討議

土木學會誌　第八巻第六號　大正十一年十二月

京漢鐵道黄河橋梁審査報告（第八巻第一號所載）

會員　工學士　坂田時和

何ンナニ考ヘテ見テモ私ニハおりでゐなりてゐ一ト云フモノガ全然ナイノデ論説欄ヘ顔出シスルコトハ可成差控ヘテ居ルガ矢張ソレデモ多少ノ差障リガ出來テ困ル即チ此ノ討議ニ就イテ豫メ大村學士並ビニ讀者諸君ヘオ斷リシテ置カネバナラヌコトハ實ハ私ガ此處デ述ベントスル所ハ餘リ表題トハ關係ガナイコトデアル唯御報告中ニ underground water tapping ト稱スル一獨逸技師ノ珍ラシイ基礎設計ガ出テ大イニ審査員諸氏ヲ惱マシタト云フ話ガ見エテ居ルノデ私ハコレニ就イテ少々考ヘテ見タ何ウ考ヘテ見テモ分ラヌガ兎ニ角一度ハ考ヘテ見タト云フコトソレカラ曲リナリデハアルガ私ダケノ解決ヲ付ケタト云フコトダケガ關係ガアル思フニ此ノ獨逸技師ノ意匠ハ Zimmermann 氏ノ最近ノ杭打實驗カラ出テ居ル其ノ實驗ト云フノハ Annales des Ponts et Chaussées 1921–IV ニ表ハレタ Résistance des pieux ト題スル Bénabeng 氏ノ論文ノ中ニ一寸載ツテ居ルベ氏ハ此ノちんめるまん氏ノ實驗ヲ論ジ又此ノ實驗カラ新ラシイ杭打公式ヲ作リナドシテ居ルノデアルガ要スル所ソレハ一ノ土壓論ニ過ギヌ而シテ私ノ最近ノ所論ト可ナリ密接ナ關係ガアリ又本誌第七巻第三號ニ載ツテ居ル金森學士ノ「汽力杭打機ノ打撃效果」ト云フ御論文トモ多少ノ關係ガアルガ何レモ討議ノ締切期日ヲ過ギテ居ルノデ一番縁ガ薄イニ拘ラズ大村學士ノ御表題ヲ拜借シタ譯デアル斯ウオ斷リシテ置ケバ素直ニベ氏ノ所論ヲ紹介シツヽ進ムデ行クコトガ出來ヤウト思フ處ガ隨分ムツカシイ式ガ處々ニ並ベ立テヽアリ然カモ此等ノ式ノ出處ハ矢張氏ガ同誌一九一一年ノ第五號及第六號ト一九一三年ノ第三號ヘ都合三度ニ發表シテ居ル論文ヲ見ナイト充分分ラ

ナイノデ適宜取捨シ又氏ガ本論文中ニ於テ一寸觸レテ居ル所ノ土ノ彈性論ニ就イテハ私以外他ニ適當ナ新進ノ學者ガ幾人モアルコトデアルカラ特ニ見合ハスコトニシタ

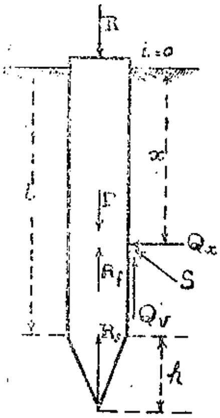
一體私ハ杭打公式ト云フモノニハ餘リ興味ヲ持ツテ居ナイ少シ重要ナ工事トカ規模ノ大キイ工事ニナレバ自分デ實驗シテ見ル積リデ居ル併シ能ク考ヘテ見ルト何ンナ工事ダツテ重要デナイモノハ一ツモナイ其ノ證據ニハ例ノさんだー公式ヲ引張リ出シテ使フ度毎ニ私ハ一種ノ不安ヲ感ジルソレカラ何時カてんぷれっそる杭ノ實驗公式ヲ會社ノ目錄デ見タコトガアル幾ラらむヲ使フカラト云ツテ斯ンナ大キイ杭ニ動力學的公式ヲ用フルノハ何フカト不圖其ノ時思ツタガ果シテ失敗ガアツタ水射式ノ補助ヲ借ツテ沈メル矢板ナドニハ猶更デアル殊ニ鐵筋混凝土ノ杭ナドニナレバ大概ハ靜力學的公式ヲ使ツテ居ル(第八卷第一號一四七頁參照)何レヲ使フガ適當デアルカト云フコトハ側面摩擦ガ主カソレトモ底面支持力ガ主カト云フコトデ定マルモツト決定的ニ云ヘバ何ノぽっけっと•ぶっくニモ注意書キシテ居ル通リ動力學的公式ハ杭ガからむトシテ働ク場合ニシカ使ヘナイ實際問題トシテハ打止メノ大小如何ガコレヲ決定スル譯デアルガ往々欺カレルコトガアル靜力學的公式ノ方ハはんまーヲ以テ打込ム杭ニモ使ヘナイコトハナイ式ハ少シ面倒デアルガ動力學的公式ノ抱ヘテ居ル樣ナ危險人物ガ居ナイ其ノ要素トナツテ居ル所ノ息角ハ可成リ叛逆的デハアルガ土壓其ノ者ヲ相當範圍ニ制限スル性質ヲ有ツテ居ルニ反シ動力學的公式ノ方ハサウ云フ調査性ニ缺ゲテ居ル少シク實際的ニ云ヘバ井筒ナドヲ沈メル場合側面摩擦ハ黃河ノ黃土デモじゃおノ泥土デモ餘リ變ラヌヨシ變ツタ處デ安全率ガ二ニナルカ四ニナルカノ問題ニ過ギヌ唯極惡クスルト一ト少シト云フ場合ガ起ル今度ノ黃河ノ新橋デハ此ノ摩擦抵抗力ハ每平方呎二百封度ナレバ先ヅ安全デアラウト云フコトニナツテ居ルラシイガ(九三頁)兎モ角大體ノ見當ガ恠シイ乍ラモ付ク斯ウ云フ關係カラベ氏ハ如何ナル場合ニ於テモ靜力學的公式ヲ使用スルノ可ヲ主張シテ居ルノデアルガ先ヅ氏ノ公式カラ始メヤウ

靜力學的公式

其ノ公式ト云フノハ

Rヲ杭ノ安全荷重
R_sヲ杭先キニ於ケル理論的抵抗力（安全率ナシ）
R_fヲ杭ノ周圍ニ於ケル同上
Pヲ杭ノ自重
σヲ安全率
lヲ杭ノ打込長
Δヲ土ノ平均單位重量トスレバ

第一圖



$$R=\frac{1}{\sigma}(R_s+R_f-P)=\frac{1}{\sigma}(M\Delta l+N\Delta l^2-P)\quad\cdots\cdots(1)$$

$$R_s=M\Delta l\quad\cdots\cdots(2)$$

$$R_f=N\Delta l^2\quad\cdots\cdots(3)$$

デ未ダ説明サレテ居ナイM Nハ左ノ通リ

$$M=\frac{md^2}{8\sin\alpha}\mu^2\quad\cdots(4)\qquad N=\frac{md}{4}\mu\,tg\phi\quad\cdots\cdots(5)$$

但シmハ杭ノ斷面ニ關スル係數デ斷面ガ圓デアレバ $m=2\pi$ 斷面ガ正方形デアレバ $m=8$
dハ杭ノ直徑又ハ一邊ノ長サ
2αハ杭先キノ角度
ϕハ息角（平均）
最後ニ $\mu=tg^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2}\right)$

其處デ安全率σサヘ定マレバ問題ノ安全荷重Rヲ計算スルコトガ出來ル此ノ式ノ演繹ハ前記雜誌ノ一九一一年第五號ニ載ツテ居ル筈デ氏ハ Rankine, Maurice Lévy, Boussinesq, J. Résal 諸氏ノ土壓論ヨリ引張リ出シタト云ツテ居ル原式ニハR_sニ屬スル土ノ單位重量ヲΔ R_fニ屬スル分ヲΔ_1トシ又μノ値ヲ二ツニ分ケテNノ式デハμノ代リニμ_1ヲ使ツテ居ルガ息角ϕダケハ共通ノモノヲ採ツテ居ルノデ私ハ土ノ單位重量モ息角モ總テ同ジモノトシタR_fニ對シテΔナリϕナリノ平均ヲ採ル位ナラ杭先キダケニ殊ニ此等ヲ分ケル必要モナカラウシ又處々デ細カク分ケヤウト思ヘバ幾何デモ細カク分ケルコトガ出來ル第三式ハ又何ンナ斷面ニモ適用スルコトガ出來ル唯第二式ノR_sノ方ハ特種ノ斷面ヲ有スル矢板トカ井筒トカニハ早速使用スルコトガ出來ヌ安全率ハ四乃至八ニ採ル地質ガ良好デアレバ($\phi \geqq 30^\circ$)四、地質ガ不良デアレバ($\phi = 10^\circ - 5^\circ$)八、中間地質デアレバ中間ノ値ヲ採ル土ハらんきん氏ノ言明通リ凝集力ヲ有タナイ粉狀體トスル若シ凝集力ヲ有ツテ居レバ前論文デ述ベタ通リM及Nノ値ヲ變ヘナケレバナラヌ又地表ハ水平ト假定スル傾斜シテ居レバ式ガ少シ變ツテ來ル云々前論文ト云フノハ一九一一年ノ分デアル

