

講 演

鋼矢板に関する二三の實驗

(昭和六年十月三十一日應用力學聯合大會に於て)

會 員 工 學 士 青 木 楠 男

Tests of Steel Sheet Pilings

By Kusuo Aoki, C. E., Member.

内 容 梗 概

本文前編に於ては各種鋼矢板の形状の相異に基因する、個々の矢板の断面剛率の組合せに依つて増加する割合の差を、矢板壁の抗曲試験の結果より論究し、後編に於て各種鋼矢板の継手に於ける應力分布の状態を光弾性學實驗に依つて求め、其の得失を論じたるものである。

目 次

第一章	總 論	1
第二章	矢板壁断面剛率の測定	4
第三章	矢板継手に於ける應力の分布	8

第 一 章 總 論

大正 12 年大震災以降の土木工事に於て著しく目立つことは鋼矢板の使用の増加したことである。或は橋脚、橋臺等の築造に當つての締切、各種建築物の根掘用土留の如き假工事に、或は閘門の擁壁、港灣の岸壁用等の半永久工事用として用ひられた量は夥しい額に達する。之れは一方に製造業者の宣傳に預かる點が多いが、他面に於て鋼矢板が工事用材として従來の工法に比して勝れた特性を有する點に基くものと考へねばならぬ。而して従來本邦に於て使用せられたる鋼矢板は遺憾ながら全部外國製品であつて、其の輸入高は事業界の不況に伴つて最近多少減少の傾向があるが、昭和 3 年に於ては年額 2 萬噸を越すの多額に昇つて居る。併し本年に入つて八幡製鐵所は鋼矢板の壓延を開始し既に市場に賣出してゐるから、鋼矢板の輸入高は漸次減少するものと考へられるが、従來の外國品よりも安價に鋼矢板を使用し得ることは本邦土木界に於ける鋼矢板の利用の熱を一層高めることゝ信ぜられる。

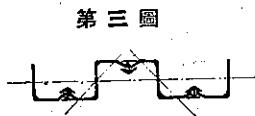
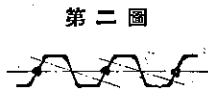
抑も鋼矢板が工事に用ひらるゝに至つてから未だ 50 年の月日しか歴して居らぬ。従つて其の断面形継手の構造等未だ發達の途上にあるものであつて、今後尙ほ相當の改良進歩を見るべき状態にある。

初期の鋼矢板は單なる構造用壓延鋼の組合せであり、稍進んで後も之れに特殊形状の壓延鋼を混用する程度であつて、現今使用せらるゝが如き鋼矢板として特に壓延せられた特殊形状のものを使用するに至つたのは近々 20 年このかたのことである。

之れ等の特殊形状を有する鋼矢板の中今日世界市場に活躍して居るものゝ數は十種に近く、孰れも組合せ後の形状は波状となし、使用鋼材を成可く壁軸より遠ざけて組合せ断面の剛率増加に努めてをる。而して之れ等の形状を吟味するに大體次の 3 種に分類する事が出来る。

第一種 溝型断面 個々の矢板は溝型をなし、組合せ後に於ては個々の矢板の主軸は第一圖の如く壁軸に平行にして其の兩側に交互に存するもので、製鐵所型、Larssen 型、Lackawana DP 型は之れに屬してゐる。

第二種 波型断面 個々の矢板の形状が既に波形を呈してをるものであつて、其の主軸は組合せ後第二圖の如く壁軸と一定の傾斜をなして交るもので、Terres Rouges 型が之れに屬してゐる。



第三種 L型断面 個々の形状L型をなし、組合せ後其の主軸が壁軸に斜交すること第二種と同様なるも、第三圖の如く其の傾斜が交互に反對の方向となるもので、Hoesch 型、Krupp 型などが之れに屬して居る。

斯の如く其の壁軸と矢板個々の主軸との關係位置に多くの種類を有する外に、矢板毎に特有なる形状の繼手を有するが故に、組合せられたる矢板壁の剛率 R が如何なる値をもつか、個々の矢板の夫れに比して幾何の増加を示すかは極めて興味ある問題である。

多くの矢板の製造業者は地中に打込まれたる矢板壁の断面剛率として壁軸を中立軸と認めたる場合の断面剛率即ち剛率としての最大値に近きものを採り得べしと稱して居り、其の理由として次の諸項を掲げて居る。

1. 繼手に於ける鋼材表面の粗雜なることによる摩擦
 2. 打込みに際して繼手間に入込む土砂による摩擦の増加
 3. 繼手内に生ずる錆による摩擦の増加
 4. 矢板壁に彎曲を生じたる場合之れによつて摩擦力の増加の起ること
 5. 矢板壁の兩面に働く地壓又は水壓によつて壁は一體として働くことを餘儀なくさるゝこと
 6. 腹起又は笠石によつて個々の矢板間に起る剪力に充分備へ得ること
- 之れ等の事情のもとに、地質良好なる場合 R の値として R_{ir} の 100 %、地質不良なる場

合 85~90% を採り得べしと稱するも、單に經驗上の推定であつて何等解析的又は實驗的の根據を有してをらず、實際上の問題が常に上記の諸條件のよく満足するものと考へられない。換言すれば上記の數値を採用し得るのは最上の環境に於てであつて、吾々技術者としては更に最惡の環境に於ける數値を知らねばならないのである。矢板壁の R の最小値とし、個々の矢板の主軸に關する斷面剛率 R_E を採ることは最も安全なものであるが、之れは餘りに消極的であつて矢板組合せの効果を全く無視したこととなる。而して多くの鋼矢板に於ては R_E の數値すら明確に發表して居らない有様である。

著者は此の最惡の環境の下に矢板壁が如何なる剛率を示すかを實驗的に求めんとしたものであつて、此の目的に添ひ且つ實驗の最も容易なる方法として、表面に鏽を生ぜず黒皮の儘の矢板 6 枚を單に組合せ、之れの水平位置に於ける抗曲試験を撰んだ。

