

## 最近における米国の土木工事について

正員 種 谷 實\*

ON THE RECENT STATES OF CIVIL ENGINEERING  
PROJECTS IN U.S.A.

(JSCE Sept. 1950)

Makoto Tanetani, C.E. Member

**Synopsis** The writer, having completed his tour of inspection in the United States, came back to Japan in the middle of July. This article is a record of the lecture given by him, on August 9, at the Civil Engineering Society.

The writer explained his itinerary, and introduced some of the "Construction Method" most commonly adopted in that country at present, followed by the descriptions on the practice of "Bidding of Construction" and "Construction Contract Bond" together with the review of activities of the Construction Industry in America.

He also described how the mechanization of Construction in America has affected to reduce the cost of construction and terms of work as well as to improve the quality of work done, and emphasized the urgency of importation to Japan of American Civil Engineering Technique and equipments.

要旨 本文は3ヶ月の米国視察を終えて7月中旬帰朝した筆者が8月9日土木学会主催の講演会で行った講演の記録である。筆者は工事視察の経過を説明し、次いで現在米国において最も実用されている土木施工法を紹介、更に請負工事の入札方法、工事保険制度等米国建設業の実態を明かにし、又米国における工事の機械化が如何に工事の低下、工期の短縮及び工事の質の向上をもたらすかを説明し、米国の技術及び機械を可及的速かに日本に導入すべきことを力説している。

私は去る4月18日羽田を出発して6月13日帰朝するまで、86日の間米国各地を視察して来たが、今回の視察の目的は彼地で最も実用化されて居る土木の施工法と、工事の入札契約の現状並びに建設工業の実態の研究調査であつた。話の順序として旅行の経路を申上げよう。羽田桑港間は飛行機で30時間割に楽な飛行であつた。桑港ではモリソン会社(MK会社)の子会社であるインターナショナルエンジニアリング会社に行き社長シーピーダグン氏(桑港オークランド湾橋の下部工事の主任技師)とMK会社社長モリソン氏に会い、今後の視察日程につき打合せをした。モリソン社長は自家用のダグラスDC-3で当時渡米中の伊太利一流の土木会社の社長チドニオ氏と私を伴い桑港国際飛行場より加州フレズノ市に至り更に自動車でビッグクリークダム工事とロスバアノスの大水路工事を見学し即日桑港へ帰つた。物凄い重機械のスピード、整頓

された工事現場、新規の工法等に目を奪われ且つ自動車で現場を引き廻されたスピード視察に全く面喰つて了つた。桑港に約1週間滞在し、直ちに飛行機でシカゴへ行つた。シカゴのポルトランドセメント協会の技術研究所は工費300万弗で最近出来上つた鉄筋コンクリート2階建約3000坪の建物で、その建築外観、内部装飾共に最新のセメント及びコンクリート技術の粋を尽したものである。特に実験設備は完備してエアーコンデショニングによる暖冷房装置を始め最近唱導されているコンクリートの耐久性の実験に必要な乾燥した室、湿潤した室或いは凍結又は融解させる室等が設備され、9年前、6年前等の供試体のスケリングやプリストレスドコンクリートの実験、或いは全米各州のソイルを集めてソイルセメントの実験をしていた。天井、間仕切壁等には着色した軽量コンクリート又はモルタルのブロックを用い、特に建物の外面はブライウッドの型枠を使つてコンクリートの生地 of 儘の見事なものであつた。イリノイ州の土木部の橋梁、道路工事を色々見学したが、コンクリートポンプの活躍、H型鋼製杭の使用、空気連行剤及びフライアッシュの実用等が目についた。シカゴ滞在約10日間の後5月6日紐育へ到着した。紐育での各種の研究調査の中特にメーザンディガンエクスプレッスウェイの工事は有名なヤンキースタジアムの前で施工されて

