

# 拱架用砂函ニ關スル理論並實驗

(Engineering Record, Oct. 1916)

Cleveland 州ノ Rocky 橋梁 Taokawana and Western 鐵道會社線ノ Delaware 橋梁 Pennsylvania 州ノ Reading  
ニ於ケル Penn 街架道橋同州ノ Harrisburg ニ於ケル新 Susquehanna 橋等混凝土拱橋ノ模型ニ用ヒタル  
鋼製拱架ハ數世紀間一時的建造物ニ慣用セシ木造ノ支柱及筋違等ノ使用ニ起因スル錯雜ヨリ脱  
化シ一層簡單ニシテ決定的ナル形式ニ移ラントスル傾向ヲ示スモノナリ此傾向ハ明ニ可及的小  
數ノ部分ニテ構成スルニ至リ遂ニ荷重ヲ知レハ精密ニ内應力ヲ算出シ得ル拱肋ノ形式トナレリ  
拱架ノ構材大下ナルニ從ヒ是等ヲ降下スルニ確實ナル方法ヲ要スルモ其方法タルヤ安値ニシテ  
且強大ナル荷重ヲ確保スルニハ容易ノモノニアラス拱體既ニ成リテ自持シ得ルニ至リ愈拱架ヲ  
降下スルニハ尤モ適當ナル方法ヲ執ラサルヘカラス急激ナル或ハ不注意ナル拱架ノ降下ハ拱腹  
ニ働ク上向ノ多少集中荷重的ナル力ヲ起ス而シテ其力ハ不定ニシテ設計上豫期セサルモノナリ  
此ノ力ニ依リテ生スル彎曲率ハ拱環ニ龜裂ヲ生スヘシ若シ拱環ニ鐵筋ヲ有スルトキハ鐵筋ト混  
凝土間ノ粘着力ニ勝リテ鐵筋ニ非常ナル高度ノ應力ヲ生セシムヘシ之レカ爲メニ重大ナル損害  
例ヘハ崩潰ノ如キヲ想像セサルモ尙生スル龜裂ハ欲スル所ニアラス是レ其龜裂ノ爲メニ推力線  
ノ位置ニ變化ヲ來シ不明ノ應力ヲ生スヘケレハナリ

拱架ヲ降下スル方法ニ必要ナル條件ハ一、受クヘキ最大荷重ヲ必要ナル期間安全ニ支持セサルヘ  
カラス二、拱架ノ沈下ヨリ生スル影響ハ豫定セラルヘキモノナラサルヘカラス三、降下作業ハ限定  
的管理ノ下ニ平易ニ作業シ得ルモノナラサルヘカラス四、價格ハ廉價ナルヲ要ス以上ノ條件ニ對  
シ現今使用セラレ或ハ企畫セラル、降下方法五アリ木楔、鋼螺旋楔、螺旋扛重機、水力扛重機及砂函

是ナリ木楔ハ尤モ廣ク用ヒラレ殊ニ小形ノ木造拱架ニハ有效ニ使用スルコトヲ得然レトモ長徑間ノ拱橋ニハ木楔ヲ用フルニ非常ナル困難ヲ伴フ *Walnut Lane* ノ主拱ノ拱架ニハ  $10'' \times 10'' \times 18''$  ヨリ造レル木楔ヲ用ヒ木理ニ直角ナル方向ニ一平方吋千封度即直立柱ノ木理ノ方向ニ耐フヘキ壓力ニ等シキ應力ヲ受クル配置ヲ施サレシカ木楔ノ纖維組織ハ壓碎セラレ拱架ヲ遞下スルニ非常ニ困難セリ或楔ハ扛重機ヲ用ヒテ受クル壓力ヲ減シタル後漸ク動カスコトヲ得或楔ハ遂ニ切除クノ已ムヲ得サルニ至レリ木理ニ直角ナル方向ニ斯ル高壓ヲ受ケシムルハ例令一時的の工作物ナリト雖モ許容スヘカラス鐵板又ハ□鐵木造肋木等ヲ用ヒテ壓力ヲ分布シ如何ナル場合ト雖モ木理ニ直角ナル方向ニハ木楔ニ適スル樹質ニテ一平方吋四百封度ヲ超スヘカラス木楔ノ簡單ニシテ安値ナルハ輕視スヘカラサル利點ナリ小形ノ拱架並ニ大形ナルモ幾多ノ點ニテ荷重ヲ支フルモノニハ木楔ヲ用ヒテ好結果ヲ得ヘシ螺旋扛重機及水力扛重機ハ用ヒラルハコト稀ナリ普通ノ螺旋扛重機ハ荷重大ナル際ニ作業困難ニシテ安定ナラス輕易ナル建造物ニハ其價格廉ナラサル等ノ缺點ヲ有ス *Rocky River* 拱ニハ鑄鋼製複絲螺旋使用セラレタルモ砂函ヨリ高價ニ當レリト云フ砂函ノ良案タルハ言ヲ待タス混凝土拱ノ如ク非常ナル荷重ヲ僅ニ數點ニテ支フル際ニハ殊ニ然ルヲ覺ユ安値ニシテ普通ノ螺旋扛重機ニ比シ多大ノ安定ヲ有ス金屬製ノ簡單ナル砂函ハ縱列鐵釘内側ハ埋頭鐵釘ヲ施セル薄板製圓筒ト輪形ノ角鐵ニテ連結セル平板底ヨリ成ル其圓筒ノ内側ニ適合スル木造ノ樽形唧子アリテ圓筒内ノ砂上ニ滯止ス拱架ヲ低下スルニハ圓筒ノ側面底附近ニ設ケタル一個又ハ二個以上ノ栓ヲ拔キテ砂ヲ放出シ唧子ヲ圓筒内ニ遞下セシム埃國ノ *Grunwald* 附近 *Isar* 上ノ公道橋ナル混凝土三鉸拱橋ノ主拱徑間二百三十呎ノ二徑間ニ普通ノ木造拱架ト共ニ砂函ヲ裝置シ成功セリ *Sillery Cove* ニ於テ組立テタル新 *Quebec* 橋ノ吊架ノ假構ヲ降下シテ橋梁位置ニ浮動セシムルニモ砂函ヲ用ヒタリ