次に矢板の繼手に關しての實驗であるが、元來矢板の繼手として用ひられてゐる型に 4 種類のものがある。

1. 鍵型のもの 左右同型の繼手を組合すものであつて、矢板の端を單に鍵型に曲屈せしめたもの、Larssen 型が之れに屬して居る。
2. 複爪型のもの 左右同型のもので、矢板の端は二つに分れて互に噛み合ふ様に形成されたもの、製鐵所型、Lackawana 型等が之れに屬してゐる。
3. 納爪型のもの 左右異型であつて爪型の中へ納型がはまり込むもの、Terres Rouges 型、Ransome 型、Hoesch 型、製鐵所 B 型などが之れである。
4. 異型の繼手材を有するもの Krupp 型等が之れに屬する。

斯くの如く各種の形狀の繼手が用ひられてをるが、何れにせよ矢板の目的上から考へて次の條件を満足することが必要とされてゐる。

(1) 繼手の間隙は矢板の打込み、引抜きに困難を生ぜざる範圍に於て出來得る限り餘裕少なく、土壓、水壓を受けて充分なる水密性を發揮し得るものなること。

(2) 矢板打込に當つて繼手に作用する土壓或は障礙物より生ずる張力、組立後矢板壁に及ぼす外力に依つて生ずべき壁の横方向に沿ふての張力に充分堪へ得べきこと。

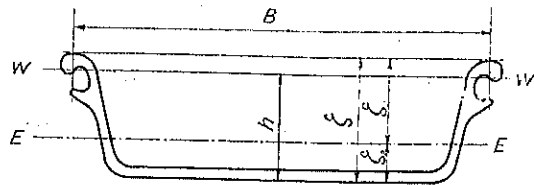
第一の問題は工事施工上の事柄であつて、實驗室に於ては之れの試験を行ふことは難事である。又第二の問題に就ては繼手抗張試験として各所に於て屢々其の成績が發表されをるのであるが、繼手に關しては更に張力を受ける場合の應力分布の問題が残されてをるのである。元來最小の材料を用ひて最も剛率大なる矢板壁を得んとする目的から考へると、比較的多量の鋼材を要する繼手は最も考究を要する點と云はねばならぬ。此の點に鑑みて材料の集中すべき繼手を壁の外側に置くことに努めたものも多いのであるが、未だ其の内部に於ける應力分布状態に就ての研究を聞かないのである。従つて現今使用されてゐる各型の矢板繼手形狀

には尙ほ不用鋼材の削り取り、重要部分への肉盛り等による改良の餘地多々存することを信するものである。著者は此處に之れ等著名矢板中の數種を選んで其の繼手について光彈性實驗設備を用ひて應力分布状態を求めたのである。此處に發表したものは實驗結果の單なる報告に止まり、之れに就ての解析的研究には及んでゐないことを遺憾とするものであるが、組合せ矢板の抗曲試驗結果と共に、此の方面に興味を持たるゝ讀者にとつて多少でも參考たることを得れば満足である。

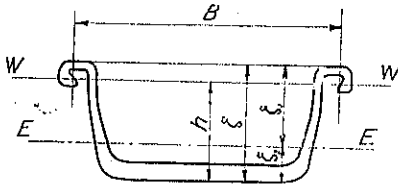
第二章 矢板壁断面剛率の測定

實驗に用ひたものと文獻に現はれた實驗成績を参照したものとを含んで大體次の 6 種の鋼矢板に関する

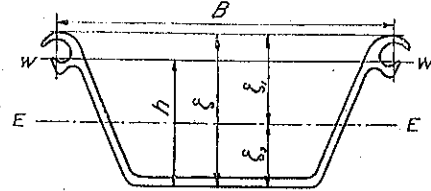
第四圖 製鐵所型



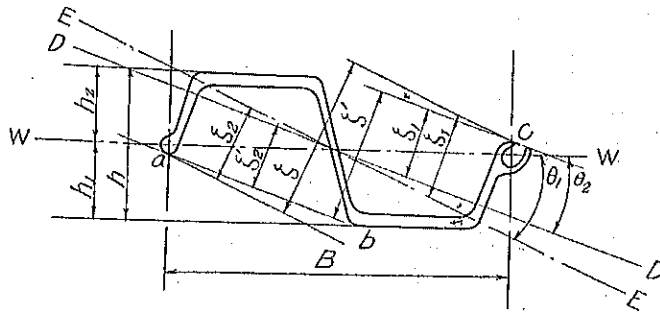
第五圖 Larssen 型



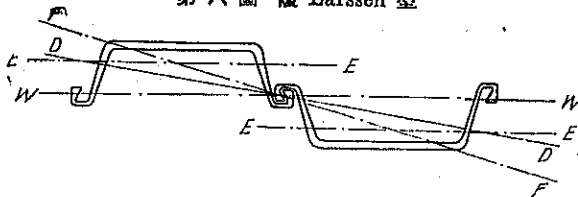
第六圖 Laackawana 型



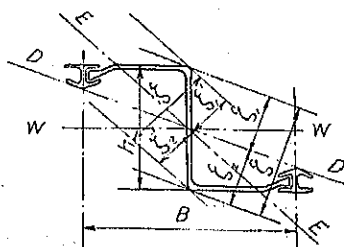
第七圖 Terres Rouges 型



第八圖 複 Larssen 型



第九圖 Krupp 型



抗曲試験の結果を考究して見た。

溝型断面

1. 製鐵所型 A (第四圖)
2. Larssen 型 (第五圖)
3. Lackawana DP 型 (第六圖)

波型断面

1. Terres Rouges 型 (第七圖)
2. 複 Larssen 型 (同型 2 個づゝを press にて緊結したもの) (第八圖)

⌒型断面

1. Krupp 型 (第九圖)

組合せたる矢板壁に關聯した断面剛率として次の 4 種のものが考へられる。

1. R_w = 壁軸に基いたもの
2. R_E = 個々の断面の主軸に基いたもの
3. R_D = 波型断面, ⌒型断面等にて壁軸に垂直なる外力にて非對稱彎曲をなす場合, 其の外力に對應して生ずる中立軸に基くもの
4. R_F = 複 Larssen 型に於て 2 個 1 組の断面の主軸に基くもの

