

抄 録

目次

非粘着性土壌の毛管現象
コロラド下流の河流と潮汐の影響

非粘着性土壌の毛管現象

“Capillary Phenomena in Cohesionless Soils”

by T. William Lambe

Pro. of ASCE Feb. 1950

道路、空港、土堰堤、法面、擁壁等の設計に於いて最も問題となるもの一つは地下水を適当に制御する事であつて、従来土壌水の毛管現象に関する数多の研究が報告されているが何れも不正確な仮定を基にしている。本論文は非粘着性土壌の毛管現象を毛細管を組合せた装置から理論と実験によつて類推して従来の仮定を検討し理論式の改良を示唆している。尙本論文中に報告されている実験は一種類の自然砂に対して一定の状態で水平毛管水流試験、毛管水上昇試験、及び毛管水下降試験を行つたものである。

水平毛管水流試験の結果は図-1の如くであつて、動水勾配が全長に亘つて等しいと云う従来の理論の仮

図-1

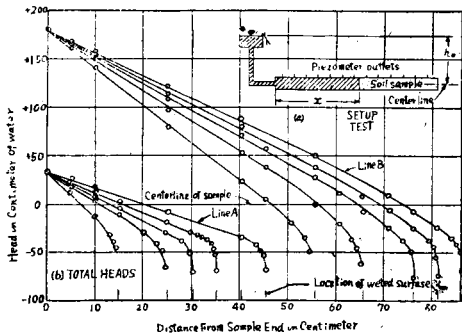


Fig. 3 - HORIZONTAL CAPILLARY TEST III

定と異り湿潤面のすぐ後迄は一定であるが湿潤面の近

図-2

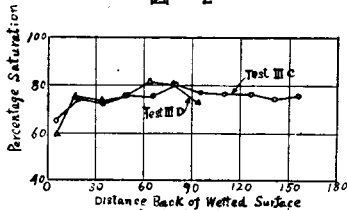


Fig. 4 - DEGREE OF SATURATION BACK OF WETTED SURFACE

も湿潤度は 80% 程度である。之は滲透中小さな間隙

辺で急に大きくなつている。亦この時の湿潤度を測定してみると図-2に示す様になり、湿潤面の近くでは湿潤度が低くその

上ずつと後の方で

図-3

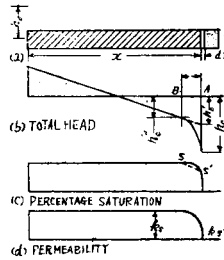


Fig. 6 - HORIZONTAL CAPILLARY FLOW AS ASSUMED IN PROPOSED THEORY

に空気が取り残される為であつて、従来数多の技術者達にこうした際の湿潤度は殆ど 100%に近いと考えられて居り、亦最近の土質力学でも 100%の湿潤が屢々仮定されているが、この実験結果によつて現在使われている公式の不正確な事が明らかである。従て筆者は図-3の様な仮定に従つてより合理的な理論を導こう。図-3に於て h_c' 及び a が一定であるとすれば Darcy の法則によつて、

$$q = K_s \frac{h_0 + h_c'}{x} A \quad \text{一方} \quad q = S_n A \frac{dx}{dt}$$

$$\therefore \frac{dx}{dt} = \frac{K_s}{S_n} \frac{h_0 + h_c'}{x}$$

$$\text{又は} \quad \frac{A(x^2)}{dt} = \frac{2K_s}{S_n} (h_0 + h_c')$$

但し n : 土壌の間隙率 S : 湿潤度

K_s : 透水係数 A : 管の断面積

q : 流量

この式によつて実験結果から K_s を求める事が出来る。従来この種の試験で求めた透水係数は他の透水試験から得られた値と一致しなかつたが、筆者の実験ではこの方法で求めた K は 0.0254cm/min, 定水位透水試験で求めた K は 0.0266cm/min, 変水位透水試験で求めた K は 0.0235 及び 0.0264cm/min である。

毛管水の上昇に対しても従来の理論では動水勾配が一定である事と湿潤度が 100%である事を仮定しているが筆者の実験は之等の仮定が正しくない事を示している。

始めに飽水していた土の中の毛管水下降試験の結果は図-4に示す如く「飽和と見える線」が一定の高さに落ち着いてからもかなりの水量が降下し図-5に示す如く「飽和と見える線」は真の飽和線ではないから毛細管を組合せた装置から類推した結果とは甚だ異つ

