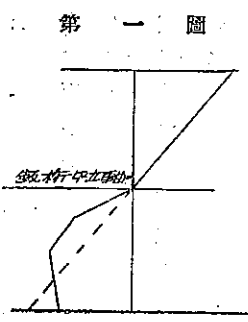


古板桁強弱試驗報告 (第五卷第三號所載)

會員 工學博士 吉町 太郎 一

1263

嘗テ Lehigh University ニ於テ鍊鐵製古板桁ノ破壞試驗ヲ施行セシ際突線ノ變長及中立軸ヨリ種々ノ距離ニ於ケル腹板ノ變長ヲ實測セシニ略平面保存 (Conservation of Plane Section) ノ法則ニ從ヒ中立軸ヨリノ距離ニ比例シテ増加スルモ偶其一例ハ特種ノ分布情態ヲ現出セリ即第一圖ニ示スカ如ク中立軸ヲ境界トシテ其上方應壓部ノ變長圖ハ直線トシテ現レタルヲ以テ平面保存ノ法則



ニ從フ如シト雖モ下方應張部ニアリテハ中立軸ヲ去ル迄距離ニ於テハ其變長應壓部ニ比シ著シク大ニ同軸ヲ遠サカルニ從ヒ漸次減少スル傾向アリ突線縁維ノ變長ニ至リテハ上部突線ノソレニ比シ幾分小ナリ此奇異ノ現象ニ接セル實驗者ハ其原因ニ就キテ種々探究セルカ如キモ遂ニ何等ノ得ル所ナカリキ (Engineering Record, 1912, p. 200 參照)

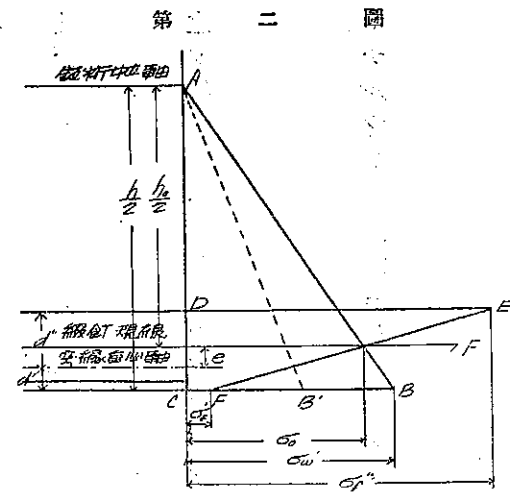
今回鐵道院小倉工場ニ於テ施行セラレタル板桁破壞試驗ニ於テモ突線縁維ノ實際變長ハ計算上ノ應力ヨリ推算シ得ル所ノモノニ比スレハ其間著シキ懸隔アリ前者ハ後者ノ約二分ノ一内外ニ止マルコトヲ知リシハ是亦豫期ニ反スル奇異ノ現象トイハサルヘカラス惜シムラクハ變長實測突線縁維ノミニ止マリ中立軸ヨリ種々ノ距離ニ於ケル腹板ノ變長ヲ實測

之ハノ施設ヲ欠キシヲ以テ *University* 大學ノ實驗中ノ特殊ノ一例ニ相當スベキモノナリヤ否ヤハ輕
 卒ニ判定スルコト能ハス然レトモ此等ノ實驗ニ徵スレハ上述ノ如キ變長分布ノ特殊現象ハ實際
 ニ於テ起リ得ルモノナルコトヲ信セサル能ハス尤其原因ニ至リテハ更ニ精細周到ナル實驗ヲ重
 スルニアラサレハ完全ニ解決スルコト困難ナルヘキヲ以テ今後改メテ此種ノ實驗ニ接スルノ機
 會ヲ得ンコトハ吾人ノ切ニ希望スル所ナリ爰ニ差當リテ筆者ノ臆說ヲ掲ケ以テ大方諸士ノ批判
 ヲ仰カン

