

## 参 考 資 料

土木學會誌 第十五卷第六號 昭和四年六月

# 平坦地の地質調査に應用せる地球 物理學的地下探究法

(Reich, Flachlandsgeologie und geophysikalische Untergrund forschung,  
Zeitschrift für praktische Geologie, 1928 Heft 8, S. 128--131)

### 緒 言

地下深所の洪積期以前に屬する地層の、成層狀態又は地質構造を探究するため、地球物理學を應用した種々の方法が一般に行はれてゐる。その際その測定しやうといふ地層の、上部の地層の影響は出來得る限り除かねばならぬ。その事は唯正當に特に過大にも或は又輕小にも、これ等の地層の影響を判斷することさへ、學むで居れば夫れは出來得ることである。廣域な北獨逸の平坦地中、特に此の種の地球物理學的地下探究法の、應用を必要とする場所は、氷河時代の洪積層で蔽はれた所で、そのため我々に取つては地下構造の探究が、非常に困難な様な所である。この種のヴェルを取り去るのが、應用地球物理學の主要問題で、之を解決するためには、洪積期の氷河堆積層に於ける、物理的作用に關する、充分の知識を持たない限り、それは不可能の事である。併し乍らその物理的作用の正當な判斷と言ふことは、この洪積期の氷河層が非常に種々異つた組成をなしてゐることや、成層狀態が極めて不規則であること等のため、甚だ困難なことである。洪積層の地質縦斷が判つて居るとし、假令夫れが規則正しい互層をなして居る場合としても、地層の對比といふことは極めて難しい否それは大略の所まで位しか判らない。唯洪積期の何れの氷河堆積層の場合でも、大體同じ様な物理的性質のみが、地球物理學的方法の、有效的な應用の基礎たり得るのである。

### I. 地球物理學的探究法に對する氷河層地域の地形狀態の影響

氷河時代の洪積層の、分布地域に於て全般的な特質は、これに特有な地形狀態である。而してこの特質は、大抵の地球物理學的探究法に、影響を與へるものであるから、次にこれと地球物理學との關係に就いて説明しやう。

氷河成漂石泥岩臺地の大平原とか、砂原と稱する氷河成砂礫層の平原とか、或ひは又原成谷と稱する氷河成の廣い谷、即ち水の流れてゐない空谷 谷盆地等の地點では、この點に就いては、何等の特記すべき様な影響は伴はないが、氷河の末端堆石地層の地域では大いに異なる。

この地域では地質状態の不規則な組成のため、換秤式測定法に依る重力作用の、測定の正確さは非常に疑はしいものとなつてゐる。振子式又は磁氣式測定法の場合では、全く影響はないが或ひはあつても極めて僅かなものである。何故ならば地形状態の相異から來る影響は、地表面ばかりでなくその箇所地下深くまで及ぶから。又微動計式測定法に對しては、氷河層地域の地表の凹凸は全く關係はない。電氣測定法の場合では、特に電極の配置と電線の連絡の際に、W. Heine 氏の指示方法を考慮すれば、一般的に特に注意に便ひする程は妨げられない。<sup>(1)</sup> 従て我々は氷河層地域の地形状態に依つては、唯換秤式測定法のみが非常に影響を蒙ることを注意すればよいのである。

## II. 洪積及沖積層の地質状態の影響

### (1) 重力式測定法の場合

換秤式測定法に依るこの探査法は、洪積層の地質状態のため、最も甚しく妨げられる。北獨逸地方の洪積期の氷河層は、古期に屬する種々の異つた岩質の、器械的混合組成であることを地質學的に特徴としてゐる。之れ等の混成地層は、凝固状態に乏しく或ひは又後成的に變質して居り、非常に大きい間隙率を有してゐる(50%又はそれ以上)。純粹の氷河堆積層は其の上にあらゆる大きさの岩石破片、大きいのは岩塊より小さいのは岩石粉に至るまでのもので組成せられてゐる。純粹の氷河堆積層では、此の如き性質のあるため、非常に不規則な密度の分布をなしてゐる。

地球物理學的測定法の場合では、地層を組成する岩質そのもの、比重ではなく、地層全體の即ちその中の有らゆる空隙とそれを充してゐるもの、比重をも入れた、所謂體積比重(Raumgewicht)を測定するのである