組合せたる矢板壁の眞の断面剛率 R の算定は, 其の中立軸が壁軸に一致する場合は抗曲試験に於ける撓度測定の結果より慣性能率を求め, 邊維距離として壁厚の半ばを採りて容易に算出することを得るも, 實際に於ては中立軸の位置不明にして, R の眞價を求め難し。中立軸の位置につきては矢板壁各部の應力測定の結果に俟たざるべからず, 此の點につきては著者は目下實驗中にして, 其の成績に基きて矢板壁各部の邊維應力強度に立脚しての断面剛率を論ずるの機あらんも, 此の報告に於ては單に實測せる撓度 δ と壁軸又は個々の矢板の主軸に基きたる慣性能率 I_w, I_E による理論撓度 δ_w, δ_E との比率によつて慣性能率 I と I_w, I_E との比率を求め, 矢板壁を其の各片が一體として作用するも, 其の I が I_w までには達し得ざるが如き構造物と假定し, 此の比率を以て組合せたる矢板壁の断面剛率の大小を示すものとなし, 之れが矢板の種類によつての變化を概念的に知らんとするものである。

實驗は寫眞第一に示すが如き装置にて行はれ, 載荷は中央, 兩 1/3 點, 單 1/3 點の 3 種, 支承は同寫眞に示せる平鋼板支承, 各矢板の直下へ長手に轉子を挿入したる轉子支承及び矢板形狀に應じたる木製構型支承の 3 種を用ひた。矢板の支間 4.8 米, 6 枚組合せのものについての抗曲試験で, 荷重の大き P は油壓機の壓力計の示度 G にて示した。

組合せ矢板壁の試験に先ち, 個々の矢板に就て断面剛率の測定を行つた。之れは矢板の種類に依り製造業者が R_E, R_D 等の値を公表してをらない爲に, 断面形から算出した之れ等の値を確めたい爲と, 實驗装置の調子を見たい爲であつた。試験結果に依ると溝型断面のも

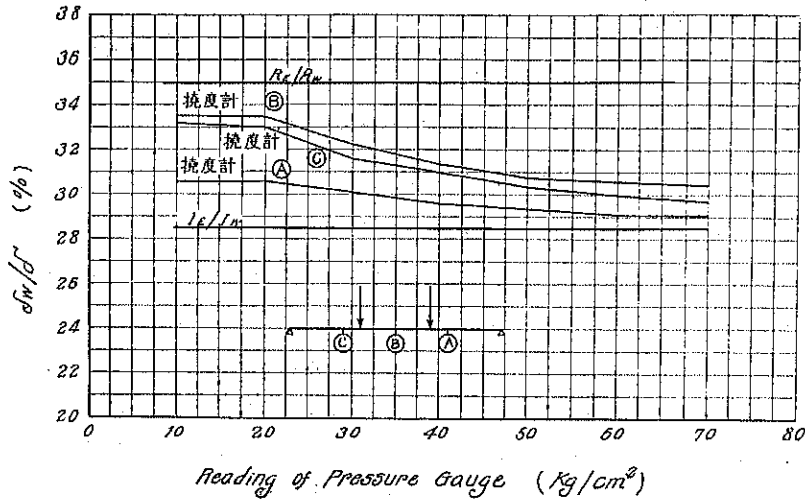
のに於ては R_E の公稱値又は計算値と大差ないものが求められて居るが、波型断面のものでは其の支承が壁軸 $W-W$ に平行であつて、垂直荷重に依る非對稱彎曲の中立軸 $D-D$ と或る傾斜を有することが影響して、實測値は R_D の約 30% 増となつた。此の増加率は矢板の剛度と支間とに大なる關係を持つことは明かであるが、單に支承の方向が中立軸と一致しないことに基いて断面剛率に上記の程度の増加のあることは、組立てられた場合の矢板の剛率の増加に大なる効果のあり得べきことを信ぜしめられたのである。

各種矢板壁の試験の結果は次の如くである。尚ほ壁の撓度測定は支間の各 1/4 點に 3 個づゝ取りつけた A, B, C 3 組、合計 9 箇の撓度計によつて居る。

(A) 溝型断面

1. 製鐵所 A 型第 II 號 兩 1/3 點載荷, 平鋼板支承を用ひた試験結果は第十圖

第十圖 製鐵所型矢板壁抗曲試験成績表 (兩 1/3 點載荷, 平鋼板支承)



δ : 観測撓度, δ_D : 壁軸を中立軸とせる場合の理論撓度, R_D : 同上の場合の断面剛率
 R_E : 個々の矢板の主軸に對する断面剛率, I_D, I_E : 同上の意味に於ける慣性能率

の如くで、 δ_w/δ は載荷、從つて剪力の少ない間は 33% の値を示せるも、荷重の増加につれ 30% 程度に低下して居る。此の最大値 33% も $I_E/I_D=28.5\%$ よりも數 % 大なるに過ぎず、即ち製鐵所型の如く比較的緩かな嚙合せをなす纜手の溝型矢板に於ては組合せの効果は數 % しか認められない。

2. Larssen 型第 I 號 載荷法, 支承, 種類共に 3 種のものを用ひた。孰れの場合も δ_w/δ は載荷の當初に於て低く 50~55% で、荷重が増加して $G=15\sim20 \text{ kg/cm}^2$ 附近にて最大 58~60% に達し、載荷の終り即ち邊維應力が彈性限度に近づくにつれて一定値 45% 程度に

低下してをる。之れを $I_E/I_R=37.5\%$ に比べると 8% 近く大きい。幾分か製鐵所型に比して組合せの効果のあることを示して居る。支承中個々の矢板の運動の最も自由なるべき轉子支承に於て δ_W/δ は最小、最も拘束せらるべき構型支承に於て最大である。附圖第一は中央載荷に對する成績表で、 $\delta_W/\delta=45\%$ に達した。 $G=60 \text{ kg/cm}^2$ 附近にて邊維應力が 1200 kg/cm^2 に及んで居ることが觀測された。之れ等の事情から見て荷重即ち水平剪力の小さい間は、 I は I_W の 60~70% にとれるが、邊維應力が 1200 kg/cm^2 程度に及ぶ荷重にては其の 45% 程度しか採れない。製鐵所型の 30% 程度に對してやゝ勝れて居るが、之れは繼手のいくらか窮屈なこと、元來 I_E/I_W が Larssen 第 I 號は 37.5%、製鐵所第 II 號は 28.5% であることにも基いて居る。