其處デ第三式ハらんきん公式ハらんきん公式デアルガ多クノ人々ガ active pressure ヲ採ルニ反シテ氏ハ passive pressure ヲ採ツテ居ル氏ハ壓縮ガ利クト思ツテ居ル氏ハ active pressure ノ場合ヲ equilibre inférieur passive pressure ノ場合ヲ equilibre supérieur ト呼ンデ居ル即チ地表ヨリxノ深サニ於ケル單位面積ニ對スル土壓ハ優等均勢ニ在ツテハ

$$Q_x = \Delta x tg^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) = \Delta \mu x \quad \cdots\cdots(6)$$

劣等均勢ニ在ツテハ

$$Q_x = \Delta x tg^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) = \Delta \gamma x \quad \cdots\cdots(7)$$

デアル更ニ氏ニ依レバ劣等均勢ハ擁壁ガ轉覆スル場合ニ起リ此時土ハ膨脹ノ爲メニ破壞スルコレニ反シ優等均勢ハ土ガ壓力ヲ受ケタ場合ニ起リ破壞ハ壓縮ノ爲メニ起ル而シテ此ノ二ツノ均勢限度ノ間ニ於テハ土ハ彈性的デアリ彈性限度ノ

13529

範圍內ニ於テ一般彈性體ノ如ク動作スルガ併シ土壓ノ水平分力ヲ精確ニ計算シ得ルノハ此ノ二均勢限度ダケデアツテ(第六式及第七式ノ通リ)中間均勢ニ於テハ其ノ計算ハ出來ヌト

然ラバ此處ニ擁壁モナク井筒モナイ場合ノ土ハ如何ナル狀態ニ置カレテ居ルカト問ヘバ我々ハ此ノ二均勢ノ限度ノ中間ニ於テモウ一ツ計算ノ出來ル均勢狀態ガアルコトヲ認メナケレバナラヌ此ノ狀態ニ於テハ當然 $\varepsilon=1$ トナリ土壓ハ杭面ニ對シテ垂直ニ働ク所謂くらい氏ノ自然的土壓デアル(第七卷第五號九九一頁參照)くらい氏ニ依レバ然ウ云フ土壓ハ無限大ノ土體內ニ於テらんきん氏ノ所謂絕對靜止狀態ノ下ニ地表ニ併行シテ發生スル此ノ場合ニ於ケル $\theta=0$ ハ其ノ絕對靜止ヲ意味スル次ニ其處ヘ井筒ヲ持ツテ來レバ何ウナルカト云フト此ノ均勢狀態ハ忽チ破壞セラレ別ノ均勢狀態ガ立ツ併シ土壓ハ計算スルコトガ出來ヌ 井筒ガ 落着キヲ失ツテ下ガル 刹那ニハ優等均勢ガ起ル兎ニ角自然的土壓ハ式デ書ケバ

$$Q_n = \Delta x \quad \cdots\cdots(8)$$

デアリ井筒ノ側面土壓ハ此ノ限度ト第六式ノ優等均勢トノ間ヲ動ク尤モ實際的ニハ第八式ノ如キ土壓ハ壁面ニ添フテハ最初カラ起ツテ居ナイトモ云ヘル併シちんめるまん氏ニ從ヘバ壓縮ノ利クハ極メテ小サイ範圍デアリ其ノ範圍ヲ離ルレバ此ノ土壓ハ從前ノ儘殘存シテ居ナケレバナラヌ兎モ角第三式ハ所謂優等均勢ノ假定ノ上ニ立ツテ居ル劣等均勢ハ井筒ナドニハ問題トナツテ來ナイ少クトモ理論ノ上デハ

底面支持力(第二式)ニ對シテハべ氏ハ少クトモ理論ノ上デハらんきん氏ノ最モ忠實ナ支持者デアル大村氏ノ御報告ニ依レバ今度ノ設計ニモ基礎底面ノ壓力ヲ輕減スル爲メ橋脚ノ自重ヲ可成少カラシメントシテ中空式ノ中埋ヲ提案シタモノガ澤山アル樣デアルガ(八三頁)私ハ此ノ中空式ニハ餘リ贊成スルコトガ出來ナイ若シ出來得ルナレバ混凝土ガかーゔ・しゆーカラハミ出ス位ニ搗堅メタイソレガ出來ナケレバ其ノ重量ヲ利用シテ可成遠入ルダケ入レタ方ガ可クハナカラウカト思フ昔ハ多ク然ウシテ居タ尤モらんきん氏ニ忠實デアル爲メニハ ϕ 其者ガ殖ヘルトハ云ヘナイ又差引勘定餘リ得ガ行

カナイカモ知レヌ併シ此ノ餘リ得ガ行カナイト云フコトガ實ハ事物ノ眞相ナノデ多クノ人々ノ様ニ中ヲ拔イテ――拔キ方ニモ由ルガ――式通リノ底面支持力ヲ得ヤウト云フノハ少シ蟲ガ善ウ過ギル地震カラ云ツテモものりしっくナ方ガ可イ尤モ處々ヲ充分堅固ニ繋ゲバ地震ノ方ハ夫レデモ可イカハ知ラヌガ荷重ヲ底面ニ萬遍ナク分配スルニハ無闇ナ拔キ方ヲスルコトハ出來ヌ要スルニべ氏ニ依レバ第六式ガ氏ノ杭打公式中ニ含マレ居ル所ノ唯一ノ理論的假定デアル果シテ之ガ實驗ト合フカ何ウカヲ檢シヤウト云フノデアルガ先ヅ其ノ檢査ニ入ルニ先ダチ此ノ杭打公式ガ氏ノ云フ如ク理論上果シテ完全ナモノデアルカ否カヲ吟味スルニ一ツ或ル重要ナ因子ガ拔ケテ居ル何ンナ因子カト云フト之レハ La résistance propre du sol トデモ云フベキモノデ恰度第七巻第六號一二〇四頁ノ第八式ノk_1ニ相當スルコレヲ無視シタ理由ニ就テ氏ハ左ノ如ク述ベテ居ル

此ノk_1ハ氏ニ依レバ二ツノ均勢限度內ニハ起ラナイデ土壓ガ優勢限度ニ達シタトキ初メテ起ル今第二式ニ於テ $l=0$ $a=\frac{d}{15}$ トスレバ $R_y=0$ トナルガ實際ハ大シタ變形ヲ生ジルコトナシニ相當ノ荷重ヲ地表ニ於テ支ヘルコトガ出來ル即チ

ωヲ單位面積ニ對スル安全荷重

Ωヲ杭ノ斷面積トスレバ

$$\frac{qR+P}{\Omega}=n\leqq\omega$$

デアル限リ土ハ能ク其ノ荷重ヲ支ヘ得ル斷面ガ正方形デ而シテ$a=\frac{d}{2}$デアレバ第二式及第四式ヨリ

$$R_y=\Omega\lambda\mu' l$$

從ツテ單位面積ニ對スル理論的荷重(安全率ナシ)ハ

$$\omega' = \frac{R_s}{\Omega} = \Delta_1 t^2 l$$

l ナル深サニ於テハ若シσ_1ヲ安全率トスレバ

$$p = \omega\sigma_1 + \omega' \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (9)$$

トナル故ニ此ノ如キ地質ニ於テハ $\pi > \omega\sigma_1$ デアレバ其ノ構造物ハ相當ノ摩擦抵抗ヲ得ル爲メ或ル深サ地中ニ入レナケレバナラヌ此ノ第三因子即チ摩擦抵抗ヲω''(單位斷面積ニ對シ)トスレバ

$$\pi = \omega\sigma_1 = \omega' + \omega''$$

デ前述第七卷第六號第八式トナル譯デアル然ルニ

$$\sigma R + P = \pi\Omega, \qquad \omega'\Omega = R_s, \qquad \omega''\Omega = R_f$$

