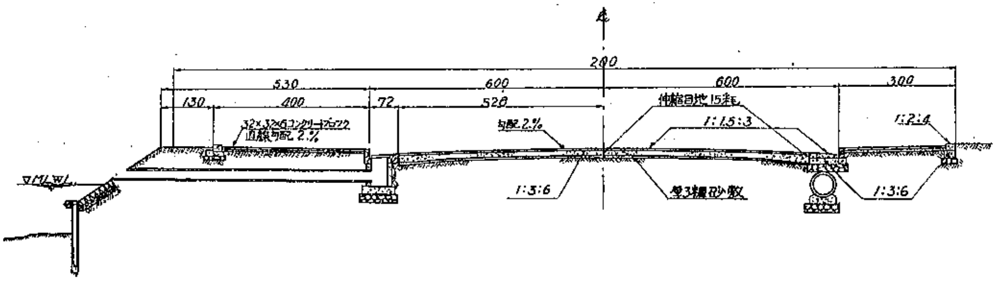
図-3. 昭和 12 年度標準断面図



し難きも大体に於て良好の様である。

5. アスファルト モルタル目地板の製作

工費の關係上目地材としてアスファルト モルタル板の製作を思ひ立ち，次の 3 種の配合（重量比 %）の目地板を試作した。

	アスファルト	石粉	砂
(1)	12	31	57
(2)	16	27	57
(3)	20	23	57

適當なるアスファルトの配合は地方的條件により甚しく相違するものと考へられるのであるが，上記 3 種につき，一はトタン屋根上に放置して柔軟の程度を見，他はアイスケーキ製造機中に約半日放置したる後，打壞して見た結果 (1) は幾分脆弱にして，3 は稍軟に過ぎる樣に考へたので (2) の配合を採用した。但し使用アスファルトは淺野物產より購入し針入度 40～60 のものであつた。

目地板の製作には先づアスファルトを鍋に溶かしたる中に石粉を入れ更に砂を入れて混合したる後，型に入れて成形した。型は幅 20 cm，深 1.5 cm，長 1.5 m の木製にして脫型の便利の爲，セメント空袋紙を敷いた。初は持運中の彎折を慮り厚 1.5 cm としたが，後には cm に減じた。

変断面長柱 2, 3 の挫屈荷重

（昭和 13 年 7 月 16 日土木学會第 2 回年次学術講演會に於て）

會員　樋　浦　大　三*

1. 緒　　言

変断面長柱の挫屈に關する問題を取扱つた文獻はかなり多い。著者も嘗つて端部に於て，変断面を有する長柱に就て一小論[1]を公にしたことがある。然しそれは左右對稱の長柱に限られたものであつた。本文は端部に於て

---

* 內務技師　工学士　內務省土木局第二技術課勤務

[1] 土木学會誌　第 21 卷 第 5 號　昭和 10 年 5 月

変断面を有する一般の場合，即ち左右不對稱の場合を取扱つたもので，著者が北海道廳土木部道路課勤務中試みた 2,3 の計算の結果を報告せんとするものである。

オイラー公式誘導の場合と全く同様に

(1) 柱の軸は直線なること
(2) 材質は各部均等なること
(3) 荷重は偏心を有しないこと
(4) 柱の長は充分長いこと
(5) 柱の自重は考慮外とすること

等の諸假定がゆるされるものとする。尚柱の兩端はすべて鉸の場合のみを取扱つたものである。

2. 柱の形狀，取扱ひが單純なるやうに柱の慣性モーメントを次のやうに假定する

(a) 兩端部に於て變斷面を有する場合

図-1. 兩端部に於て變斷面を有する柱

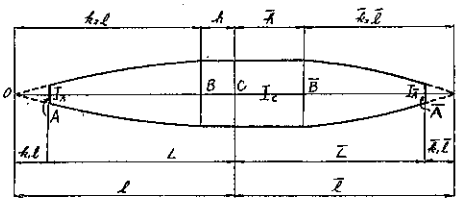


図-1 に示してあるやうに柱の全長を $(L+\bar L)$，斷面一様なる部分の長を $(h+\bar h)$，變斷面を有する兩端部の長を夫々 $(k_2-k_1)l$，$(\bar k_2-\bar k_1)\bar l$，慣性モーメントは左端 A に於けるものを I_A，右端 $\bar A$ に於けるものを $I_{\bar A}$，斷面一様なる部分のものを I_c で表す。

