

参 考 資 料

土木學會誌 第十七卷第六號 昭和六年六月

米國に於ける現存土堰堤の材料に就て

(By E. W. Lane, Research Engineer, Bureau of Reclamation, Denver, Colo.)
Eng. News-Record, December 18, 1930, p. 961~965)

米國に於ては最近數多の土堰堤に決壊を起せる爲、その研究が一層重要視されて來た。

本文は現存の土堰堤の成分を研究し、之れを圖に表し適當なる材料を判定せるものである。

Rolled Dam Materials (普通の土堰堤の材料)

第一表は rolled dam に關する data を示し、第一圖はその材料の篩分の結果を描いて居る。圖の line 16 は Mackay Dam の下部の成分を示すもので、この堰堤は工事中非常に罅が入りそのため工事を一時中止した程で、完成後は堤體及び基礎より 30 個の漏水を見た。之れは明かに材料が rolled-fill としては粗大に過ぎた爲である。Line 9 の Lahontan Dam の下流側の成分はよく篩分した gravel から成り、上流側の材料は line 8 に示す様に gravel と silt との割合が 50:50 の混合物である。而してこの混合材料の漏水度は gravel のみの

第一表

DATA ON ROLLED-FILL DAMS			
Dam	Location	Condition	References
Point of Rocks	Colorado	Not known	Eng. Rec., July 15, 1911, p. 72.
Table Rock*	South Carolina	In use	Eng. News-Rec., July 26, 1928, p. 147
Schofield or Pleasant Valley†	Utah	In use	Eng. News-Rec., May 24 and 31, 1928, pp. 827, 864 and 872, also Dec. 20, 1928, p. 915 Analysis from Reclamation Bureau records
Red Butte Canyon	Utah	Under construction	} Data from Reclamation Bureau records
Cle Elum	Washington	Construction authorized	
Hyrum	Utah	Proposed	
Echo	Utah	Under construction	
Lahontan	Nevada	In use since 1915	} Data from Colorado State Engineer
Rock Canyon‡	Colorado	Constructed, 1925	
Cold Springs	Oregon	In use since 1908	Eng. News, March 7, 1907, p. 250; Trans. Am. Soc. C. E., Vol. 74, 1911, p. 43
Mackay§	Idaho	In use	Trans. Am. Soc. C. E., Vol. 81, 1917, p. 1. Eng. News-Rec., April 26, 1923, pp. 745 and 934

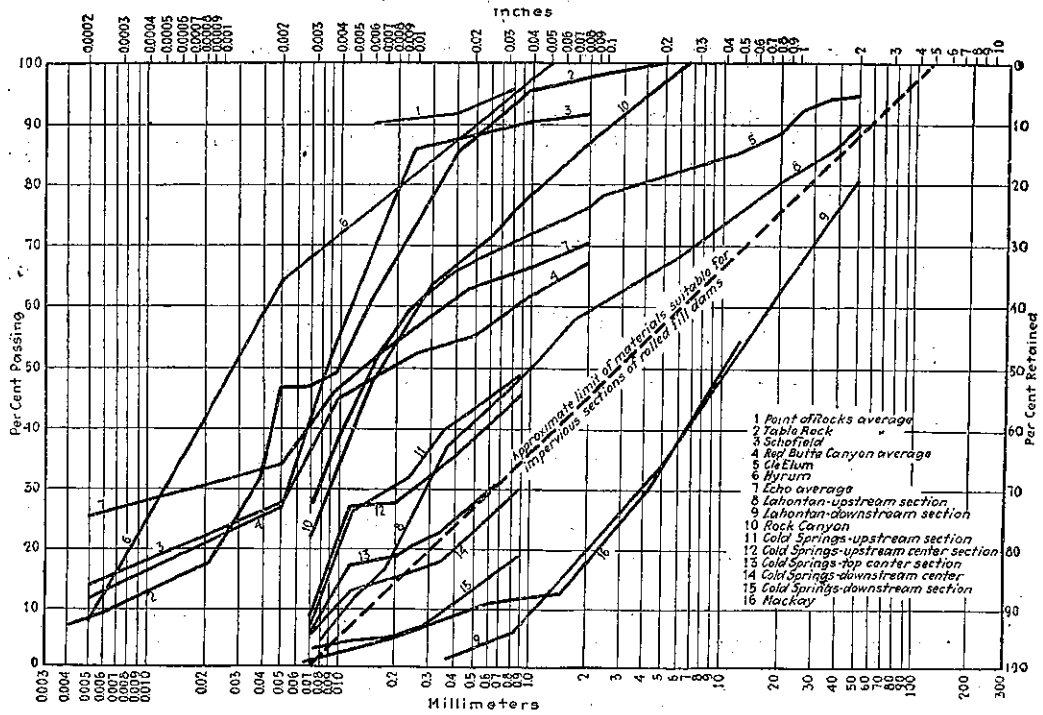
*Partial failure, not due to character of earth used, which was very satisfactory.