3. Lackawana 型 DP. 166 號 此の矢板についての著者の實驗は完了して居らない。此處には 1928 年 Bethlehem 製鋼會社で G.H. Blakely 氏の行つた 4 枚組合せ支間 20 呎 0 吋 等荷重による實驗結果を参照したいと思ふ。之れに依ると觀測撓度 δ と理論撓度 δ_E の値とは降伏點に達するまで殆んど一致してをり、其の差最大 4.5% に過ぎない。従つて組合せの効果は全然認められないこととなる。

4. 溝型斷面に對する考察 矢板組合せによる I の増加は其の繼手によつて多少の相異なるも、 I_E の 10% 以上に達することは困難である。従つて I を大ならしめんが爲には只に矢板壁の I_W を大ならしむることに努めても I_E が小なれば其の効果はない。組合せによる I の増加が著しくないとすると、矢板壁を一體と考へ I を用ひて算出される外側邊維應力よりも、個々の矢板について考へらるゝ壁軸に沿ふた繼手附近の應力の方が大となりはしないかと云ふ懸念がある。此の點に關しては更に實驗の結果を公表する機会があるであらう。

(B) 波型斷面 (附圖第一 参照)

1. Terres Rouges 型第 I 號 3 種の載荷法と 3 種の支承を用ひたことは前同様である。載荷法の相異はさほど著しい變化を示してをらぬ。

孰れの場合も載荷當初に最大 δ_W/δ は 80~90% を示し、邊維應力 1500 kg/cm^2 附近にて一定値 68~75% に至るまで順次低下してをる。此の最小値平均 70% は $I_E/I_W=56.6\%$ に比して著しい増大であつて、組合せの効果の大なることを示してをる。附圖第二は兩 $1/3$ 點載荷の成績であつて、構型支承の影響の大なることが解る。

2. 複 Larssen 型 溝型斷面の Larssen 型の剛率増大の目的にて、E. Lohmeyer 氏に依つて行はれた實驗である。繼手一つをきに壓力機に壓縮して 2 枚 1 組としたもので、丁度 Terres Rouges と同型となる。Larssen 型第 I 號及び第 II 號について實驗してをるが、 δ_W/δ の最小値は著者の Terres Rouges 型に對するものと全く同じく、平均 70% となつて

居る。附圖第三は第 I 號についての成績である。

3. 波型断面に對する考察 繼手の種類による影響は著しくなく；此の型のものにて矢板壁の I は I_E の 25% 増、 I_{ir} の 70% 程度にとつて差し支へない。個々の矢板の中立軸 $D-D$ の壁軸に對する傾きは主軸 $E-E$ の傾斜以上に出ることはない。従つて繼手の邊維距離は断面形から見て壁厚の 1/2 以上とはなり得ないから、溝型に於けるが如く繼手に於ける應力を懸念する必要は少しもない。

(C) ㄟ 型 断 面

1. Krupp 型 此の矢板についての著者の實驗は未だ完了して居らぬが、Darmstadt Tech. Hochschule の Rütthe 教授による實驗が發表されてをる（附圖第三參照）。矢板 4 個組合せ、支間 8 米、等布荷重による抗曲試驗で、毎回總量 1000 廷の荷重を増加して撓度を測定してをる。實測撓度毎回平均 1.10 耗増加するに對し理論撓度は 1.17 耗であつて、兩者の間に殆んど差を認められない。只此の實驗が著者の目的に稍反してをることは組合せたる繼手へ砂を充填してをることである。

2. 複 Larssen 型 Lohmeyer 氏は (B)、2 記載の實驗の後、更に附圖第四に示すが如き位置に締付け繼手を設けたる 9 枚組合せの矢板抗曲試驗を行つて居る。其の個々の矢板の主軸の方向は壁の中心に對稱に配置され、壁軸と主軸との關係は「」型断面に類似するものと認めらる。其の實驗成績を見るに δ_{ir}/δ は 94% を示し、若し中央の單一断面矢板による I_{ir} の減少を考慮するとき觀測撓度と理論撓度とは全然一致してをる。

3. ㄟ 型断面に對する考察 充分なる實驗資料を有せざるも、前掲の成績に鑑み此の種断面型のものゝ組合せの効果は波型断面型に増して更に顯著なるものと認められ、恐らく I の値として I_{ir} を採つて大過なきものと信ずる。

(D) 三断面型の比較

前掲の結果に基くと最悪の環境に於て矢板壁の剛性に對する組合せの効果は著しい相異のあることが認められる。従つて假令第一章 (2 頁) に掲げたるが如き各種の補剛條件が働く場合と雖も其の基本に於ける剛性の相異は無視することは出来ない。此の點を鑑みる時、たゞに R_{ir} の數値のみを發表して販賣されてをる各種鋼矢板の實驗剛率を判斷する上に、亦之れが補剛の爲に設くる腹起しの設計、其の他に從來一般に採用されて居つた考へ方が多少變更さるべきではなからうか。

第三章 矢板繼手に於ける應力の分布

實驗は理化學研究所製の光彈性學實驗裝置を使用し、試片には同所供給のフェノライト板を用ひた。矢板繼手の形狀は製造業者より幾何學的に之れを決定すべき資料を得ること困難

なりしが故に、矢板の實物を適當の大きさに縮寫し、之れによつて試片の製作をなした。各種の操作中の誤差から出来上り試片の形狀が多少肥大となり過ぎたものもあるが、應力分布の大體の傾向を見る上からは充分なものと考へる。

實驗の結果に基いて内部應力、荷重と各部應力との關係等の問題に進むべきであるが、未だ其處まで結果を纏めてをらないので、此處では實驗結果の表面上に現はれた事實のみによつて繼手形狀に簡單なる批評を下すに止める。附圖第六乃至附圖第十は各繼手の主應力線と夫れ等の傾線である。