筆者嘗テ院線四十呎板桁ノ下突縁ノ變長ヲ實際荷重ノ下ニ實測セシニ是亦計算上ノ變長ニ比シ
 テ多少少カリシヲ以テ其原因ハ支端ノ摺動裝置圓滑ヲ欠キ水平反力ヲ誘起シテ板桁ノ彎曲率ヲ
 削減スルニアリトシ此假定ノ下ニ檢算ヲ施セシコトアリシモ未タ充分會心ノ結果ヲ得ル能ハス
 シテ今日ニ及ヘリ然ルニ今回ノ實驗ニ於テハ支端ノ裝置完全ニシテ毫モ如上ノ疑ヲ挾ムノ餘地
 ナシ爰ニ於テ端ナク腹板ト突縁トヲ接合スル綴釘ノ効力如何ニ就キテ疑ヲ生スルニ至レリ
 元來平面保存ノ法則ハ腹板ト突縁トカ相互凝着シテ同一體トシテ作用スル場合ニノミ許容セラ
 ルヘキニアラスヤ然ルニ或間隔ヲ以テ而モ突縁斷面ニ對シテ著シキ偏心ヲ以テ兩者ヲ緊結スル
 綴釘ハ常ニ遺憾ナク此目的ヲ果シツ、アリヤ否ヤ若シ突縁ト腹板トカ一體トシテ作用セザルト
 キハ突縁ハ一種ノ偏心力ヲ受ケ其結果トシテ腹板ト異ナル所ノ獨特ノ變形ヲナスコトナキヤ今
 之ヲ極端ナル一例ヲ以テ説明センニ腹板ト突縁トヲ接合スルニ綴釘ノ代リニ鉗又ハ繫釘ヲ用ヒ
 ルモノトシ突縁角釘ノ縱脚ト腹板トヲ壓迫スルニ特ニ何等ノ裝置ヲ施スコトナク相互ノ應力關
 係ハ專ラ鉗ヲ通シテ交渉スルモノト假定スヘシ然ルトキハ突縁ノ應力増加ハ鉗ノ支壓ノミニ依
 リテ傳ヘラルヘク而モ本支壓タルヤ突縁ニ對シテハ偏心力トシテ作用シ且縱脚ノ緣維ニ接近シ
 テ偏倚スルヲ以テ該緣維ノ應力ハ増加スルニ反シ橫脚ノ緣維應力ハ著シク減少スルコト大略第

二圖ニ示スカ如クナラサルヘカラス即先破線トシテ突縁腹飯同一體トシテ作用シ平面保存ノ法則ニ從フ場合ノ應力分布トスレハ偏心接合ノ結果トシテ突縁ニ起ル應力分布ハ $E'F'$ ノ如クナルヘク又之ニ伴フ腹飯ノ應力分布ハ $A'B'$ ヲ以テ現スコトヲ得ヘシ何トナレハ綴釘規線ニ沿ヒテノ變長ハ腹飯突縁相異ナルコトナク從テ兩者ノ應力モ亦相等シキヲ以テナリ

試ニ本假定ニ從ヒ腹飯及突縁ノ線維應力ヲ求ムルトキハ左ノ結果ニ到達スルニ



- F = 突縁總應力
- F' = 突縁總脚線維應力
- a = 突縁縱規線ニ沿ヒテノ突縁及腹飯ノ線維應力
- a' = 突縁縱脚線維應力
- a'' = 腹飯線維應力
- A_0 = 腹飯橫斷面積
- A_0' = 腹飯自身ノ重心軸ニ對スル慣性率
- A_0'' = 上下各突縁ノ橫斷面積
- k_0 = 上下突縁ノ綴釘規線間ノ垂直距離