拱架ヲ据付クルニハ其撓度及反リニ對シテノミナラス砂ノ壓縮性ニ基因スル沈下ニ對シテ餘裕ヲ取ラサルヘカラス前以テ圓筒内ノ砂ニ最大作用荷重ニ等シキ壓力ヲ加ヘテ壓縮シ且連續載荷ニヨリテ沈下ヲ來サ、ル様用意シ置ケハ其餘裕ノ必要ナシ砂ニ豫備的均等壓縮ヲ施スハ困難ニシテ實際ニハ拱架据付ノ際壓縮ニ對シテ餘裕ヲ取ル必要アリ

砂ノ壓縮セラル、程度ハ前以テ試驗機ニテ精査セサルヘカラス而シテ其程度ハ砂ノ深品質ニ平方時當リノ壓力面ノ直徑ト砂ノ深ノ比砂ノ乾濕及荷重積載時間ノ長短ニ關係ヲ有ス壘形啣子ハ少許ノ遊間ヲ存シテ圓筒ノ内側ニ能ク適合セサルヘカラス其遊間ハ可及的僅少ニシテ砂ノ壓出セラル、ヲ防カサレハ低壓ノ下ニモ砂ハ容易ク溢出スヘシ

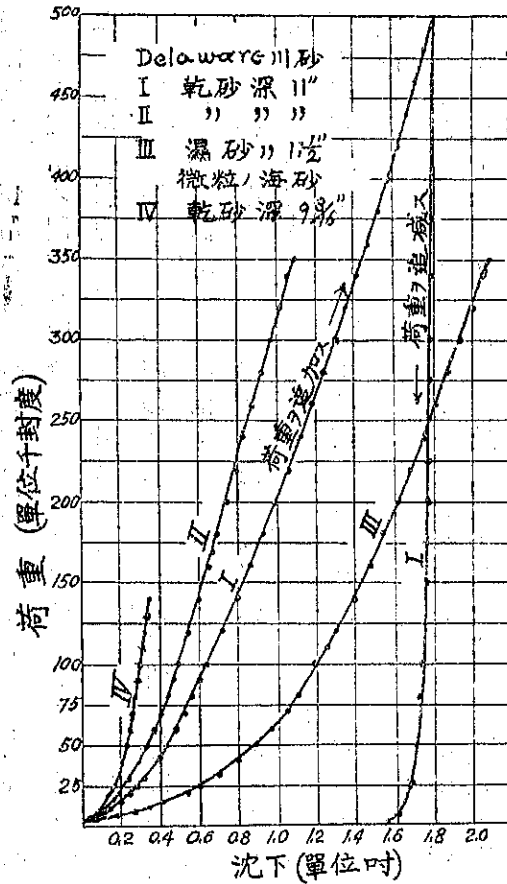
砂ハ乾濕孰レモ使用スルヲ得乾砂ハ拱架ヲ降下スル場合ニ濕砂ヨリモ易ク流出ス濕砂ハ栓ヲ抜キタルトキ流出ノ制御ニ困難セサル利アルモ屢々搔キ出ス必要アリ乾砂ニ於テハ荷重大ナル場合ト雖モ流出ノ制御ハ甚タシク困難ヲ感セサルモノナリ