一般に洪積層の比重は、Pfeiffer 及 Dienemann 兩氏に従へば極く僅かしか差を生じない。例へば、8種類の漂石泥岩層の標本の測定結果に従へば、2.60~2.71であるにすぎないが、氷河洪積層であると、體積比重は非常な差を生ずる。<sup>(2)</sup> Koenigsberger 氏は、非常に有益な且興味ある報文を發表してゐる、彼の測定物質は専ら砂質粘土層であるが、その結果に従ふとその體積比重は 1.55 から 2.15 までの間である。<sup>(3)</sup> 更に又彼は、個々の大きな氷河堆石の影響に就いて詳論してゐる。その體積比重を彼は換秤で測定して、2.7—3.1 の結果を獲てゐる。而して彼は次の様な結論に達した、氷河堆積層の密度状態が、此の如き不規則を示す理由に據り、測定の誤謬は 21 Eötvös までは有り得べきことで、尙これ以上の誤謬も全く可能のことと思へると。

Koenigsberger 氏に従へば、測定地點の増加と換秤を高所に設置することに依つて、この種の不利な條件を幾分か緩和することが出來るといふ。換秤式測定法の理想的の場所とし

ては、夫れ故氷河堆積層地域は適せない。従て之れには次の様な土地が適してゐる事が確かである、即ち解氷水の一度作用を受けた氷河層原成の沖積層であるとか、所謂氷河成の砂原又は原成谷とかである。併し乍ら沖積期の再堆積に依つて、洪積期又は沖積期の礫又は砂の挟み層が、現積期の谷の地下に密度分布の不規則を惹起することもあり得る、従てそのため振秤の測定を非常に妨ぐることになる。然し此の如く種々の困難が伴ふことがあるにも係らず、洪積期の地層の密度と普通の堅い岩層の密度とでは、自ら非常な相異があるから、洪積層で蔽はれた地層の地質状態の探究に重力式測定法を應用しても有効である譯になる。

尙又之れ等の振秤式測定法の妨げとなる、地表面の洪積又は沖積期の地層の密度の不規則といふことは、振子を用ふる重力測定法には全く關係がない。夫れはせいぜい海水面に換算する際に、下部の岩層に對し洪積層の極僅かの比重を、考慮すればいゝ程度のものであらう。而かもこの修正は極めて小さなものであるから、最後の決定的の價には餘り大して影響は與へない。

## (2) 微動計式測定法の場合

次に微動計式測定法の場合に移るが、一般に種々の異つた洪積層で、その各に従ひ大いに密度の差があるに係らず、之れに對する彈性波は非常に平均してゐることが判つてゐる。寧ろ洪積層内に於ては、専ら含水層の有無が、彈性波の速度に可成り影響する。假りに洪積層であつて、非常に弛い堆積層を測定するとするに、その種の非常に間隙率の大きいものでは、縦波の傳播速度は、その間隙が空氣で充されてゐるか、或ひは水で充されてゐるかに従ひ、非常に相異がある。因に縦波の傳播速度は、空氣中では約 330 m/sec、水中では 1435 m/sec である。

次に掲げる表は、この種の弛き堆積層内に於ける、彈性波の傳播速度の測定結果である。

測定地質	縦波の傳播速度の測定結果	測定地	測定者
砂利、粘土及び岩層層(巖錐)	660~ 820 m/sec	Jana	O. Meisser, H. Martin <sup>(4)</sup>
洪積層	700~ 800 ,,	Jüterboj	G. Augenbeister <sup>(5)</sup>
,,	855~ 1 011 ,,	Sperenberg	W. Schweydar, H. Reich <sup>(6)</sup>
砂利、玉石、砂、黄土、其池	600~ 800 ,,	,,	H. Salfeld <sup>(7)</sup>
非常に濕つたもの	1 200 ,,		

此の如く地層の濕氣の程度に従ひ、彈性波の速度にある程度の相異を生ずる。併し乍ら之れは決定的の問題にはならない、何故ならば彈性波の速度は、洪積又は沖積層の弛い堆積層の場合と、一寸でも堅い岩層の場合とでは、非常な差があるからである。この關係があるため洪積層の下部にある岩層は、その有無及深さをば、極めて容易に微動計に依て深究するこ

