

部 会 報 告

コンクリート機械の変遷 (1)

機械部会 コンクリート機械技術委員会

1. はじめに

コンクリートの主要材料であるポルトランドセメントは幕末の頃初めて使用されたといわれ、1875年(明治8年)官営セメント製造所が設立され初の国産セメントが出荷された。

1903年(明治36年)日本初のコンクリート構造物として琵琶湖疏水路上架橋が造られ、建築では1911年(明治44年)三井物産横浜支店として4階建てRC造ビルが建てられた。

大正年間、コンクリートミキサの駆動は当初スチームであったが内燃機関に漸次切り替わった。はじめはすべて輸入に頼った。1949年(昭和24年)コンクリートの運搬には堰堤、ビルなどではエレベータ、シュート及び一輪車が用いられたが、次第にケーブルクレーン、ベルトコンベアが多く用いられるようになった。

1902年(明治35年)頃横浜岸壁基礎掘削用にケーソンが我が国で初めて用いられた。その後1924年(大正13年)にアメリカから最新ケーソンを輸入し永代橋の基礎などを作った。場所打ちコンクリートの代りに鉄筋コンクリート函(ケーソン)を防波堤岸壁に用いたり、鉄筋コンクリート杭や鉄筋コンクリート矢板を使用することも行われるようになった。高層建築に鉄筋コンクリートを用い、エレベータでコンクリートを運ぶことは1912年頃(大正元年)に東京丸ビルの建設に初めて用いられた。

コンクリートポンプは1923年(大正12年)アメリカで機械式ポンプが発売され、わが国では1950年(昭和25年)機械式コンクリートポンプが製品化され隧道工事あるいは鉄筋コンクリート柱の製造に主に用いられた。1961年(昭和36年)から油圧式コンクリートポンプの開発が行われ、1966年(昭和41年)にトラックに搭載されたコンクリートポンプ車が販売され、従来のエレベータに代り建築に用いることで施工の合理化が図れることから広く普及するようになった。

コンクリート振動機は1934年(昭和9年)にフランスからエアー式が輸入され信濃川発電所建設に用い

られ、以降改良が重ねられた。時期を同じくし、コンクリートバッチャプラント、トラックミキサも施行の合理化を目指し種々開発、改良されてきた。現在ではコンクリート機械としては、コンクリートミキサ、コンクリートバッチャプラント、コンクリート振動機、コンクリートポンプ、トラックミキサ、コンクリート吹付け機、コンクリート床仕上げ機などが使用されている。本稿ではこれらのコンクリート機械の歴史を紐解き、わが国における変遷を熟知し、今後のあるべき姿を模索する上での参考とするものである。

本稿では次の機種について記述する。

1. コンクリートプラントおよびミキサ
2. トラックミキサ
3. コンクリートポンプおよびコンクリートディストリビューター
4. コンクリート吹付機
5. コンクリート振動機

本稿の編成(予定)

まえがき

コンクリート機械の変遷

第1部 コンクリートプラント及びミキサの変遷

- 1.1 コンクリートプラント及びミキサの変遷
- 1.2 操作盤年表

第2部 トラックミキサの変遷

- 2.1 トラックミキサの変遷
- 2.2 トラックミキサ年表

第3部 コンクリートポンプおよびコンクリートディストリビューター

- 3.1 コンクリートポンプの変遷
- 3.2 コンクリートポンプの変遷年表

第4部 コンクリート吹付機

吹付機の変遷

第5部 コンクリート振動機

- 5.1 コンクリートバイブレータの変遷
- 5.2 コンクリートバイブレータ年表
- 5.3 時代別製品の変遷

第1部 コンクリートプラント及び、コンクリートミキサの変遷

1. はじめに

コンクリートプラントは、セメント・骨材・水・混和剤などの原材料をそれぞれの貯蔵槽に種類別に貯蔵し、電子制御方式の操作盤にて所定の配合で計量しコンクリートミキサに投入後、設計通りの性能が発揮される様に充分練り混ぜ、フレッシュコンクリートを製造する設備である。

コンクリートミキサは、混練り形態から、重力式ミキサと強制練りミキサとに分けられる。その形状、性能はJIS A8603-1:2010 第一部：用語及び仕様項目と A8603-2:2010 第二部：練混ぜ性能試験方法においてそれぞれ規定されている。

第1章 コンクリートプラント及び、コンクリートミキサの誕生

1.1 コンクリートプラント

1) 国産セメント初出荷

明治5年、オランダ技師団のリーダーとして来日したドールンがセメント試験機械を製作したこと、同じくオランダ人工師エッシャーが福井県三国でセメントの原料になる石を発見し、ドールンがつくったセメント試験機械を用いて試験を行なったことが、エッシャーの記録に残されている。お雇い外国人技師たちの働きも手伝い、それまで外国からの輸入に頼ってい

たセメントを国内で生産しようという機運はいよいよ高まった。東京・深川に官営のセメント製造所を創設、セメント製造の研究がスタート、明治8年5月19日、ついに初の国産セメントが出荷された。

