

鐵道省に於ける土質調査の方法

野 坂 孝 忠

土質調査の重要性

土の性質を科學的に研究して土工、基礎工事に理論的根據を興へ度いといふ考へは土木技術家の最も切實な要望であるが、其の研究には非常な困難を伴ひ凡ゆる方面に長足の進歩を遂げた技術界でも土に關する問題丈は長く宿題として残されてゐた。

例へば在工 Erdbau の基礎理論なる土壓論に就て見ても、既に一世紀半を遡る 1773 年に發表された Coulomb の土摩擦論、前世紀の中葉新土壓理論として好奇の眼を以つて迎へられた Rankine-Isvy の土壓論も、その中に介在する力學的取扱の矛盾と過誤は理論的の檢討と實際との比較即

ちこれ等の理論を各種の構造物——擁壁、基礎工更に隧道に加はる地壓にまで——に應用して見て「實際と合はない」といふ兩方面から嚴格すぎる位に檢討し盡されてゐるが、之等の理論が假定してゐる材料の性質は殆ど不問に附されてゐた。併し實際の土が決して鉛玉を積上げた様な完全な粉體 (Pulverulent body) でなく複雑な物理化學的性質特に力學的性質を備へてゐる事は、乾燥した砂の堆積以外の場合古典的土壓論と實際との齟齬を來す主要な原因をなすものと考へられる。

併しより以上現場技術家にとつて切實であり常に焦燥を感ぜしめる問題は、軟弱地盤上に築造した構造物の破壞的沈下であり、切取の崩壞であり、更に盛土の沈降、擁壁の

倒壊、斜面の地どりである。既に發行された當委員會報告書第一輯に記された熊本建設事務所管内有明線粘土層上に於ける建設工事、岡山建設事務所管内三吳線の軟弱基礎地盤、東京第一改良事務所管内秋葉原兩國橋間高架線工事現場の軟弱地盤は其の中でも最も著しい例であるが、此外建設改良工事の上に関する諸問題が如何に現場技術家を悩ますか、又歴新聞記事を通じて鐵道利用者に一抔の不安を感ぜしめる切取隧道の崩壞等に依る列車事故の未然の防止に如何に保線技術員が心膽を碎いてゐるかは想像に餘りある處である。

斯くて當然避け得られない土質調査は、海外に於て先づ其の地方の特に不良な土質の爲年々頻々たる列車事故を起して貴重な人命と多額の工費の損失に悩んだ瑞典に口火を切つて、1914年國有鐵道内に土質調査委員會が設立された。土壓論の著書に有名な M. Möller, K. Pettersson, W. Fellinius 及び S. Fultin 等の指導の下に Gölshenborg に大規模の研究所を建て、1914~1922年に亘つて全國の國有鐵

道の線路切取築堤にボーリングを施しその土質標本を Gölshenborg に送つて土質力學の立場から試験し力學的に計算した結果が1922年 Stockholm から委員會報告書として發表されてゐる。

之と前後して1918年には米國土木學會内に土質調査委員會 (Soil Committee of the American Society of Civil Engineering) が設立されその研究文献は同學會誌 (Proceeding of A. S. C. E.) に引續き發表されてゐるが、昨1931年にも最近の研究情況が報告されてゐる。(Soil Mechanics Research by G. Gilbogy, Proc of A. S. C. E. Vol. 57, No 8.)

學會では J. Riesel 「土壓論」(Ponssée des Terres, 1910) に依つて始めて土が摩擦力及凝集力ある物體として取扱はれた。K. Terzaghi は「土壌物理學に基づく土質力學」Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlagen 1925に、從來農業の方面のみで扱はれてゐた土を物理學、力學の立場から研究した結果を發表した。此の二書は明かに從來の古典的土壓論乃至は農業土壤學の蒙を啓いて「土質力學」

(Erdbaumechanik, Soil Mechanics) への轉換を促し、續いて發行された H. Krey, W. Fellonius の土壓論には何れも其等の影響を受けて概集力を考へた一般の土の壁壓基礎地盤の場合等を取扱つてゐる。

尙 Terzaghi は 1924 年米國政府道路局 (U. S. A. Bureau of Public Road) の顧問技師に招聘されて道路と最も密接な關係にある土の科學的研究調査を指導した。爾來道路局で進められてゐる路盤 (Subgrade) の土質調査の興味ある結果は折々機關紙 Public Road, に報告されてゐるが、昨 1931 年 Public Road, Vol. 12, No. 4, No. 5, に發表された文獻は「道路の改良」昭和 6 年 11 月號に高田昭氏が「路床土壤の物理的試驗と其の分類方法」として紹介されてゐる。

最近には 1928 年獨逸に「土質調査なしには經濟的な工事は不可能である」(Ohne Bautechnische Bodenkunde kein wirtschaftliches Bauen) のスローガンの下に H. Krey を委員長とし應用力學者、物理學者、化學者、地質學者、土

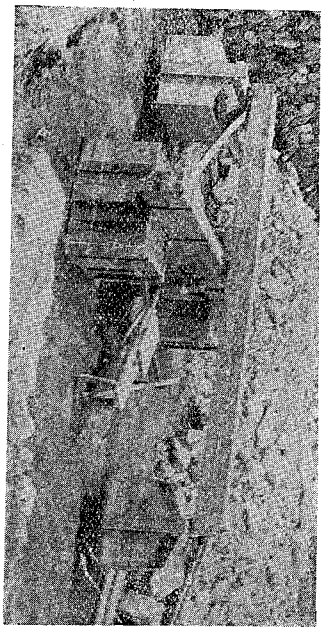
木技師等 20 名の委員から成る土質調査委員會 (Studienkommission für bautechnische Bodenkunde) が Charlottenburg Technische Hochschule に設立されたのを始めとし、諾威、佛蘭西、白耳義、伊太利から更に科學技術方面にも新興の意氣に燃える Tsoheo-Slowackia, 波蘭土、露西亞へと今や「土の科學的調査」は燎原の火の勢で學會、技術界を風靡しつつある。

鐵道省土質調査委員會の設立

抑うした環境の中に一昨年來鐵道省にも「國有鐵道線路の建設、保線、改良等の業務執行上、土の性質を科學的に工學的に調査研究し、その地域の狀況に應じ適切なる工事を施行して、工費の節約と線路の安全を期するを目的とし」鐵道大臣の決裁を経て昭和 5 年 11 月 21 日下記委員及び幹事を以て土質調査委員會が設立された。

- | | | |
|------|----------------|-----------|
| 委員長 | 大臣官房 研究所長 工學博士 | 松 繩 信 太 |
| 特別委員 | 工務局長 工學博士 | 大 河 戸 宗 治 |