從ツテ

$$R = \frac{\omega\sigma_1\Omega}{\sigma} + \frac{1}{\sigma}(R_s + R_f - P) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (10)$$

トナリ第一式ヨリハ少シ增シテ來ル即チ第一式デ計算スレバ安全率ハ豫定ヨリハ稍々大キクナル其處デ此ノ第一項ガ何レ位ノ價ヲ有ツテ居ルカト云フニ先ヅωノ値ハ凡ソ $\omega = 0.5$——$2.5\ kg/cm^2$ 位ノモノデアル今 $\omega = 2.5$, $\Omega = 30 \times 30\ (cm^2)$, $\sigma = \sigma_1 = 6$ トスレバ

$$\frac{\omega\sigma_1\Omega}{\sigma} = 2250\ kg$$

又 $\omega = 0.5$, $\Omega = 50 \times 50$ トスレバ

$$\frac{\omega\sigma_1\Omega}{\sigma} = 1250\ kg$$

トナリ地質ニ由ッテ著シク減ジテ來ルカラ寧ロコレハ無視シタ方ガ可イト云フノデアル

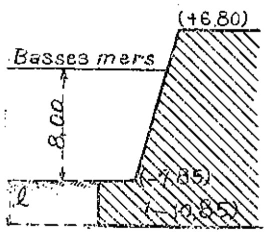
實驗

コレカラ第六式ノ檢證ニ移ルノデアルガ第一ハ白耳義ノだんうぇーるノ埠頭工事(一九〇四年着手一九〇六年竣功)デ断面ハ第二圖ノ通リ土質ハ粘土デ一立方米ノ重量二二〇〇瓩最初當事者ハ地盤ノ安全荷重トシテ

$$p_1 = 2.5 + 0.8 + 0.22\,l \quad (kg/cm^2)$$

ト採ツタ但シ第一項ハ粘土ノ固有耐荷重(安全)第二項ハ八米ノ水深ニ對スル水壓第三項ハ l ナル土高ニ對スル基礎面下ノ安全耐荷重デアル $l=3m$ デアルカラ $p_1=3.98$ トナル一方實驗ノ結果ハ $p=8.78$ デアッタ故ニ安全率ハ

第二圖



$$\frac{p}{p_1} = \frac{8.78}{3.98} = 2.21$$

而シテ公式カラハ何ンナ數字ガ出テ來ルカト云フニ第九式ヲ少シ書キ換ヘテ

$$p_1 = \varpi + \frac{\Delta \mu^2 l}{\sigma_1} \quad \cdots\cdots(一一)$$

トシ粘土ニ對シテ $\phi = 20°$ $(\mu^2 = 4.162)$, $\sigma_1 = 4$ (最小)ト採リ之レニ適用スレバ(水壓ハ矢張加算シテ)

$$p_1 = 2.5 + \frac{1}{4}(0.8 + 0.22 \times 4.162 \times 3) = 3.39$$

トナリ從ッテ

$$\frac{p}{p_1} = \frac{8.78}{3.39} = 2.59 > 2.21$$

デ能ク合フ又安全デモアル又 Bénnres ノ架橋工事ニ於テ Vierendeel 氏ガ實驗シタ處ニ依ルト其處デハ地表ニ於テ

$v=0.75$ (kg/cm²) ヲ支ヘ地下二五米(但シ水深一七米八四)ノ處デハ $p_r=12.2$ (kg/cm²) ヲ支ヘ得タト云フ恐ラク此ノ如キ地質ニ於テハ $25^\circ<\phi<30^\circ$ デアラウ今 $\Delta=0.2,\ \mu^2=8,\ \sigma=4$ (最小)トシテ前式ニ適用スレバ

$$p_1=0.75+1.784+\frac{1}{4}\times0.2\times8\times25=12.73\ (kg/cm^2)$$

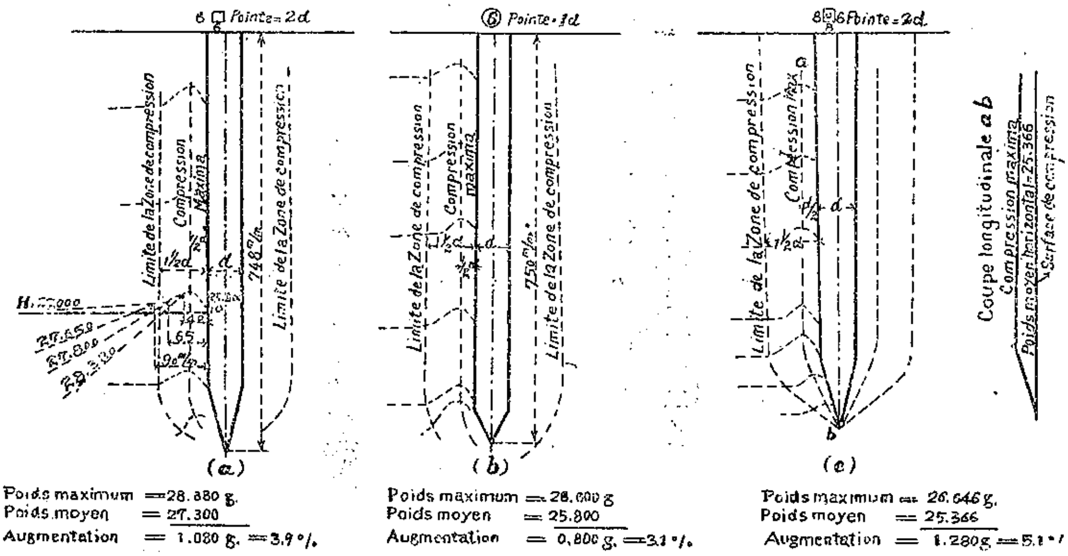
トナリ是レ亦合致スルト云ツテ居ルガ p ノ實驗ガナケレバ本當ノコトハ分ラヌ又前ノだんう゛ぇーるト今度トデ水壓ノ取扱ヒ方ガ違フノハヲカシイ併シ先ヅ合フト云フコトニシテ置カウらんきん公式 ——$p=\Delta\mu^2x$——ガ疑ハレテ居ルノハ寧ロ軟質ノ場合ナノデアル

ちんめるまん氏ノ實驗

今度ハ肝心ノちんめるまん氏ノ實驗デアル詳シイコトハ一九一五年八月及九月發行ノ Beton und Eisen ヲ見ナケレバ分ラナイガベ氏ノ紹介ニ依レバ極メテ小規模ノモノデアル而シテ一口ニ云ヘバ無底箱ノ中ヘ土ヲ戻シ其中ヘ木杭ヲ打込ンデ土ガ何ノ程度迄又何ノ範圍迄壓縮セラレルカヲ實驗シタニ過ギヌ箱ノ寸法ハ長サ一米一九幅一米一五深サ〇米九三デ此ノ中ヘ少量ノ粘土ヲ混ジタ細砂ヲ入レ厚サ五〇粍毎ニ順次強ク搗堅メ其中ヘ長サ〇米九四乃至一米二一ノ木杭ヲ略ボ杭ト同重量即チ一瓩二八乃至三瓩九二ノ錘ヲ以テ打込ンデ居ル壓縮ノ程度及範圍ハ土ノ密度ヲ檢スレバ大體知ルコトガ出來ル密度ハ最大ニテ 3—3.5% 平均ニテ 1.5—1.75% 位増加シテ居ルガ併シ其ノ増加ノ摸樣ガ第三圖ノ通リ妙ナ曲線ヲシテ居ルベ氏ハ此ノ曲線カラ一ツノ土壓公式ヲ提案シテ居ルノデアルガソレハ暫ク後廻シトシ此ノ實驗カラ杭先キノ形狀如何ニ由ツテ壓縮ノ度從ツテ其ノ抵抗力ガ違フコトガ發見セラレタベ氏ハ此ノ事實ハ實際問題トシテヨリモ寧ロ理論トシテ非常ニ興味深キ問題デアルトシ矢張前論文中ノ或ル式カラ半球ト角錐ト圓錐トノ三ツノ場合ニ就イテ其ノ各ニ對スル支持力ヲ見出シテ居ル h ヲ杭先キノ高サトスレバ(第一圖參照) $h=\frac{d}{2}$ ノトキ半球(丸杭)デハ

$$R_s=1.57\Delta\mu^2d^2\left(l+\frac{h}{2}\right)$$

第　三　圖



角錐(角杭)デハ

$$R_s = 1.414\Delta\mu^2 d^2\left(l+\frac{h}{3}\right)$$

圓錐(丸杭)デハ

$$R_s = 1.11\Delta\mu^2 d^2\left(l+\frac{h}{3}\right)$$

即チ半球ガ一番大キク角錐之レニ亞ギ圓錐ガ一番小サイ大體カラ云フト凡ソ表面積ノ大小ニ比例スル從ッテ若シ出來ルナラ井筒ノ中埋ノ底ハ搗クダケ搗イテ半球狀ニシタ方ガ可イ又以上ハ同ジ高サニ就イテ比較シタモノデアルガ高サガ違ヘバ何ウナルカト云フニ杭先キヲ成ルベク尖ガラシタ方ガ利益デアルコトハ第四式カラモ容易ク分ルガ此ノ實驗デモ矢張然ウナッテ居タト云フコトデアル前三式ノ演繹ハ分ラヌガ角錐及圓錐ニ就イテ考ヘレバ第四式デ計算スルヨリハ $\frac{h}{3l}$ 倍ダケ大キクナッテ居ル