とが出来る。微動計式探察法に取つては、洪積層は少しも邪魔にはならない、勿論それはその成層状態が弛い堆積であることに、大いに負はなければなるまい。

### (3) 磁氣式測定法の場合

磁氣式測定法に於ける關係も、略同様のものである。初めは一般に洪積層には、結晶質の漂石が混入してゐるといふ理由で、磁氣作用が非常によく働くと思はれてゐた様であるが、今日では數多の測定の實地經驗の結果、この事は全く關係ない事が判明した。地磁氣の分布に基く、洪積層の影響を正確に證明し得る様な研究は未だ我々に判つてゐない。此の種の洪積層内に於ける、微弱なる磁氣作用のある理由は、確かにその一部は洪積層に既存する、磁氣を帯びた岩質の岩塊又は石粒の、不規則に分布してゐる事や、夫れ等が又種々の方向の磁力を示してゐること等に、歸せなければなるまい。<sup>(9)</sup> 此の如く洪積層内に、或る種の磁氣が含まれてゐる事は確かであるが、その又下部に負性磁氣を呈する、鹽類鑛床(岩鹽又は石膏)の如きものが埋藏されてゐることもあり得る。斯うした正負の二つの磁氣が存在する場合、如何なる範圍にまで洪積層又は岩鹽脈の岩質が、實地に測定する際に感應するものであるか、といふ事を決定するのは難しいことである。然しその際に洪積層が恰も主役を演じてゐるやうに見えるのは、それは極く僅かでも洪積層で蔽はれてゐる時は、直ちにその洪積層の磁力が鹽類層の磁氣作用を打ち消してしまふといふ事になるためではないかと思へる。若しそういふことゝすれば、實地に測定する者に取つては洪積層は、その下部の(例へば結晶質の岩層の様な場合で)、種々の異つた性質の磁氣が相接觸してゐるために生ずる、所謂磁氣異常を充分に測定するに、少しも邪魔にならないといふことが最も重要な事柄である。實際は地下深所にある磁氣を帯びた、地層の發見とその分布の測定の際には、洪積層は何等抵抗を示さないものである。従て自分をして云はしむれば、磁氣測定式探察法に取つては、洪積層は充分透視し得るものであらうと思ふ。

### (4) 電氣式測定法の場合

最後に電氣的測定に依る、深究法の場合に就いて述べやう。

洪積層が決して征服し難き邪魔物でないと言ふ事實は、洪積層で蔽はれた地方で實驗した、彼の端典に於けるこの方法の非常に成功した結果が充分よく示してゐる。<sup>(10)</sup> 北獨逸の平坦地で Elhof 氏の實施した、廣域に亘る電氣式測定法に據れば、洪積又は沖積層は電氣傳播率に關しては、非常に等質的であらねばならぬのぢやないかと自分は信ずる。種々の複雑な組成を地表からの觀察で、洪積層内の種々の濕氣を透して精細に測定しやうと云ふ事は、當初に聞くと非常に驚くであらう。併し乍らこの事實は、若しも洪積層の非常に間隙率の高いこと、一方又獨逸の氣候の一般として既存する濕氣等に就いて、初めから注意して懸れば之れは憂ふるに足らないことである。土壤の極く地表に近い數呎の部分では、濕氣の部分的

相異は非常に大きいから、電氣の傳導率は可成影響せられる。然しこの表面に近い部分の變化不同は、全體のものには大して影響はない。Pfeiffer 及 Dienemann 兩氏<sup>(10)</sup> の蒐集した 8 種の標本(氷河成漂石泥岩層)では、その中 2 種は非常に遠く離れた産地のもので(Pommern 縣の Bublity 及 Mecklenburg 縣の Stargard), 岩石濕度は 10~16% の間の差しかなかつた。此の如き僅かの差は、電氣の傳導率には何等影響はない。

B. Lundberg 氏<sup>(11)</sup> は之れ等の標本と略同様な、別表の様な標本に就いて電氣比抵抗の實驗を試みた。

地 質	含 水 量 (%)	電氣比抵抗 ( $\Omega/m^3$ )
河 砂	9.5	95
庭 土	10.0	156
”	13.5	84
粘 土	9.2	150
”	13.4	73
”	16.4	50