同	建設局長	工學博士	黒河内四郎
委員	工務局保線課長		永田民也
同	同	計畫課長	山田隆二
同	同	改良課長	平井喜久松



幹事	工務局計畫課技師	柳生義郎
同	建設局計畫課技師	渡邊賢實

委員は慣例によつて本省職員のみになつてゐるが、現場との完全なチームワークは殊に此の種の調査には第一に



第一 圖

同	建設局計畫課長	池原英治
同	同	河原直太
同	工事課長	田中豊
同	大臣官房研究所第四科長	山口昇
同	兼東京帝國大學教授	
同	東京帝國大學教授	
同	鐵道省嘱託	
	工學博士	
	鐵道省	

第二 圖

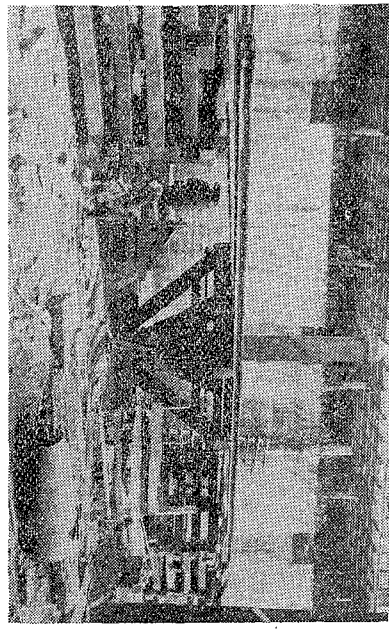
具備しなければならぬ必要條件であつて目下次の如き組織の下に研究調査が進められてゐる。

第一部 土質科學的調査（山口委員擔當）

(1) 官房研究所内實驗室及び熊本、岡山、岐阜、盛岡

各建設事務所内實驗室に於ける土の土質力學的調査並に分類。

(2) 各建設事務所、改良事務所工事現場に於ける載荷試験及土質試験。例へば熊本建設事務所管内國郡線に於ける

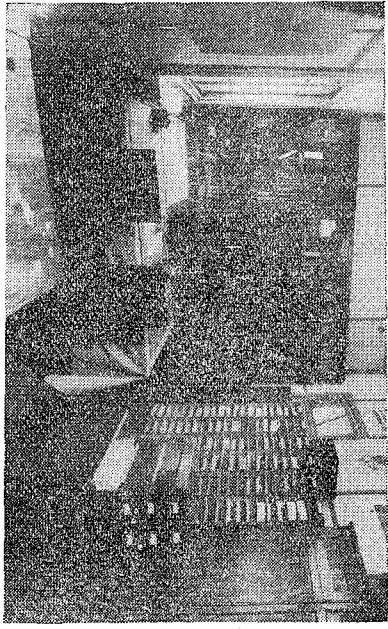


第三圖

る築堤の載荷崩壊試験(第一圖)、岡山建設事務所管内三吳線に於ける載荷沈下試験(第二圖)、及び東京第一改良事務所管内秋葉原兩國橋間に於ける枕支持力測定試験(第3圖)等。

第二部 土質調査を基礎とする構造物の設計(田中委員擔當)。

第三部 土質調査を基礎とする工事施工法(池原委員擔當)。



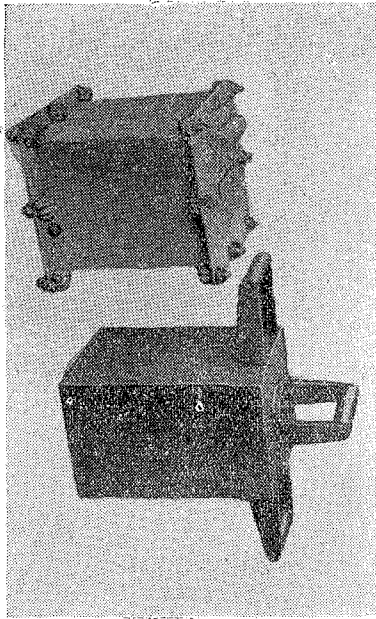
第四圖 土質調査委員會

本省内研究所第四科に置かれ、此處には廣く土に關する參考書籍、雜誌、文獻を蒐めてある。

此の外、電氣地質調査を研究所第三科服務技師、瀧岡の支持力調査を柳生幹事山崩調査を渡邊幹事擔當の下に夫々

研究を進めてゐる。

以上の組織の下に實施せる約半年間に亘る研究及び調査結果は、昭和6年6月鐵道省土質調査委員會報告書第一輯として發表された。



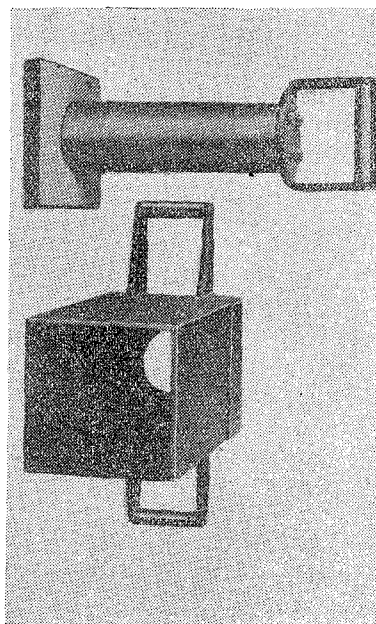
第五圖 土質標本採取機と運搬器

以下委員會で採用してゐる土質試験の方法と、参考として最近の理論になる其の應用を簡單に説明する。

土質標本採取機

土質を調査するには先づ現場の土を自然の状態のまゝで採取する事が必要である。

従來の地質標本採取採置としては boring machine を使用してゐたが、切取盛土の對象たる比較的不均質の土の物



第六圖 土質標本採取機の機構

理的並に機械的性質を調査するには成るべく大きい土の塊を採取する必要がある。これ等の條件と尙後に記す前斷抵抗測定機の容器の寸法に合はせる爲第五圖及第六圖に示すやうな裝置を考案した。

採取機は縁に刃が附いた角筒と其の内壁に密着して上下に滑動するピストンから成る。

標本を採取するには風雨に曝されて變質した部分避けを爲、必要に応じて表土を 2,3 尺の程度取り去るか又は堅



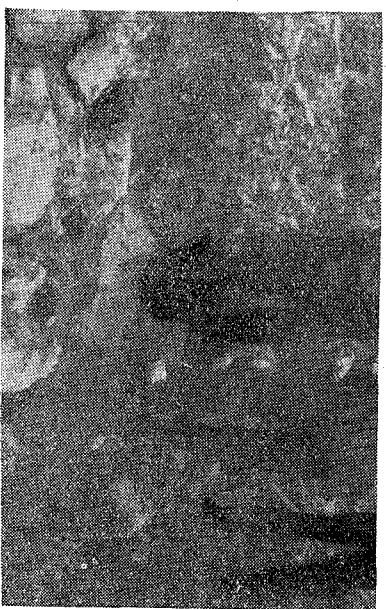
第七圖 土質標本の採取作業 (1)