ソレカラ肝心ノ問題――第六式ガ實驗ト合フカ何ウカト云フコトニ就イテハ氏ハ此ノ如キ壓縮ハ軟泥ノ中ニてんぷれっそる杭ヲ打込ムダ場合ニモ猶ホ起リ得ルコト又砂地ナドニ於テハ此ノ壓縮ガ餘リニ大キイ爲メニ杭ガ思フ樣ニ這入ラズ止ムヲ得ズ水射法ノ力ヲ借ッテ土ヲ軟メネバナラヌ場合ガ起ルコトナドヲ指摘シ如何ナル場合ニ於テモ第六式ヲ用フルノガ適當デアルト云ッテ居ルガ實ハ數字ハ甚シ

ク違ッテ居ル

即チ第六式ニ從ヘバ密度ノ增加ハ $\Delta\varepsilon$ デアラネバナラヌ而シテ此ノ法則ダケハちんめるまん氏ノ實驗ニ依ッテ證據立テラレタモノトシ μ ヲ計算スレバ實驗デハ $\mu=1.015$ トナルニ反シ若シ砂ニ對シテ假リニ $\phi=25^\circ$ ヲ採レバ $\mu=2.465$ トナリ其處ニ非常ナ相違ガ出テ來ル之レニ對シ氏ハ斯ク相違ヲ生ジル譯ハち氏ノ實驗ガ餘リニ小規模デアル爲メデアル——小規模ノ實驗カラハれざる氏ノ云フ如ク正確ナ數字ヲ引出スコトガ出來ナイ許リデハナク却ッテ反對ノ事實ヲ示スコトサヘアル——即チ實驗ハ數字上ニ於テヨリモ寧ロ事實上ノ一致ヲ示スニ有益デアルニ過ギヌト云ッテ居ル稍々モスレバ反對ノ事實ヲ示ス實驗ハ事實ノ證憑トモナラヌ譯デアルガ此ノ場合ニハ事實ダケハ先ヅ合ッタトスル處デ數字ノ合ハナイノハ私ノ考ヘル所ニ依レバ强チ實驗ガ小規模デアル爲メ許リデハナク唯杭ヲ打ッタダケデハ其ノ壓縮程度ハ所謂優等均勢限度ニ達シテ居ナイデアラウト思フガべ氏ハ規模ノ大キイ實驗トハ能ク合フト云ヒ乍ラ一ッノ實例ヲ擧ゲテ居ル其ノ實例ト云フノハ一九一二年ニ於ケル盤谷デノ實驗デ直徑〇米三ノこんぶれッそる杭四本ヲ七米ノ深サニ打込ミ其ノ上ニ板ヲ載セ煉瓦ヲ搭載シテ見タモノデアル——ちんめるまん氏ノ實驗ニハ荷ハ懸ケテ居ラヌ——地質ハ底ノナイ泥土デアルカラ $\phi=15^\circ$ ニ採リ安全率ヲ六(平均)トシ第一式カラ計算スルト安全荷重ハ四本全體デ

$$R=\frac{4\times 24{,}871}{6}=16{,}660\ kg$$

トナル一方沈下ハ $1{,}100\times 25.93=28{,}253\ kg$ (但シ杭ノ斷面積ハ四本ニテ平均 $\Omega=25.93\ m^2$) ニテ初マリ荷重ガ $35{,}265\ kg$ ニ達シタトキ極メテ明瞭トナッタ斯クテ計算數字ハ沈下ノ初ッタトキノ荷重ヨリハ無論少ク又沈下ガ極メテ明瞭トナッタトキノ荷重ノ半分 $\frac{35{,}265}{2}=17{,}632\ kg$ ヨリモ稍々少イソレカラ安全率ヲ少シ大膽ニ採リ $\sigma=4$ トシテモ $R=24{,}871<28{,}253$ デ猶ホ安全デアリ又息角ヲ少シ間違ヘテ $\phi=20^\circ$ ト採ッタトシテモ平均安全率 $\sigma=6$ ヲ使用スレバ $R=26{,}230<28{,}253$ デ猶ホ同ジク安全デアルカラ合數ハ充分トシナケレバナラヌ云々

新公式

斯樣ニ第六式即チ氏ノ杭打公式ガ立ツテ居ル所ノ唯一ノ理論的假定ハ能ク實地ト合フノデアルガ矢張氣ニ掛ルノハ μ ノ喰違ヒデアル前言ヲ繰返セバち氏ノ實驗デハ $\mu=1.015$ トナリべ氏ノ見込デハ $\phi=25°$, $\mu=2.465$ トナルコレニハ何等カノ理由ガナケレバナラヌ今迄ハ杭ガ沈下スル場合ニハ壓縮ノ爲メニ土並ビニ其ノ均勢ガ破壞セラレ新ニ優等均勢ガ打健テラレルト云フ假定ノ下ニ進ムデ來タガちんめるまん氏ノ實驗ニ依レバ壓縮ハ杭ノ周圍凡ソ 1.5 d ニ及ビ凡ソ 0.5 d ノ處デ最大トナリ而シテソレ以內ニ於テハ杭面ニ接近スルニ從ヒ却ツテ減ジテ居ル其處カラ考ヘルト杭トノ接觸面ニ於テハ土ハ優等均勢ニ對スルダケノ壓縮ハ受ケナイデ事ニ由レバ寧ロ膨脹シテ居ルカモ知レナイ要スルニ ϕ ガ減ズレバ膨脹ノ必要ハ增ス——私ハ思フ土ガ膨脹シテ居ナイコトダケハ確カデアル膨脹スレバべ氏ニ依レバ $\mu<1$ トナラナケレバナラナイ——次ニ無限大ノ物體ト同質ノ有限體トノ彈性係數ヲ比較スルニ前者デハ壓縮ガ制限セラレル關係上彈性係數ハ何時デモ後者ヨリハ大キイ從ツテ彈性係數ニ反比例スル壓縮係數 μ ハ小サイニ相違ナイ最後ニ壓縮カラ粉狀體ノ破壞ガ起ルトシナイデ其ノ破壞カラ壓縮ガ起ルモノトスレバ此ノ因果關係ノ轉倒カラモ同ジコトガ推定セラレル——記者云フ此處迄來レバ最早技術ノ問題デハナクシテでかるとノ問題トナル而シテべ氏ハ肝心ノ自分ノ假定ヲ忘レテ仕舞ツタ——若シ此ノ推定ガ正シケレバ問題ノ土壓ハ優等均勢ト他ノモウ一ツノ或ル均勢限度トノ中間ニ在ラネバナラヌ即チ式ヲ以テコレヲ示セバ

$$\mu_k=\tan^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\phi}{2k}\right),\qquad \theta=\frac{\phi}{k}\quad\cdots\cdots(12)$$

若シ $k=k'=1$ ナレバ一方ノ優等均勢トナリ $k=k'=8$ トスレバ問題ノ均勢限度トナル壓力ハ水壓ト同ジ之レハ前ニ述ベタくらい氏ノ所謂自然的土壓デアル而シテ中間均勢ニ於テハ $0<\theta<\phi$ デアリ土壓ハ上向キノ姿勢ヲ執ル猶ホ圖面ニ就イテ說明スレバ地表ヨリ x ノ深サニ於テ優等均勢ノ土壓ガ IB ノ方向ヲ執ルニ對シ中間均勢ハ TB ノ方向ヲ執リ其ノ他ノ部分ニ於ケル土壓方向ハ恰度第三圖ノ密度線ヲ轉倒シタ姿トナル——息角ガ略ボ密度ニ從フモノトスレバ BMC