今 x 軸を柱の重心線に選び，斷面一様なる部分の中に任意の點 C をとり，此の C 點より測つて左右に夫々 $l, \bar l$ なる點を O 及 $\bar O$ とし，斷面の變化する部分の慣性モーメント I_x は左の端部にあつては O 點よりの距離の n 乘に，右の端部にあつては $\bar O$ 點よりの距離の m 乘に比例するものとする。

今 O 點を原點にとれば

$$k_1 l \le x \le k_2 l, \qquad I_x = \frac{I_c}{k_2^n l^n} x^n$$

$$(k_2 l + h + \bar h) \le x \le (k_2 l + h + \bar h + \bar k_2 \bar l - \bar k_1 \bar l) \qquad I_x = \frac{I_c}{\bar k_2^m \bar l^m}(k_2 l + h + \bar h + \bar k_2 \bar l - x)^m$$

從つて $I_A = I_c\left(\frac{k_1}{k_2}\right)^n$，$I_{\bar A} = I_c\left(\frac{\bar k_1}{\bar k_2}\right)^m$ となる。

(b) 一端部に變斷面を有する場合

図-2. 一端部に於て變斷面を有する柱

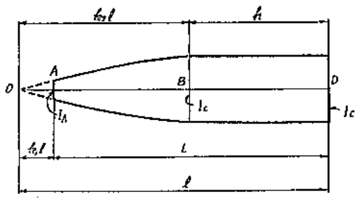


図-2 に示してあるやうに柱の全長を L，斷面一様なる部分の長を h，變斷面を有する端部の長を $(k_2-k_1)l$，慣性モーメントは左端 A に於けるものを I_A，斷面一様なる部分のものを I_c で表す。前同様に x 軸を柱の重心線に選び，變斷面部の慣性モーメント I_x は O 點からの距離の n 乘に比例するものとし，O 點を原點にとれば

$$k_1 l \le x \le k_2 l \qquad I_x = \frac{I_c}{k_2^n l^n} x^n$$

となる。從つて $I_A = I_c\left(\frac{k_1}{k_2}\right)^n$ となる。

3. 挫 屈 の 條 件 式

長柱が挫屈荷重 P_c を受けて彎曲を起したものとする。此の場合彈性曲線の微分方程式は既によく知られてゐる如く

$$EI_x\frac{d^2y}{dx^2}+P_cy=0 \quad\cdots\cdots(1)$$

となる。E は材料のヤング係數を表す。(1) 式の解は一般に A 及 B を積分常數とすれば

$$y=Af(x)+Bg(x) \quad\cdots\cdots(2)$$

となる。今兩端部に於て變斷面を有する長柱を考へれば

$$\left.\begin{array}{ll} 0<x\leq k_2l, & y_1=A_1f_1(x)+B_1g_1(x) \\ k_2l\leq x\leq(k_2l+h+\bar{h}), & y_2=A_2f_2(x)+B_2g_2(x) \\ (k_2l+h+\bar{h})\leq x\leq(k_2l+h+\bar{h}+\bar{k}_2\bar{l}), & y_3=A_3f_3(x)+B_3g_3(x) \end{array}\right\} \quad\cdots\cdots(3)$$

となる。然るに

$$\left.\begin{array}{l} (y_1)_{x=k_1l}=0, \\ (y_1)_{x=k_2l}=(y_2)_{x=k_2l}, \qquad \left(\dfrac{dy_1}{dx}\right)_{x=k_2l}=\left(\dfrac{dy_2}{dx}\right)_{x=k_2l}, \\ (y_2)_{x=(k_2l+h+\bar{h})}=(y_3)_{x=(k_2l+h+\bar{h})}, \\ \left(\dfrac{dy_2}{dx}\right)_{x=(k_2l+h+\bar{h})}=\left(\dfrac{dy_3}{dx}\right)_{x=(k_2l+h+\bar{h})}, \\ (y_3)_{x=(k_2l+h+\bar{h}+\bar{k}_2\bar{l}-\bar{k}_1\bar{l})}=0 \end{array}\right\} \quad\cdots\cdots(4)$$