1. 製鐵所型矢板 A 號 (寫眞第二及び附圖第五參照) 複爪型の繼手であるが、木爪の腰部が著しい彎曲を受くるのみで、木爪の尖端、脇爪は殆んど力を受けてをらぬ。此の點から見て主要部分たる木爪の腰部が最も肉薄であること、複爪型であるのに Lackawana 型の如く繼手として常に兩爪の働くやうになつてをらぬことなどに改良の餘地があるのではあるまいか、脇爪は B 型と組合つて柄爪型として役立つのであるが、柄爪型の抗張力が弱いことを考へると二兎を追つた感がないでもない。又張力でなく壓力を受けた場合は兩爪が同時に働くわけであるが、矢板繼手として最も危険の多い張力に對しての用意を第一としたい。實物の抗張試驗でも此の腰部の伸張の結果遂に尖端部の引き掛りがはげれるに至る。

2. Larssen 型 (寫眞第三) 最大彎曲が繼手部取付附近に起つて居り、繼手脚部は比較的一様な彎曲をうけ、部厚な繼手頭部には殆んど力が働いてをらぬが、此の頭部は此の繼手に密着した嚙合せを與へる點で重要な役目をつとめてをらしい。此の實驗の結果では繼手の取付部が最も危険な點の様に見えるが、實物に於ける成績を見るに切斷は主に頭部のつけ根に起つてをる。之れは最初最大彎曲を受ける繼手の取付部が變形するにつれて頭部のつけ根に働く彎曲が順次増大し、最後の破壊が此處に起るものと思はれる。又一方壓延上の操作から此の點の鋼材に無理が起るのではあるまいか、切斷面に此の懸念を深からしむる缺點の見出されることが多い。

3. Lackawana 型 (寫眞第四) 繼手部に多量の鋼材を使用してをる點では第一位であらう。繼手の單位幅、強度も之れに準じてをる。實驗の結果を見ると繼手の各部は一帯に働いて居り、木爪の中央部と脇爪の脚部とが併大なる應力を受け、主なる彎曲は繼手の取付部に生じてゐる。實物の破壊も之れと全く同様で、取付部の著しい彎曲の後に木爪の中央部が降伏して爪が開き、嚙合せが離れることが多い。

4. Terres Rouges 型 (寫眞第五及び第六) 此の型の繼手は抗張強度の弱いことで定評のあるものである。製造所は此の點に鑑み最近繼手の肉附を改良したものを發賣してをる。實驗に於ても試片に少し大きな荷重を加へると、繼手が抜け出して觀測困難なるために充分なる力を加へることが出来なかつた。應力は主として兩爪の中央附近に起るらしい。實物に

ついで試験でも、孰れかの爪が降伏して遂に柄が抜け出す様である。寫眞第七は實物試片を Fry 氏液で腐蝕して求めた strain figure である。一方の爪の一局部のみが破壊されてをることが解かる。

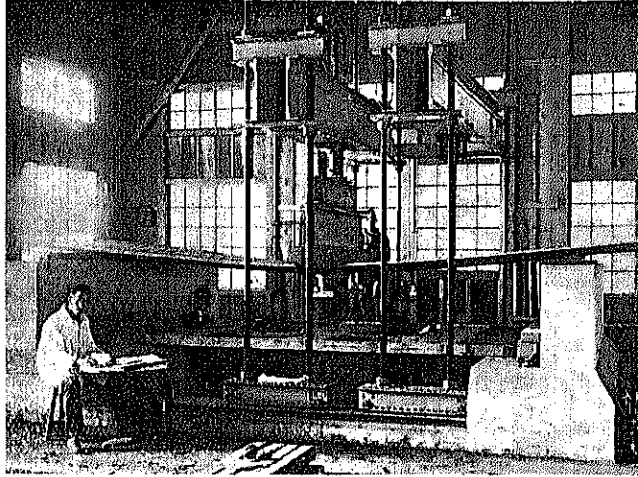
6. Krupp 型 (寫眞第七参照) 著しい應力は繼手金物にのみ起り、矢板自身には大した應力を見ない。此の型が繼手金物の鋼質を色々に變へて販賣してをることの合理的であることを物語つてをる。繼手金物では傾斜せる突縁のみが主に働いてをることは當然のことであるが、其の肉厚が兩突縁とも同じであることは改良を要する點であらう。

本講演後次の質疑應答ありたり。

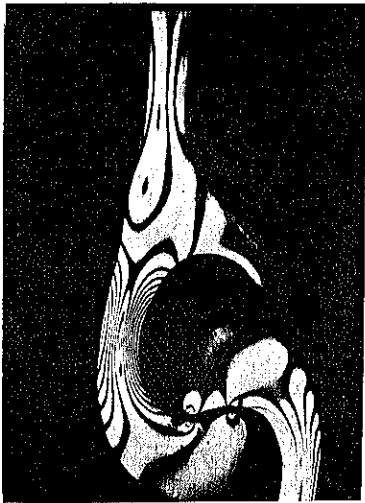
- 土木學會々員 北澤君 (問) longitudinal shear のために joint がまいつて別々のものとして働くと承はつたが、夫れでは打ち込む時に joint をモクネヂの様なもの fix する様な device を講じたならば稍々完全に行くのではなからうか。
- 青木君 (答) 特に夫れに就ては研究はして居ないが、矢板は 1 本々々打ち込んで行くので、根入の深い部分では夫れは出來ないが、上部を weld することはある。又 Larssen 鋼矢板では、1 枚々々ではなく二を一つとして resisting moment をもたせるものとしてやつてゐる。

(以 上)