適當の深さに表土を取り除け粘土の表面を平に切り均して採取機を据付ける。

坑を掘り表面を平に切り均して採取機を据える。次に其の兩側の把手を壓して角筒を土の中に壓し込み、ピストンに

附いた把手を引いて土を抜き取る。

採取機と運搬器は同一の内法 30×20×30 cm に作つてあるから、採取機を正しく運搬器の上に重ねてピストンを押し下げれば採取した土は其の儘運搬器に移される。運搬



第八圖 土質標本の採取作業 (2)

角筒の兩側に附いてゐる把手を壓して角筒を土の中に壓し込む。同時にピストンは上方に押し上げられる。

器には水密の蓋を施し土の含水量や組織を變へない様にして土質實驗室へ送附する。

第七圖乃至第八圖には一例として昨年6月東京市山口村貯水池工事現場に於ける粘土標本の採取状況を説明した。

表はす。これによつて一つの土を明確に分類記録することが出来る。

土質試験の方法

(2) 土質の鑑物的分析

土を組成する粒子を鑑物學的に分拆して土の生成及び土

上の方法で採取した土の標本に就て目下土質調査委員会で採用してゐる試験方法は次の如くである。

(1) 土質の機械的分拆
土を組成する粒子を篩別法

及沈澱法に依つて

砂 (Sand)

徑 0.05 mm 以上

沈泥 (Silt)

徑 0.05~0.005 mm

粘土 (Clay) 徑 0.005 mm 以下

の三成分に分拆し、同時に含水量を測定して各々を % で

(3) 片状鑑物 (雲母、滑石、綠泥石等)。
(4) 充填物 (上記の形状を具へた鑑物粒子間を填充せ



第九圖 土質標本の採取作業 (3)

次に運搬器の上に正しく採取機を重ね合せ、ピストンを
押し下げて土を運搬器の中へ移す。

粒子の形状等を調べらる。主なる粒形と鑑物名との間には次のやうな關係がある。
(1) 粒状鑑物 (石英、長石、角閃石、輝石、磁鐵鑛等にして、後のもの程粒形を増し磁鐵鑛には塵球形に近いものがある)。

(2) 棒状鑑物 (角閃石は著しく棒状をなしてゐる事がある)。

る、主として長石が風化して生成したカオリアイトの如きもので、此の外に石英、長石、緑泥石等の膠質状の微粒子を含む。

粒形が土の機械的強度に及ぼす影響は非常に顯著であるとして、一般に粒状礦物は土に摩擦抵抗を興へ、片状礦物は可塑性を、充填物は凝集力を興へると考へられてゐる。

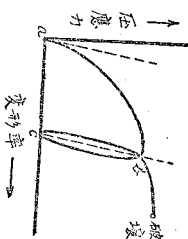
- (3) 土の組織の檢驗
土の標本を薄片に仕上げ、土の物理的性質に密接な関係にある土の組織を顯微鏡によつて研究する。

- (4) 剪斷抵抗の測定

剪斷試驗機に依つて土の剪斷抵抗を測定し、摩擦係数と凝集力とを決定する。

- (5) 抗壓強度の測定

粘土分を含むプラスチックな土質からは、直径 5 cm 高さ 5 cm の圓筒形供試體を切り取り、材料試驗機にかけて壓應力變形圖を畫かせる。曲線は第十圖の如く鑄鐵、コ



第十圖 土の壓應力變形圖

ンクリートの耐壓試験と同様に確然たる弾性限界を示さない。故に加壓の途中で壓力を除去して hysteresis curve を畫かせ、直線 bc の傾斜を以つて土の弾性係数とする。此の數値は弾性理論による土壓、基礎の沈下の計算又は彈性地震波の計算等に應用される。

- (6) 抗張強度の測定

セメントの抗張強度測定用器を使つて $brigue$ を作製し抗張強度を測定する。

- (7) 比重の測定

見掛の比重は土を運搬器に容れたまま、秤量しそれから運搬器の重量を差引いたものを運搬器の容積で除して算出する。普通設計に使用する土の單位容積の重量は此の數値である。

眞の比重は乾燥器の中で乾燥した土を比重壺に入れて測定する。先づ比重壺に毛管の或る目盛まで蒸留水を充した重量を W_0 、次に重量 G の土粒子を壺に入れ之に蒸留水を毛管の前の目盛まで加へた時の重量を W_2 とすれば、土

粒子の容積 V_s 及び土粒子の比重 G_s は次式で與へられる。

$$V_s = W_1 + G - W_2$$

$$G_s = \frac{G}{V_s}$$

(8) 間隙率の測定

一定量の土質の間隙の容積を V_v 、土粒子の容積を V_s で表はせば、間隙率 (Porosity) P 及間隙比 (Void ratio) e は

$$P = \frac{V_v}{V_v + V_s} \times 100 \quad (\%)$$

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

で與へられる。實際に

は土の眞の比重 G_s 、見掛けの比重 G 、及び土の含水率 h 。(含水の重量を上のを全量で除した數値) から次式に依つて計算してゐる。

$$P = \frac{G_s - G_h (1 - h_s)}{G_s} \times 100 \quad (\%)$$

終 結

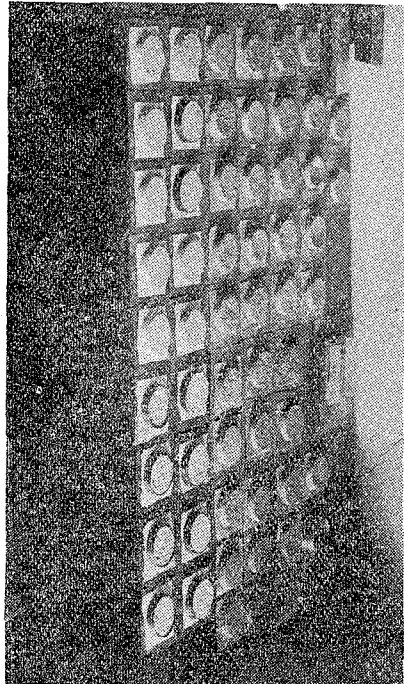
(9) 收縮試験

土を直径 5 cm, 高さ 1 cm の環状の型に填め、濾紙の上に乗せて空中で徐々に乾燥せしめ、最後に直交する 2 方向の直径と數個處の厚さを測定して、間隙水の蒸發に依る容積の縮小を測定する。

此の收縮試験の結果と上記の間隙率とは、築堤や構造物の基礎地盤の、壓縮による沈下分力と深い關係がある。

(10) Plasticity の測定
attemberg の試験法に依り

第十一圖 收 縮 試 験



土の流出限界 (Liquid limit)

と Plastic limit に於ける含水量を測定し、其の兩限界の差 Plastic index を求めて土の可塑性 (Plasticity) を判定する。

流出限界は丸底の陶器に約 30 gr の土をとり少量の水を

加へて糊状に練り、これを径 10~12 cm 厚さ 1 cm の圓板に仕上げて其の中央にツケル製の筵で V 字型の溝を引いて二つに切斷する。然る後容器を軽く掌で叩いても兩者が 1mm 以上の高さに流れ合はない程度の含水量を乾燥土の重量に對して % で表はしたものである。