なるを以つて此等の諸條件を用ひ (3) 式より A_1, A_2, A_3, B_1 B_2, B_3 の積分常數を消去すれば挫屈荷重の條件式が得られる。次に一端部に於て變斷面を有する場合は

$$\left.\begin{array}{ll} 0<x\leq k_2l & y_1=A_1f_1(x)+B_1g_1(x) \\ k_2l\leq x\leq(k_2l+h) & y_2=A_2f_2(x)+B_2g_2(x) \end{array}\right\} \quad\cdots\cdots(5)$$

となり

$$\left.\begin{array}{l} (y_1)_{x=k_1l}=0, \\ (y_1)_{x=k_2l}=(y_2)_{x=k_2l}, \quad \left(\dfrac{dy_1}{dx}\right)_{x=k_2l}=\left(\dfrac{dy_2}{dx}\right)_{x=k_2l}, \\ (y_2)_{x=(k_2l+h)}=0 \end{array}\right\} \quad\cdots\cdots(6)$$

の諸條件を用ひ (5) 式より前同様積分常數 A_1, A_2, B_1, B_2 を消去すれば挫屈荷重を決定すべき條件式が得られる。

(a) 兩端部に於て變斷面を有する場合

今 $\alpha^{\frac{2-n}{2}}=\sqrt{\dfrac{p}{EI_c}}k_2l$, $\bar{\alpha}^{\frac{2-m}{2}}=\sqrt{\dfrac{p_c}{EI_c}}\bar{k}_2\bar{l}$, $\mu=\dfrac{\bar{l}}{l}$, $\dfrac{2}{2-n}\alpha^{\frac{2-n}{2}}=\zeta$ とすれば挫屈の條件式は

$$\left.\begin{array}{l} F_n(\zeta)=-\dfrac{\tan\left(\dfrac{2-n}{2}\zeta\right)-Z_m(\zeta)}{1+\tan\left(\dfrac{2-n}{2}\zeta\right)Z_m(\zeta)} \\[3ex] Z_m(\zeta)=\dfrac{\tan\left(\dfrac{2-n}{2}\cdot\dfrac{1+\mu-\bar{k}_2\mu}{k_2}\zeta\right)-F_m(\zeta)}{1+\tan\left(\dfrac{2-n}{2}\cdot\dfrac{1+\mu-\bar{k}_2\mu}{k_2}\zeta\right)F_m(\zeta)} \\[3ex] F_n(\zeta)=\dfrac{J_{\frac{n-1}{2-n}}(\zeta)\,Y_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)-J_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)\,Y_{\frac{n-1}{2-n}}(\zeta)}{J_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)\,Y_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)-J_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)\,Y_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)} \end{array}\right\} \quad\cdots\cdots(7)$$

$$
\left.\begin{aligned}
F_m(\zeta)&=\frac{J_{\frac{m-1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)Y_{\frac{1}{2-m}}(\omega\bar{\nu}\mu\zeta)-J_{\frac{1}{2-m}}(\omega\bar{\nu}\mu\zeta)Y_{\frac{m-1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)}{J_{\frac{1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)Y_{\frac{1}{2-m}}(\omega\bar{\nu}\mu\zeta)-J_{\frac{1}{2-m}}(\omega\bar{\nu}\mu\zeta)Y_{\frac{1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)}\\
\nu&=\left(\frac{k_1}{k_2}\right)^{\frac{2-n}{2}},\quad \omega=\frac{2-n}{2-m}\frac{\bar{k}_2}{k_2},\quad \bar{\nu}=\left(\frac{\bar{k}_1}{\bar{k}_2}\right)^{\frac{2-m}{2}}
\end{aligned}\right|
$$

となる。若し $k_2-\bar{k}_2=1$ なるときは (7) 式は

$$
F_n(\zeta)=F_m(\zeta) \qquad \cdots\cdots(8)
$$

となる。

(7) 式及 (8) 式に於て $k_1=0$ の場合は

$$
F_n(\zeta)=\frac{J_{\frac{n-1}{2-n}}(\zeta)}{J_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)}
$$

又 $\bar{k}_1=0$ の場合は

$$
F_m(\zeta)=\frac{J_{\frac{m-1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)}{J_{\frac{1}{2-m}}(\omega\mu\zeta)}
$$

とすればよい。

左右對稱の場合は $m=n$, $\mu=1$, $k_1=\bar{k}_1$, $k_2=\bar{k}_2$ とすればよいが此の場合はむしろ

$$
F_n(\zeta)=\tan\left(\frac{1-k_2}{k_2}\cdot\frac{2-n}{2}\zeta\right) \qquad \cdots\cdots(9)^{(1)}
$$