\*鹿島建設株式会社常務取締役

いる立体交叉の道路工事で、この現場で約1週間具さに請負の方法を調査した。ワシントンでは約1週間程滞在して陸軍省、内務省等は勿論米国綜合建設業協会、砂・砂利協会、レディミックスコンクリート協会、米国道路協会、全米各州道路技師協会等に行つたが、各協会の技術部の活動は非常に権威のあるもので各種の立派な論文、実験報告等を発表していたが、これは紐育の土木学会の学生支部の活動と共に最も印象的であつた。次でバアハロウ附近のマウントモリスダム工事を見学し、5月29日再びシカゴへ戻り、6月1日MK会社のグレンシー・ジョンソン氏の案内により約1万軒に達する工事見学自動車旅行の壮途に上つた。MK会社は私の為に特に新車を買つてくれ、ジョンソン氏が自ら運転して工事の案内をして呉れた。先づセントルイス市附近のチェインズオブロックス閘門工事を見たが是は世界第1の閘門（主閘門長サ1200呎、幅110呎、高サ92呎、副閘門長サ600呎）で本年末には完成の見込だそうだ。こゝで径30吋、毎分800立方碼に達するサクシヨンドレッヂによる堤防増補工事を見た。更にミズリー州を南下して北アーカンソラ州のブルショールズダム工事を見学した。是は陸軍の施工になる洪水調節用のダムでコンクリート量は210立方碼になり完成すれば世界7番目のダムになるそうである。更に北ダコタ州の首府ビスマルクの70哩北にある世界第1の土堰堤ギャリソンドラム工事を見学した。時速35哩、25立方碼積載の90屯土運搬トレーラー、毎日12立方碼に達する大土工に一驚した。次でワイオミング州のホルテズ及びボイセンの両ダム工事を見学、再び北行してイエロウストーン国立公園の大家施設特に道路及びバンガロ式簡易宿泊施設の完備したのを見て民主国家米国の真隨に触れ日本の国立公園施設の有益なる示唆を得ることが出来た。更にモンタナ州に入りカナダ国境に近いハングリーホースダムの工事現場を見学し世界第3のコンクリートダム工事の雄大なる規模に目を見張つた。再び南下してアイダホ州ボイセ市に行き附近の既成或は工事中のダムを見学し再び北行してワシントン州のグランドクーリーダムに向つたが、途中オレゴン州内で天然ガス管布設工事を見学した。グランドクーリーでは灌漑用水のポンプ場を工事中であつた。次にコロンビヤ河に沿つて西行しボンネビル、マクネリーダム等の工事を見てオレゴン州のポートランド市に到着しここで案内のジョンソン氏と別れたが、それまで25日間の行程であつた。自動車の平均速度は60哩で1日最大の行程は550哩、平均450哩位だつたが、国道は極めて良好の状態であつた。ポートランドから飛行機で

桑港に戻る途中加州のジャスタ山に近いジャスタダムを空中から見学したが、飛行機は特にダムの上空を2回程旋回して貯水池の全貌を見せて呉れた。桑港では再びMK会社のサドマン氏の案内によりビッグクリークダム工事を見学したが、24万立方碼のコンクリートダム、24呎の馬蹄形圧力隧道の物凄いスピード掘進等約1週間滞在して業者の工法を具に調査した。再び桑港に戻り更にロスアンゼルスに行き附近の土木工事を見学して帰朝したのである。

米国各地を視察して感じたことは、施工技術の点で現在の日本は米国より遙かに遅れていると云うことである。特に米国は1935年を転機として非常に進歩を遂げた様で、今日米国の工事現場ではウインチのワイヤロープ、ドコービルのレール等は全く見られない。更に労務組織の進歩及び計理の機械化による事務組織の簡易化等によつて吾国とは少くとも50年以上の差があると思われる。更に工事の機械化と労務者の時間給制度の創設並びに電気溶接技術の進歩による工費の低下及び工期の短縮は非常なもので、今日尙建設業者は出来得る限り工事の機械化を行い労務者の非効率を補はんとしているが、その意力には全く頭が下る。次に機械の容量、寸法は実に多種多様であつて小工事でもそれに適応する機械を作つて居り、工事の機械化は単に大規模のものに限つていない。この点は吾々日本の技術者も大に考えるべきだと思ふ。機械の作業速度は極めて早くなり、例へばコンクリートダムに於るケーブルクレーンの速度が毎分1500呎、昇降速度は毎分400呎、ウォーキングドラグラインにおいて15立方碼のバケットの作業速度は1分以下といふ言語に絶するスピードである。