可塑性限界とは上に少量の水を加へて形を與へ得る程度に練り、之を陶器の板の上に掌で轉して径 4 mm 位の細い棒に延ばす。これを何度も繰返し轉して土が細かく環れて細長い棒に延せない程度の含水量を % で表はしたものである。

(11) 透水度の測定

water head Inclination i の下に斷面 F_{cm^2} の土の層を透して水を流して單位時間の透水流量 $Q \text{ cm}^3/\text{sec}$ を測定すれば、Darcy の法則により

$$Q = k \cdot i \cdot F$$

から透水度 $k \text{ cm/sec}$ が求められる。

透水度は土粒子の形状、組織、間隙率に影響される數値

であつて、従つて土質の機械的強度に密接な關係をもつてゐる。

次に特に土の機械的分析法、顯微鏡による調査法及び剪斷抵抗の測定法を詳説する。

土質の機械的分析法

土を粒子の大きさに従つて分析する方法を機械分析法といひ、粒徑の順に次の如き名稱で呼んでゐる。

(1) 砂利 (Gravel)…… 8 mesh 篩に残つたもの、(粒徑約 2.5 mm 以上)

(2) 砂 (Sand)…… 8 mesh 篩を通過し 200 mesh 篩に残つたもの、(粒徑約 2.5~0.075 mm)

(3) 沈泥 (Silt)…… 200 mesh 篩を通過し、深さ 11 cm の水中に 8 分間靜置して底部より 3 cm 以下に沈澱したもの、(粒徑約 0.05~0.005 mm)

(4) 粘土 (Clay)…… 200 mesh 篩を通過し、深さ 11 cm の水中に 8 分間靜置して底部より 3 cm 以上に浮遊せるも

の、(粒徑約 0.005 mm 以下)

分析法は先づ電氣爐で充分乾燥せる土 50 gr を取り、容量 1,000 cc のピーカーに深さ 11 cm の水を入れた中に投じて 1 時間煮沸し、土粒子を完全に分離せしめる。之を冷却した後底部から 3 cm を残して上澄液をサイフォンに依つて他の容器に移す。次に 3 cm 以下に残つたものに 0.5% のアソモニア水を 11 cm の深さに加へ、1 分間程攪き廻して分間静置し、底部から 3 cm 以上の上澄液を他の容器に移す。以下此の操作を上澄液が透明になるまで數回繰返して行ふ。

ピーカー中に残つたものは蒸發皿に移し、100°C 附近の電氣爐中で乾燥し、之を砂利、砂、沈泥に區別ける。

底部より 3 cm 上に浮遊せるもので他の容器に移されたものは粘土とする。

最後に篩別けたものを夫々秤量し、初めの 50 gr に對するパーセンテージを求めらる。粘土の量は 50 gr から砂利、砂及沈泥の重量を減じて求め

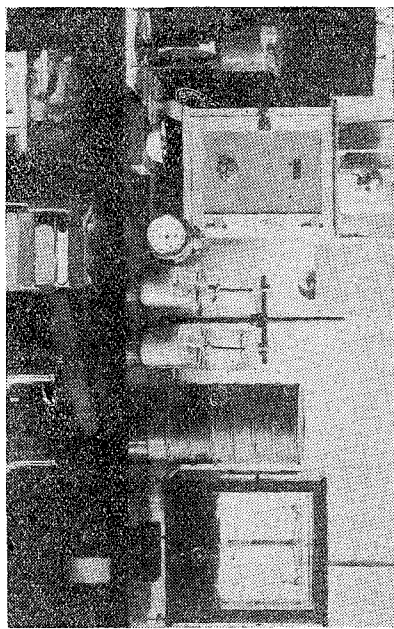
るか、又は更に別の容器に移した粘土を含んだ上澄液の容積を秤り、これを一様に攪き廻した後一部分を取つて砂と同様に乾燥して其の重量を決定する。

これ等の分析された粘土、

沈泥、砂は第十三圖の如き三角座標 (Triangular coordinate)

を使つて一點に表はす。又沈

泥と砂とを合せ、これと粘土及び水を頂點とする三角座標に表はせば第十四圖の如くなる。

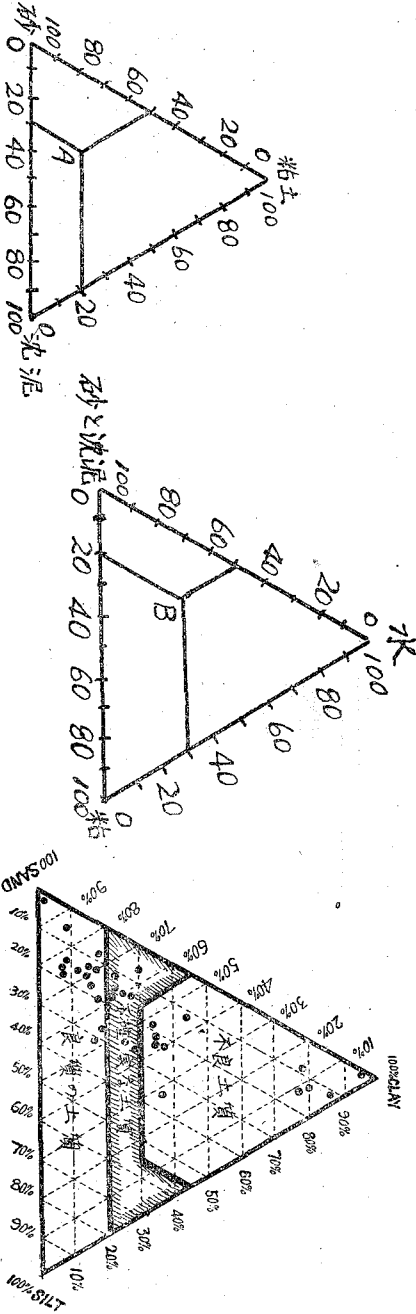


第十二圖 土の機械的分拆装置
左からピーカーで土を煮沸せる處、乾燥皿電氣爐、サイフォンを使つてピーカーの底部より 3 cm 以上の上澄液を取る處、標準篩、化學天秤を示す。

土の顯微鏡的研研

土の組織及び其の組成物たる上の物理的性質を支配する (薄片切斷器) を使つて 0.025 mm 位の薄片に割製する (第

檢鏡薄片の作製—粘土の如く組成粒子が小さく且つ比較的中均質のものは、生物標本の薄片の作製と同様に Mikrotom



第十三圖 土の成分を表はす三角座標 (其の一)

土質 A は砂: 0%, 沈泥 20%, 粘土 50% から成る事を示す。

第十四圖 土の成分を表はす三角座標 (其二)

