアジテートしながらローリル硫酸ソーダ, アルキルアリルスルホン酸塩, ある種の石けん, 樹脂等の AE 材を加えて導入する。そしてこのコンクリート重量は 320~1800 kg/m³ である。

(4) 起泡材: コンクリートは材料の沈降とブリーディングとによつて、型わくの下面や鉄筋の下側, その他機械基礎面の下側といった場所には空隙ができるから、付着, 水密性, 均等性がそこなわれる。アルミニウム粉末をモルタルやコンクリートに加えると、セメントの硬化中に生じる水酸化物と化合して水素ガスの気泡を発生し, そのため容積が膨脹するから, 前述の沈降による害は打消される。特に機械すえ付基礎面のグラウチングや水平方向間隙の充填には有効である。通常アルミニウム粉末の混和量はセメント重量の 0.005~0.02% である。その作用は温度によりいちじるしく違い, 夏季は早過ぎ, 冬季は遅過ぎてともに効果が發揮できない。常温ではアルミニウムの化学作用はコンクリートを練り始めたときから 1.5~4 時間続く。

アルミニウム粉末を多量に用いれば軽量コンクリートを造ることができる。亜鉛やマグネシウム粉末も同じ目的に使用することができる。

(5) 結合材: 天然セメント, 消石灰, スラグセメント等がこれである。通常セメント量の 10~25% をこれで置換えて用いられる。ウォーカビリティーを増し, ブリーディング, セグリゲーション, 硬化熱を減じる利点があるが, 強度を減少させるものが多い。

(6) ポゾラン: ポゾランとは ASTM の定義によると「シリカ質あるいはシリカとアルミナ質との混合材で、それ自体にはほとんど結合力はないが、水分があれば水酸化カルシウムと化合して結合性の化合物を生じるもの」である。セメントの一部をポゾランで置換えると、一般に透水性を減じ、海水、硫酸塩含有土壌溶液、酸性の水に対する抵抗性が強くなる。強度に対する影響はポゾランの種類によりいちじるしく異なるが、一般に強度発生は遅れるけれども、後にいたり無混和のものより強くなるものである。セメント量の 10~30% 置換えて用いられるものには、フライアッシュ、火山灰、焼成したケイ藻土、頁岩、粘土等がある。

(7) アルカリ骨材反応防止材: ポゾランその他 AE 材はアルカリ骨材反応を減少させる効果のあることがわかっている。

(8) 防湿, 防水材: コンクリートは注意深い設計, 入念な打込みおよび養生を行えば、何も混和材は用いなくても透水はしない。漏水はコンクリート中の

モルタルの部分を水が透過しておこるものではなく、そのほとんどはひびわれや打継目や豆板の部分からの透水によるものであるという意見の研究者が多い。しかし特に貧配合のコンクリートに対しては良好な防水材の使用は有利である。

塩化カルシウムを防湿防水材の部類に入れることには疑問があるが、事実防水材と銘打って売出されているもので、塩化カルシウム以外は何も含まれていないといったものが多いのである。脂肪酸石けんも防湿、防水の目的に用いられる。石けんは水をはじく作用はあるが、試験によると、一般に水圧を受けるとかえって水を透しやすくなっている。その他ステアリン酸ブチル、石油製品（アスファルトのカットバック油やその乳剤等）各種無機物、有機物の混合物等きわめて多種にわたる。

(9) ウォーカビリチー増進材：石材その他の鉱物質をきわめて微粉にして混和するとコンクリートのウォーカビリチーは改善される。ペントナイト、ケイ藻土、粘土、フライアッシュ等はこの一種である。スルホン化された有機化合物や、活性または不活性物質

と結合した炭水化塩類等は混和により一定水量のコンクリートに対し、そのスランプを増大させるから、同一スランプに対しては水を減じることができる。それゆえ一般に不透水性と圧縮強度を増し、空気をエントレインするものは凍害の抵抗を増す。また AE 材はウォーカビリチーを増すから、ウォーカビリチー増進材の一種でもある。

(10) グラウト用混和材：グラウトにブリーディングは禁物である。そこで、小さい *w/c* で、しかも遠距離をポンプで輸送できるようなグラウトを造る混和材が必要となる。それにはそれぞれの条件に応じ、前述の促進材、遅延材、起泡材、あるいはウォーカビリチー増進材等が適宜用いられる。

(11) その他の混和材：なお市販の混和材で以上述べたどの部類にも入れにくいものがたくさんある。すりへり抵抗を増したり、空隙を填充して吸湿、吸水を減じる混和材等がこの部類に入る。その他硬化につれて膨脹するセメントや、クリンカ粉砕助材は混和材ではないが便宜上ここに入れる。

(鉄道技術研究所 杉木六郎)

★ テルツァギ ペック 土質力学 応用編 ★ ペック 基礎編

小野 薫
星 埜 和
加藤 渉
三木五三郎
——共 訳——

応用編 発売中
基礎編 6月下旬

近代科学の一分野として最近著しく発達しつつある土質力学の全般を、斯界の権威テルツァギ、ペック両教授が蘊蓄と経験とを傾けて記述した名著“*Soil Mechanics in Engineering Practice*”の翻訳。就中地盤調査の方法、試料の採取と試験方法等における進歩発達をあく迄実用に適するよう、微に入り細に渉り説明している。訳書は基礎編、応用編の2分冊として前者では基礎知識を包括し、後者では応用面についての経験と実例を記載し、設計施工技術に役立つように編纂されたものである。

応用編 ☆ A5判 298頁 価 550円
主要目次—〔設計と施工に関する諸問題〕土質調査（土質調査の目的と範囲、方法・地盤土調査の計画）土圧と斜面安定（擁壁・掘削に先立つ排水・オープンカットの側方支持・山腹及び切り取り斜面の安定・土の締め固め他）基礎（構造物、フーチング、ラフト、杭ピヤ、ダム）の基礎・パイピングの対策）特殊な原因による沈下（工事、地下水位の低下、振動、基礎コンクリートの劣化による沈下）附録・索引

基礎編 ☆ A5判 約270頁 予価 550円
主要目次—〔土の物理的性質〕土の指示土性・土の水力学的及び物理学的性質・土の排水〔理論的な土質力学〕土の塑性平衡・沈下と接地圧・土の水理学

基礎工学と土質調査

最上武雄・森 博 著
A5判 330頁 価 750円

コンクリートダム

クラーガー・ジャスティン・ハインズ著・村 幸雄訳
A5判 396頁 価 850円

重 力 ダ ム

米国内務省開拓局編・近藤泰夫訳
A5判 252頁 価 650円

東京 丸 善 日本橋