拱架ヲ降下スル際ニハ各砂函毎ニ取扱者一人ヲ附シ螺旋廻シ流出セル砂ノ量ヲ計ル杯木槌及濕砂ナレハ杓子等ノ諸道具ヲ準備セサルヘカラス一定ノ信號ノ下ニ栓ヲ抜キテ一杯ノ砂ヲ流出セシメタル後栓ヲ閉チ木槌ヲ以テ圓筒ヲ數回輕打シ砂面ヲシテ啣子ノ下面ニ水平ナラシムヘシ以上ノ方法ヲ各函同時ニ繰返シ拱架ノ全ク拱輪ヨリ離ル、ニ至リテ止ム

Lehigh 大學實驗室ニ於テ屢々砂函ノ實驗ヲ行ヒタリ其四回ノ結果ヲ示セル代表的荷重—沈下曲線ハ左圖ノ如シ

I ハ徐々荷重ヲ増加シ連續施行シテ五十萬封度外ニ啣子及砂ノ重量百五十封度ニ至リ栓ヲ抜キ砂ヲ徐々流出セシメ初ノ荷重ノ量ニ至リテ止メタリ沈下ニヨリテ生スル荷重ノ遞減ト沈下トノ關係ヲ見ルニ豫期ノ如ク極少量ノ砂ノ流出ハ荷重ニ於テ多大ノ減少ニ相當スルモノナルヲ示セ

荷重-沈下曲線



第一圖

參考資料 拱架用砂面ニ關スル理論並實驗

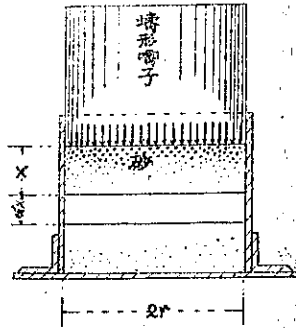
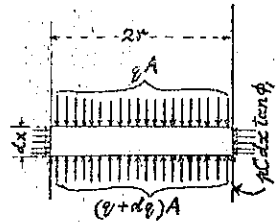
一四

千封度ニ遞減スルニ必要ナル砂ヲ搔キ出スニ二十四分ヲ要シ其後實驗ヲ繼續セサリキ砂ヲ搔キ出スニハ多少困難シタルモノアリタリI II IIIノ試驗ニ使用シタル Delaware 川砂ハ極微ニシテ粘土及他ノ異物少量ヲ含有セリ表ニ掲ケサル或實驗ニ於テ Delaware 乾砂ヲ用ヒ三十二萬封度ノ荷重ヲ加フルヤ圓筒底部ノ栓ハ壓出セラレ砂ハ水ノ如ク流出シ荷重ハ急ニ減少セリIVニハ微粒ニシテ粒ノ揃ヘル乾海砂ヲ用ヒ荷重十四萬封度ニ至リテ休止セリ此砂ハ Delaware 川砂ニ比シ壓縮セラル、度少ク圓筒ノ側孔ヨリ容易ク流出セリ然レトモ孔ノ前ニ流出セル砂ヲ其儘堆積シ置キシニ流出ハ自然ニ停止セリ十四萬封度即一平方吋五百五十封度ノ荷重ニ對シテ沈下ハI II III IVニ於テ各〇八〇六、一四及〇三五吋ヲ示セリ幾多ノ他ノ實驗ノ結果ニヨルニ凡テ微細ニシテ清淨

リ初メ荷重ヲ遞加シ五十萬封度ニ達セシムルニハ四十分ヲ費セシカ遞減スルニハ僅ニ九分ヲ要セリIIハ乾砂IIIハ濕砂ヲ用ヒ共ニ荷重三十五萬封度ニ達セシメタリ濕砂ヲ圓筒ニ入ル、ニハ鏟ヲ用ヒ搗キ固メス荷重ヲ解除スルニ乾砂ノ際ニハ四孔ヲ開キテ十四分ヲ要シ濕砂ノトキニハ同シク四孔ニテ三十五萬封度ヨリ十萬九

ナル海砂ハ砂函ニ用フルニ尤モ優良ニシテ壓縮ノ度少ク流出自由ナリ

砂ノ圓筒内側ニ與フル壓力ハ次ノ方法ニヨリ知ルコトヲ得ヘシ砂函ノミナラス倉函ニモ適用スルコトヲ得斯ル際ニ Rankine 氏ノ土壓論ヨリ算出スルトキハ過大ナル壓力ヲ得ヘシ