†Partial failure, not due to quality of earthfill.

‡Flood control, no water stored yet.

§Leaked very badly.

第一圖



—MATERIALS OF ROLLED-FILL DAMS
Upper size limit suggested is somewhat coarser than the upstream material of the Lahontan Dam.

場合の僅に 1/3000 に過ぎない。此の堰堤は使用後 14 年になるが大した漏水を見ない。

Line 15 は全部 gravel から成る所の Cold Springs Dam の下流側の材料を示すもので、これは line 9 の材料以上に漏水をなし従つて材料が粗大に過ぎる。Line 14 は 80% の礫と 20% の細かい表土との混合材料でその漏水度は line 15 の僅に 1/2 200 に過ぎない。又 line 13 は 75% の礫と 25% の細土との混合材料で、その漏水度は礫だけの場合の僅か 1/5 000 に過ぎない。

第一圖に於て “Approximate limit of materials suitable for impervious section of rolled-fill dam” と添書した點線は effective size (材料の 90% がそれ以上を越えるといふ大きさ) 0.15 mm, uniformity coefficient 40 を表す様に引いたもので、line 16 の Mackay dam の gravel や line 9, line 15 に示す Lahontan 及び Cold Springs Dam 下流側の材料より幾分細かい。而して line 8, line 13, line 14 等に示す程度のものが耐水性の堰堤として最大のものと考へられる。即ち第一圖の點線は粒の大きさが之れを越すと安全な堰堤を得られないといふ様な決つた限度を示すものではないが、堰堤に於て最も嫌ふ漏水を防ぎ得る堤體材料の、大きさの限度を示すものである。第一圖より見ると各種の材料を混ぜ合

