

UDC 627.823.4:666.971.1

ダム内部に使用する貧配合の コンクリート

Lean Mass Concrete used for Interior
of Dams by Byram W. Steele.

A.C.I. March 1951

重力ダムのコンクリートが耐久性をもつためには、不透水性でなければならない。コンクリートが不透水性でないと、水が漸次に浸み込み、コンクリートの中を通つて、その成分を溶かし出して、ついに破壊の原因となる。

しかしはげしい気象作用に堪えなければならない外側のコンクリートと同様に、ダム全体のコンクリートを不透水性で、耐久性のあるものにするために、十分なセメントを使うことは、不経済でもあるし、水和による容積変化と、それによるひびわれの面からも、反対すべきことである。

水和熱によるダムの内部の温度上昇は、単位容積当りのセメント使用量、セメントの種類、リフトの厚さ、リフトを打つ合間の時間に依るものである。

表面の温度が急に低くなつたり、表面と内部との温度勾配が急になり過ぎたりすると、表面にひびわれが発生する。ひびわれが一度発生すると、それがどんなに小さくても、温度降下の影響によつて、漸次拡大して、ダムにたいして脅威となつてくる。

容積変化とそれによつて起るひびわれを避けるためには、なるべく少ないセメントを用いることが望ましいのである。セメント量を減少する以外の方法は、コンクリート材料を、予め冷やすことで、ダム構築の施工法として用いられていた。

貧配合コンクリートとして、長い間、1立方碼当り4袋(223kg/m³)のセメントが、ダム構築の可能な最小セメント量であると考えられていた。この頃は、強度が耐久性の尺度であると考えられていたもので、この尺度が疑問になるまでは、マス コンクリートの配合設計を変えるための、何等の具体的動きはなく、実際、4袋以下のセメント量で、15cmの玉石のコンクリートを打つことは、実用的でないといふ間云われていたものである。

マス コンクリートのダムの内部にたいして、1立方碼当り4袋(223kg/m³)が最小のセメント量である

ということが、配合設計の改良から、段々に変化しはじめ、コンクリートの品質は、厳格なコントロール、骨材の粒度の良化、水セメント比の低下によつて、一段と向上したのであつた。

この頃、マス コンクリートにたいして、エアレントレインド コンクリートの価値が認められ、過去5ヶ年の間に、空気を導入しなかつたものが、命令的に空気を導入するようにまで変化した。

ダムの内部に用いるセメントの最小使用量は、経済的に使用できる材料について、ダムに用いるような種類のコンクリートで試験して見て、はじめてきめられるものである。使用可能な材料の全てについて、完成した構造物に具体的に現われる結果から見て、もつとも有利な材料を決定するための、実験室における慎重な研究が行われなければならない。こういった研究には長い年月が費やされるであろう。これを急いでも、骨材の十分な評価を得ることができない。これらの研究に殆んど時間をかけなかつたことが、近年の多くの重大な失敗の原因となつたものである。

満足な貧配合のマス コンクリートをつくることにたいする大いなる支障の1つは、細骨材の不均一と悪い粒度、および要求される均一なよい粒度の細骨材をつくるための適当な設備のないことであつた。

著者は数年の間、マス コンクリートの不透水性と打ち込み易さにたいする細骨材の粒度の価値について研究し、砂の粒度が均一に保たれることによつて、かなりのセメント量が減少できるのを確めることができた。グランド クリー ダムの構築の際に、全く使えないものにならない材料を砕いて、3つの成分にふるい分け、再混合して、1立方碼当り4袋のコンクリートに合う均一な、粒度の良好な細骨材を、合理的な単価でつくることができるのがたしかめられた。このときは、現在用いられている1立方碼当り2~3袋の範囲のコンクリートにたいするものは、試みられなかつた。現在砂は、ドルコー水式整粒機(Dorrco hydraulic sizer)をつかつて、原材料を数種の成分に砕いて、これを再混合する方法で、適正な単価でつくられている。

粒度良好な、均一性のある砂が得られるところでは、ダムの内部のコンクリートに、アメリカ技術部隊(U.S. Corps of Engineers)では、長い間1立方碼当り、3袋のコンクリートを打つていた。空気を導入することは、充分満足できるのであつたが、使用しなかつた。コンチャスダム(Conchas Dam)の内部コンクリートは3袋のコンクリートの優秀な例で、このコンクリートは材令1年の強度3675 psi(257kg/cm²)、

w/c は 0.69 であつた。またエレファント ビツテおよびアローロック(Elephant Butte and Arrowrock)ダムでは、内部のコンクリートに、1立方碼2袋のセメントを用いている。