図-4

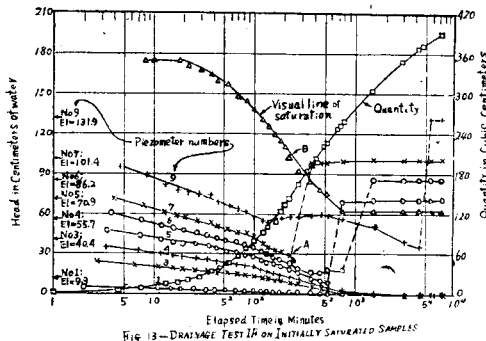


Fig. 13—DRAINAGE TEST IF ON INITIALLY SATURATED SAMPLES

図-5

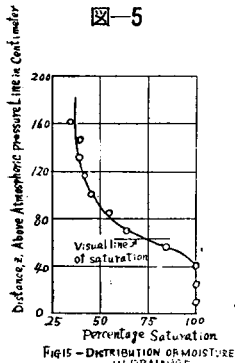


FIG. 15—DISTRIBUTION OF MOISTURE IN DRAINAGE

ている。始めに土壤が飽水していない時には更に複雑となるから理論的な方法で地下の排水を計算する場合には相手の土壤によつて適当な方法を選ばなければならない。

従来土壤中の水の毛管現象には「主働毛管水上昇高及び受働毛管水上昇高」なる二つの性質があると考えら

図-6

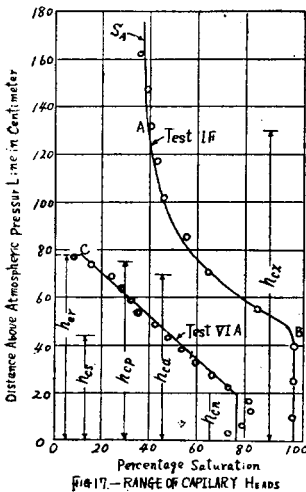


FIG. 17.—RANGE OF CAPILLARY HEADS

れて来たが、或る土の毛管性は一つや二つの水頭の値で完全に表現されるものではない。筆者は図-6に示す様な5つの「毛管水頭」 h_{cx} , h_{cs} , h_{cr} , h_{cn} , h_{ca} が考えられる事を示そう。図-6は飽和試料の毛管水下降試験 IF と乾燥試料の毛管水上昇試験 VIA の管の

高さに沿う窮極の湿潤度の分布を表わしたものであつて、最大毛管水頭 h_{cx} は下端から連続した水の存在する最高の高さ、飽和毛管水頭 h_{cs} は 100% の湿潤が存在する最高の高さ、毛管上昇高 h_{cr} は毛管水の上昇した最高の高さ、最小毛管水頭 h_{cn} は湿潤度の変わり出す高さ、平均毛管水頭 h_{ca} は

(最初飽和していた高さ - h_{ca}) × 間隙率 × 管の断面積 × (100 - 湿潤度) = 排除した水の総量

で与えられる値である。

実際の問題では之等の水頭の中のどれかを使つて計算すればよい。土の毛管現象を包含した問題は大体

- a) 毛管水が上昇又は降下する場合残留し得る高さの決定
- b) 毛管水の流速の決定
- c) 任意の高さに残留する水量の決定

の3つに分類出来るが a) に対しては h_{cx} , h_{cr} 等を使用すればよい。b) に対し降下の際は使用する公式の種類によつて h_{cr} 及び h_{cx} を適当に使ひ分ける。但し上昇の際は上昇中動水勾配が変化する為に図-6に示す様な水頭で計算出来ない。c) に対しては図-6によつて容易に求める事が出来る。

この5つの毛管水頭の間には或定つた関係があるかも知れず、もしそうなら1つが判れば他を予知出来るかも知れない。この論文で示された方向は多くの土を使用し、違つた条件の下に詳細に研究されねばならず、毛管現象を主体とした更に数多くの研究が必要である。

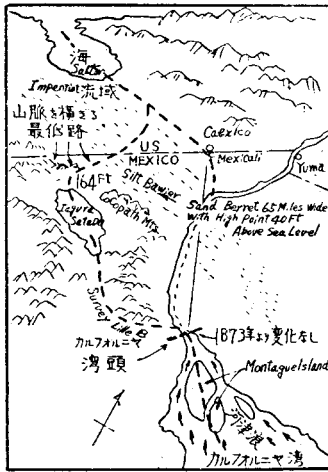
(森本茂男)