之れ等の差は、地質が異つてゐても同様な濕氣の場合では、決定的の意味はなさない。この事實は Hlauschek<sup>(12)</sup> の實驗でも判明してゐる。次表に示すものは、岩石内の自然濕度( $\sigma X$ ) と或る間隙率内に含有せられた水 ( $\sigma$ ) との、電氣比抵抗の比を表はしたものである。

間 隙 率 (%)	$\sigma X/\sigma$
26	6
40	4
47.6	2.6

非常の間隙率の多い地層即ち間隙率 20% 以上一丈抵の洪積層はそうであるが—に於ては、空際中を充した水の傳導率が變化しない時でも、地層の間隙率が増加するに従ひ、その傳導率は多少變化するものである。

Hlauschek 氏に従へば、普通の土層にある地下水の電氣比抵抗は、3 000~15 000  $\Omega/m^3$  で一般に大きな差異は生じない、深所にある鹽類含有量の濃厚な、地下水では反對に非常に大きい。要するに獨逸の様な氣候では、一般に多孔質の弛い岩質の電氣比抵抗は大して變らない、唯地下深所の鹽類含有量の大きい地下水では大きい。従て之れ等の實驗結果に従へば、洪積層に於ては電氣式地質探査法は、何等障害を伴ふことはなく、充分實地に施行し得ると見て差支へない。

以上述べた通り、振秤の測定では洪積層を通る際、障害を伴ふ事があり得るから、この場合を例外とすれば、地球物理學的地質探査法は、洪積層地方に於ても充分實施し得ることは確かなことであらう。

従て地質學者に取つては全く調査不可能であるべき、洪積層で蔽はれた地下深所の地質狀

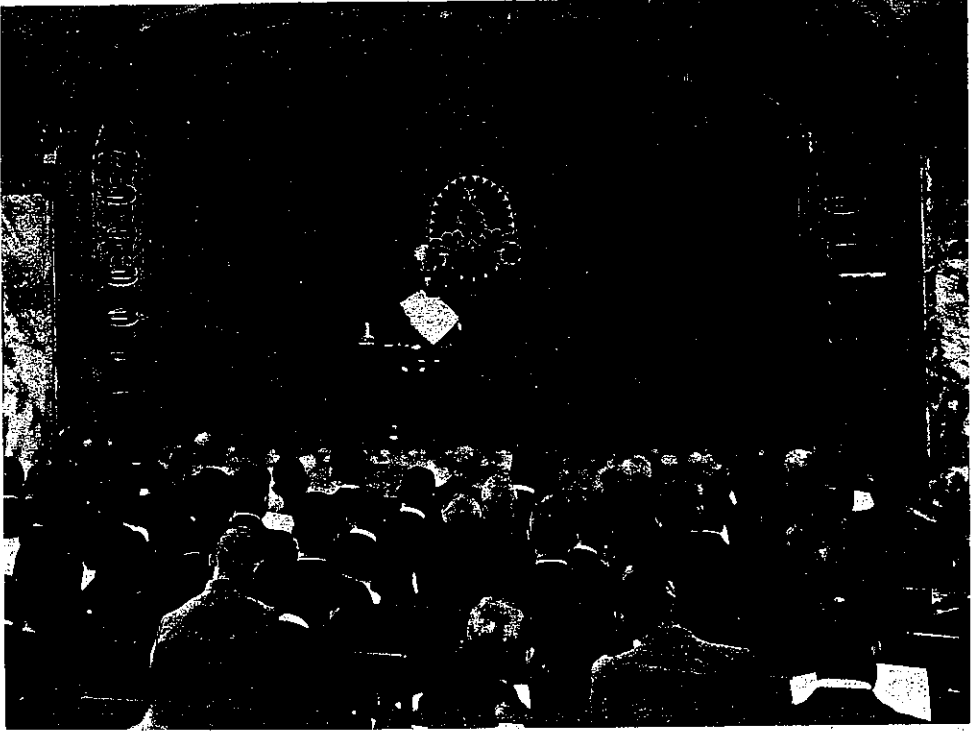
態も、物理學的探察法に依つて之れを充分明かに透視し得ることになる。而してこの可能性の程度は、専ら洪積層内の物理的性質に基く、即ちその非常に間隙率の大きいことは、一般的に高い濕度も呼び、之れが電氣の傳導率に影響し、又その地層中に混入した磁氣性の岩質も、風化崩壞作用を受けると磁力の強さを妨げることになり、或は又その成層状態が弛い堆積層であることは、彈性波の傳播速度に影響する、併し乍らその密度がその下層にある岩層の密度に比して、遙かに小さいことは之れを充分探察調査する助けとなつてゐる。