- h = 飯桁ノ高さ(腹飯ノ高さ)ト同シト假定ス
- a = 突縁ノ重心軸ニ對スル綴釘規線ノ偏心
- a' = 突縁重心軸ヨリノ橫脚線維ニ至ル距離
- a'' = 同軸ヨリノ縱脚線維ニ至ル距離

トスレハ假定ノ結果トシテ突縁總應力ノ作用線ハ綴釘規線ト合致スルカ故其抵抗率ハ F_0 ニシテ之ニ腹飯ノ抵抗率ヲ加ヘテ

1266

ヲ得但 M トハ外力ノ彎曲率ナリトス又綴釘規線ニ沿ヒテノ突縁ノ維應力ハ

$$\sigma_0 = \frac{F}{A_f} + \frac{F e}{I_f}$$

ニシテ同線上腹板ノ維應力ハ

$$\sigma_0 = \sigma_w' \frac{h_0}{h}$$

此兩者ヨリ σ_w' ヲ解クトキハ

$$\sigma_w' = \frac{F}{A_f} \left(1 + \frac{A_f e^2}{I_f} \right) \frac{h}{h_0} \dots \dots \dots (2)$$

之ヲ等式(1)ニ挿入シテ M ヲ解ケハ

$$F = \frac{M}{h_0 \left\{ 1 + \frac{1}{6} \frac{A_w}{A_f} \left(\frac{h}{h_0} \right)^2 \left(1 + \frac{A_f e^2}{I_f} \right) \right\}} \dots \dots \dots (3)$$

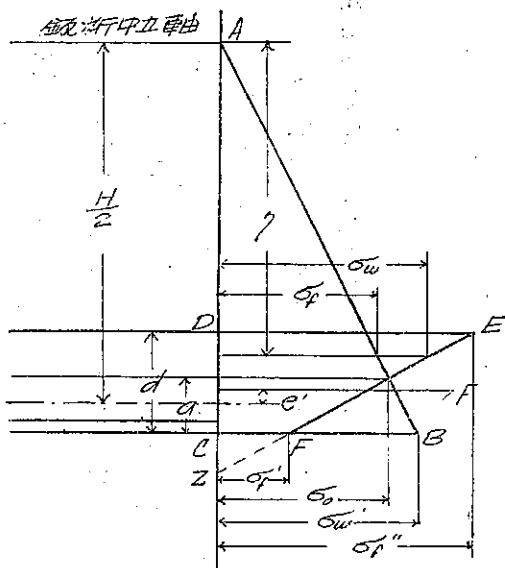
トナル之ヲ等式(2)ニ代用シテ腹板ノ維應力ヲ知ルヘク又突縁ノ維應力ハ

$$\left. \begin{aligned} \sigma_f' &= \frac{F}{A_f} - \frac{F e}{I_f} \dots \dots \dots \\ \sigma_f'' &= \frac{F}{A_f} + \frac{F e}{I_f} \dots \dots \dots \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

ニ依リテ求ムルコトヲ得ヘシ

然ルニ上式ヲ其儘今回ノ供試板桁ニ應用スルトキハ三千噸ナル中央荷重ハ腹板ノ縁維應力ヲシ

第三圖



テ彈性限ヲ超過セシメ突縁縦脚ノ縁維應力ヲシテ極強ニ達セシムルヲ以テ當然鋼板ノ破壊荷重ニ相當スルコト、ナルヘシ而モ實際ニ於テ然ラサルヨリ察スルトキハ應力傳達ハ單純ナル鋪作テ作用スルニモアラス畢竟其中間ニ位スルモノニシテ綴釘緊結ノ効果トシテ必然生スヘキ接觸面ノ摩擦抵抗ハ或程度迄應力傳達ノ媒介ヲナスモノト見ルヲ至當トスヘシ要スルニ應力分布ハ常ニ第二圖ニ示セル AB ノ如キ單純ナル直線ヲ以テ現シ得ルトハ限ラス場合ニ依リテハ AB 及 EF ノ如キ別種ノモノニ少クモ類似スルコトアルモノト想像セサル能ハス加之斯ク假定スル結果トシテ突縁ノ抵抗率ハ減少スルヲ以テ腹板ノ抵抗率ハ増加シテ其不足ヲ補ハサルヘカラス之

