

古板桁強弱試驗報告 (第五卷第三號所載)

會員 工學博士 坂岡末太郎

山本工學士ノ施セル古板桁ノ強弱試驗ハ頗ル有益ナル企ニシテ記者ハ同學士ニ多大ノ敬意ヲ表シ序ニ疑問ノ點ヲ舉テ學士ノ高教ヲ仰カントス

撓度

(一) 著者ハ桁ノ兩端ニ於テ僅少ノ永久撓度ヲ示シタルハ連結溝形鋼ノ伸長及四十呎桁ノ撓度ニ起因スルモノナル可シト稱シテ夫レ以上何等疑念ナキカ如ク見ユルモ記者ハ此點ニ關シテ多少ノ疑念ナキニアラサルナリ

第一表ニヨレハ荷重ノ始メニ當リ D_1 ハ $\frac{9}{32}$ '' D_3 ハ $1\frac{1}{4}$ '' ノ永久撓度ヲ示セルカ如シ $\frac{9}{32}$ '' ハ左迄大ナリト稱スル能ハサルモ $1\frac{1}{4}$ '' ハ決シテ僅少ナリト稱スル能ハサルノ撓度ナリ如斯大撓度ヲ連結鋼ノ伸長其他ニ歸スルカ如キハ少シク大膽ナル放言ニアラサルナキカ若シ著者ノ唱フルカ如ク之レヲ連結鋼其他ニ歸スルモノトセハ荷重ノ始メニ於テ已ニ如斯大撓度ヲ來スヲ以テ荷重ノ終リ即ハチ 50 噸乃至 56 噸ニ至リテハ尙數倍ノ撓度ヲ示サ、ルヘカラサルノ理トナル然ルヲ實際ハ之レニ反シテ D_1 ニテハ最初ハ $\frac{9}{32}$ '' ナルニ最終ニテハ $\frac{16}{64}$ '' トナレルコト第一表ニ示スカ如シトセハ荷重ノ重キモノ却テ少キ撓度ヲ與フルコト、ナリ頗ル怪ム可キノ結果トナル D_3 ニテハ最初ハ $1\frac{1}{4}$ '' 撓度ナルニ最

終ニハ^{1 1/2}トナリテ結局^{7/32}ノ増加ナルヲ以テ著者ノ所説ヲ幾分立證スルノ跡ナキニアラサルモ45噸内外ニテ却テ²以上ノ撓度ヲ示セルヨリ之ヲ見レハ最終ノ^{1 1/2}モ亦幾分怪シキモノニアラサルナキカ要スルニ第一表ニハ疑問ノ伏在スル餘地裕々タルハ何人モ異議ナカルヘキヲ信スルカ故ニ最モ精確ナル結果ヲ望ムトキハ第一表ニ餘マリ信ヲ措ク能ハサル如キヲ覺フナリ記者ノ想像スル所ニヨレハ著者ノ所謂永久撓度ハ其實撓度ニアラス又連結鋼其他ノ伸長撓度ニモアラスシテ鋼ト桁トヲ受クル部分ノ能ク馴染ミタル結果ニアラサルカヲ思フ即ハチ鋼ニ連結セラレタル桁受片ハ其未タ荷重ノ加ハラサル以前ハ其當リ理想的密接ナラサルモ荷重ノ加ハルヨリシテ極メテ密接トナリ又其他ノ部分モ理想的ニ馴染ムニ至リタル結果ニアラサルカヲ想フ若シ著者ノ唱フルカ如クナラハ最初ノ荷重即ハチ僅々四五噸ノ荷重ニテ永久伸長ヲ來スコト、ナリ五十噸以上ノ荷重ハ勿論二三十噸以上ノ荷重ニテモ早ヤ已ニ永久變形ニヨリテ試験ニ堪ユヘカラサルモノトナラサルヘカラス然ルヲ實際ハ五十噸以上ノ荷重ニ堪ユル第一表ノ如シトセハ著者ノ所謂鋼ノ伸長又ハ桁ノ永久撓度ニ歸スルモノト見做スハ少シク見當違ヒニアラサルヤト思惟スルナリ

(二) 著者ハ五噸ノ差ヲ以テ遞次荷重ヲ増加セルカ如シ故ニ桁ノ永久撓度ヲ見ルニ當リ三十五噸ヨリ四十噸ニ至ル間ニアリトシ其荷重ヲ三十八噸ト假定シタリ此點ニ於テモ記者ハ幾分遺憾ノ點ナキニアラス若シ著者ニシテ三十五噸ヨリ一噸宛ヲ加ヘテ之レカ永久撓度ヲ見ルノ舉ニ出テシナラハ斯ル假定ヲ須ユルノ必要ナク實際ノ荷重ヲ知り得ルコト容易ナリシナランニ事茲ニ出テスシテ一躍五噸ヲ遞加スルノ舉ヲ飽迄モ繼續セルカ故ニ遂ニ想像ヲ以テ之レカ荷重ヲ定ムルノ止ムナキニ至リタルモノニシテ試験者ニ取リテハ用意周到ナリト稱スル能ハサルヲ覺フナリ故ニ若シ實荷重ニシテ三十七噸カ若シクハ三十九噸ナリトセハ著者ノ計算ニハ多少誤謬ヲ交ユル