さて最も実用化した土木の施工法で日本でも1日も早く採用したい工法に就て申上げよう。先づコンクリートの施工法だが、重量配合の施工は1933年より全米各州の土木部の工事仕様書に規定され、現在如何なる小工事でも凡てこれに依つている。これは細骨材の粒度と含水量の比率によつて単位重量が2~5割変化する為に容量配合を重量配合に改正したのである。各州の土木部に計量技師(Scaling and Proportioning Engineer)がいてその配合設計の下にコンクリートを打設している。含水量も1時間置きに調べて居りその計量機も1分位で直ぐ判るメーターが出来ている。\*日本においてもせめて手動式のビーム又はダイヤルステールバッチャーを1日も早く使用すべきだろう。細骨材も2~3種類の粒度に分けて使い殊に100番篩以下のものを12~13%程度使用すれば強いコンクリートを作り且つセメント使用量を減ずるといふので盛に行

われていて甚しい時は4番以下8番篩迄の粒度の砂は全く使わないこともある。

次にポゾラン (Pozzolan) の使用であるが、之をポルトランドセメントにまぜて使用すれば色々の効果が生ずる。第1に耐久性のあるコンクリート (高度の水密性を有するコンクリート) になること、第2には非常にプラスチックなウォーカブルなコンクリートになること、第3にコンクリートの凝結温度華氏を10度位下げる特性があること、第4に普通ポルトランドセメントのコンクリートの耐圧強度に比し28日では少し劣るが、60日、90日では非常に強大となり、90日では4500lb/in<sup>2</sup>以上となり (普通ポルトランドセメントコンクリートでは3500lb/in<sup>2</sup>) 尚強度曲線は上向きであること等の利点がある。このポゾランの使用は極く近年の事であつてダムコンクリートは勿論各種のコンクリート構造物に使用されている。米国には4種類のポゾランがあるそうだが、最も普通に使用されるのはフライアッシュ (fly ash) とオイルシェールをクリンカーにしてミルで粉碎したものと2種類である。前者は発電所の石炭ガラから製造したもので、主にシカゴ以東で多く産出され、値段も普通ポルトランドセメントの半値で、後者は主に大太平洋岸の精油所で作られこれはポルトランドセメントと略同値である。(尚ポルトランドセメントは1袋94ポンド入2弗程度である) ポルトランドセメントとの配合の割合は重量でフライアッシュは30%、後者は25%である。ビッグクリークダムでは後者を使用していたが、シカゴ、ニューヨーク方面の土木工事には全部Ⅱ型即ちモディファイドセメント (普通ポルトランドセメントより少し低熱になるセメント) にフライアッシュをまぜて使用していた。特にダムコンクリートではこのポゾランの使用と骨材の人工冷却により作業ブロックの長さが増大するので非常に工期の短縮と型枠の節約が出来る。又コンクリートポンプの使用に当つても粘りを与える為必ずこれを使つている。

次に A. E. コンクリートだが之は最早各地で実用され仕様書にも規定されている。これは凍害霜害風化、剝脱、水分の滲透その他有機物に対し物理的に化学的に抵抗力を増加し所謂耐久性あるコンクリートになり、又プラスチックでウォーカブルになるのでコンクリートの打設仕上が非常に容易になり今後益々盛になると思う。普通連行空気はコンクリートの抗压強度を減少させるが、空気連行剤の使用によつて養生中強度が増加するのである。空気の量が6%を超えない場合は水セメント比が小であるにも拘はず強度を増し且つプラスチックなコンクリートが得られ、