線ノ性質ハ大凡分ル（第四圖參照）――優等均勢ニ於テハ

$$R_f=\Sigma Q_v$$

$$Q_v=\lambda\Delta\mu x tg\,\phi\,dx$$

問題ノ中間均勢ニ於テハ

$$(R_f)_i=\Sigma(Q_v)_i$$

$$(Q_i)_v=\lambda\,\Delta\mu_i x tg\,\theta\,dx$$

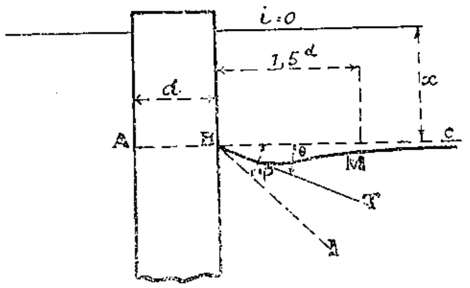
λト云フ數字ガ新ニ這入ツテ來タガ一向說明ガ見當ラヌ摩擦係數ニ關スル數字デアレバ普通ノ扱ヒ通リ　$\lambda=1$　デ可カラウ

$$\frac{R_f}{(R_f)_i}=\frac{\mu tg\,\phi}{\mu_i tg\,\theta}=\sigma_1\sigma_2=\sigma$$

但シ

$$\sigma_1=\frac{\mu}{\mu_i},\qquad \sigma_2=\frac{tg\,\phi}{tg\,\theta}$$

第四圖



$\phi=25°$，　$\mu=1.015$　（ちんめるまん氏ノ數字ヲ採ル）トスレバ　$\sigma_1=\frac{2.465}{1.015}=2.41$　次ニ $\sigma=5$ ト假定スレバ $\sigma_2=\frac{5.00}{2.41}=2.076$，　$tg\theta=\frac{0.466}{2.076}=0.277$，　$\theta=12°.4$，　$k'=\frac{25.0}{12.4}=2$，　$k=12.5$　以上ハ砂地ノ場合デアル今度ハ $\phi=10°$ ノ軟泥トシちんめるまん氏ノ數字ヲ少シ下ゲテ――コレハちんめるまん氏ノ同意ヲ要スルコト丶思フ――$\mu=1.010$　トシ且ツ　$\sigma=8$（最大）ト假定スレバ前同斷ノ計算順序ニ依リ　$\sigma_1=\frac{1.420}{1.010}=1.4$，　$\sigma_2=\frac{8.0}{1.4}=5.71$，　$tg\theta=\frac{0.701}{5.710}=0.14$，　$\theta=8°$，　$k'=\frac{10}{8}=1.25$，　$k=10$　トナル而シテ此等ノ結果ニハ何等非難スベキ理由ガナイカラ　$\sigma=5$　並ビニ　$\sigma=8$　ナル假定ハ適當デアツタトシナケレバナラヌ又此ノ二例カラ σ_1 ハ ϕ ト共ニ減ズルコトガ分ル實際　$\phi=0$　ト

スレバ $\sigma_1=1,\ \theta=0,\ \sigma_2=1?\ \sigma=1,\ Q_x=\Delta x$ 即チ水壓トナル兎ニ角第四式及第五式ノ代リニ

$$M=\frac{md^2}{8\sin\alpha}tg^4\left(\frac{\pi}{4}+\frac{4}{2k}\right)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

$$N=\frac{md}{4}tg\frac{\phi}{k'}tg^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{4}{2k}\right)\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(14)$$

ナル二式ヲ迎ヘ相當規模ノ大キイ實驗ヲ繰返スコトニ依ッテ k 及 k' ノ價ヲ定ムレバ一層完全ナ杭打公式ヲ得ルコトガ出來ル

コレデベ氏ノ靜力學的公式論ハ終ルノデアルガ若シ氏ノ幾度カ主張スル如ク第一式ガ正シイトシ又結果ニ於テ何等非難スベキ理由ガナイト稱スル中間均勢ノ事實並ビニ數字ヲ尊重スレバ砂地ニ於テハ安全率ハ 4×4=16 乃至 5×5=25 軟泥ニ於テハ 8×8=64 ト云フ様ナ事ニナリサウニ思ハレル又實地ニハち氏ノ實驗ニ於ケル如キ壓縮ガ利カナイト云フコトガ勘定ニ這入ッテノ話ナレバ結局土壓ハ何時デモ $Q_x=\Delta x$ ニ採レト云フ方ガ近途デハナカラウカ（少クトモ側面摩擦ニ關シテハ）

ソレカラ例ノ underground water tapping ノ話デアルガちんめるまん氏ノ實驗デ彼ノ箱ガ土ノ壓縮ニ何ウ影響スルカト云フニベ氏ノ彈性論ガ若シ正シイトスレバ多少有利ニ働ク譯デアルソレニ周圍ヲ締切レバ水脈ヲ遮斷スルコトガ出來ル又一度水ヲ拔イテ置ケバ再ビ水ガ上ッテ來テモ壓縮ハ大シテ減殺サレナイカモ知レヌ處ガ設計者ハ折角締切リヲシテ置キ乍ラ其ノ內側ヲ全部掘リ上ゲ掘方一杯ニ混凝土ヲ打ッテ仕舞ッタ然ラバ上部ヘ土ヲ戾シテ搗堅メタラ何ウカト云フニ幾ラ搗堅メタ處デ此ノ土ハ最早優等均勢ヲ出スコトハ出來ヌソレデ設計者ハコレラ意味アリゲナりっぷらっぷニ取換ヘタハ取換ヘタガ未ダ色々考案中デアルト見エ圖面ヲ見ルト n.t included in tender トシテアル幾ラ意味アリゲニ見エテモ石ハ直接水平壓力ヲ發生シ得ナイカラ多分矢板ヲじゃつきカ何カデ確カリ張ッテ無闇ニソレヲ詰込ム積リカモ知レヌガ壓縮ハ今度ハまっすガ大キクナルノデ餘リ利カナクナル從ッテ問題ハ周圍デハナクシテ底デアル曰ク「元來黃土質

ノ地質ハコレヲ水ニ飽和シ攪亂スルトキハ少許ノ耐壓力ヲモ得難キ土質ト變ズルガ故ニ此ノ種地層ニ對スル基礎根掘リハ地下水ヲ低下セシメテ空掘リヲ爲シ底面ノ土壤ヲ乾出セシメ其ノ上ニ橋臺ヲ積ミ上グルニ非ザレバ不可ナリ」ト云フ譯デ盲落シノ水中混凝土デナイダケハ確カニ可イ又彼ハらんきんノ忠實ナ信奉者デアル五十點位ハヤッテ欲シイ

動力學的公式

矢張前論文（一九一一年第六號）ノ續キデ充分ニ分ラナイガ動力學ニ由ル杭打ノ一般公式トシテ右ノ樣ナ式ガ擧グラレテ居ル

$$\lambda(2k^2-k+1)R_1^2+eR-T=0 \qquad \cdots\cdots(15)$$

$$\lambda=\frac{e}{E\Omega},\qquad k=\frac{R_f}{R_1},\qquad R_1=R+P=R_r+R_f,\qquad T=T_0+e(M+P)$$

但シ

e ハ最終十回ノ平均沈下

E ハ杭打ノ彈性係數

Ω ハ杭ノ斷面積

M ハ錘ノ重サ

T_0 ハ有效仕事量

Saint-Venant, Serbert, Hugoniot, Boussinesq, Maupetn 諸家ノ撃衝ニ關スル研究ニ依レバ $T_0=\gamma MH$ デ γ ノ値ハ

$\frac{P}{M}=0.6$ ノトキ $\gamma=0.600$

$=1.0$ 同 $=0.527$

$=1.5$ 同 $=0.475$

$=2.0$　同　$=0.469$

$=\infty$　同　$=0.458$

デ大概ノ場合ニハ

$$T_0=0.5\,MH \quad \cdots\cdots(16)$$

トシテ差支ナイ和蘭デハ

$$T_0=\frac{M^2H}{H+P}$$

トシテ居ルガ若シ $M=P$ トスレバ第十六式トナル而シテ第十五式ニ於テ非常ニ小サイ數字デアル　ヲ無視スレバ Eytelwein 一名 Poncelet 公式ナリ和蘭公式ヲ作ルコトガ出來ル其外 Rankine, Reitenbacher, Stern, Vierendeel, Brix 諸家ノ公式ガアリ猶ホ實驗公式トシテハ Hurtig, Auric, Trautwine, Wellington 諸氏ノモノガアル