土質 B は水 50%, 砂及沈泥 20%, 粘土 30% から成る事を示す。

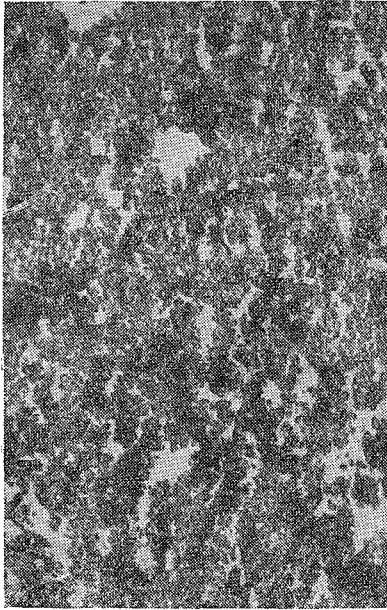
第十五圖 三角座標に表はした土質

座標面を U, S. Bureau of Public Road の方法に従つて、不良土質、不確實な土質、良質の土質の三つに區分したものと

重要な Factor であるから、之を研究する爲自然の儘の土 (十六圖)。組成粒子の大小の混じり且つ組織の粗大地綫を Präparat (薄片) に仕上げて顯微鏡を用ひて觀察する。せるものは、電氣爐で乾燥した標本を Bakelite Varnish の

中に浸し空隙部分を之で充し、再び乾燥固結せしめた後恰も岩石標本の Präparat と同様に摩耗器 Schleifmaschine に依つて厚さ 0.03 mm 位の薄片に仕上げる (第十七圖)。

礦物的分析法-----土の組成礦物を鑑定して礦物的に分析



第十六圖 粘土の顯微鏡寫眞 (1)

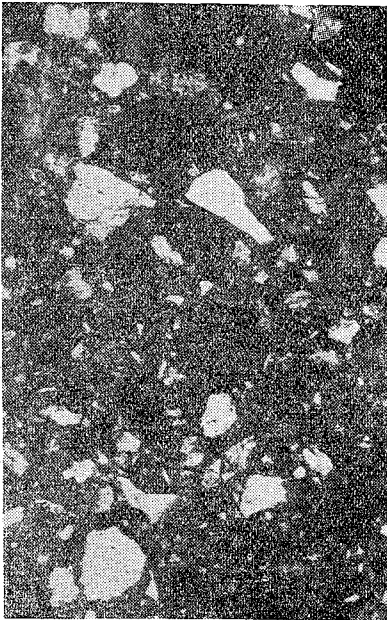
mikrotom で切斷した粘土の薄片を透過光線で見たるもの。
する方法は土粒子の大きさに依つて異なる。

砂 (粒徑 0.05 mm 以上の礦物名は Biokulamikroskop (立體顯微鏡) と Seitenbelichtung Lampe (側射ランプ)

を使つて立體的の粒形を觀察し、又結晶形、光澤、其他の肉眼的特徴を觀察して鑑定する (第十八圖)。

沈泥 (粒徑 0.05~0.005 mm) 程度のものは所謂 Becke

line 法に依り鈍に屈折率の判明せる藥液 (約 1.8 種) を準

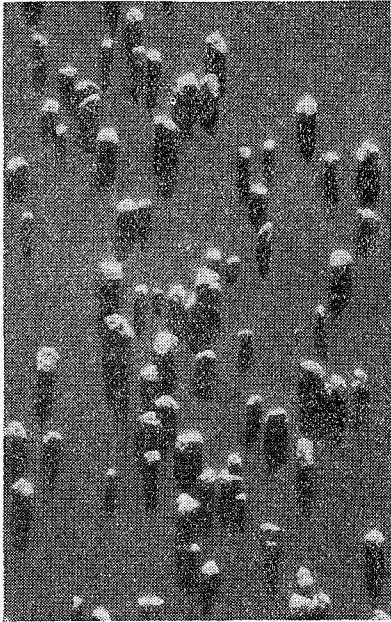


第十七圖 粘土の顯微鏡寫眞 (2)

摩耗器で作製した粘土の薄片を透過光線で見たるもの。
備し、この中に礦物粒を浸し屈折率を比較して決定する

(第十九圖)。因に礦物の屈折率は其の種類即ち化學成分に依つて一定してゐる。此の場合屈折光線に普通の日光色を

使用するときは光の分散作用のため所謂 Beckeviline を精確に判定し難いため、Mikrokrumator (單色光器) を使用する。尚屈折率測定用藥は室内の溫度其他に依つて容易にその屈折率を變化するから、測定の際に豫め Obbes Refraktometer



第十八圖 砂粒の立體顯微鏡寫眞

Seite:beleuchtung Lampe で照し出して砂粒の立體形meter (屈折計) に依つて檢定してよく必要がある。

粘土 (粒徑 0.005 mm 以下) の鑛物名は薄片切斷器又は磨耗器で作製した薄片を鑛物顯微鏡を用ひ、光學的特性を

檢定して鑑定してゐる。

土の組織は、組成粒子の形、間隙、及粒子の配列型の要素によつて決定される。そして組織の狀態は直接土の剪斷抵抗、彈性、Plasticity、透水性等に影響する。



第十九圖 沈泥の顯微鏡寫眞

沈泥の粘土を藥液の中に浸し、透過光線によつて顯微鏡で見たるもの。粒子の輪廓部に差はれる白線(Becke line)が消滅すれば藥液と鑛物の屈折率が相等しい事を來す。

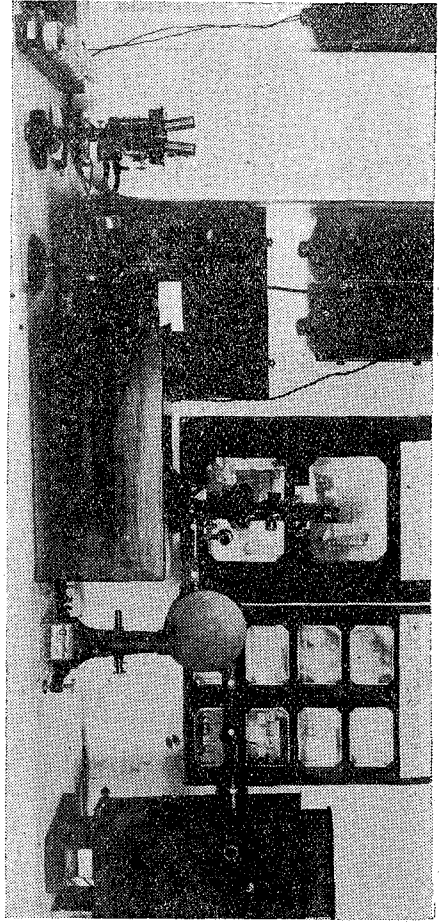
剪斷抵抗の測定

後に説明するやうに擁壁の倒壊や構造物の基礎の破壊的沈下は、今日最も信ぜられてゐる學說に従へば結局土の剪斷作用に歸するのである。従つて土の剪斷抵抗の測定は、土壓理論に於てこれらの構造物の安定を論ずる際も重要な數値である。