より求めるがよい。

(b) 一端部に於て変断面を有する場合

此の場合の挫屈の條件式は前同様 $\alpha^{\frac{2-n}{2}}=\sqrt{\frac{p_c}{EI_c}}k_2l$, $\frac{2}{2-n}\alpha^{\frac{2-n}{2}}=\zeta$ とすれば

$$
\left.\begin{aligned}
F_n(\zeta)&=-\cot\left(\frac{1-k_2}{k_2}\cdot\frac{2-n}{2}\zeta\right)\\
F_n(\zeta)&=\frac{J_{\frac{n-1}{2-n}}(\zeta)Y_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)-J_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)Y_{\frac{n-1}{2-n}}(\zeta)}{J_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)Y_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)-J_{\frac{1}{2-n}}(\nu\zeta)Y_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)}\\
\nu&=\left(\frac{k_1}{k_2}\right)^{\frac{2-n}{2}}
\end{aligned}\right\} \qquad \cdots\cdots(10)
$$

となる。若し又 $k_1=0$ の場合は

$$
F_n(\zeta)=\frac{J_{\frac{n-1}{2}}(\zeta)}{J_{\frac{1}{2-n}}(\zeta)}
$$

となる。

4. 長柱 2, 3 の挫屈荷重

挫屈荷重を P_c で表せば一般に

(1) 土木学會誌 第 21 巻 第 5 號 昭和 10 年 5 月

$$P_c = k\frac{\pi^2 EI_c}{L^2}$$

となる。上式に於て $\frac{\pi^2 EI_c}{L^2}$ は全長 L にして，全長を通じ一定の慣性モーメント I_c を有する兩端鉸端の長柱の挫屈荷重を示すもので，k は係數である。次に 2, 3 變斷面長柱の k を示すことゝする。

(a) 兩端部に變斷面を有する對稱尖頭柱

図-3 は $n=\frac{1}{2}$, $n=1$ なるときの k の値を表すものである。

(b) 一端部に變斷面を有する尖頭柱

図-4 は $n=\frac{1}{2}$, $n=1$ なる場合の k の値を表したものである。

図-3. 兩端部に變斷面を有する對稱尖頭柱

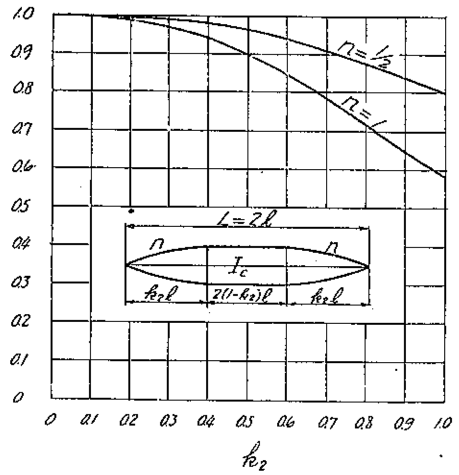
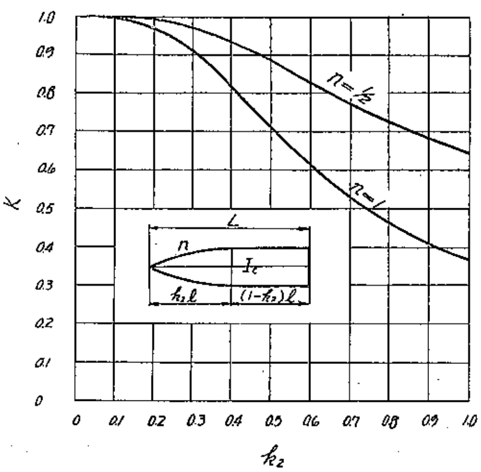