突縁變長ヲ基礎トシテ維應力ヲ推算スヘシ即第三圖ニ於テ σ_v ハ實測變長ヨリ得タル應力ヲ取リ

レ腹板應力ノ増加スル所以ニシテ第一圖ニ示セル Lough 大學ノ試驗桁ノ腹板變長分布ノ情態モ畢竟這般ノ消息ヲ示スニアラスヤト思ハル即應壓部ノ綴釘接合ハ比較其効果著シク突縁ト腹板トハ同一體トシテ作用セルニ反シ應張部ノ接合ハ幾分前述ノ假定情態ニ近キ爲メ腹板應力ハ應壓部ニ比シテ著シク増加セルモノト見爲シ得サルニアラス

綴釘接合カ單純ナル鋪作用ヲ爲スニ止マルトノ假定ハ余リニ極端ニ走セテ實際ト符合セサルヲ以テ茲ニ改メテ突縁總應力ノ作用線ハ綴釘規線ト合致スルテフ假定ヲ棄テ、其代リ實測ニ依リテ得タル

之ニ加フルニ綴釘規線ニ沿ヒテハ突縁及腹板ノ維應力ハ相等シキコト及應力抵抗率ト外力ノ彎曲率ト相等シキコト以上二條件ヲ以テシ突縁及腹板ノ縁維應力ヲ求ムルコト左ノ如シ既記ノ符號ノ外更ニ

σ_w = 板桁中立軸ヨリナナル距離ニ於ケル腹板ノ維應力

σ_f = 同位置ニ於ケル突縁ノ維應力

a = 綴釘規線ヨリナナル突縁横腹板ノ縁維應力ニ至ル距離

d = 突縁縦腹板ノ幅

H = 上下突縁ノ重心距離

ヲ用ヒテ先突縁ノ抵抗率ヲ求ムルニ

$$2 \int \sigma_f dA \eta$$

$$\sigma_f = \sigma_f' + \frac{\sigma_w - \sigma_f'}{a} \left(\frac{h}{2} - \eta \right)$$

$$\sigma_w = \sigma_w' \frac{h_0}{h}$$

又ナルヲ以テ

$$\sigma_f = \sigma_f' + \frac{\sigma_w' \frac{h_0}{h} - \sigma_f'}{a} \left(\frac{h}{2} - \eta \right)$$

トナル之ヲ代用シ且

$$\int \eta dA = A \frac{H}{2}$$

$$\int \eta^2 dA = I_y + \frac{A_y H^2}{4}$$

トシテ突縁ノ抵抗率ヲ求メ之ニ腹板ノ抵抗率

$$\frac{1}{6} \sigma_w' A_w h$$

ヲ加ルニ外力ノ彎曲率ト等シクスルトキハ

$$\sigma_f' \int A_y H \left(1 - \frac{h}{2a} \right) + \frac{2}{a} \left(I_y + \frac{A_y H^2}{4} \right) + \sigma_w' \left\{ \frac{I_w}{2a} A_y H - \frac{2I_w}{a h} \left(I_y + \frac{A_y H^2}{4} \right) + \frac{A_w h}{6} \right\} = M \dots \dots (5)$$

ヲ得ヘシ本式ニ於テ σ_f' ヲ豫定スルトキハ σ_w' ハ自ラ定マリ來ルヘク又 σ_f'' ハ

$$\sigma_f'' = \sigma_f' + \frac{\sigma_0 - \sigma_f'}{a} d = \sigma_f' \left(1 - \frac{d}{a} \right) + \sigma_0 \frac{d}{a} \dots \dots \dots (6)$$