コト、ナリテ折角ノ試験モ充分信頼スル能ハサルコト、ナルナリ
 (三) 記者ハ荷重ヲ加フルニ當リ正ニ刀刃形 (Knife edge) ノ加壓片ヲ用フルノ方法ニ出ツルヲ可ナリト信ス何トナレハ理論上ノ公式ハ單ニ桁ノ中央ナル一點ニ荷重ヲ受クルモノト假定シテ誘導セルモノナレハ此式ヨリ算出セル結果ト比較セントセハ桁ニ荷重ヲ加フルノ際ニモ單ニ一點ニ於テスルノ方法ニ出ツルヲ最良トスレハナリ然ルヲ著者ハ桁ノ中央ニ荷重ヲ加フルニ當リ或ル幅ヲ有スル加壓片ヲ用ユル第二圖ニ示セルカ如クナルヲ以テ此點ニ於テモ亦精密ニ缺クル所アルカ如キヲ覺フ

(四) 著者ハ δ 即ハチ剪斷力ニ歸スル撓度ノ公式ヲ
$$\frac{1}{4} \frac{Pl}{GA''}$$
 トセリ然リト雖モゆるいんぐ著材料強弱論 (Ewing—The strength of the materials, 1899) 百四十一頁ニヨレハ此種ノ撓度ハ
$$\frac{3}{10} \frac{Pl}{GA''}$$
 トアリテ又ハ δ 氏著撓度及不定應力 (Hudson—Deflection and static lly indeterminate stresses, 1911) 二十四頁ニヨルモ亦正シク同一ナルヲ見ル然ルヲ著者ハ特ニ $\frac{1}{4}$ ノ係數ヲ取リテ $\frac{3}{10}$ ノ係數ヲ取ラサルハ如何ナル理由ナルヤ之レ記者ノ教示ヲ乞フ所ナリ

(五) 理論上ノ公式ハ材料ノ斷面全長ニ亘リテ正シク同一ナルモノト見做シテ誘導セラレタルモノナリ故ニ實地ト公式トノ結果ヲ比較セント欲セハ桁ハ全長ニ亘リテ正シク同一ノ斷面ナラサルヘカラス然レトモ著者ノ試ミタル桁ハ所々ニ補剛材ヲ用ヒ居レリ從テ長サヲ通シテ同一斷面ト見做ス能ハサルナリ故ニ補剛材ナキ場合ト同一ノ結果ヲ見ル能ハサルハ理ノ當然ニシテ偶々之レカ一致ヲ見ルハ寧シロ怪ム可キニアラスヤ

(六) δ 元來極メテ僅少ナルヲ以テ之ヲ看過スルヲ普通トス然ルヲ著者ハ之ヲ考察セルヨリ之ヲ見レハ著者ノ精密ナル結果ヲ望メルヤ明カナリトス著者ニシテ若シ果シテ極メテ精細ナル結果ヲ望ムモノトセハ桁自身ノ重量ハ中央點ニ及ホス剪力及彎曲力率ヲ考察スルノ必要ナキヤ記者

ハ此點ニ於テモ幾分疑ヲ抱クモノナリ

突縁ノ變長

(一) 此點ニテ記者ノ怪訝ニ堪エサルハ第三表ニアリ此表ニヨレハNo. 4ハ當然伸長ナル可キニ實際ハ短縮ナルカ如シNo. 1, No. 2ノ短縮ハ固ヨリナルモNo. 4ノ短縮ハ如何ナル理由ナルヤ若シ此結果ヲ事實ナリトセハ力學上非常ナル變化ヲ來ササルヲ得サル可ク從來ノ公式ニモ亦一大變更ヲ加ヘサルヘカラス知ラス著者ノ高見ハ如何又果シテ此結果ニシテ誤リナシトセハ其茲ニ至リタル原因ニ就キ深ク考究スルノ必要アリト思惟ス然ルヲ著者ハ此點ニ何等ノ不審ヲ抱カサルカ如キハ如何