図-4. 一端部に於て變斷面を有する尖頭柱



(c) $n=m$ なる場合の不對稱尖頭柱

図-5 は $n=\frac{1}{2}$, $n=1$ なる場合の k の値を表したものである。

図-5. $n=m$ なる場合の不對稱尖頭柱

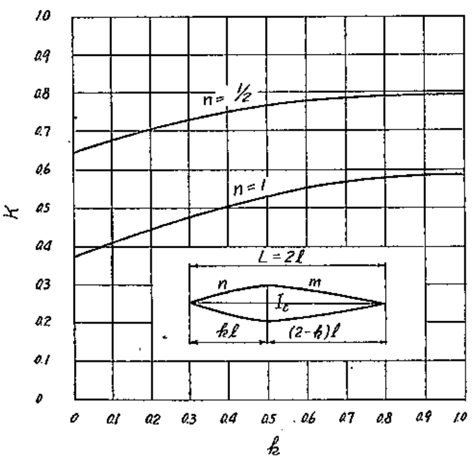
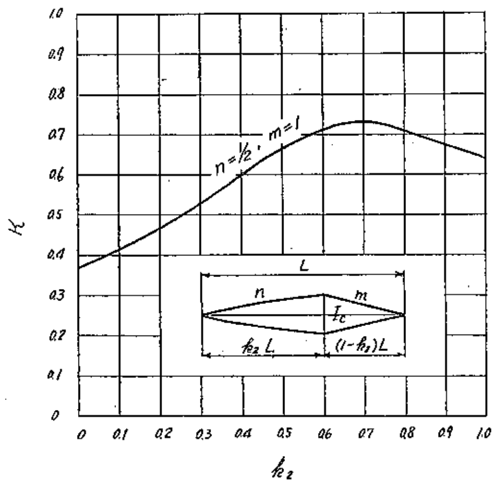


図-6. 不 對 稱 尖 頭 柱



(d) 不對稱尖頭柱

圖-6 は $n=\frac{1}{2}$, $m=1$ なるときの k の値を表すものである。$k_2 \fallingdotseq 0.7$ のとき k は最大なることが瞭る。

大糸線眞那板山隧道直轄工事に就て

(昭和 13 年 7 月 16 日土木学會第 2 回年次学術講演會に於て)

准員 小田 仁*

1. 導坑專進の實績

本隧道は延長 3 km 125 m, 1/40 の片勾配で, 昭和 11 年 12 月 20 日に着手し, 導坑專進法により同 13 年 5 月 23 日糸魚川方坑口より 2 km 917 m の地點に於て貫通した。

大町口からは電氣鑿岩機を使用し, 喞筒で排水しながら 208 m ほど掘進したが, 以下主として糸魚川口 (北口) に於ける實績に就き簡單に記す。

導坑進行の記錄は別表の如く, 1 日平均 5.6 m, 1 ケ月最大は 228.7 m で, 之は直接工事に起因する死者が 1 名も出なかつたこと丶共に, 我々の最も誇としてゐるところである。進行の新記錄は次の原因によるものと思ふ。

(1) 導坑專進であつたこと

(2) 地質がよかつたこと

(3) 遲發電氣雷管を使用したこと

(4) マイヤスホーレー硬積機が能率良好であつたこと

(5) 從事員一同熱心に働らいたこと

1. 導坑專進掘鑿に就て

8 時間宛の 3 交代とし, 一方の組成人員は, 鑿岩工及助手各 3 人, 鑿砕 2 人, 斧指 2 人, 火薬掛 1 人, トロ廻 11 人, 端掻 2 人, マイヤスホーレー運転手及助手各 1 人合計 27 人を標準とした。鑿岩機はインガーソル N-75 を 3 臺使用し, 孔數は地質に應じて 26~40 本, 心抜は楔型とした。實績を考慮して各作業の標準時間を表-1. の如く定め, 之に近づくやう努力した。この標準通り作業して, 1 爆破に 2 m 宛進行すれば 1 ケ月には 240~250 m 進行することになる。

1 爆破所要時間の實績は, 最少 255 分で平均 411 分であつた。

導坑專進法の利點は, 下記の如くである。

(イ) 複線の運搬線路を獨占使用して, 他の作業に妨害されることがない。

(ロ) 工場設備及人員收容設備が小規模ですみ, 從つて總工費が節約される。約 1 割 2 分程安くなる豫定である。

(ハ) 導坑貫通すれば, 地質が全く判明するから, 適當な切擴及疊築計畫が建てられる。

(ニ) 切擴及疊築作業を空間的に分離できる。

唯一の缺點は工事期間が長くかゝることである。

貫通點に於ける中心差 38.0 cm, 高低差は 2.1 cm であつた。

---

* 鉄道技師 工学士 鉄道省長岡建設事務所勤務