



目次	米國に於けるコンクリートダムと建設機械の発達の回顧
	人工的土地凍結掘進法

米國におけるコンクリートダムと建設機械の発達の回顧

E.N.R. Sept.1, 1949より

コンクリートダムの工事は、土木工事の中で最も大規模なもの1つである。コンクリートダムが今日のような設計、施工の技術の域に達するまでに、どのような過程をへてきたかを知る事は、コンクリートダムの工事に携わる人はもとより、他の人々にとつても有意義なことであろう。これらの歴史を眺めて感ずることは、アメリカでは大きいダムが1つ出来る時、コンクリートダムの技術に必ず何か大きい進歩がもたらされているという事である。これは、常に研究と努力がなされている証左であつて、我々も大いに学ばねばならない点であると思う。

1884 Bear Valley Dam (California) が完成した。このダムは、アーチダムで、高さが64呎、堤頂巾が3呎、アーチダムについて長年の研究の結果実現した初めてのアーチダムである。当時としては“最も大胆で冒険的な構造物”と考えられていた。

1890 Crystal Spring Dam で、はじめてブロックシステムによるコンクリートの施工がなされた。

1900 Tallahassee Dam で、セメント注入によつて基礎地盤の改良する方法が初めて用いられた。セメント注入による地盤改良が最も広範囲に用いられたのは Hoover Dam である。(1933)

1903 Theresa (N. Y.) に初めて、扶壁型のダムが造られた。この設計および施工者は N. F. Ambursen である。

1904 Pathfinder および Shoshone Dam はアーチ重力ダムであるが、この設計に、ダムがアーチおよび片持りとして作用したとき、堤頂における撓みと同じになるという条件で設計する方法が用いられた。

1906 Wachussett Dam で、設計に當つて揚圧力の影響が初めて考慮されるようになった。

1903 Lake Hume Dam で、多アーチダムがはじめてつくられた。

1910 Shoshone (1910) Pathfinder (1913) Ken-sico (1916) などで、巨石コンクリートが使われた。そ

の結果、巨石コンクリートは不経済であることがわかつたので、1927年 American Fall Dam では6吋、Hoover Dam では9吋の玉石コンクリートが使われるようになった。

1912 Elwha River Dam で基礎が破壊し、堤体の80%が崩壊した。その結果、ダムには嚴重な規格が必要である事が一般に認められるようになった。

1914 Arrowrock Dam で、鉛直打継目の上流面に近く鋼の止水板を用いた。Arrowrock Dam は高サ349呎で、当時では最も高いダムであつた。

1914 Arrowrock Dam および Elephant Butte Dam では、セメントを粉砕するとき砂を混合し同時に粉砕したセメントを用いた。これが現在の混合セメントの初めである。

1914 Salmon Creek Dam (Alask) で、各部分で曲率半径が異なるが、角が一定になるようなアーチダムを設計した。

1924 Black Canyon Dam で、コンクリートの配合設計に水セメント比が用いられるようになった。

1925 Stevenson Creek の試験用ダムで、アーチダムを試的に設計する方法の確実性を実験した。そしてこの方法は、アーチダムの設計には最も経済的であることを確めた。

1926 Gibson Dam で、鉛直打継目にセメント注入を行つた。

1928 Owyhee Dam で、コンクリートの中に“ヒズミ計”を埋込んで応力分布の状態を測定した。このダムは高サ417呎で、Hoover Dam が出来るまでは最も高いダムであつた。

1928 Owyhee Dam で、完成後注入するためのパイプを埋込み、これを使つて冷却水を循環させたときのコンクリートの温度に及ぼす影響について試験した。その結果 Hoover Dam では、コンクリート温度の調節に、全面的にパイプによる冷却法を用いることにした。

1928 St. Francis Dam が崩壊した。

1928 シューティングによるコンクリートの打込み方法は、底開きバケットによる方法にうつり、カタ練りコンクリートが用いられるようになった。Chute a Ca-

ron Dam はこの方法によつて施工されたものである。(1929)

1929 Bridge River Dam で、模型実験を行い、跳水作用の影響について研究し、Conowingo Dam で、ダムの中の部分でどれ程の浸蝕をうけるかについて正確な測定を行つた。

1930 鉛直余水吐の水利実験を行い、ダムの設計上の基礎的な問題について貢献した。

1930 Hoover Dam で、低熱セメントが用いられた。5 呎のリフト毎に埋込んだパイプに冷却水を通して、コンクリートの温度調節を大規模に行つた。

1931 Hoover Dam で、50 呎 × 50 呎の柱状施工の方法が用いられた。このダムの高さは 726 呎で、現在では最高のダムである。

1933 振動機を用いてコンクリートを締固める方法が Pine Canyon Dam で初めて使われた。このためにカタ練りコンクリートが確実に施工されるようになった。