第二表

-DATA ON HYDRAULIC AND SEMI-HYDRAULIC-FILL DAMS					
Dam	Location	Type	Condition	References	
Henshaw	Calif.	Hydraulic	Built in 1923	<i>Eng. News-Rec.</i> , Aug. 30, 1923, p. 342	
Swinging Bridge	N. Y.	Hydraulic	Recently const.	<i>Proc.</i> , Boston Soc. C. E., May, 1929	
Dwinnell	Calif.	Hydraulic	Recently const.	<i>Western Con. News</i> , Feb. 25, 1929, p. 96	
Davis Bridge	Vt.	Semi-hyd.	In service since 1924	<i>Water Works</i> , Mar. 1925, p. 505; <i>Eng. News-Rec.</i> , Nov. 14, 1929, p. 770	
Somerset	Vt.	Semi-hyd.	In service since 1913	<i>Eng. News</i> , June 4, 1914, p. 1,236; <i>Eng. News-Rec.</i> , Nov. 14, 1929, p. 770; <i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> , Vol. 84, 1921, p. 331	
Conconully	Wash.	Hydraulic	In service since 1910	<i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> , Vol. 74, pp. 64 and 72; <i>Eng. Rec.</i> , April 3, 1909, p. 370	
Paddy Creek	N. C.	Semi-hyd.		<i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> , Vol. 84, 1921, p. 331	
Linville	N. C.	Semi-hyd.		<i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> , Vol. 84, 1921, p. 345; <i>Hydro-Elec.Handbook</i> , Creager and Justin, p. 249	
Tieton	Wash.	Semi-hyd.	In service since 1925	<i>Eng. News-Rec.</i> , Sept. 30, 1926, p. 544; also Bureau of Reclamation records	
Saluda	S. C.	Semi-hyd.	Under constr.	Data from Albert S. Crane	
Magic	Idaho	Semi-hyd.	Built in 1909	"Hydro-Elec.Handbook," Creager and Justin, p. 249	
Germantown*	Ohio	Hydraulic	Completed about 1921	<i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> Vol. 85, 1922, p. 1,181	
Eaglewood*	Ohio	Hydraulic			
Lockington*	Ohio	Hydraulic			
Taylorville*	Ohio	Hydraulic	Completed about 1921	<i>Trans. Am.Soc.C.E.</i> , Vol. 85, 1922, p. 1,181	
Huffman*	Ohio	Hydraulic	Completed about 1926	<i>Eng. News-Rec.</i> , April 29, 1926, p. 696	
Alouette	B. C.	Semi-hyd.			
Calaveras	Calif.	Hydraulic		"Hydro-Elec.Handbook," Creager and Justin, p. 249	
Soft Maple	N. Y.	Hydraulic	Completed about 1925	<i>Eng. News-Rec.</i> , Jan. 29, 1925, p. 180; data from W. P. Creager and Albert S. Crane	
Sherman	Mass.	Semi-hyd.	In service since 1927	<i>Eng. News-Rec.</i> , April 28, 1927, p. 681	
Terrace	Colo.	Hyd.-fill		<i>Eng. Rec.</i> , Vol. 64, July 15, 1911, p. 72	
Bee Tree	N. C.	Semi-hyd.		Data from Albert S. Crane; <i>The Excavating Engr.</i> , March, 1927, p. 89	
Blue Ridge	Tenn.	Semi-hyd.	Under const.	Data from Albert S. Crane	
Wichita Falls	Texas	Hydraulic	Completed 1923	Data from A. S. Fry and <i>Eng. News-Rec.</i> , Dec. 20, 1923, p. 1,004	
Alexander	Hawaiian Islands	Hydraulic		Data from Joel B. Cox and <i>Eng. News-Rec.</i> , Vol. 104, pp. 665, 703, 869; <i>Hydro-Engr.</i> , Dec. 1929	

*Flood-control reservoir.

したものが成績が良く、又二三の堰堤では粘土の配合の多いものを用ひて成功を収めて居る。即ち大體に於て gradation (各種の大きさの粒を持つ事) が大切で圖の限界線を越えるものが安全といふ事になる。gradation の良い混合材料は微粒は粗粒の空隙を充し更に不滲

透の材料を作るからである。

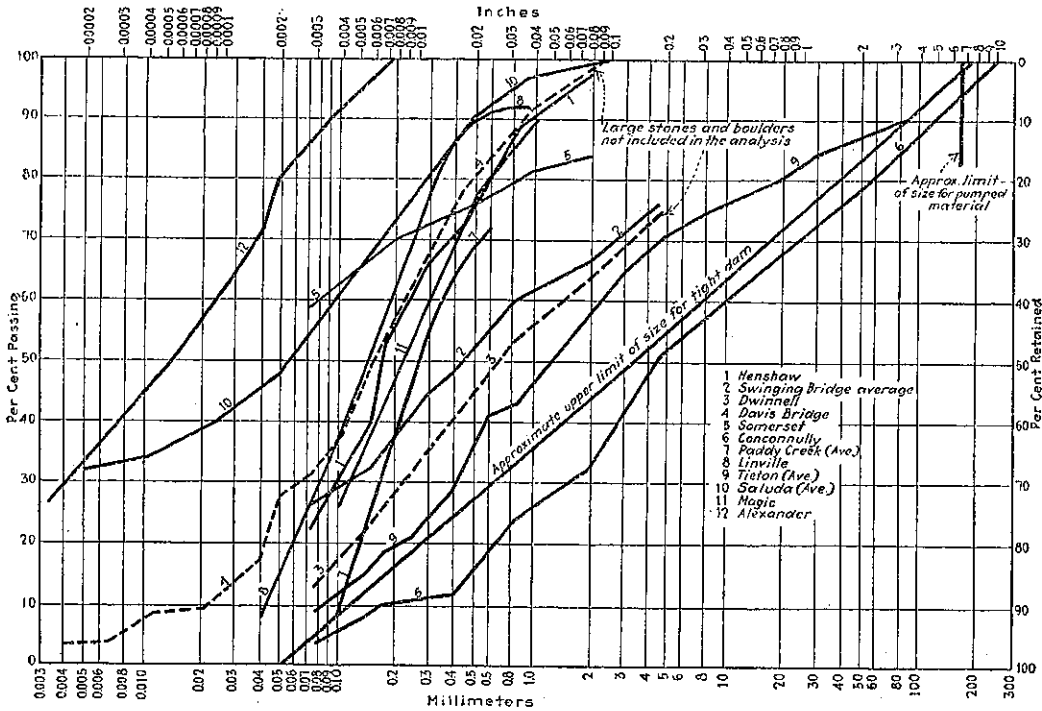
Hydraulic-fill and Semi-hydraulic-fill dam (沈堆堰及び半沈堆堰)