#### 参 考 文 献

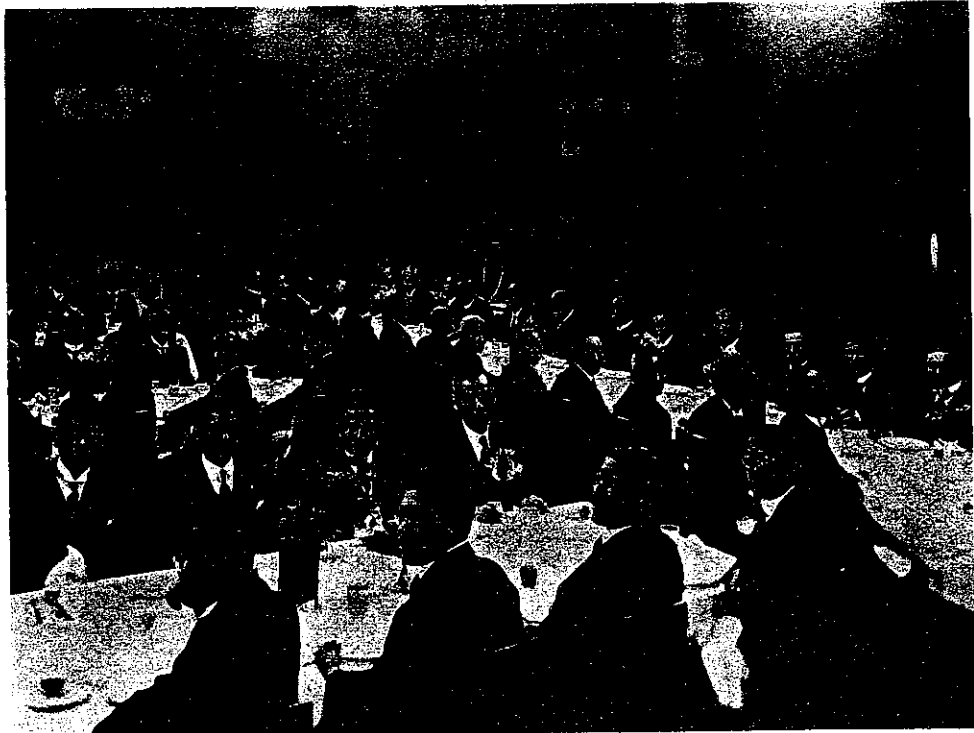
- (1) W. Heine: Elektrische Bodenforschung usw. Berlin 1928, Gebr. Borntraeger, Samml. geograph. Schr., Nr. 8, S. 105 ff u. S. 131.
- (2) H. Pfeiffer u. W. Dienemann: Geologische, chemische und physikalische Untersuchungen von Erdrutschen usw. Jahrb. d. Pr. Geol. Landesanstalt, Bd. 49, S. 304-319. Berlin 1928.
- (3) J. Koenigsberger: Über die heute mit der Drehwaage von Eötvös bei Feldmessungen erreichbare Genauigkeit usw. Zeit. f. prak. Geol., Jahrg. 33, 1925, Heft 11, S. 169-184.
- (4) O. Meisser u. H. Martin: Zur experimentellen Seismik I. Zeit. f. Geophysik 1927, Jahrg. 3, S. 106-118.
- (5) G. Augenbeister: Beobachtungen bei Sprengungen. Zeit. f. Geophysik 1927, Jahrg. 3, S. 28-33.
- (6) W. Schweydar u. H. Reich: Künstliche elastische Bodenwellen usw. Gerlands Beitr. zur Geophysik 1927, Bd. 17. Heft 1, Taf. S. 140.
- (7) R. Ambronn: Intern. Bergwirtsch. 1927, Jahrg. 2, Heft 11~12, S. 223.
- (8) H. Reich: Erdmagnetismus und glaziales Diluvium. Jahrb. Pr. Geol. Landesanst. 1925, Bd. 46. S. 259-291. Berlin 1925.
- (9) K. Sundberg, H. Lundberg, u. J. Eklund: Electrical Prospecting in Sweden. Sver. Geol. Unders. Arsbok 17. 1923, Nr. 8. Ser. C. Nr. 329.
- (10) A. a. O.
- (11) A. a. O. S. 11.
- (12) H. Hlausek: Geologische Grundlagen der geoelektrischen Erdölsuche, Zeit. f. prak. geol., Jahrg. 35, Heft 2, 1927.