普通3~6%、平均して5%位を使用している。連行剤で最も普通に使用されるのはデーレックス (Darex A. E. A.) と云つてブラウンの色をしたどろどろの液体である。その使用法は先づ1立方碼のコンクリートに対し砂の量を100~125封度丈減少し、水量を10%丈少くする。そしてセメント1袋につき $\frac{3}{4}$ ~1オンスの割でデーレックスを注入し、次に空気の容量を3~6%に決定する。水量を10%も減少しない場合はデーレックスはセメント1袋につき2オンス位使用している。デーレックスは非常に安価で1立方碼のコンクリートに必要な量の値段は4セント程度である。私はスランプ1吋半程度でこのデーレックスを使用したコンクリートを屢々見たが、粘り気のある砂利が均等に分布されてバケツから落下した後も殆んど分離しない。

次に型枠の問題だが、米国では鋼製や合板 (ブライウッド) 型枠の外普通の木の型枠も勿論沢山使用しているが、コンクリートダムでは鋼製の型枠は非常に進歩し特に下流側傾斜面に使用するものは其の傾斜度の調整方法が頗る具合良く出来ている。合板型枠はワシントン州で産出されるダグラスファーで作られ厚サ4分と5分の2種類あつて、幅4呎、長さ8呎が標準型である。ベニヤ板4~5枚合せて、その膠着剤は合成樹脂の特殊防水性のもので日本では未だ出来ないそうである。この型枠を使用すれば非常に平滑な表面が出来るので最近では鉄筋コンクリートの建物の外壁にも盛に使用されている。値段はこの定尺物が1枚7弗で使用回数は25~30回だから非常に安いわけである。型枠油は普通のパラフィン系オイルの外、合成樹脂のオイルがあつて1回塗れば4回コンクリートが打て尚水分の蒸発逸脱を防止する性能を持つている。

次にポンプコンクリートだが之は空気連行剤或いはポゾランの使用によつてコンクリートが非常にプラスチックになつた為、トンネルの捲立、地下道、地下鉄下、水暗渠、その他混雑して居る市内の道路舗装等の工事には盛に使用されている。管の径は6、7、8吋の3種類あつて8吋だと骨材の最大寸法は3吋位まで使へる。水平送達距離は1000呎迄で、高さは理論的には100呎だが実際は20呎以下の様だ。又工事終了後はゴッドデビルを用いて圧力水で洗うのが最も普通である。次にコンクリートのレイタンスを除去するのに現在米国では凡てサンドブラステイングを採用している。之は80~100封度の圧搾空気で堅い砂をコンクリート面に吹きつけ、後で水で洗うが又砂を水と一緒に吹きつける場合もあり、之はウェットサンドブラステイングと云つている。1時間に500平方呎位クリーン出来る

である。骨材の人様工冷却は大体3種あつて、華氏35度の空気、同じく35度の水、氷片を骨材のバッチに送る方法だが、第1の空気はハイター法と云つて最も理想的だが、現在米国でも5ヶ所程使用されて居るに過ぎず、最も普通なのは第2の方法である。氷片は200封度で、温度が華氏5度位下るそうだが、何れにしてもコンクリート打込の際の温度は華氏60度を目標にしている。以上によりコンクリート打込ブロックの大キサは非常に大きくなり、リフトは5呎であるが幅50呎、長サはダム底部を連続して一時に打ち込める。ブルショルズでは238呎、ハングリーホースでは183呎が最大であつた。打込の速度は幅50呎、リフト5呎で大体1時間に10呎の割で、1層の厚サ16吋で3段に打つ。又型枠の必要量は非常に減少して所要面積の約15%程度準備すればよいようである。次に骨材製作だが、殊にコンクリートダムのような大工事だと自然の河砂利、河砂を採取せず人工的に岩石から粗骨材、細骨材を製造している。砂製作にはロッドミル、砂の洗じようにはサンドセットリングボックス、スクリウ、クラシファイヤ、ドルサイザ等が盛に使用され、又エヤーセパレーターで200番篩以下を捨てている。使用電力は相当多くなるが正確な骨材が得られ、殊に日本の如き河川の upstream で良質の砂を得られない場所では今後も人工製作をする方が遙に経済的であらうと思う。尚米国では骨材の単価は機械の償却を含んで1立方碼 2~2.5 弗である。但し是は利益税金、一般経費は含んでいない。最近の骨材製作順序は第1次碎石機→荒篩→第2次碎石機→ベルトコンベヤー→粒度別分類篩→砂ミル→砂篩→洗滌機→ストックパイル(山形積)→リクレイミングシステム(トンネル式)→バッチャープラントとなつていて、極く狭い場所でも出来る。1日1,500立方碼のコンクリートを作るに必要な骨材製作機群の価格は1組約20万弗で、中古品は半分である。次にバッチプラント、ミックスアだが、是も非常に進歩しているが、特殊鋼のライニングを4万立方碼毎に取り換えている。2立方碼2台のもので1組9万弗位である。