現在の貧配合のマス コンクリートの配合設計の研究では、1立方碼当り 2, 2 $\frac{1}{4}$, および 2 $\frac{1}{2}$ 袋のセメントに細砂を加えると、1立方碼当り3袋のセメントを用いたコンクリートに比して、透水性の点から見て、適当なものであることが明らかになつた。

貧配合マス コンクリートの発達は、1立方碼当り4袋のものが3 $\frac{1}{2}$ 袋に、3 $\frac{1}{2}$ 袋が3袋にと段々に減少して2 $\frac{1}{4}$ 袋(125kg/m³)にまでなつた。次の段階は2袋(111kg/m³)のコンクリートである。これはすでにエレファント ビツテやアローロック ダムで用いられて成功しているものである。

貧配合マス コンクリートに使用できる最小限のセメント量にまで発達するには、時間のかゝるものであろう。しかしこれによつて得られる経済的節約は、必要な基礎的研究の費用を補つて余りあるものである。
(川口輝夫)

UDC 627.82(282.272.73)

完成した Enders Dam

—Missouri Basin 計画の一環—

Enders Dam completed

By U.V.Engstrom

Civil Eng. Jan. 1951

Nebr.州南西部Ender市附近でFrenchman Creek(Missouri河支川)を堰き止めて1947年1月に着工されたEnders Damは、Missouri Basin計画の最初の単位の一つで、合衆国開拓局の設計施工により最近完成し、灌漑、洪水調節及び沈泥捕留の機能を発揮しつつある。

貯水容量74 000acre-ft(94.2×10⁶m³)の中30 000acre-ft(38.2×10⁶m³)は洪水調節に、36 000acre-ft(45.8×10⁶m³)は灌漑に、残り(10.2×10⁶m³)は沈泥捕留に用いられる。

堰堤は土石堰堤で、堤長約2 500ft(763m)河床上の高さ103ft(31m)体積1 300 000cu yd(993 000m³)である。右岸にあるコンクリート開渠型余水吐は、コンクリートの取入エプロンと溢流頂上に6門の50×30ft(15×9m)のradial gateを持ち、最大200 000cfs(5 660m³/sec)を流し得る。余水吐の直左側に取水口があり、7ft(2.1m)の円形水路で水を堰堤下流の沈澱池に導く。この水路の後半は11 $\frac{1}{2}$ ft(3.5m)の馬蹄形水路中に設置された7ft(2.1m)の鋼管である。

貯水池及び堰堤の基礎はPliocene期のOgallala層

と呼ばれる地層が河床では沖積土、谷壁では黄土及びtalusに覆われた広大な河谷で、Ogallala層は軟い白亜質砂岩・緻密な沈泥・沈泥質砂・僅かに固結した砂利と砂及び固結していない砂利と砂・その他から出来ており、河床には透水性と不透水性の部分がある。

Frenchman Creekを右岸に転流して河床から谷壁沿いに堰頂まで止水溝を築造した。河床全面に互つて地下水水位が地盤下2~3ftなので、止水溝の両側の表層剥脱部分は水溜を作つて2~6in(5~15cm)の渦巻ポンプで排水したが、止水溝の排水は大問題で、結局上部掘鑿時は6in(15cm)のheader pipeと6ft(1.8m)間隔の1 $\frac{1}{2}$ in(3.8cm)鑿井法に依つた。底部掘鑿時には間隔を4ft(1.2m)とし、掘鑿が地盤下42ft(12.8m)の最大深さに達した時の流出水は5.5cfs(0.155m³/sec)であつた。

不透水性部分の築造は1947年10月着工し49年に完成した。図-1に示されるように、堰堤は第1区帯(不透水性)・第2区帯(第1区帯の上下流側、透水性)及び第3区帯(ロックフィル)の3部から成り、第1・2区帯は6in(15cm)の層に締め固め、第3区帯は締め固めずに3ft(0.9m)の層で施工した。掘鑿から得られない材料は近くの土取場から取つた。不透水部は殆んど全部黄土で平均透水率は締め固め後0.359ft/year(0.11m/年)、平均締め固め乾燥密度は111lb/cuft(1 780kg/m³)である。透水性部材料は河砂及びOgallala層中の砂で、粒径3/4in(1.9cm)~細砂、締め固め乾燥密度120.3lb/cuft(1 930kg/m³)、平均透水率677ft/year(207m/年)である。透水性材料は非常に少いので透水性区帯は出来る限り小とした。上流面保護のため、堰堤地点で入手可能な最も耐久的な岩を砕いて作つた12in(30cm)の砂利層を上流面上に置きその上に下で3ft(90cm)上で2ft(60cm)厚の石張をした。石は鉄道でWyo.州のGuernseyから運んだ。