コロラド下流の河流と潮汐の影響

コロラド河がその三角州へ以前より運搬した大部分の沈泥が、1935年以來、フーバーダムの上流に堰止められて来たので、三角州中に於ける今迄の生成行程が逆転し、河口に於ける河津浪が三角州中の進路を浸蝕し、高度に開発された Imperial と Coachella 両流域を大水にしはしないかと云う問題が起つて来た。1944年の協約に依り、米国及びメキシコ兩國にまたがるこの種の問題を研究する為、国境及び水路委員会は長年にわたつて三角州中の状況監視を行つて来たがその様な作用が起つていると云う傾向は発見出来なかつた。それどころかコロラド河が Imperial 流域に1905年に起つた様に溢流すると云う下流水路の悪化の問題を残した。コロラド河はアリゾナ州の Yuma 附近で、その三角州中に流入し、その点より下流では、コロラド河は約20哩にわたつて米国とメキシコの国境を形成し、それより下流は南方約90哩の間、メキシコ中を流れ、カリフォルニア湾に流入している。三角州は河口からメキシカリ流域を通つて西北方に70哩伸び、カリフォルニア州の Calexico 附近で国境を横断し、Imperial 流域を通つて、北方 Salton 海まで続いている(図-1)。河が現在貫流している三角州の活動部分は基本三角州円錐の東斜面で、東は Sonora Mesa、西は Cocopas 山脈を境として居り、又メキシカリ流域と Imperial 流域と Cocopas 山脈に依り分離されて居る Laguna Salada として知られて

居る小池まで、河口から西北方に拡がって居る。

図-1

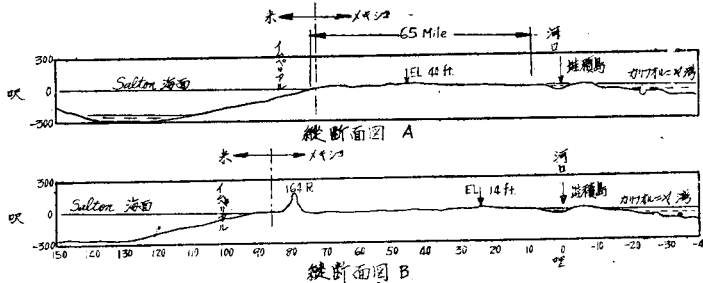


註 コロラド河口には過去 75 年間にみるべき後退がないことを示している。カリフォルニア湾の可能な浸蝕路はメキシカリ流域(右)とラグナラサダ(左)を通るものである。
 図-2 の縦断面図は略々 A 及び B の線に沿つてをり天然の造形物が侮り難い障壁を構成することを示している。

メキシカリ流域の浸蝕は阻止された。

最近の測量に依つて、コロラド河口より 40 哩の湾内の一点より、メキシカリと Imperial 流域を通つて Salton 海にまで伸びる図-2(A) の縦断面図が出来上つた。この縦断面図は、河口から 50 哩の地点で三角州の基本円錐が高さ約 40 呎の障壁を形成している事を示している。湾側即ち南岸の海面から Imperial 流域側の海面までこの障壁は約 65 哩ばかりある。新旧両測量を比較して見ると、湾は本障壁を 50 年間に少しも浸蝕していない事が判る。

図-2



註：図-1 の A 及び B 線に沿う縦断面図はカリフォルニア湾の満潮がインペリアル流域を水浸しにするかも知れぬと云う考えを反駁する。浸蝕のあり得るかも知れぬ通路の測量は、自然の障壁の範囲を示している。

山脈が Laguna Salada 通路を閉鎖

最近の測量によつて、河口から北西に向い、小さな Laguna Salada 池を通過するもう一つの縦断面図図-2 (B) が出来上つた。この池と湾をへだたえている鞍部は河口北西 23 哩の所にあり、平均海面上 15 呎の高さを有している。此所からは北向斜面で海面下まで約 60 哩続くが、此所で Cocopas 山脈が最低高さ 160呎の岩石の障壁を作っている。標高 160 呎附近では、障壁は幅 1哩である。現在は Laguna Salada 池は乾上つている。過去 50 年間は水があり、記録によるとそれは真水であつた。これは、コロラド河が洪水の際、湾に流入した河水が非常に高潮に阻止されて溢流したものである。この事実によつても、湾がメキシカリ流域を通り、又は Laguna Salada 池を通つて米国の Salton 海へ向つて進行している証拠がないわけである。1949 年にコロラド下流の空中測量が行われた。その目的の一つは、河口に部分的変化が起つているかどうかを調査する事であつた。図-2 に於て河口から 1.6 哩離れた所に三角州の様な堆積島が見られる。この附近の水深は比較的浅く、干潮には河口内外の砂州は露出し、最高潮時には堆積島の大部分は水没する。この島が三角州の砂と沈泥とから出来上つており、浸蝕には無抵抗であると云う事実に、特に注意が向けられたのである。1942 年に河口附近の空中測量が行われていたので、1949 年に行われた測量と比較して見たところ、この 7 年間には河口の地形上、土砂の移動の無かつた事が判つた。堆積島と明確な河口との距離は、昨年も、7 年前も 1.6 哩であつたし、島のアウトライン又は前に存在した小潮路にも少しの変化もなかつた。又、長期間に亘るもう一つの研究が行われており、之は 1873~1875 年に海軍で行つた湾の上端の水路測量で、それによれば河口はその時も今も同じ緯度であり、堆積島も同じ位置にあつた。この様に