1934 T.V.A. の Norris Dam で、直径 36 吋の大試掘孔をほり、試掘孔に入つて直接地層をしらべたり写真撮影をしたりすることが出来た。

1935 Grand Coulee Dam の堤体の体積は 10 500 000 cu. yd で、この意味では最大のダムである。それで施工の方法を特に今までとは異つた方法をとることが必要であつたが、その主なるものは次の 2 つである。

(1) 先例のない大きく且つ深い締切ダムを造つたこと。(2) 先例のない速サでコンクリート打ちが出来るとようなプラントを造つたこと。コンクリートの打込み速サは月 300 000 cu. yd の割合である。

1935 Bonneville Dam で、セメント混和材としてボツソオラナを用いた。

1940 Friant Dam で、表面に緻密なコンクリートを作るために、吸水性のライニングをした型ワクを用い、又コンクリートの温度をさげるために、混合する水に氷の薄片を加える事をはじめた。

1940 Parker Dam で、外観上はいふコンクリートであつたのに、ひび割れや腐蝕の現象があらわれ出した。その原因について調べた結果、セメント中のアルカリと骨材中の可溶性のシリケートが反応して、所謂アルカリ骨材反応であることがわかつた。その結果アルカリ骨材反応を起すおそれのある骨材を用いる場合には、セメントのアルカリ分に制限を加えるか、ボツソオラナ質の混和材を用いなければならぬ事がわかつた。