一面 20×20 cm の正方形の三つ割箱であつて、各層の厚さは上から 10 cm, 7.5 cm, 7.5 cm である。容器の一面は剪斷の際、土粒子の移動状態を覗ひ得るやうに硝子張にしてある。

土壓理論に於てこれらの構造物の安定を論ずる際も重要な數値である。

一般に土は自ら形状を保ち得ない爲、土質内部の剪斷抵抗を測定するには三層より成る容器に土を容れて中間層を引抜く際の抵抗を測定してゐる。



第二十圖 土の顯微鏡的研究装置

圖は右から立體顯微鏡、側射ランプ、鏡物顯微鏡、單色光器、及び光源マーク燈を示す。

上下壓は土の上の木蓋を載せて lever に依つて加へ、剪斷力は振子に依つて與へる。引抜いた中間層の移動と剪斷力は、中間層に連結した drum の廻轉に依り往復行の

記録を取れるやうになつてゐる。

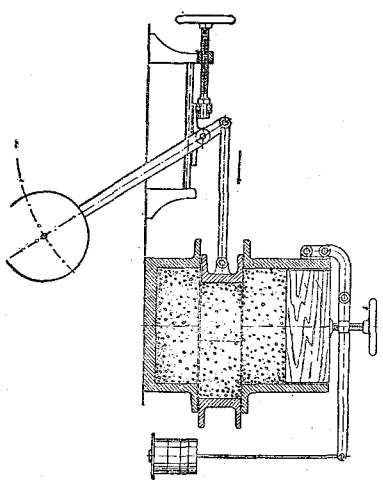
今同一土質から少くも 3 個の sample を採り、垂直荷重

を變へて剪斷抵抗を測定して、

N.....垂直に加へた荷重 (kg)

F.....剪斷抵抗 (kg)

A.....土質容器の斷面 (cm²)



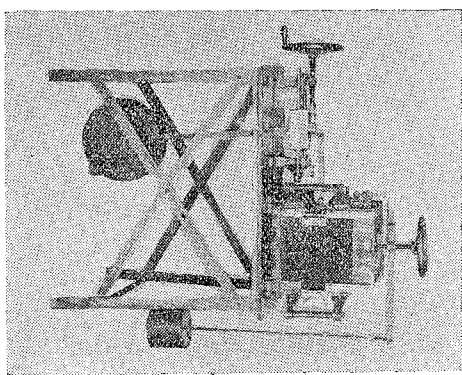
第二十一圖 剪斷抵抗測定機の機構

として

$$n = N / A \dots \dots \text{垂直荷重強度 (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f = F / 2 A \dots \dots \text{抗剪強度 (kg/cm}^2\text{)}$$

を計算し、これを直角座標に表はせば第二十三圖の如き直線を得る。

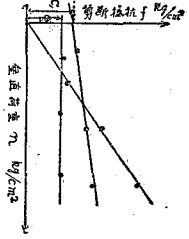


第二十二圖 剪斷抵抗測定機

機械の全能力は、上下壓 (N) は 150 kg、剪斷力 (下) は 250 kg、感度は針の歩み 1 mm の讀みが 5 kg である。

直線が水平軸となす角は摩擦角 θ 、垂直荷重 $n = 0$ の
 點の抵抗強度は凝聚力 C を示す。此の關係を式に表はせ
 ば直線式

$$f = n \cdot \tan \theta + C$$



第二十三圖

となる。

測定した摩擦係數 $\tan \theta$ と凝聚力 C は三角座標に、座
 標面に直角の方向に表はす。

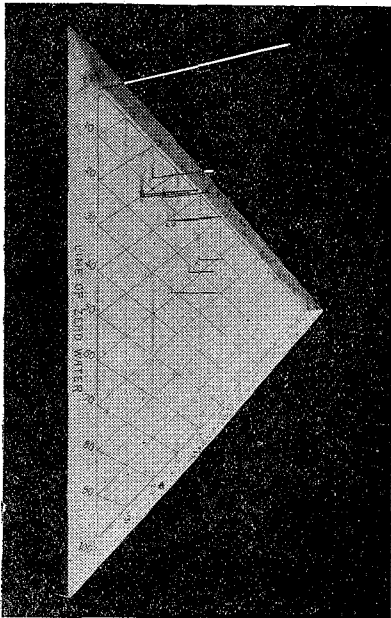
第二十四圖は砂及沈泥 (S)、粘土 (O)、水 (W) を頂點
 とする三角座標の上に表はした摩擦係數、針金の長さは

33 號

$\tan \theta$ の數値を表はす。

第二十五圖は凝聚力を來し、同様に針金の長さは C の
 數値を表はす。

此の様にして凡ゆる土質に就て、器械分析の結果と剪斷



第二十四圖 摩擦係數

抵抗試験の結果を三角座標に plot して全座標面を被ひ盡
 せば、力學の計算に必要な θ と C の數値は逆に器械分析
 の結果から三角座標面に依つて推定出来る。