第十五式中ニ第十六式ノ關係ヲ持込メバ

$$R=\frac{MH}{2e}+(M+P) \quad \cdots\cdots(18)$$

トナリ $(M+P)$ ヲ無視スレバ

$$R=\frac{MH}{2e} \quad \cdots\cdots(19)$$

トナル和蘭公式ナレバ

$$R=\frac{M^2H}{e(M+P)} \quad \cdots\cdots(20)$$

ペ氏ノ云フ處ニ依ルト此ノ中ノ第十八式ハ氏自身ガ一九一一年ニ提案シタモノデアリ次ノ第十九式ハ G. Lévy 氏ガ一九〇六年ノ二月ニ La Revue du Génie militaire 誌上ニ發表シタモノデアルサウデペ氏ハ「自分ハれうゐー氏ノ式ガ以前ニ

出テ居ルコトハ全然知ラナカッタ」ト辯解シテ居ルガ內心ハ非常ニ殘念デアラウト思フト云フノハ孰レノ式ガ可イカト云ヘバ第十九式ノ方ガ可イニ定ツテ居ル獨逸デハ和蘭公式ノコトヲ Ritter 公式ト名付ケテ居ルガ此ノ公式モ最初ハ

$$R=\frac{M^2H}{e(M+P)}+(M+P)$$

ト云フ形デアッタノガ第二十式ノ形ニ進ムデ來タノデアル公式ハ可成簡單ナノガ可イ殊ニソレガ實驗ヲ伴ハナケレバナラヌ場合ハ若シ安全率ト云フモノガナケレバ第十八式ハ第十九式ヨリモ少クトモ理論的デアルト云ヘルカモ知レナイガ安全率ガアル以上此ノ二ツハ決シテ違ツタ式トハ云ヘヌ同ジ式ナラ簡單ナ方ガ可イ今爰ニ

$$R=S(1\pm\epsilon\pm\epsilon'\pm\epsilon''\pm\cdots\cdots)$$

ト云フ樣ナ關係式ガ成立チ $\epsilon\ \epsilon'\ \epsilon''$ ……ガ1ニ比シテ相當小サケレバコレヲ $R=\frac{1}{\sigma}S$ トシテ一差支ガナイ序ニ獨逸デ一番能ク使フぶりつくす公式ハ

$$R=\frac{M^2PH}{e(M+P)^2}\quad\cdots\cdots(21)$$

デ安全率ハ三乃至十ニ採ッテ居ル

安全率

れうゑー氏ハ Orléans 橋ニ於ケル實驗カラ安全率ハ第十八式ニ於テ四デアレバ充分デアルト云ッテ居ルカラ結局さんだー公式トナル佛蘭西デハソレ迄ハ多ク五ニ採ッタト云フコトデアル又ベ氏ノ Guadalquiver (Seville 附近) ニ於ケル鐵筋混凝土棧橋ノ實驗デハ第十八式ニ於テ三デアッタト云フ斯ウ云フ風ニ實例ガ澤山集ツテ來レバ凡ソ安全率ノ範圍ガ定マル譯デアル元來杭打公式ノ如ク地質ノ硬軟杭ノ種類ノ要件ガ著シク變ルモノデハ式ヲ與ヘル以上夫レト同時ニ安全率ノ範圍ヲ與ヘナケレバナラヌ然ウデナイト使フ側デモ安心シテ使フコトガ出來ヌ尤モ幾ラ範圍ヲ與ヘルガ可イカラト云ッテ前記ノ如ク $\sigma=16-64$ ト云フ樣ナコトニナッテモ困ルガ兎ニ角獨逸佛蘭西ハ斯ウ云フ處ヲ確カリト守ッテ居ル處ガ

さんだーやうゑりんとんニナルト其處ガ少シるーずニナルうゑりんとん公式一名 Engineering News formula ト云フノハ何レノぽけっと・ぶっくニモアル通リどろっぷ・はんまーデハ

$$R=\frac{2MH}{e+1}\quad\cdots\cdots(22)$$

すてぃーむ・はんまーデハ

$$R=\frac{2MH}{e+0.1}\quad\cdots\cdots(23)$$

デR(安全)トMトハ封度、Hハ呎、eハ吋デ示スノデアルガ安全率ハ定ッテ六ハアルト云ヒさんだー公式ハ何時デモ$a=4$ニ採レト云フ即チ此等ノ式ニ於テハ安全率ガ常ニ一定シテ居ル此ノ安全率ガ一定シテ居ル處カラ金森氏ノ所謂同一推定論ト云フ様ナモノガ起ッテ來ルノデアルガ(第七卷第三號四七〇頁ヨリ四七二頁)同ジ杭同ジどろっぷ・はんまーデサヘ均一的ナ推定ハ何ウカト思フ處ヘ之レト全ク類ノ違ッタすてぃーむ・はんまーヲ持込ムデ同一推定ト云フ様ナコトガ容易ク出來ルモノデハナイ此ノ場合ハ多少要件ガ似テ居リ又斯ウ云フ推定ヲ全般ニ及ボシ難イコトヲ既ニ氏自身モ認メテ居ラレハスルガ推定論ノ病根ハ此處カラ來テ居ル氏ハうゑりんとん氏ガ分母ノ調節數ヲ一吋トカ〇吋一トカノ常數トシタコトヲ非難サレテ居ルガ(四五五頁)安全率ヲ變ヘレバ同ジ目的ガ達セラレルト思フベ氏ハ安全率ノ性質ニ關シぶしねー氏ヤれざる氏ヤ Sir William Thomson (Lord Kelvin) 氏ヤノ言説ヲ引用シテ縷々數頁ヲ費ヤシテ居ルガ其ノ中デぶ氏ノ分ダケヲ述ベテ見レバぶ氏ノハ「我々ガ法則ヲ求メル場合往々概然性以外ニ極簡單ナ事實又ハ事情ノ表ハレヲ發見シ夫レカラ暗示サレテ解決ニ達スルコトガアル少クトモ公式ガ其ノ精神ヲ失フ程複雜シテ來ルコトハ如何ナル場合ニ於テモ避ケナケレバナラヌ」ト云フノデ斯フ云フ常識的ナ佛蘭西傳統ノ見方ハかんとノ認識論ナドヨリハ分リ易クテ可イベ氏ニ依レバちんめるまん氏ノ實驗ハ即チ極メテ簡單ナ事實ノ表ハレデアリ第十　式及第十四式ハ夫レカラ暗示サレテ得タ法則デアル筈デアルガ少シ複雜シ過ギテハ居ナイデアラウカ私ハ嘗テ撃衝係數ニ就イテ論ジタコトガアル

ガ此ノぶ氏ノ説ニハ全ク賛成スル

新 公 式

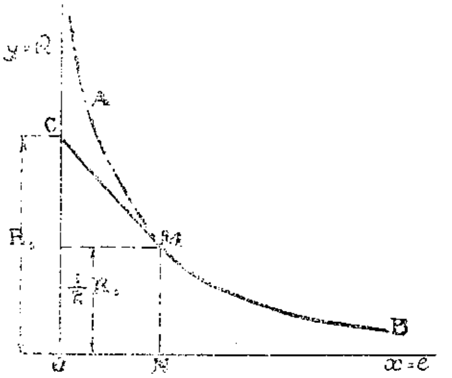
斯クらえりんとん公式ハ安全率ノ點ガ少シ何ウカト思フガ要件ハ可ナリ窮屈ニハナツテ居ル第一杭先キノ損傷ハ許サナイ次ニハ打止メガ略ボ平均シテ來ナケレバナラヌ又跳戻リガアツテハナラヌ而シテ何ヨリモ大切ナノハ杭ガからむトシテ働カネバナラヌト云フ風デアルカラ或ル程度迄ノ推定ハ出來ルカモ知レヌガ地質ガ粘土デモ泥土デモ又杭ガ木デモ混凝土デモ可イトナルト矢張不都合ト云ハナケレバナラヌ併シ式ノ中カラ行ケバ今迄列記シタモノヽ中デハ一番可イさんだー型ニシテモ和蘭公式ニシテモeガ減ズルニ從ツテRガ非常ニ增シ$e=0$ノトキ$R=\infty$トナル樣ナ式ハ一定以下ノeニ對シテハ誤差ガ大キク實用上危險トシナケレバナラヌ獨逸ナドモ此點ハぶりっくす公式ノ一大缺點トシテ素直ニ承認シテ居ル曲線ヲ引イテ比較シテ見ルト此ノ事ガ一層ハツキリ分ル杭ガからむトシテ働カネバナラヌト云フコトハらうえりんとん公式ニ限ラズ何レノ杭打公式ニモ共通的ナ要件デナケレバナラヌ而シテ此時べんでぃんぐガ起ルカ何ウカト云フコトニ就イテハアノ鐵筋混凝土柱ノ鐵筋デサヘおいれる公式デ計算スル程ノ獨逸人ノコトデアルカラ獨逸デ無論軟泥ノ中ナドデハべんでぃんぐハ起ルモノト考ヘ能クオ得意ノおいれる公式