1943 Shasta Dam の余水吐で、緻密で、強度の高きコンクリートを造るために、真空養生をする事が始

められた。真空養生は現在まで広く利用されている。

1946 Allatoona Dam と Angostura Dam で AE コンクリートが用いられ、非常によい結果が得られた。
(丸安隆和)

建設機械

機械化施工の第一歩を踏み出さうとしている我々は現在高度に発達している米國の建設機械の発達過程を知ることにより、うる点が多いと思う。

1875 揺動式土運車が出現して当時の機械化に貢献した。

1875 連続作業の出来るコンクリート ミキサ出現、コンクリート工事に利用され始めた。

1875 単動蒸気杭打機の出現。

1877 車輪付スクレーパー出現した。従来のは地上を直接引張るものであつた。

1878 木製台車に鋼製ブレードをつけたロードグレーダーの出現。

1881 蒸気ショベルでブーム昇降用、捲上用、ディッパー押出用に別々の機関をつけたものが現われ、パナマ運河の様な大工事と相俟つてショベルの発達を促進した。

1883 クラムシュルバケツは従来浚渫工事に使用されて来たが、乾いた材料の取扱いに使用される。

1885 スチームトラクター出現す。

1891 蒸気ローラーが現われて路面の平滑な仕上げを可能にした。

1892 底開き式土運車が出来たが、之はエレベーターンググレーダーの共同作業機であつて、土捨て労力を不必要とした。

1893 デーゼル機翼が發明された。

1893 複動蒸気杭打機出現、市販さる。

1894 モンタナの洗鉱所で浚渫に電気動力を用う。

1895 全旋回可能なショベルが出来た。

1896 ハンマー式さく岩機が發明された。

1897 空気鋸打機が出来て、作業能率を向上す。

1898 米國で始めてデーゼル機翼が製作され、セントルイスの酒造所で使用された。

1899 鋼製ドラムの可傾式ミキサが現われ、進歩の初期的なものであつたが、工事に活躍した。

1903 木製ブームの全旋回式掘さく機出現す。之は現在のドラグラインの前身である。

1903 摩擦クラッチ傳動によつて、ショベルの動力は 1 台の機関で済む様になつた。

1904 プラットフォームホールと呼ばれる無限軌道が蒸気トラクターに装着された。

1905 コンクリートミキサを自走可能にした。初め

のペーバーが現われた。

1905 短梯型トレンチャー出現。従前はホーホルタイプのものであつた。

1905 建設機械用としてガソリン機関使用さる。

1906 機械式ダンプトラックが出来た。

1906 コンクリート工事に鋼製型ワク採用さる。

1907 コンクリートミキサに動力投込装置が取り付けられた。

1907 シーブスフートローラーが西部で使われる。

1908 ガソリン機関付キャタピラ式トラクターが作られ、ロサンゼルス水道工事で37台も使われた。

1909 初期のコンクリートポンプ出現す。

1910 クラッシャーとエレベーターを普通の貨物自動車に載せた、可搬式プラント出現す。

1911 クレーンに無限軌道をつけて接地の問題が改良せられた。

1912 ジャックハンマー発達す。

1913 ドラグラインに匍匐移動法が考案された。

1915 馬力牽引式ブルドーザーが工場生産さる。

1918 トラッククレーンが初めて作られた。

1918 ロードフィニッシャーの出現。

1919 ペーバーに無限軌道が装着された。

1919 アスファルトデストリビューター現わる。

1920 バッチングプラント現わる。

1922 全溶接のトラクター牽引スクレーパー出現す。容量6立方碼、ダンプは電気操作式。

1923 ブルドーザーがトラクターに取付けられた。捲上げを手動で行う式のもの。

1923 重荷重用トレーラーが便利に使われ始む。

1924 デーゼル機関を掘さく機に使用し始めた。之によつて、機械の大型化が始るのである。

1925 油圧式ブルドーザー出現す。

1926 連続操作式ペーバー出現、ペーバー1本で操作出来る様になつた。

1928 ブルドーザーやスクレーパーに鋼さく式の操作方式が試みられた。

1929 ロードミックス機械が現われた。

1930 アスファルトフィニッシャーが使用さる。

1931 取外しの出来るドリルビットが発明さる。

1931 デーゼル動力がトラクター、グレーダーに使用された。

1932 コンクリート圧送機械の発達。

1932 複胴のペーバー(27E)出現して能力を倍加した。

1932 スクレーパーにゴム輪が装着された。

1933 容量12立方碼の完全なスクレーパーが製作

された。従来のはエブロンがなく、コボレを防止出来なかつた。

1934 不整地用のダンプトラックと土運車出現、ゴムタイヤの太いものを用いて柔い地盤でも使用出来る様にした。

1936 重量調節可能のローラー出現す。

1937 ショベルに油圧操作を用い操作簡単となる。

1938 ゴム輪付自走スクレーパー出現す。(タナブール型のもの)

1940 9.6マイルもの長いベルトコンベヤーをシャスタダムで使用した。

1941 4輪ゴムタイヤ式トラクターが再び建設機械部門で使用され始めた。

1942 第2次世界大戦の結果、全輪駆動方式が発達した。

1943 大型トラクターに流体接手が採用された。

1945 自走式ロードミックスが作られた。

1947 ゴムタイヤ式ブルドーザー市場に現わる。

1948 ゴム輪式ローラー出現す。

1948 掘さく機の切刃に振動を應用した。

1948 セミトレーラー式スクレーパー及びワゴンの4輪全部に動力伝達を行う様になる。

(坏 質)

人工的土地凍結掘サク法

地下鉄工事や橋梁基礎工事その他の土木工事に於て土地を深く掘進すると先ず必ずといえる位地下水に遭遇する。これを克服する1つの方法として、人工的に土地を凍結させ掘さくする方法が歐洲各國では古くから利用されている。ソ連ではこの方法が採用されてから20年に過ぎないが、同國ではこの研究に功績の多かつたエヌ・ゲ・トルバク技師にスターリン賞が授與された。即ちこの研究がソ連の土建界に大きな功績があつたことを察知出来る。トルバク技師は「土地凍結法」(1948年版324頁)という著書中にその研究を詳述している。以下紹介するのはソ連の雑誌「冷凍工学」(1949年1月)に発表された同氏の報文の概要である。

人工的土地凍結法がソ連で始めて採用されてから20年間にこの方法は著しく改良され、その適用範囲は広まり、次のような各方面に利用されている。堅坑、隧道、水力発電、船渠、基礎、唧筒所、橋梁下部構造、試掘坑その他。この20年間に土地凍結法を適用した工事は84を数え、凍結させた土量は625,000m³に達する。この間幾多の困難な技術的諸問題に遭遇し、

これが解決された。例えばモスクワ地下鉄の建設工事で非常に厚い含水土層内に傾斜堅坑を掘さくし、或はレングラー地下鉄工事の傾斜坑の掘さく等にはこの方法が採用された。以下凍結法による3つの代表的工事例について記す。

(1) 堅坑

この工事は通気用堅坑の掘さくで、先ずこの堅坑(径6m)は排水を行いながら、鑄鉄管の卸下筒柱を用いて掘進した。この筒柱の重さを増加するために管の内側に厚サ0.5mの鉄筋コンクリート壁体を建造したが、筒柱は地表から20mの深サで著しい摩擦をうけ、且つ巨石に行き当たつたために停頓し、多少傾斜した。その他堅坑から排水する際、多量の砂が氷と共に流出し、堅坑管の周に漏斗状の空洞が出来た。掘さく機は著しく歪曲したので、特別な索で落下しないように保持した。これらの理由で卸下筒柱で堅坑を掘ることが困難となつたので、階段的凍結法を採用することになった。