寫眞第一 組合せたる鋼矢板抗曲試験

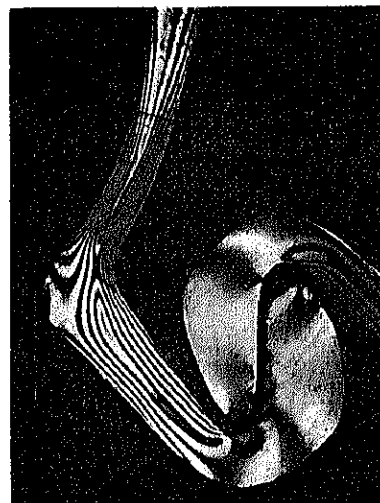


寫眞第二 製鐵所型矢板繼手



isochromatic line

寫眞第三 Larssen 型矢板繼手



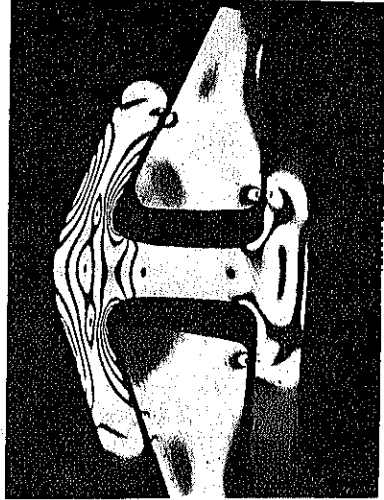
isochromatic line

寫真第四 Lackawana 型矢板繼手



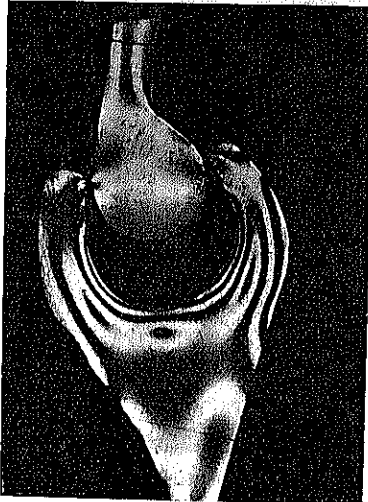
isochromatic line

寫真第五 Krupp 型矢板繼手



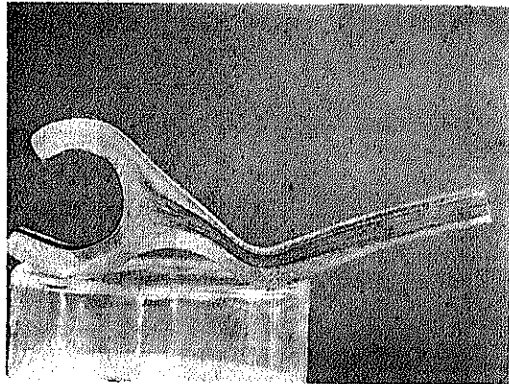
isochromatic line

第六寫真 Terres Rouges 型矢板繼手

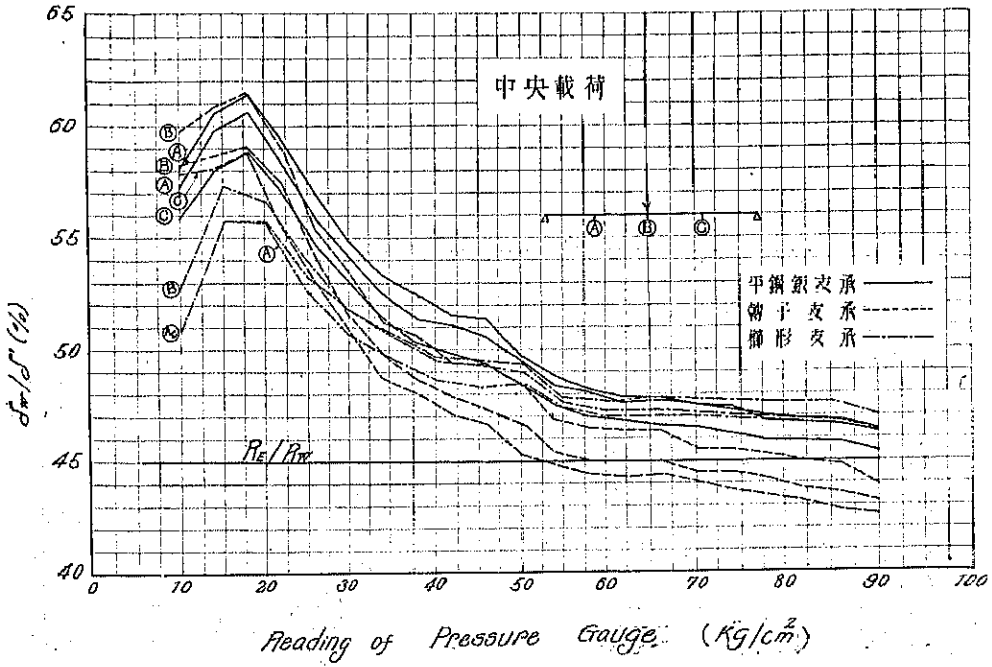