Hydraulic-fill dam とは材料を水の力で運び且沈堆せしめるものと言ひ、semi-hydraulic-fill dam とは材料は機械力で運搬するが沈堆は水力に依らしむるものと言ふ。故に hydraulic-fill の最大の粒の大きさはポンプの口徑に制限されるが semi-hydraulic-fill には屢々夫れ以上大きな材料が使用される。若し微粒材料が不足である場合は semi-hydraulic fill よりも hydraulic-fill に依る方が core に一層微粒の多い材料を置く事が出来る。

Saluda 及び Alexander Dam 以外には此の種の堰堤に故障があつた事を聞かぬ。Saluda Dam に於ては pool を餘り高くしたため pool の水が次第に下流側築堤を洗掘し、其の結果崩壊が起つたものと考へられる、Alexander Dam も亦工事中大崩壊を來したがその状態は Saluda のものと全く同様であつた。

材料が微粒を餘り多く含む場合は、その一部を waste (捨てる) する實例があるが、斯く hydraulic-fill dam の core の材料を wasting する事には二つの效用がある。それは微粒

第 二 圖



Upper size limit is between the material used in the Tieton Dam and that of the Conconully Dam.

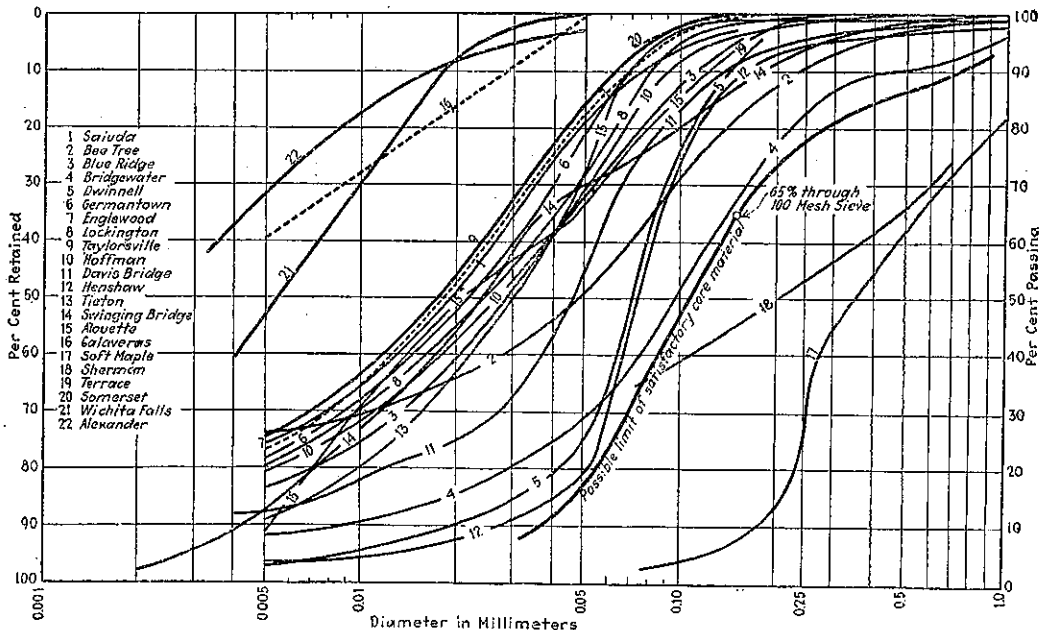
BORROWPIT MATERIALS OF HYDRAULIC-FILL DAMS

特に泥質 (silt) は水と一緒に流れ出て粒の大きいものだけ沈堆し、その結果材料の粒の大きさを増す。core は粗粒のもの程一層速に沈堆凝固し、危険な横壓力を生じない。又微粒を捨てると core の幅を減じ得る。幅廣い core は非常に早く凝固しないと工事中危険を來す。何故なれば堰堤の外殻が突出しその重みが未だ重さに耐へ得ない未凝固の core の上に懸る爲である。hydraulic-fill dam の工事中の危険は主として此の原因に依る。之れを避けるには core と堰堤外殻との境界線を出來るだけ垂直に近くすると良い。Alexander 及び Saluda の經驗で hydraulic-fill に微粒材料を用ふる事は危険を伴ひ易い事を知つた。

第二圖に “Approximate upper limit of size for tight dam” と添書した線は堅牢な dam を得るに適當な材料の最大の大きさを示すもので、effective size 0.12mm., uniformity coefficient 60 を表す様引いてある。之れは可成りの漏水を見た Concomully Dam (line 6) の使用材料よりは細かい。line 3 の Dwinell Dam は粗粒材料で作られたもので工事前は微粒が足りないと思はれたが何等故障が起らなかつた。従つて此の堰堤は hydraulic-fill に適する材料の大きさの最大限度を示すものと見て良い。圖に見る如き各種の大きさの粒を混ぜ有するものが好結果を示して居る。