その方法は地下18mの所に木造框を設け、こゝから凍結孔を鑽孔した。又、この框に遠心唧筒をとりつけ、堅坑筒から水を排除した。凍結孔は深サ7mで、その中1.7mは硬質粘土であつた。凍結孔の底は堅坑筒の外側に0.6mだけ出るように、水平と84°の角をなして外開きに配置された。この凍結孔は直径5.27mの円周上に、間隔1.1mで配置され、その数は18本である。冷凍液の集配環は地下10m、即ち地下水位上1.5mの所に設置した。又この作業のために約80000標準カロリー/時の冷凍能力あるA B型アグレゲート4台を有する冷凍所が設けられた。

斯くして凍結した土の円筒が出来た後は堅坑筒内からの排水を中止したので、地下水位は11.5mまで上昇して来た。なお冷凍を行うまえに堅坑筒の導坑は厚サ1mの砂層で填塞された。

(2) 開門

この工事は河川の水路附近の浸水地で行つたものであり、現場の地質は、地表から0.5~2mの泥炭層、次に厚サ4mの粘土質砂層、その下に6~7mの沈泥層があり、更にその下は厚サ3~4mの砂と砂利の混合層である。なおこの地域の基盤は石灰岩で、地下水位は地下3mである。

こゝに開門を建設する場合、基礎掘さくに際して地下の湧水を防ぐために、長サ2700m、高サ12.5m、厚サ1mの氷の隔壁を形成した。この隔壁の位置は基礎周囲の安定と安全を考へて基礎底より47m離して設けられた。

この工事では凍結孔は2m間隔に、1340本、延長

16750mを掘さくした。この鑽孔は水力で行い、水消費量0.3~1.5m³/分、圧力10気圧で行つた。又土の凍結は夫々870000標準カロリー/時の能力あるエゲ型アグレゲート3台を有する冷凍所で行つた。凍結孔の穿孔には穿孔機2台で5ヶ月を要し、その凍結には100昼夜を要した。凍結土の経費は1m³当り100ルーブルであつた。

(3) 橋梁下部構造

現場の地質の状態は、地表から6~8mは砂利を多く含んだ砂層でその下に2~5mの砂土がある。こゝの基盤は石灰岩と泥灰岩であるが、石灰岩の厚サは約5mでこの下が泥灰岩である。なお石灰岩と上層の砂土との間は0.5~1.0mの砂を含む砂礫層が介在する。これらの土は水で飽和され、地下水位は地表下2.3m、地下水の温度は8~9°Cである。

この地盤に河の平均水面以下10mの深サまで40m×60mの基礎掘さくを行うために、先ず金属及び木造の締切工を施工したが、これが石灰岩の基盤に密着しなかつたのと施工が不充分であつたため、十分に水を止めることが出来なかつた。又掘さくする位置に近接して4階建の建物があつたので、土留の囲壁の土圧を軽減し、家屋の沈下を防ぐため凍結工法を採用した。

その方法は掘さくすべき基礎の外周1.7mの位置に1.25m間隔に214本の凍結孔を穿つた。河に面する側の穿孔は2重とした、これらの穿孔の深サは平均16mで、その総延長は3640mに及ぶ。凍結所は現場から150m離れた所に設け、エゲ型アグレゲート2台(全能力94000標準カロリー/時)を設けた。

アムモニアは河水で冷却し、このために河岸に遠心ポンプを設けた。土を冷凍すべき塩水の温度は凍結の開始の際、-10~-12°Cであつたが、その後-20~-22°Cとなつた。凍結後の基礎内の水位は河の水位より10~12cm低かつた。掘さくは凍結後3月を経て開始した。基礎の中央部は3台の水力機で掘さくした。その方法は8気圧の圧力水を注ぎ、この泥土を40m³/分の能力の遠心ポンプで汲出した。ポンプの施工能力は一昼夜に平均350m³であつた。(原田千三)

京城工業専門学校出身の方へお知らせ

京城工業専門学校出身の方で、色々な事故のために卒業証書等を紛失してお困りの方は、同校の残務を下記の処で取扱つて居ります。

東京都千代田区麹町6の6 梅林土木株式会社

東京支店内 東栄工業会 電話九段(33)4076

同会に名簿がありまして文部省に連絡の文部省から卒業証明を出すようになって居ります。

但し教員資格証明は3月31日限りで取扱いが切替りとなつたとの事でありませう。