一例として以上の土質試験の結果を示せば次の如し

1111号

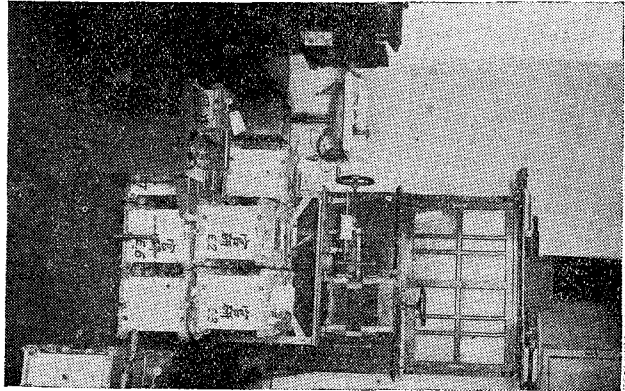
h. Terzaghi の土

質力学に從へば擁壁其他の構造物が土壓や自重の爲に沈下移動するのは次の原因に據るものである。

(1) 壓力を受けた土が彈性或は Plastic の變形をする爲 (地盤の變形)。

(2) 荷重に依つて土粒子間の空氣と含水分が排出されて土の體積が縮少する爲 (地盤の壓縮)。

(3) 地盤の含水による試驗以外の土質試驗を行つてゐる。が排出したり、地下水が流動する際、土の中の微細粒子を



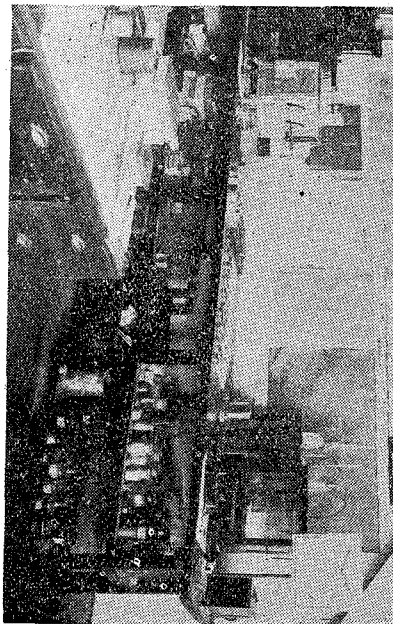
第二十七圖 沙留土質實驗室の一部

沙留の研究所第四科實驗室では顯微鏡による試驗以外の土質試驗を行つてゐる。

洗ひ去る爲に起る體積の縮少 (地盤の凝固)。

(4) 擁壁の背後の土又は地盤が、或る滑り面 (Gleitflache) に沿つて移動する爲 (地盤の破壊)。

これ等の沈下若くは移動弁力の中 (1) 乃至 (3) は土



第二十八圖 沙留土質實驗室の一部

の彈性、plasticity、間隙率、收縮率及透水度の函數になつてゐて、此等の原因による構造物の移動量は左程大きくはならないが、土の剪斷抵抗に關係せる (4) の現象は構造物の倒壞又は破壞的沈下を意味し、所謂土壓論の對象とな

理論

凝聚力 C 、摩擦角 θ を有する土を垂直に切り取り又は盛土し得る限界高 (Critical height) は (1) の主動土壓を零とにおいて

$$h = \frac{4C}{\gamma} \tan \left(45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$$

で與へられる。此の高さは凝集高と同一である。

次に切取、盛土の法面を或る勾配 φ に保ち得る限界高は次式で與へられる (第三十圖)。

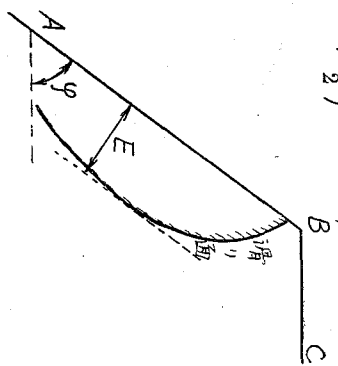
$$h = \frac{2C}{\gamma} \frac{\sin \varphi \cos \theta}{\sin^2 \frac{\varphi - \theta}{2}}$$

$$\delta = \frac{\varphi + \theta}{2}$$

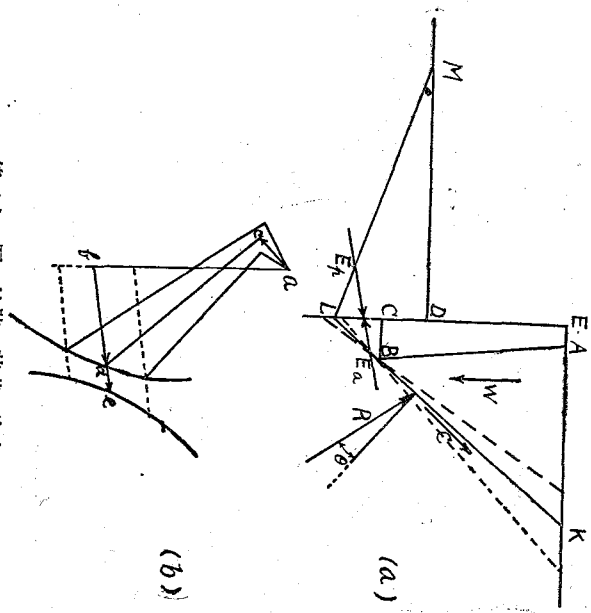
又勾配 i の法面が地這りを起すとき、其の地這りの厚さ

E は次式で與へられる (第三十一圖)。

$$E = \frac{C}{\gamma} \frac{\cos \theta}{\sin(\varphi - \theta)}$$



第三十圖 地上りの厚さ

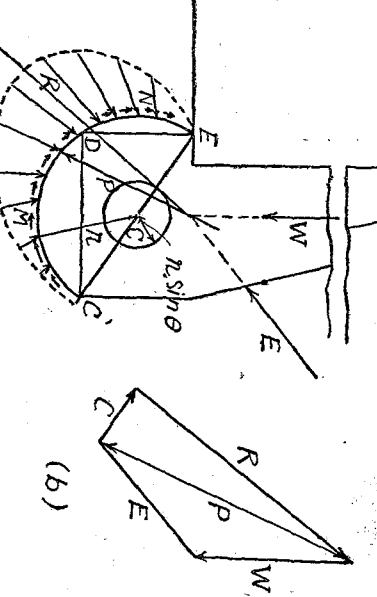
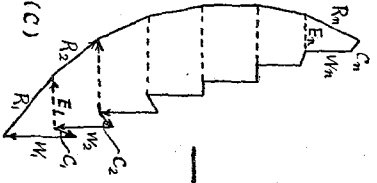
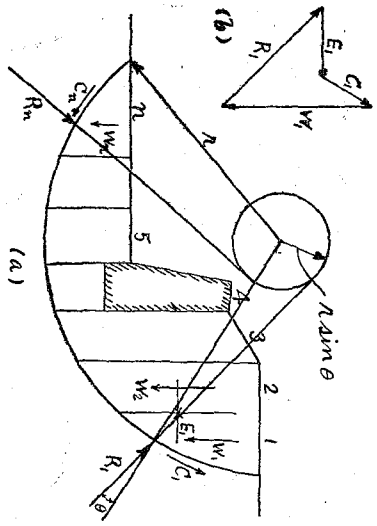


第三十二圖 擁壁の基礎の安定

故に或る地這りに就て數ヶ處で厚さ E を測れば上式から逆に C と θ の値が算出される。

8) 擁壁の基礎の安定 (H. Krey の解法)

擁壁が倒壊する際基礎の一点 B を通る滑り LK 面の之を土塊 ABK、CLB が壁體と一緒に滑り落ちて前方の土地 DLM を壓し上げる場合が考へられる (第三十二圖)。



垂直面 DL に倒れ、濃集力を考へた受動土壓 E_p を bd の延長上に取つて be とする。

B 點を通る滑り面 LK は種々なる方向に考へられるか
ら、de の軌跡を畫けば線分 de の最短距離は最も危険な

第三十三圖 軟弱地盤の地盛り

力角形 (b) を畫くには先づ ELK の重量を垂直に ab に取り、bc を $O \times \overline{LK}$ に等しく LK 線に平行に取り、cd、bd を夫々 R, Ea に平行に引いて力角形を閉じる。次に

第三十四圖 擁壁の轉倒

滑り革を與へ、 E_p/Ea の比が安定に對する安全率を與へる
4) 軟弱地盤の地盛り (S. Hutlin の解法)
軟弱地盤に高い盛土切取を施工したり、急勾配の土地が

雨水を含んで摩擦角を著しく減少したりすると、構造物の大きさは力角形から求められる。従つて廻轉に對する安定の基礎より遙に深い處で地盤が略々圓錐形の面に沿つて滑る事は屢見受けられる處である (第三十三圖)。條件は、

$$P \cdot o < (R \cdot \sin \theta + C \cdot \overline{\text{ENDMCO}}) \cdot r$$

この場合は滑り面上の部分に n 個の垂直部分に分けて各 n となる。

個に就て力角形 (b) を畫き、1 から始めて畫いた全體の (6) 基礎の破壞的沈下 (H. Krey の解法)

力角形 (e) が最後

にて閉じれば構造物

は安全である。

(5) 擁壁の廻轉

に對する安定 (H.