ニ依リテ求ムルコトヲ得

又試ニ突縁總應力及其作用線ノ偏心ヲ求ムルニ

e = 突縁總應力ノ偏心距離

S_y = 突縁應力ノ中立軸Zニ對スル突縁斷面ノ面率

トスレバ

$$F = \frac{\sigma_f'' - \sigma_f'}{d} S_y \dots \dots \dots (7)$$

$$S_y = \frac{A_y}{\sigma_f'' - \sigma_f'} (d'' \sigma_f' + d' \sigma_f'') \dots \dots \dots (8)$$

但

又

$$e = \frac{I_y}{S_y} \dots \dots \dots (9)$$

ナルコトハ容易ニ證明スルコトヲ得ヘシ
 扱供試板桁ニアリテハ

$$A_y = 4.680''$$

$$A_w = 10.244''$$

$$I_y = 4.204''^2$$

$$I_w = 26''^2$$

$$r_y = 22.7454$$

$$r_w = 24.716$$

$$a = 1.7773$$

ナルヲ以テ之ヲ等式(5)ニ代用スルトキハ

$$59.05 \sigma_y + 90.71 \sigma_w = M$$

ヲ得ヘシ而シテ中央荷重三十噸ノ下ニ起ル突縁横脚ノ變長ハ五十吋ノ規間ニ對シテ約千分ノ十
 八吋報告附圖第四圖ノ一)ナルヲ以テ大略

$$\sigma_y' = 10,800 \#/\text{sq. in.}$$

トナリ又此トキノ彎曲率ハ(報告第四頁)

$$M = 3,470,000 \text{ in. lbs.}$$

ナレハ此等ノ數值ヲ前記ノ諸式ニ代用シテ

$$\sigma_w = 31,200 \#/\text{sq. in.}$$

$$\sigma_y'' = 39,500 \#/\text{sq. in.}$$

$$F = 39,600 \#$$

$$e = 0.7426$$

ヲ得ヘシ之ニ依リテ是ヲ觀レハ突縁横脚ノ緣維應力ハ計算上ニ萬三千二百五十封度報告第四頁
 ナルヘキニ實測ノ結果一萬八百封度ナルコトヲ知リテ過少ナルヲ惟ムトイヘトモ其反面ニ於テ

ハ突縁縦脚ノ縁維應力ハ三萬九千五百封度腹飯ノ縁維應力ハ三萬千二百封度ニシテ殆ント彈性限ニ達セントスルアリ又中央荷重三十八噸ノ下ニアリテハ實測變長ヨリ推算セル

$$\sigma' = 13,200 \text{ #/sq. in.}$$

ヲ基礎トシテ

$$\sigma'' = 60,100 \text{ #/sq. in.}$$

$$\sigma_w' = 45,800 \text{ #/sq. in.}$$

$$F = 125,800 \text{ #}$$

$$e' = 0.7498$$

ヲ得ヘク即突縁縦脚縁維ハ殆ント極強ニ達シ腹飯縁維ハ彈性限ヲ超過スルコトトナルヘシ尤此等ノ數値ヲ以テ的確ナル内部應力ヲ現シ得タリト信スルモノニアラスト雖モ少クトモ之ニ近キ情態ニアリトスレハ桁自身ノ彈性限ト材料ノ彈性限トノ間ニ多少ノ相違ヲ生スルハ必然ノ結果ニシテ毫モ恠ムニ足ラサルナリ

以上ニ述フル所ハ要スルニ偏心接合ノ結果ニ關スル筆者ノ臆測ニ過キス一層論歩ヲ進ムルトキハ更ニ幾多ノ疑問ニ逢著スヘキモ適切ナル實驗ニ基礎ヲ置カスシテ徒ラニ想像ヲ逞シフスルハ徒勞ニ屬スルヲ以テ之ヲ略シ專ラ他日再此種ノ實驗ニ接スル機會ヲ待タントス(完)