Hydraulic-fill dam と rolled-fill dam に就き粗粒材の限界線の位置を第一圖及び第二圖に於て比較して見ると、兩者は非常に相似して居る。Rolled-fill dam の所で述べたと同様に

第三圖



ANALYSES OF CORE MATERIALS
Upper size limit is close to that of material of Bridgewater Dam.

此の限界線は hydraulic-fill dam に對しても絶對的の限度を與へるものではないが、總括的に普通の斷面を有する堰堤に應用し得るものである。

Hydraulic-fill Core Materials

Core material の或る者は容易に凝固しないのに、或る者は直ちに安定の状態に達する。現在の data では此の如き差異を生ずべき理由が良く分らない。第三圖中 line 16 の Calaveras Dam は容易に凝固しないで、そのため sloughing (ドロドロになる事) により破壊したが、Wichita Falls の core は微粒であつたに關らず容易に凝固し工事を意外に早く終つて居る。Alexander Dam も滑らない部分の core material はかなり安定して居た。研究の結果粒の大きさが絶對的に core material の適不適を決定する factor でない事は既に分つて居るが、今迄の實例に依ると微粒から成る core を持つ堰堤は多く工事中難儀して居る。故に土堰堤の材料の働きに關して確實な學説が得られる迄は微粒は充分注意して使用しなければならない。

第三圖は core material の分析の結果を示すもので、完全な土堰堤の材料は色々の大きさの粒がよく交ぜ合さつて居るものである。堰堤の安全度の方から core material の最大限の大きさを決定する data が無いが、粒の大きさがある程度を越すと、普通の斷面を持つた堰堤では漏水を生ずる事は確である。Soft Maple Dam (line 17) は殆ど純砂から成り、可成りの漏水を見た。然し滲透水は良く澄んで居たので堰堤には危険が無かつた。第三圖中 “Possible line of satisfactory core materials” と添書した線は 100 mesh sieve を pass するもの 65% を持つ點を通る様引いたもので、安全な core を持つ Bridgewater Dam (line 4), Henshaw Dam (line 12) 及び Dwinnel Dam (line 5) を示す線の下に位して居る。微粒の core を持つ hydraulic-fill dam 工事に經驗の深い Albert S. Crane 氏は “100 mesh sieve を pass するもの 65% を持つ材料は總て満足な core を作る” と言つて居る。大體之れより粗大な core は不満足のものと思はれる。故に此の線は Sherman Dam (line 18) は例外だが、如上の點を通る様引いたのである。Crane 氏は又氏の關係した堰堤の中で line 4 に示す Bridgewater Dam の成分が最も良いものであると言つて居る。

(野口 誠 抄譯)