取入口工事の掘鑿は殆んど全部Ogallala層で、地盤強度が著しく不揃いなので不等沈下によるコンクリート水路の破壊を防ぐために5ft(1.5m)余分に深く掘鑿した後不透水性材料を締め固めて埋戻した。

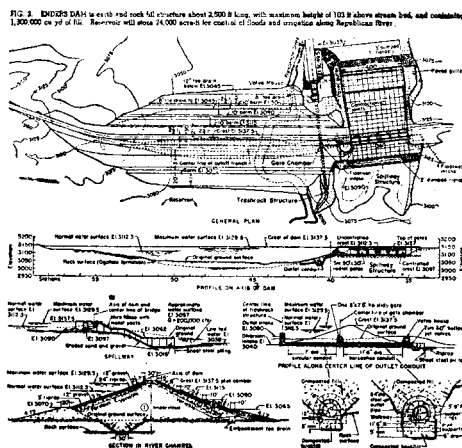
示方書により、Republican河(Frenchman Creekの隣のMissouri河一支川)の砂及び砂利をコンクリートの骨材とすることが出来なかつたので、大部分良質の長石及び石英から成る砂利と砂の採れる70哩(112km)離れたNebr.州South Platte河に骨材プラントを作り、骨材をトラックで堰堤地点山腹に作られた木造貯蔵箱へ運んだ。そこから骨材はコンベヤでパッチャのビンへ引き上げられる。パッチャプラントは

3つの 100cu yd (76.5m³) ビンと1つの 300 bbl セメントサイロから成り、別々のバッチプラントで空練りを作りトラックで2台のベアに運ぶ。AE 剤は自動式ディスペンサによって水に加えられ、出来たコンクリートはクレーン及び 1 $\frac{1}{3}$ cu yd (1m³) バケツ又はポンプで型枠へ送られた。

骨材寸法は 1/4~3/4 in (0.6~1.9 cm) 及び 3/4~1 $\frac{1}{2}$ in (1.9~3.8cm) であつたが、寸法以下の骨材が非常に多いので、上部篩目 7/8in (2.22cm) 下部篩目 3/16in (0.476cm) の2重式 3×8 ft (0.9~2.4 m) 振動スクリーンを取りつけた。この装置のために不適当な粒度によつて起る厄介な作業中絶は完全に除かれた。骨材の計量にはチーベーム秤、セメントの計量にはスプリング秤を用いた。

馬蹄形及び円形水路のコンクリートは内側型枠なしに逆拱を最初に打ち、残りは鋼製型枠を用い、示方書によつて 4ft (1.2 m) の間隔を開けて 28 ft (8.5m) の区間を打ち、4 ft (1.2m) の部分は隣接区間の材令が 10 日に達してからコンクリートを打つた。

図-1



(水野博史)

UDC 624.152.634:624.152.612.3

締切工の下からの漏水をとめるために

用いた薬液注入の施工例

Chemicals stops cofferdam leak

C.Martin Riedel, Civil Eng.

No.4, Vol.21, April, 1951

Kuttawa の近くで、62 号線が Cumberland 河を横切するために、plate girder の上路橋が築造された。この橋の橋脚は、2本の脚をもつ門型のラーメン構造であるが、この下部構造を施工するために、鉄矢板を用いて締切りを行つた。第9号橋脚以外は、何の故障

もなく締切工を完成し、橋脚の施工が行われたのであるが、9号橋脚にあたる部分に、大きい断層があつて、著しい湧水があり、矢板の締切りだけでは到底仕事が出来ないことになつたので、この内側に更に 11×15ft の大きさの第2の締切りを行つた。この締切りは、外側より 24ft も深く打ち込んだのであるが、この作業を行うとき、外側の締切工が邪魔になつて連続して打ち込むわけには行かず、そのために column が、ルーズな岩層に達するや否や水が猛烈に吹き出し、これが外側の矢板のすきまからの漏水と合して、6'' ポンプ2台では全然これ进行处理することができなくなつた。

いろいろな方法によつて、この漏水をとめることが企てられたが、すべて困難であることがわかつたので業者の申出でによつて、薬液注入を行つて、この部分の岩層をかためることが計画された。薬液注入の方法としては、珪酸ソーダ(水ガラス)と塩化カルシウムを用いて、交互に注入する Joosten の発明した古い型の方法を用いた。

この方法を用いるには、珪酸ソーダの粘性その他のために、粘土を含む砂層や、No. 125 のふるいを通る微砂層には注入できないことがわかつているが、試験の結果、この地点の地層は薬液注入に適當であることがわかつた。