Krey の解法)

次に擁壁が前方に

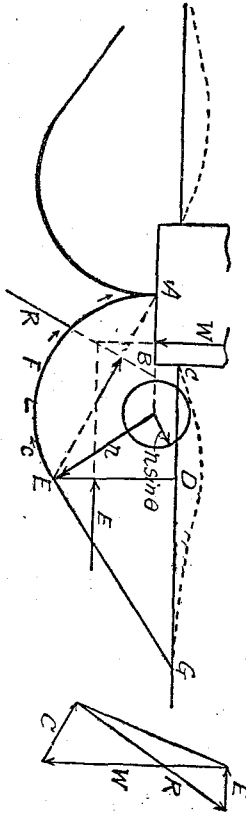
倒れる場合には基礎

を圍む最小圓錐面 ENDMC で土が滑る事が考へられる。

この場合は土壓 E と壁體の重量 W との合力 P に抵抗

する力は、滑り面内の凝集力 C と $r \cdot \sin \theta$ 圓に切する反力

である。然るに $C \times \overline{\text{ENDMCO}} = C \times \overline{EO}$ であるから、 R の



第三十五圖 基礎の破壞的沈下 (a)

土が壓し上げられる場合 (第三十五圖)。

左右對稱形であるから右側を考へると、先づ構造物の

荷重の半分と土塊 ABCDEF の重量との和 W を、滑り面

AFE に沿ふ凝集力の合力 C に合成し、これを E と R

構造物の破壞的沈下は基礎が地壁の土を兩側へ壓し上げる爲に起ると考へられてゐる。これには次の二つの場合が考へられる。

(a) 單に兩側の

とに分解する。茲に土壓 E は水平方面、 R は $r \cdot \sin \theta$ 圓に切するものとする。求めた M が垂直面 DE に働く、凝集力を考へた受動土壓より小さければ破壊沈下は起らない。

(b) 基礎の下が土が壓縮されて兩側の土を押し上げる

茲に W は構造物と土塊 $BOGFED$ の重量、 O は滑り面 FG に沿ふ凝集力である。求めた土壓 E が垂直面 FG に働く受動土壓より小さければ構造物は安定である。

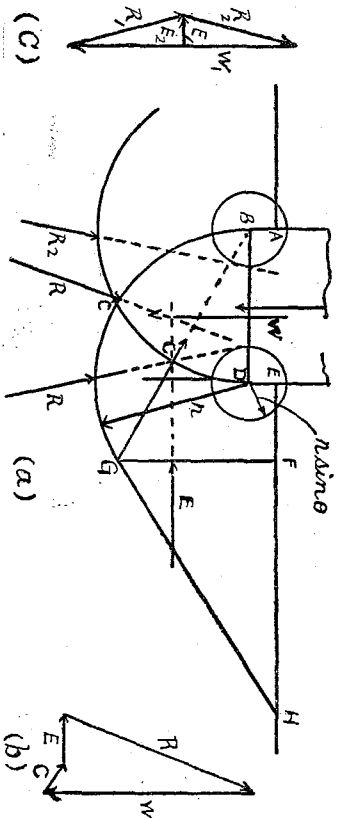
次に沈下し始めると土塊 BOD は構造物と共に沈下する

場合 (第三十六圖)。

構造物が沈下する

から、構造物の荷重

際滑り面 $BOGH$ と之に對稱の $DC \dots$ が發生するが、沈下と同時に土塊 BOD は構造物の荷重に壓縮されて垂直に沈下し、楔の作用に依つて兩側の土を押し上げる。



と土塊の重量の和を W_1 とし、力角形 (c) に依つて R_1 , R_2 及 E_1 , E_2 を求めれば、 E_1 が受動土壓より小さい時は構造物は安定である。

第三十六圖 基礎の破壊沈下 (b)

結論

以上を要するに土質の科學的調査は、(1) 土の器械的

これを力學的に取扱ふには先づ右側の滑り面 $BOGH$ を分析、鑛物學的分析及比重測定に依つて土を精確に分類記考へて力角形 (b) を畫いて場合の條件から E を求める。次に (2) 構造物の安定に直接の關係を持つ抗剪強

度を測定し、(3) 構造物の沈下、築堤盛土の沈降等に関係せる土の収縮率、間隙率、透水性及び可塑性を測定し、更に(4)土の構造組織を顕微鏡的に觀察して以上の物理的性質と其れ等の間の有機的關係を説明する事である。

自轉車道の施設を提唱す

次にこれ等の土質調査の結果に土質力学の理論を應用して構造物を合理的に設計する。最後に現場の地形及び成層状態を充分調査し、以上の土質調査の結果を併せ考慮して工事を施工して、最も經濟的な構造物を完成せんとす。

江 守 保 平

世界的モーターエーヂの波に抑され我國に於ても自動車は最近著しき發達を見せ現在では都鄙を通じ絶對的勢力を以て陸上交通界を牛耳つてゐる。然し茲に今一つ我國現在の道路交通機關を考ふる上に於て忘るゝことの出来ないものに自轉車がある。新舊の兩交通機關又は高速及低速の兩

自轉車	5,111,697臺	人力車	59,156臺
荷 車	1,894,141臺	自動車	57,329臺
荷 馬車	329,901臺	乘用馬車	2,305臺
荷 牛車	86,222臺		

交通機關の間に介在して巧みにその長短を補ひ簡易交通機關として我々の實生活と密接な關係を保ちつゝその發達は極めて著しく今や全國津々浦々に至るまで道路と云ふ道路と云ふ道路上に自轉車の影を見ない所は全くない。

最近の統計に據れば我國に於ける道路交通機關の總數は次の如き數字を示してゐる。

此表に據ると我國道路交通機關のうち數に於ては自轉車が斷然、他をリードしその數五百萬臺に達してゐるが之を我國人口と比較するときは實に十二人に一臺の割合となり程んど各戸毎に備へられてゐることになる。民衆的交通機關としての自轉車は或は乗用として或は小荷物運送用として普遍化され今や全く自轉車黄金時代を現出してゐる。道路の利用率から見ても矢張り自轉車が他を抜んでゐるの