*William H. Burr.*



バー教授講演會（昭和 4 年 5 月 14 日於工業俱樂部）



（土木學會誌第十五卷第七期五頁）

同 上 晚 餐 會



## ウキリアム・ハバート・バー教授

バー教授は現代工學界の泰斗である、而して我國土木技術界の恩人である。北米合衆國に於ける近年の大土木工事にして同教授の干與せざるもの殆んどなしと云ふも過言ではない。橋梁に、港灣に、運河に、隧道に、水道に、或は調査委員として、或は建設委員として盡力せらるゝ事數次、現にハドソン河新大吊橋の架設委員である。

明治初年以來、我國より合衆國に派遣せられたる土木工學修學者の多くは何れも同教授の薰陶を享け、又技術の調査研究に或は視察に赴きたる者は氏自らの懇切なる指導に接し、皆其の師恩に感謝せざるものなき次第である。而して其れ等多數の門下生は夙に教授の來朝を求め、我國工業界に於ける現状の視察を乞ひ、又將來の諸計畫に對する卓見の披瀝を願ふ事甚だ切なるものがあつたが、容易に實現するに到らなかつた。然るに過般幸にも、教授は八十の高齡をも厭はるゝ事なく、老身を挺して遙々來朝せられ、茲に師の矍鑠たる風貌を見、親しく其の嚆矢に接する事を得たるは會員の等しく慶賀に堪へない所である。

此の機に臨み、特に本學會は教授に御講演を乞ひたるところ、教授は欣然として貴重の数時間を割愛せられ、去る五月十四日日本工業クラブに於て、別文の如き極めて有益にして興味ある御講演をせられた。最も紀念すべき催してあつた事を疑はない。

是くも我朝に於かせられては氏の高き功績を嘉せられ、五月教授の歸來に先ち、勳二等瑞寶章を下賜せられた。茲に會員諸士と共に教授の爲、祝賀の意を表し、併せて其の深甚なる恩惠を謝し、衷心より教授の健康を祈る次第である。

### バー教授の略歴

- 1851・7・14 米國コネクテカット・ウオター・タウンに生る
- 1872 レンズラー・ポリテクニク・インスティテュート卒業
- 1872-76 土木事業に従事す
- 1876-84 レンズラー・ポリテクニク・インスティテュート教授
- 1884-91 フェニックス會社の副技師長、次で同社總支配人
- 1892-93 ハバート大學工學教授
- 1893-1916 コロムビア大學土木工學教授
- 1894 クリーブランド大統領より北河架橋調査委員に任命
- 1896 クリーブランド大統領より南カリホルニア州沿岸に於ける大船船用港灣位置選定委員に任命
- 1899 マツキンレー大統領より中部亞米利加地峽に於ける運河開鑿調査及同路線選定委員に任命
- 1902 マツキンレー大統領より紐育市水道擴張工事調査委員及同委員長に任命
- 1904 ルーズベルト大統領より巴那馬地峽運河委員に任命
- 1909 ニューヨーク及ニュージャシー兩州よりハドソン河底車用隧道（ホルランドウエヒキュラー隧道）建築委員を囑託す
- 1913 以降 紐育市土木技師兼顧問技師
- 1916 ,, コロムビア大學名譽教授
- 1923-24 紐育州交通委員に就任
- 1925 以降 ハドソン河に新設の大吊橋（ホート・リー・ホート・ワシントン間）架設委員に就任  
尙最近竣工せる桑港對岸のオークランド河底車用隧道及目下工事中の世界最長の鋼拱橋と稱せらるゝキル・ベン・カル橋梁にも干與す

### 主なる著書

- 1881年 橋梁及屋構論に於ける應力論
- 1883 材料の彈性及抵抗論
- 1902 古今工事と地峽運河
- 1905 橋梁及屋構の影響線による圖式計算法（エム・エス・ホルク氏 共著）
- 1912 金屬製橋梁の設計と築造 （ ” ” ）
- 1913 吊橋、拱助橋及跳上橋