(二) 著者ハ突縁ノ變長ニ關シ計算ヨリ得タルモノハ實際ノ變長ニ比シ約二倍ノ變長ナルヲ示シ尙此點ニ關シ更ニ精細ナル報告アル可シト豫約セリ記者ハ一日モ速ニ此種ノ報告ノ發表アランヲ希望スルモノナリ然リト雖モ記者ハ此點ニ關シ聊カ愚見ヲ述ヘテ以テ著者ノ參考ニ供セントス著者ハ50'ノ變長ヲ計算スルニ當リ $E=30,000,000$ トセルカ如シ然リト雖モ若シ $E=48,000,000$ 又ハ $E=54,000,000$ トナサハ則ハチ如何兩者間ニ於ケル差異極メテ僅少ニシテ理論實際殆ント相一致スルヲ見ン然ラハ即ハチ E 價ハ果シテ $30,000,000$ ト採ルヲ可トスルヤ $E=48,000,000$ — $50,000,000$ ト採ルヲ可トスルヤハ此疑問ヲ解クノ先決問題トナルナリ

從來抗折強 (Modulus of rupture) ヲ普通ノ抗張力又ハ抗壓力ト同一ニ採ルハ普通一般ノ例ナルカ如シト雖モ此慣習ハ決シテ正當ナラサルカ如シ鋼鐵ニ於テハ特ニ然ルヲ見ルバ一教授 (Prof. Burr) ハ其著「材料ノ彈性及抗力」(The Elasticity & Resistance of Materials of Engineering, 1908) 第五百八十三頁—第五百八十八頁ニ於テ此點ニ關シ述フル所ニヨレハ「充鋼 (Schid steel) 又ハ鑄鐵桿、鍊鐵桿ニ就テ之ヲ實驗スルニ其徑間ニシテ桿深ノ5倍乃至12倍ノ場合ニテハ抗折強ハ普通ノ抗張力又ハ抗壓力

ニ勝ルコト一倍半乃至二倍半ノ多キニ出入スルモノナリトセリ同教授ハ又材料断面ノ形狀徑間ノ長サ等モ其値ニ差同ヲ來スモノニシテ此問題ノ正當ナル解釋ハ極メテ困難ナレハ今後幾多ノ實驗ヲ重ヌルニアラサレハ最後ノ結論ニ達スル能ハスト述ヘ居レリ然リト雖モ抗折強ノ普通張力又ハ壓力ヨリ大ナルコト 1.66-1.85 倍ナルハ從來ノ實驗上之ヲ證明セルモノナキニアラサルヲ以テ假リニ之ヲ採用スルトセハ其之レニ對スル E 値モ又 1.66-1.85 倍タルニ至ルハ當然ナリトス然レハ則ハチ $E=45,000,000$ 又ハ $54,000,000$ 又ハ $60,000,000$ ニ取ルトスルモ何等ノ理由ナク同時ニ實際ト計算トハ極メテ近似スルノ結果タルニ至ル可キナリ知ラス著者ノ高見ハ如何

傾斜變長

著者ハ此種ノ變長ヲ計ルニ第四表圖ニ示セルカ如ク桁ノ端近ニ相互ニ直角ヲナセル 20'' 以上ノ測長ヲ設ケテ之レヲ觀測セルカ如シ記者ハ其觀測法及其裝置ヲ詳ニセサルヲ以テ著者ノ取レル方法如何ヲ議スル資格ナシト雖モ記者ノ推測スル所ニヨレハ著者ノ採レル測長ハ桁ノ中軸上下ニ跨レルカ如シ即ハチ張力側ト壓力側トニ跨レルカ如シ若シ果シテ兩側ニ跨リタル測長ニ就テ之ヲ觀測シタルモノトセハ記者ハ幾分疑問ノ點ナキニアラス何トナレハ此場合ニテハ其測長ハ張力範圍ニアル部分ハ張力ヲ受ケ壓力範圍ニアル部分ハ壓力ヲ受クルカ故ニ正負相反スルノ結果其全長ニテ相殺シタル殘餘ヲ讀高ニ示スニ止マリテ決シテ實際ノ張力變長又ハ壓力變長ヲ與ヘサレハナリ故ニ傾斜變長ヲ測ラントセハ張力變化ニ對シテハ張力側ニ於テス可ク壓力變長ヲ見ルニハ壓力側ニ裝置ヲ取付クルヲ可ナリト信スルナリ