次にレディミックスコンクリートだが、約15年前から所謂ドライバッチをトラックにのせた混合機で輸送するラトシットミックスになつた。即ち、砂砂

利、セメントをトラックミキサーに入れ現場で水を注入してコンクリートを造る。容量は4, 6, 8立方碼が普通だが、6立方碼で1万5千弗かゝる。次にベルトコンベヤーの速度も非常に早くなり36吋で1時間に850立方碼輸送出来る。

1日も早く日本に輸入したいものは、ワゴンドリルと取り換えビットである。前者は石材採取又は広い面積の岩盤掘鑿に使用して最も効果的で、取り換えビットは特にタシグステンカーバイドを植込んだ硬岩用のものは500呎位使用出来、70呎毎に研磨すればよいのである。値段は寸法によつて違ふが1個10~15弗位で、研磨も1回1弗前後である。尚鑿岩の速度も早くなり3吋のドリフターで非常に硬い花崗岩で1分間に12吋であつた。次に河川の築堤工事は機関車運搬土工の如きは全く影をひそめ、ショベル→ダンプカー、或いはスクレーパー又はサクションドレッヂを使用し、殊に後者は堤防の増補嵩上には都合のよいものである。20吋の径のもので1時間800立方碼位、到達距離3,000呎程度である。

次に橋梁の工法で面白いのは鋼製杭で、H型の杭が盛に使用されていて普通の基礎には勿論、更に重力型の橋脚に下部の杭を其儘延長して使うので特に鉄道橋の架換に盛に使用されている。重力型の橋脚は非常に不経済で全荷重の80%を占めているが、Hパイルを使えば重量も軽減し、且つ彎曲、截力にも強固な橋脚が出来る。又此のH型杭は砂利層、玉石層に非常に具合よく打込が出来て断面12吋、長サ70呎のものが相当使用されている。又レイモンドコンクリートパイル会社の特許であるステップターバーパイルは厚サ1分5厘の波型鉄葺、長サ8呎物を継ぎ足して何本かにして、中に鑄鋼の心棒を入れて打込み、所定の深サで心棒を抜き、コンクリートを殻の中へ注入するのである。元口は8~10吋で8呎毎に1吋づつ径が太くなつている。従来のプリカストコンクリートパイルが40呎位しか打てなかつたのに対し此の方法によると100呎位まで打て、打込も極めて容易である。私はニューヨークの8階建のアパートの基礎に使用中のものを見たが、1日8時間で40呎物を30本位打つていた。

(以下次号)

#### 国鉄関係渡米者出発す

国鉄土木関係の第一陣としてさきに発表した田中技師長、渡辺保線課長の両氏は、9月9日ノースウエスト機で羽田を出発、滞在期間は3ヶ月の予定である。

同日、国鉄総裁室渉外部技術課白石俊多氏は、土質力学研究のため、約2年間エール大学(ニューヘブン)大学院に留学されることになり出発された。氏は土木学会の海外連絡業務に多大の盡力を載いた方である。

#### 安藝稻浦両氏帰朝

去る5月24日出発、米国各地を視察された安藝皎一、稻浦鹿藏の両氏は9月16日無事帰国された。