$$R \leqq \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\pi^2 EJ}{l^2}$$

ヲ持出シテ居ルガベ氏ハ杭ガ地上ニ出テ居レバ兎ニ角地中デハべんでぃんぐハ起リ得ナイト云フコトヲ隨分ムツカシイ式ヲ並ベ立テヽ長々ト説明シテ居ル併シ之レハ余リ長クナルカラ略サウ杭ガからむトシテ働カネバナラヌト云フコトニ就イテハ氏モ亦さんだー型ノ諸公式ハR_fガR_sニ對シテ無視サレ得ル場合ニシカ使ヘナイノハ勿論ヨシ又杭ガからむトシテ働イテモlガ余リ小サクテハおいれる公式ガ$\frac{l}{r}$ガ余リ大キイトキ又雨量曲線ガ降雨經續時間ガ余リ小サイトキ使ヘナイト同ジ樣ニ使ヘナクナルト主張シ恰度てーとまーやー氏ガおいれる公式ヲ直シタト同ジ樣ナコトヲシテ直シテ居ル

今第十九式ヲ圖示スレバ第五圖ノ通リ AMB ナル一ツノ正雙曲線トナル其處デ杭ガからむトシテ働ク限リ夫レガ與ヘ得ル最大荷重ハ若シ p ヲ單位斷面積ニ對スル最大應壓度トスレバ $R_0=p\Omega$ デナケレバナラヌ尤モ杭ガ地上ニ出テ居レバ長柱公式ニ依ッテ R_0 ノ値ヲ變ヘネバナラヌガ何レニシテモ適當ニ求メタ此ノ R_0 ヲ限度トシテ R 軸上ニ $OC=R_0$ ヲ切取 C 點ヨリ AMB 線ヘ切線ヲ引ケバ正雙曲線ノ性質カラ接點 M デハ $R=\frac{1}{2}R_0$ トナル氏ハ此ノ切線 CM ト曲線ノ一部 MB トヲ以テ原曲線ニ換ヘヤウト云フノデアッテ若シ

第　五　圖



$$e>\frac{MH}{\sigma R_0}\quad ナレバ \quad R=\frac{MH}{2\sigma e}\quad\cdots\cdots\cdots(24)$$

ヲ用ヒ又

$$e<\frac{MH}{\sigma R_0}\quad ナレバ \quad R=R_0-\frac{\sigma R_0^2}{2MH}\quad\cdots\cdots\cdots(25)$$

ヲ用フル安全率ハ $\sigma=4-6$ デアルト

併シ氏ハ此ノ動力學ニ由ル公式ガ決シテ正確ニ行カヌ理由ヲ色々述立テヽ居ル第一木杭ト鐵筋混凝土杭トデハ非常ニ重量ガ違フ徑〇米三長サ一六米ノ木杭ノ重量ハ一、〇〇〇瓩ヲ出デナイガ〇米三角ノ同ジ長サノ鐵筋混凝土杭ニナルト三、六〇〇瓩又私ノ用ヒタ〇米四角長サ二〇米ノ空洞杭ハ七、五〇〇瓩 (Chirang 灣ノ Penang) 棧橋工事ニ用ヒタ〇米五長サ二四米ノ空洞杭ハ一三、〇〇〇瓩桑港デ用ヒタ〇米五角長サ二七米六ノ杭ハ一五、〇〇〇瓩 New Zealand ノ Auckland デ用ヒタ〇米五角長サ三〇米四ノ杭ハ二〇、〇〇〇瓩ト云フ風ニ木ト鐵筋混凝土トデハ乙ハ甲ノ三倍六カラ二〇倍ニモナッテ居ルカラ此ノ二ツガ同ジ杭打公式ノ下ニ取扱ヘル筈ガナイ極卑近ナ例ヲ採ッテ考ヘテ見テモ重イ鐵筋混凝土杭ハ $\varphi\leqq10^\circ$ ト云フ樣ナ軟泥中ニハ自重ダケデ沈下スルガ木杭ハ割合ニ之レニ抵抗スル反對ニ砂地デハ木杭ハ $P=M$ 位ノ錘ナレバ容易ニ打込ミ得ルガ鐵筋混凝土杭ノ方ハナカナカ沈下シナイ $10^\circ<\varphi<30^\circ$ ノ中

間地質デハ此ノ如キ反對現象ガ錯綜シテ起ル元來有效仕事量ハ $\frac{M}{P}$ ノ大小ニ關スルガ木杭デハ普通 $\frac{M}{P}=1$ デアルニ反シ鐵筋混凝土杭デハ $\frac{M}{P}=0.38$ 位ノ場合ガ多イカラ後者ガ容易ニ沈下シナイト云フ樣ナ場合ガ起ルノハ決シテ不思議デハナイヨシ沈下シテモ余リニ小ニ過ギ從ツテコレヲ以テ計算シタ耐荷重ハ實際以上大ニ過ギル危險ガアル——前ノ表デ見ルト有效仕事量ニ及ボス $\frac{M}{P}$ ノ影響ハ割合ニ少イコトニナツテ居ル唯杭ガ大キクナレバ抵抗ガ増スカラ錘ヲ重クシナケレバ利カナイノハ確カデアルガ

今甲乙二ツノ同寸法ノ杭ヲ併ベテ打ツモノトスルニ甲ハ M ナル錘ヲ用ヒ乙ハ ${}_nM$ ナル錘ヲ用フル代リニ落程ハ甲ハ H 乙ハ $\frac{H}{n}$ トスル然ルトキハ地質モ同ジク杭モ同ジク仕事量モ同ジデアルカラ沈下モ略ボ同一デアルニ相違ナイ此ノ場合和蘭公式ヲ以テ兩者ノ安全耐荷重ヲ計算スルニ甲ハ

$$R=\frac{M^2H}{6e(M+P)}$$

乙ハ

$$R'=\frac{{}_n^2M^2\frac{H}{n}}{6e({}_nM+P)}$$

故ニ

$$\frac{R'}{R}=\frac{n(M+P)}{{}_nM+P}$$

送ツテ $R'>R$ トナル之レハ豫期ニ反シテ少シク不都合トシナケレバナラヌ——併シ氏ハ何時ノ間ニカ $\frac{M}{P}$ ノ影響ニ關スル主張ヲ放棄シテ仕舞ツタ

今度ハ錘ノ目方ハ前通リ M ト ${}_nM$ トシ落程ヲ同一トスレバ矢張和蘭公式カラ

$$\frac{R'}{R}=\frac{e}{e'}\cdot\frac{n^2(M+P)}{{}_nM+P}$$

$R'=R$ ナル爲メニハ

$$\frac{e'}{e}=\frac{n^2(M+P)}{n^2M+P}$$

$M=\frac{1}{2}P$ トスレバ

$$\frac{e'}{e}=\frac{3n^2}{n^2+2}$$

$n=2$ トスレバ $e'=3e$ トナルガ實際ニハ e' ガズツト大キイ例ハ幾ラモアル又最初ノ例ノ如ク錘ノ目方ヲ增シ同ジ比率デ落程ヲ減ジ行ク場合ニ $e'>e$ 從ツテ $R'<R$ トナル樣ナ不都合ハ屢々起ツテ來ル此ノ原因ハ前ニモ述ベタ通リ全ク $\frac{M}{P}$ ノ關係ニ由ルモノトシナケレバナラヌ即チ錘ノ效率ハ $\frac{M}{P}$ ト共ニ增ス殊ニ汽力杭打機ノ如ク一分時五六十回ノ速度ヲ以テ間斷ナク打テバ跳戾リヲ減ジ杭ノ隋性即チ其ノ沈下ニ對スル抵抗力ヲ輕減スルコトガ出來ル而シテ其ノ結果ハ e' ガ增シ計算上 R' ガ減ジルコトニナルコレニ反シどろっぷ・はんまーノ如ク錘ノ輕イ割合ニ余リ落程ヲ大キクスレバ稍々モスレバ其ノ仕事量ニ不釣合ナ小サイ沈下ヲ生ジ計算上過大ナ抵抗力ヲ與ヘル結果トナル即チ理論上ヨリスルモ實驗上ヨリスルモ輕イ錘ヲ高ク落スヨリハ可成錘ヲ高クシ落程ヲ減ジタ方ガ可イ又錘ハ杭ノ自重以上ノモノヲ使用シナケレバナラヌ Bruxelles 市ニ於テ實施シタ鐵筋混凝土杭ノ經驗ニ依レバコレ以上輕イ錘デハ杭ガ少シノ障碍物ニ出會ハヌト最早沈下シナクナル而シテ杭打公式ハ如何ナル場合ニ於テ動力學的ノモノヨリハ靜力學的ノモノガ安全デアルト云フノガベ氏ノ結論デアル