垂直ナル方向ノ力ニ就テ考フレハ

凝集力ナキモノト見做スヲ以テ

- φ = 砂ノ休止角
- φ<sub>1</sub> = 砂ト圓筒トノ摩擦角
- Q = 一平方吋ニ於ケル脚子ノ垂直壓力
- q = 垂直壓力
- p = 深 a = 於ケル側壓力
- c = 自然對數ノ基數即 2.718

凡テ長ノ單位ハ吋トス

$$nq = ca \left( 10 - p \frac{Q}{A} \tan \phi_1 \right)$$

$$p = q \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\therefore \frac{d\omega}{\omega - qm} = \frac{dq}{\omega - qm}$$

$$m = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \frac{C}{A} \tan \phi_1$$

但シ

積分シ且ツ積分ノ際ノ常數ニハ $s=0$ ノトキ $Q=Q$ ナル條件ヲ用ヒテ

$$\omega = -\frac{1}{m} \log(\omega - mq) + \frac{1}{m} \log(\omega - mQ)$$

ヲ得ヘシ從テ

$$\frac{\omega - mq}{\omega - mQ} = \frac{1}{e^{qm}}$$

$$\therefore q = \frac{\omega}{m} \left( 1 - \frac{1}{e^{qm}} \right) + \frac{Q}{e^{qm}}$$

之レニヨリテ垂直壓度 $q$ ヲ知リ $q$ ニヨリテ $p$ ヲ見出スコトヲ得ヘシ

$q$ ノ式ヲ見ルニ前項ハ $\omega$ ノ増大スルニ從ヒ $q$ ハ増加ス是レ砂ノ重量ニ基因スルモノナレハナリ  
後項ハ唧子ノ壓力ヨリ來ルモノニシテ $\omega$ ノ増スニ從ヒ遞減ス普通拱橋ノ拱架用砂函ニ於テハ前  
項ヲ省略スルコトヲ得深キ倉函ニ於テハ唧子ノ如キ壓力ヲ加フルモノナキヲ以テ却テ前項ノミ  
トナル此ノ解法ハ“Der Eisenbetonbau”書中ニMorsch氏ノ與ヘタル特別ナル場合ニ多少似タルモノ  
ナリ

今 $\alpha=9''$ , 砂ノ深 $=9''$ , 砂ノ重量 $=0.052$ ,  $\phi=36^\circ$ ,  $\phi_1=30^\circ$ ,  $Q=550 \text{ #/ft}^2$  (十八吋ノ唧子ノ全壓 $140,000 \text{ #}$ ニ相  
當ス)トスレバ

$$e^{qm} = 1.35$$

砂ノ上面ニ於テ

$$q = 550, p = 143$$

$$q = 408, p = 106$$

$p$ ヲ知レハ圓筒ノ側ノ厚ヲ算出スルハ容易ナリ今圓筒側板ノ應張力ヲ一平方吋一萬六千封度トシ垂直繼目ノ効率ヲ五十ぱ一せんトスレハ側板ノ厚トハ次ノ如クナルヘシ

$$t = r p / 8000$$

(完)

## 雙曲線狀鋪道

(Engineering Record, Oct. 30, 1915)

道路鋪道ノ横斷面形狀ヲ拋物線狀トナスヘキ事ハ多數書籍ニ記載セラル、事項ナリト雖モ事實技術者ニシテ眞ノ拋物線狀ニ鋪道スルモノ殆ト無シ是レ路面ヲ拋物線狀又ハ圓狀ニ鋪道スル時ハ路面傾斜ノ工合充分満足ナルモノヲ得ス即チ道路側部ニ於テハ傾斜餘リニ急ニシテ其ノ中央部分ハ餘リニ平坦ニ過クルノ嫌アルカ故ナリ

又多ク技術家ハ鋪道形狀ヲ圓滿トナシ其ノ外觀宜敷キヲ得ル爲メニ路面全高度 (Total crown) 及ヒ道路幅員ノ四分ノ一點ニ於ケル路面頂上ヨリノ落度 (Drop) ヲ指定スヘキ方法ヲ採レトモ斯クシテ得ラルヘキ鋪道形狀ハ狹隘ナル道路ニ於テハ能ク其ノ目的ヲ達シ得ヘキモ都市市街ノ如キ幅員廣大ニシテ且ツ傾斜平坦ナルヘキ道路ニアリテ精密周到ナル設計ヲ要スヘキ場合ニ於テハ斯クノ如キ方法ハ充分満足ナル結果ヲ與ヘス是等諸條件ニ適合スヘキ斷面形狀ヲ得ンカ爲メ Kansas 市技師 Robert S. Beard 氏ハ次式ヲ案出シタリ即チ道路中心ヲ座標原點ニ取り鋪道斷面形狀ハ圓錐斷面形トナシ其ノ一般式ヲ次ノ如シトナセリ