isochromatic line

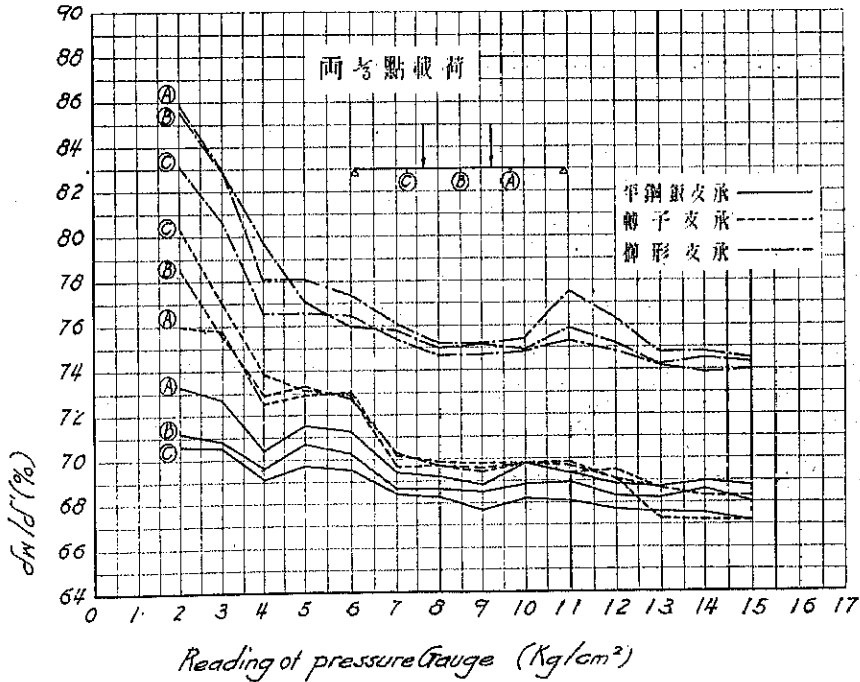
寫真第七 Terres Rouges 型矢板繼手



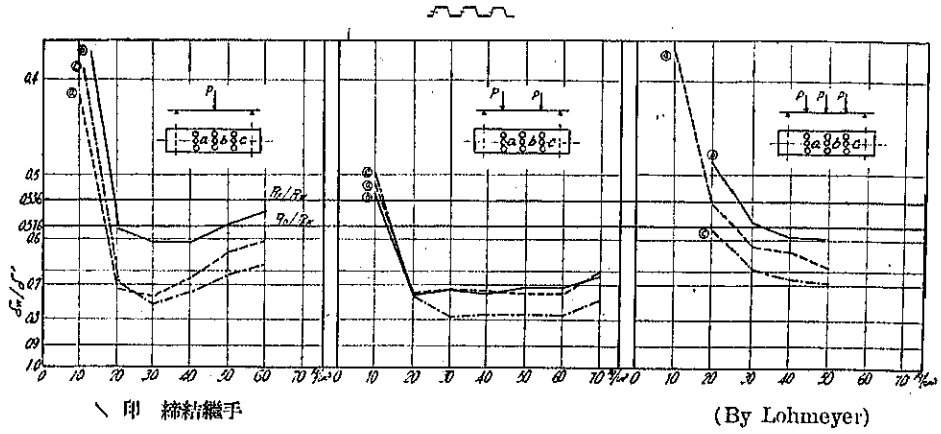
附圖第一 Larssen 型第 I 號抗曲試驗成績



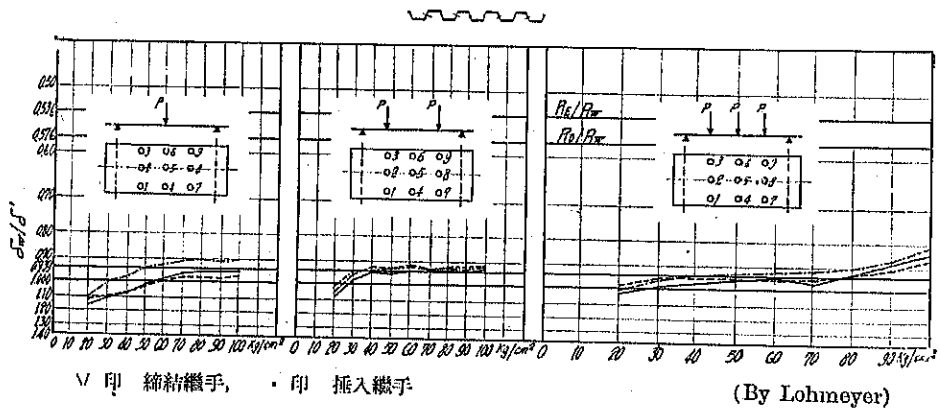
附圖第二 Terres Rouges I 號型抗曲試驗成績



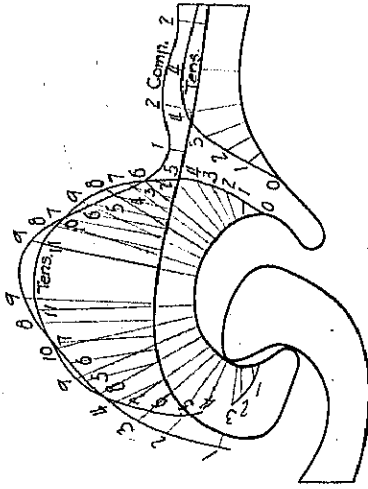
附圖第三 複 Larssen 型抗曲試驗 (其一)



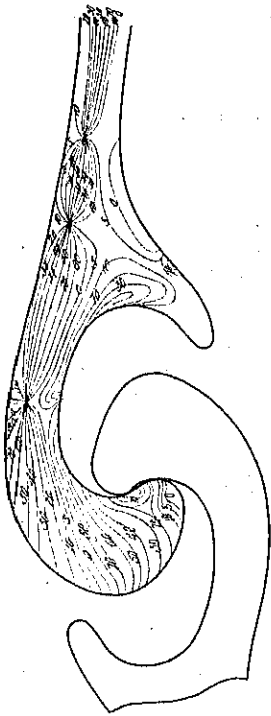
附圖第四 複 Larssen 型抗曲試驗 (其二)