金森學士ハどろっぷ・はんまー對汽力杭打機ノ問題トシテ

一　錘落下ノ途中ニ於ケル殘留蒸汽ノ影響

二　打擊速度遲速ノ影響

ノ二ツヲ擧ゲ種々有益ナ御研究ノ結果ヲ發表サレテ居ルガ第一項ハ寧ロ機械學ニ屬シ汽力杭打機同士ノ比較トカ機械ノ改良トカ運轉方法ニ對スル注意トカノ資料トシテナラバ兎ニ角コレヲ杭打公式ヘ持込ムコトハぶしねー氏ノ云フ如ク公式ノ精神ヲ失フ程度ニ遂シタルモノト謂ハナケレバナラヌ現ニ第二項ノ方ハムヅカシイ理論ナドニハ這入ラナイデ極簡單ナ實驗カラ來タ所ノ $e'=1.2e$ ト云フ結果ガ其儘持込マレテ居レ第一項ニセヨ第二項ニセヨ結局ハ $T_s=\gamma MH$ ト云フ關係式ヘ落チテ來ルノデアリ而シテ最後ハ實驗ノ立證ヲ待タナケレバナラヌ既ニ最後ガ實驗ニ在ルモノトスレバ此ノ二ツノモノガヨシ可分性ノモノデアルニセヨコレヲ別々ニ取離シテ考ヘルヨリハ綜合的ニ考ヘタ方ガ考ヘ易ク實驗モ却ツテ仕易イ即チ寧ロ最初ニ全體ヲ括ツテ置イテソレカラ第一項ナリ第二項ナリノ内譯ガ何ウナルカト云フ風ニ進ムンデ行クナラ可イガ途中ヲ徒ラニ複雜ニスルコトハ避ケナケレバナラヌ幾ラ陣容ヲ改メタ處デ最後ノ到着點ハ大凡分ツテ居ル一番肝心ナノハ綜合能率デアルソレモ機械ノ如キデアレバ各部ノ能率ヲ定メサヘスレバ凡ソ綜合能率ヲ計算スルコトモ出來ルガ杭打ノ如キモノデハナカ〳〵然ウ簡單ニハ行カヌ少クトモ各部ノ能率勘定ハ決シテ誤ツテ居ナイト云フ合ヒ算ガナケレバ安心ハ出來ヌ而シテ氏ハ何處ニモ此ノ締括リヲ示サレテ居ラヌノデアル

元來さんだーと公式ニ限ラズ殆ド凡テノ杭打公式ハ純理論的ノモノデハナイ其ノ式デハ勢力ノ損失ハ最早決算濟ミニナツテ居ル氏ハ $R=f(MHe)$ ニ依ツテ如何ナル公式ヲ意味セラレテ居ルカハ知ラナイガ兎ニ角勢力損耗ノ一度決算濟ミニナツテ居ル筈ノ實驗公式ヘ再ビ此ノ關係ソレモ一ツハ極メテ理論的ナモノヲ一ツハ極メテ實驗的ナモノヲ入レテ是レコソうえりんとんナドノ到底足許ヘモ寄付クコトノ出來ナイ理想的公式デアルト稱シテ居ラレルガ私ハ其ノ價値ヲ疑フベ氏ハ第一式ガ餘リニ複雜シテ居ルコトハ認メテ居ルガ唯ソレガ自分ノ考ヘ得ル唯一ノ理論的ナモノデアル――而シテ實驗係數ハ可成純理論的ナモノカラ定メナケレバナラヌ――何故ナラ一度 degenerate シタ公式カラ實驗係數ヲ誘出スルコトハソレガ既ニ特種性ヲ帶ビテ居ル以上危險デアルカラト云ツテ居ルガ氏ハさん・うなん以前ニデモ歸ラレルオ積リデアラウカ

どろっぷ・はんまーとすてぃーむ・はんまーとデ公式ヲ分ケナケレバナラヌコトニハ誰ニモ異存ガアル筈ガナイ私ハうぇりん氏ガ何ウシテ彼ノ二ツノ式ヲ作ツタカハ充分ニ知ラナイガ形ノ上デノ類似ハ別トシ斯カル式ハ兩者ノ關係乃至比較ヲ離レ其等ガ全然獨立シテ打建テナケレバ意味ヲ爲サナイト思フ一方ガ動カヌモノナレバ推定比較モ可イガ一方ガ動ク場合ニハ推定比較モ諸共ニ動イテ來ルカラ何ニモナラヌ氏ガ第二項ニ由ル $e' = 1.22$ ナル關係カラ作ラレテ居ル新さんだー公式ハどろっぷ・はんまーノ場合ニハ其儘

$$R = \frac{MH}{8e}$$

すてぃーむ・はんまーノ場合ニハ

$$R = \frac{3MH}{20e}$$

ト云フノデ第一項關係ハ何時ノ間ニカ抜ケテ仕舞ツタガ兎モ角此ノ姉妹式ハ道路擴張ニ於ケル苦痛均一主義ト同ジク若シ誤差ガアレバ同一比率ヲ以テ其ノ誤差ヲ分擔シヤウト云フ極メテ面白イ式デアル其處デ此ノ $e' = 1.2e$ ナル結果ハ何ウシテ得ラレタカト云フト先ヅ汽力杭打機ヲ以テ略ボ打止メノ落着イテ來ル迄杭ヲ打込ミ次ニコレヲ人力杭打機ニ早變リサセテ測定比較シタモノデ錘ノ目方モ落程モ兩者同一デアリ唯打撃ノ速度ダケガ違フ從ツテ錘ノ目方ナリ落程ガ違ツテ來レバ此ノ式ハ使ヘナクナルト思フガ如何デアラウカ又最初カラ人力デ打ツノト途中カラ打ツノトデハ餘程違フト思ハレルガ此點ハ何ウデアラウカ處ガ此ノ新さんだー公式ガうぇりんとん公式ヨリモ能ク合フ(?)ト云フ實證ヲ齎ラシタ所ノ最後ノ實驗デハ若シ私ガ甚シク讀違ヒヲシテ居ナケレバ錘ノ目方モ落程モ變リ又今度ハ本當ノ人力杭打機ガ先ヅ働キ其ノ沈下ガ確メラレタ後汽力杭打ガ取ツテ代ルノデ順序ガ前トハ逆ニナツテ居ル而シテ若シベ氏ノ云フ如ク $\frac{M}{P}$ ノ減小ガ著シク打撃ノ效果ヲ害スルモノトスレバ人力杭打機ニ對スル表ノ支持力ハ多少買被ラレテ居ハシナイデアラウカ併シ此ノ關係ハうぇりんとん公式ノ方デ何ウナルカハ一概ニハ云ヘナイ猶ホ兩式ノ比較ニ於テ最モ重要ナノハ誤差ノ大小又ハ

同件デハナクさんだー公式デハ汽力ノ方ノ支持力ガ小サク出ルニ反シテうえりんとん公式ノ方デハ其ノ方ガズツト大キクナツテ居ルコトデアル（四七一頁及四七二頁）コレデハトテモ問題ニナラヌ第一誤差相持説ガ私ニハ分ラナイ折角Lacourヲオ持チニナツテ居ルノデアルカラさんだー型ナラ何ウ云フ係數又うえりんとん公式ナラ何ウ云フ係數又ハ安全率ト云フコトヲ少シ平凡デハアルガ教ヘテ貰ツタ方ガ我々ニハ餘程有益デアルト思フ妄評多謝（四月二十九日）

（完）