記者ハ斜應力ヲ見ルニ當リテめりまん教授 (Prof. Merriman) 著材料力學教科書 (Text-book on the Mechanics of Materials, 1901) 第五百一十一頁ニ記セル公式ヲ應用スルノ可ナルニアラサルカラ思フモノナリ同氏ノ公式ハ次ノ如シ

$$\text{最大 } s = \pm \sqrt{\sigma^2 + \frac{1}{4} p^2}$$

$$\text{最大 } t = \frac{1}{2} p \pm \sqrt{\sigma^2 + \frac{1}{4} p^2}$$

s = 斜剪力; t = 斜張力; σ = 鉛直剪力; p = 水平張力又ハ壓力

著者ノ所謂腹板ニ於ケル理論上ノ最大斜應力トハ此ト値ヲ指スモノニアラサルカ果シテ然リトセハ此應力ハ一種ノ第二應力 (Secondary stress) ニシテ其點ニ働ク鉛直剪力ト水平張力又ハ壓力トノ結成力タラサルヘカラス桁ノ實驗ニ當リ往々見ル所ノ傾斜割裂ハ則ハチ此應力ニ歸スルモノニシテ其計算ハ理論上めりまん氏ノ與ヘタル公式(ゆゑんぐ教授モ亦同一公式ヲ與ヘ居レリ)ニヨルヲ妥當ナリト信スルナリ然ルヲ著者ハ本公式ヲ採ラスシテ他式ヲ採リタルハ如何ナル理由ナルヤ

桁ノ破壊

著者ハ凡ナル許容應力ヲ計算スルニ當リ突縁ノ固定點間ノ距離ヲハ支點間ノ半分ニ取ルヲ至當ナル可シト稱シテ $l = 114.75$ トセリ其之レヲ半分ニ取ルヲ至當トスル理由ハ如何兩支點ハ固定 (Fixed end) 端ト見做セルカ故カ若シ然リトセハ第二圖ノ支持法ヨリ之ヲ判シテ固定端ト見ルノ轉不當ナルノ感ナキニアラス如何敢テ高教ヲ仰ク

今後ノ試驗ニ對シ注意改良ヲ要スル事項

著者ノ與ヘタル注意改良事項ハ固ヨリ當然ナルモ尙記者ノ希望スル所ヲ述フレハ次ノ如シ
 (一) 實驗室ニ於ケル實驗ニテハ桁ヲ全然實地ト同一ノ狀況ニ持來スコト頗ル困難ナルカ故ニ其結果モ亦從ツテ實地上疑ハシキ憾アルヲ免レサルナリ故ニ實地ニ架設セル桁橋ニ就キ適當ノ裝置

ヲ設ケテ之レヲ實測スルハ極メテ必要ニシテ如斯ニシテ得タル結果ニ對シテハ何人モ疑念ヲ挾ムノ餘地ナキハ勿論實地上ノ強弱如何ヲ判スルニモ最モ信賴ス可キ方法ナルヲ以テ記者ハ實驗室ノ實驗ヨリハ寧ロ實地上ノ實驗ヲナサンコトヲ希望スルモノナリ機關車ノ動靜兩的ニ歸スル差同及速力ニ歸スル衝擊(Shock)ノ結果等モ之レニヨリテ知ラルルノ利大ナルヲ以テ記者ハ鐵道院ハ今後大英斷ヲ以テ實地的實驗ニ力ヲ致サレンコトヲ希望スルモノナリ

(二) 著者ハ傾斜變長ノ測定ニテハ出來ル丈ケ測長ヲ短少テラシムルヲ主張スルハ極メテ正當ナル意見ナルモ尙記者ノ希望スル所ノモノハ記者ノ前述スルカ如ク獨リ測長ノ短少ナルノミナラス其測長ハ張力範圍又ハ壓力範圍内ニ限ラルルヲ要スルモノニシテ之ヲ張壓兩範圍ニ跨ラシムルカ如キハ絶對ニ不可ナルヲ信スルナリ若シ兩者ニ就キ之レカ變長ヲ知ルノ必要アリトセハ之ヲ兩區域内ニ別々ニ裝置シテ別々ニ之レカ變長ヲ觀測スルヲ要スト信スルナリ

(三) 田邊式撓度計ハ實驗上どらむノ回轉餘マリニ緩ク到底列車ノ如キ急速力ヨリ來ル撓度ヲ精確ニ記錄スルニ堪エサルヲ以テ記者ハ本器ヲ以テ道床ノ變化ヲ測ル實驗ノ際ハ之ヲ改造シテ使用セルノ經驗アリ故ニ單ニ靜重ニ歸スル變化ヲ觀測スルノ目的ノミナリトセハ即ハチ止ム然ラスシテ動重ニ歸スル變化ヲモ併セテ之ヲ觀測セントセハ本器ヲ改良スルノ必要アリト認ム

(四) 若シ實驗室ニテ單ニ理論實際ノ合不合ヲ見ルノ目的ニテ之ヲ實驗スルモノトスルモ其加力點ヲハ刀刃形ニ形クルノ必要アリテ此點ニ或ル幅ヲ與フル者者ノ取レルカ如キハ記者ハ之レニ與ミス能ルハサル所ナリ (完)