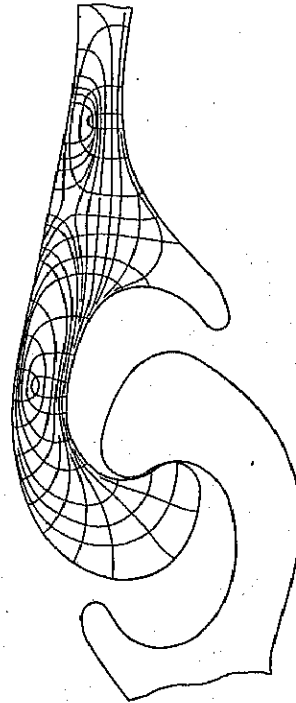
附圖第五 製鐵所型矢板繼手應力分布圖



附圖第六 製鐵所型矢板繼手

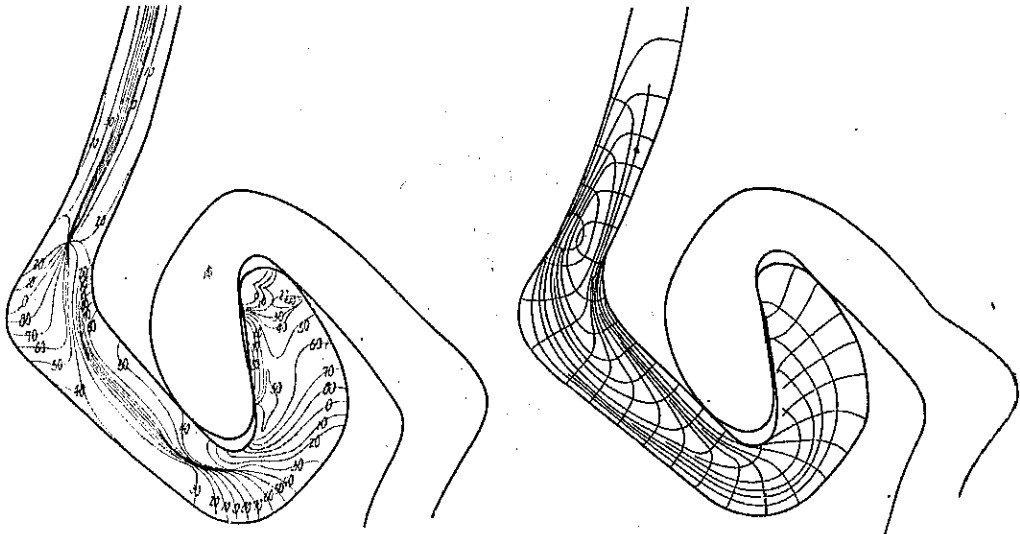


等傾線



主應力線

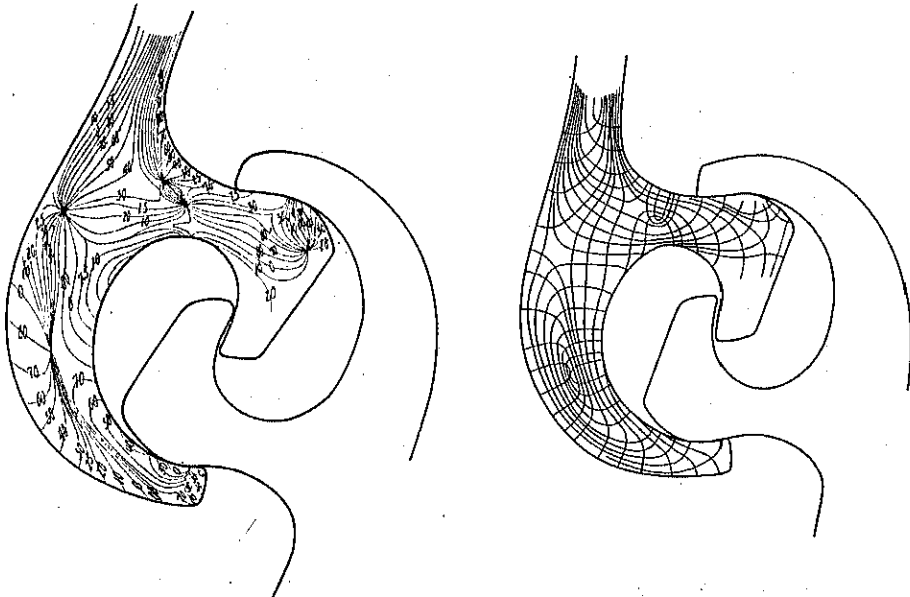
附圖第七 Larssen 型 矢板 繼手



等 傾 線

主 應 力 線

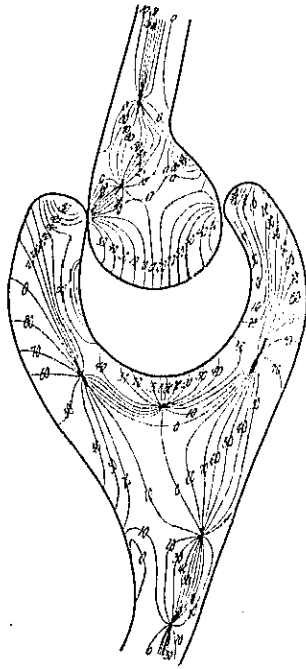
附圖第八 Lackawana 型 矢板 繼手



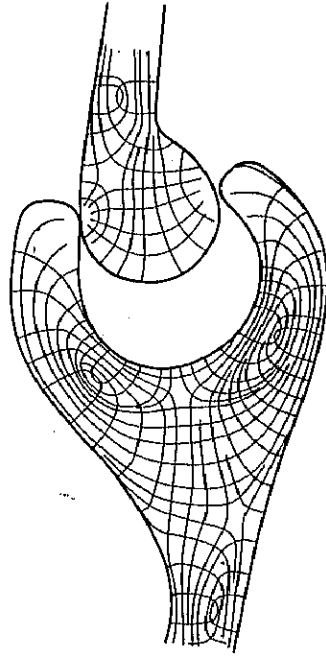
等 傾 線

主 應 力 線

附圖第九 Terres Rouges 型矢板繼手

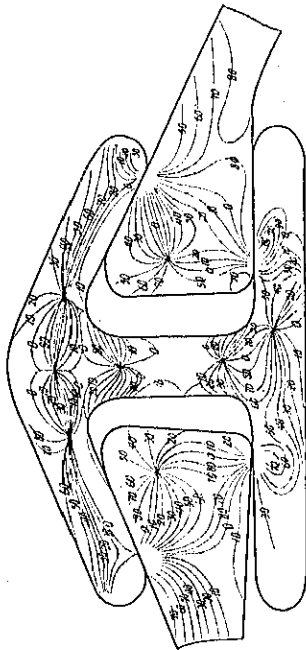


等傾線

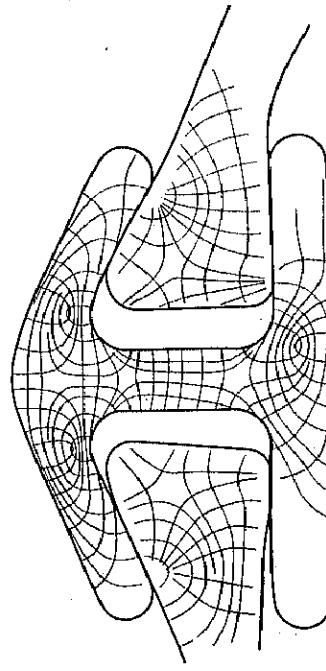


主應力線

附圖第十 Krupp 型矢板繼手



等傾線



主應力線