過去 75 年間に、コロラド河口には感知出来る程の変化は起らなかつたと云い得るわけである。この結論は特に重要である。コロラド河が湾内に搬入する沈泥量の減少は、1935年のフーバダムの締切の日からではなく、カリフォルニア国境附近の水路が破壊した 1905 年から始まつている。その時以来、河は湾に到る判然とした一定水路を持つていない。その代り、多くの小支流に分れて沈泥の大部分を感潮部より上流の広い地区に沈澱させた。事実、過去 45

年間に河はほとんど湾に沈泥を流入させていない。そして、この期間に河口の後退作用の証拠はない。若し後退作用があつたとしても、極めて緩慢で、地質学的時間に於てのみ測定可能である。湾が漏斗状に湾入しているので、コロラド河口に近くに従つて潮は高くなり、潮位表の記録に依ると、1日の干満の差は23呎、大潮では約30呎と表記されて来た。フーバーダム建設前は河口に入る大潮は6~7呎の河津浪であつたが、建設以来、河津浪の大きさは小さくなつたと報告されている。この状態は、たしかに一部分は寄せ来る潮と衝突するコロラド河の滔々たる流れに依るのであると思われる。

潮限の位置は不変

又、潮限の位置に変化があつたかどうかと云う事を決定する為に、一つの研究が行われていた。1873~1875年の海軍の地図は潮限が、略々緯度35°06'即ち河口の北方約20哩にあつた事を示しており、1904年に作られた三角州の詳細地図は、潮限を略同じ緯度に表示しており、又国境及び水路委員会の最近の測定記録も潮限がやはり35°06'にある事を示して居る。此の観測も又過去75年間に河口の後退的变化があつたと云う理論を反駁するものである。湾がコロラド河三角州中に後退するどころか、1935年以来、自然の建設行程が続いている。そして、二次的の三角州円錐が潮限上流の広大な地域、即ち河口の上流40哩の所に形成されつゝある。この円錐は湾とImperial流域との間の既存の障壁の南傾面に添加されている。この円錐を形成する物質はパーカーダム下流のコロラド河の砂である。この河の総沈澱量は、大いに減少したけれども、河は今尚相当量の砂を三角州中に運び込んでおり之はパーカーダム下流150哩の範囲に流れ込む矢の様な流れに依り、この種の物質が運ばれる間は、経続するであろう。しかのみならずYumaの僅か上流で、コロラド河に合流するGila河は過去も同様であつたが現在も莫大な量の土砂排出能力がある。三角州に流入

する流量は、現在尙僅かばかりの沈澱物を湾まで流しているが、上流の貯水池の流水調節、及び上流開発の結果として減少し続ける事は明らかである。それ故に重要な問題は、湾の後退よりもむしろ既存の曲折している水路の破損と連続する悪化とである。フーバーダムの建設及び操作以前にあつた洪水の洗掘作用が、15年間無かつた為に三角州中に於ける水路が破壊されたわけである。この水路は野生の植物と、両堤防沿いの物質運搬能力減少迄続く沈澱によつて浸蝕されて来た。水路が連続的に破壊しているので、三角州中に流入する可能性の稀な(特にGila河よりの)大洪水の間に、コロラド河よりImperial流域に溢流する危険を増大するであろう。そして、水路の悪化は米国とメキシコに於るコロラド河隣接灌漑区域の排水に重大なる影響を与えるであろう。

この困難を救済する方法は二つある様に思われる。

(1) 国境及び水路委員会のUS Sectionが提案したのであるが、Yuma上流約100哩のGila河に、洪水調節ダムを建設する。(このダムの建設を規定する法律は、委員会に於て考慮されている。)

(2) 湾まで沈澱物を運べるように、Imperialダムから湾までの水路を矯正し、将来、小水流に効果的な水門を設ける。

以上の工事の研究は、米国及びメキシコ共通の問題であるが、1944年条約の第13章に依つて規定された。現在、メキシコが現地調査を行つており、この共通の工事用図面を討議と承認の為に、両国政府に提出出来る様に研究も進行中である。三角州中に於ける自然の建設行程は、逆行してはならず、その反対に今尚進行中で、湾とImperial流域との間にある既存の障壁を強化しつゝある。湾が三角州の中へ向つて逆行していると云う事実は無い。三角州に於ける問題は過去現在を通じて同様であるが、河の沈澱作用に依る三角州の生成の為の河水統制の問題である。

(宮地一郎訳)

平井敦著「鋼橋」再版について

平井敦著「鋼橋」(土木工学叢書第6回配本)は品切の為、長い間御迷惑をおかけ致しましたが、今回再版することになりましたから、御希望の方はなるべく早目に御予約下さい。

体裁：B・5版 530頁 特製美本

定価：900円(紙代値上りの為) 送料40円

出来期日：26年3月25日

但し会員に限り定価の5分引です。代金、送料をつけて学会宛御申込願います。