注入孔の位置及びその深さは、図-1 に示すようである。

図-1

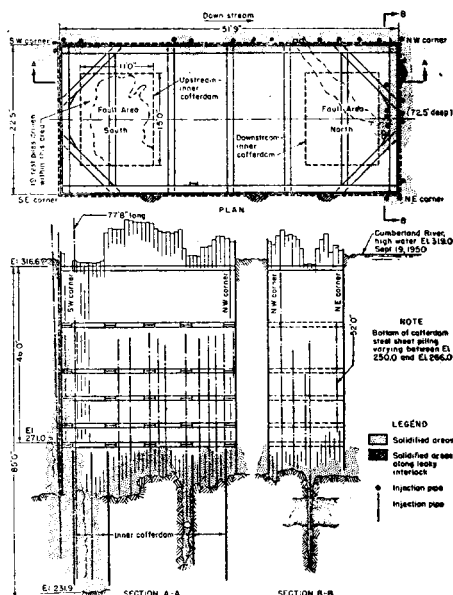


FIG. 1. PLAN AND SECTIONS OF cofferdam No. 9 show location of injection pipes. Average pipe length is 45 to 50 ft. Shaded areas indicate soil which was solidified. Solidified zone has average compressive strength of more than 25 tons per sq ft.

外側の鉄矢板の底部を硬化するために、直径 1 $\frac{1}{4}$ " の管を矢板に沿って打込んだ。このとき、管の先端がつかまらないように、わずかに圧力を加えた水を噴出させた。不透水層に達すると、2つの薬液を交互に、管を引抜き乍ら注入した。漏水の状況に応じて底から 4~12' の深さ毎に注入口をおいた。

最も作業に困難を伴ったのは、内側締切工内部の最も深い亀裂に注入したときで、ここでは、ある部分を注入によつてかためると、48 呎以上の水頭をもつた水が、その近くの弱い所を破つて噴出した。そのため完全に不透状態にするためには、随分忍耐と努力が必要であつた。

NW の隅では、74' の深さに注入をしたが、これは

この種の作業としては記録的なもので、この管から珪酸ソーダ 918 gal, 塩化カルシウム 857 gal を注入した。

注入管がかたまつたゲルでつまることのないようにするためには、ポンプやバルブの操作に十分な熟練者が必要であり、これらの作業は、2人の技師と、各技師の下で作業する 4人の半熟練工が必要である。

装置を整備する時間や季節外れの洪水のために無為に費した時間を除いて、全作業に要した時間は、1日 10時間の作業で 30日必要であり用いた薬液は珪酸ソーダ 11 412gal, 塩化カルシウム 880gal, 全作業の直接の経費は 1 4700 ドルであつた。

(丸安隆和)

○終戦後より今日までの学位授与者一覧（其の2 東大一工の分）

授与年月日	氏名	主論文題目	発表機関	審査員氏名
昭.20. 7.12	平井 敦	吊橋の振り振動に対する安定性について	学会誌 28-9	山崎 匡輔
昭.20. 9.28	横井 増治	仁川港閘門について		本間 仁
昭.20.10. 3	富永 正義	利根川治水計画		本間 仁
昭.20.10. 8	高林 利秋	動的方法に依るコンクリートの強度係数測定の新方法並びに其の応用	単行本(鹿鳴社) 昭.23. 1. 1	山崎 匡輔
昭.20.10. 8	杉戸 清	水源保護より見たる下水処分の研究	水道協会誌 78号, 135号	山崎 匡輔
昭.22.11.24	藤芳 義男	河流蛇行論	単行本	吉田 徳次郎
昭.23. 3.19	友永 和夫	船車連絡可動橋設計上の基礎的諸要素について	学会誌	沼田 政矩
昭.23. 5. 7	岡田 信次	本邦国有鉄道に於ける災害並びにその対策について	学会誌	本間 仁
昭.23. 8.26	大西 英一	超高压隧道と我国に於ける湖沼と発電水力について	発送電	本間 仁
昭.24. 2.14	内山 実	硬練コンクリート圧縮強度試験標準方法の研究	学会誌 35-2	吉田 徳次郎
昭.24. 5.14	仁杉 巖	鋼弦コンクリート桁の設計法に関する実験的研究	鉄道業務研究資料 昭.24.12 学会論文集	吉田 徳次郎
昭.24. 5.14	国分 正胤	新旧コンクリートの打継目に関する研究	セメント技術年報 昭.24.12. 学会論文集	吉田 徳次郎
昭.24. 6.30	松村 孫治	地震力による土堰堤の変形		最上 武雄
昭.25. 7.25	河村 龍馬	飛砂の研究		本間 仁
昭.26. 4.11	武田 通治	写真測量論考		福田 武雄
昭.26. 5.26	畑野 正	重力ダムの振動に関する一考察		最上 武雄
昭.26. 5.26	垣谷 正道	アーチダムの設計に関する研究	電力研所報 3.18	最上 武雄