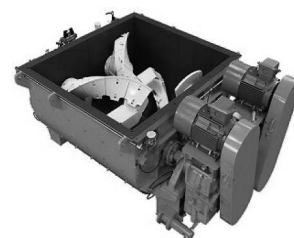
当初、セメントの出荷は樽づめで行なわれており、1ヶ月の生産能力は500樽（約85トン）だった。その後、設備を整え品質向上につとめた結果、2年後には国内セメント需要の約半分をこの工場でまかなえるまでになった。

明治16年、セメント工場は浅野総一郎に払い下げられ、浅野セメントとなる。また、明治14年には、山口県小野田市で、民間初のセメント会社として小野田セメントが設立された。なお、浅野セメントは昭和22年に日本セメントと商号変更、平成6年に秩父セメントと合併していた小野田セメントと平成10年に合併、太平洋セメントとなった。

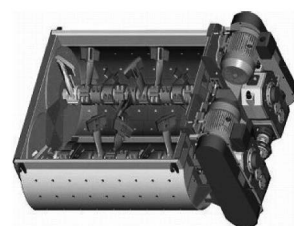
20世紀は鉄とコンクリートの時代と言われるように、コンクリートが世界の近代化に重要な役目を果たしたことは誰もが認めるところである。

セメントの発明は18世紀中旬、イギリスで始まった。

パーカーがけい酸質を含んだ石灰石を焼いて粉碎し



写真一 北川鉄工所社「ジクロス」



写真二 KYC社「トルネード」



写真三 日工社



写真四 コンクリートプラントの一例

たローマンセメントを発明した。

1811年にフランスのビーカーが水硬性セメントを開発。そして1824年、イギリスのアスプジンが硬質の石灰石と粘土を用いて焼結したクリンカーを粉砕する水硬性セメントで特許を得た。

このセメントを用いたコンクリートの色がイギリスのポルトランドストーンに似ていたので、ポルトランドセメントと名付けられた。ポルトランドセメントは、その後1850年にドイツ、1871年にアメリカでつくられるようになる。因みに日本では、前述したように1875年（明治8年）からであるから比較的早いスタートではなかろうか。

2) 日本初のコンクリート構造物誕生

ポルトランドセメントを用いてつくるコンクリートは、さまざまな土木建築の現場で使われはじめた。明治時代後半、日本人技術者が育つ中で、さまざまな日本初の構造物が誕生している。

たとえば、明治20年、日本初の近代下水道が横浜に完成。明治23年、日本初の一般用水力発電である琵琶湖疏水完成。明治33年、日本初のコンクリートダムとなる布引ダム（生田川）完成。

明治36年、日本初の鉄筋コンクリート橋（琵琶湖疏水橋）完成。

大正時代になると、道路整備事業が積極的に進められ、橋やトンネル等、コンクリートを用いた構造物がさらに多くつくられた。

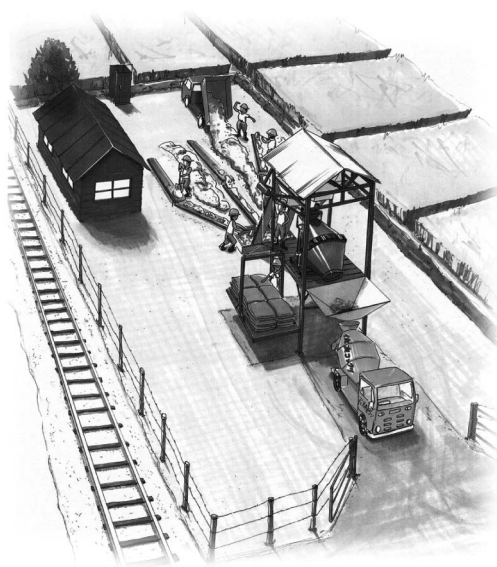
3) 日本のコンクリート施工技術に一大革命「ウォーセクリーターの活躍」

明治、大正と近代化の波は日本の姿を大きく変えた。河川、港湾、上下水道、道路といった基盤整備事業はすでに終わりに近付いていた。技術をもたらししてくれたお雇い外国人技師たちの姿はすでになく、日本の中から多数の技術指導者が育ち、資材もセメントや鉄は国産品で充分まかなえるようになっていた。ただ、機械や設備はまだ輸入に頼る部分が多かった。

しかしながら、国内でも優れた機械を作り出そうとする動きは確実に実を結びつつあった。

その一つが昭和5年発表の「ウォーセクリーター」である。九州大学でコンクリートの研究をしていた吉田徳二郎の理論を日本建機創業者の真鍋武雄が形にしたのがウォーセクリーターであり、均質で強度を持つコンクリートをつくることができた。

ウォーセクリーターは、あらかじめ決めた水セメント比に基づいて自動計量した材料を混練りしてセメン



図一1 イラスト「昔の生コン製造風景」

トペーストをつくり、その後ミキサで砂と砂利を混練りするというものだった。材料の計量方法もそれまでの容積でなく、重量で計量する方法を採用した。このウォーセクリーターを使ってはじめて硬練りコンクリートがつくられ使用されたのが、戦前の日本のダム工事技術の集大成と言われる塚原ダムである。

塚原ダムは宮崎県諸塚村耳川水系に昭和10年から3年の歳月をかけてつくられた堤高87m、堤体積36.3千 m^3 の水力発電ダムである。骨材の採取からコンクリートの打ち込みまで機械化されている。それまでのダム建設では、打ち込まれた軟練りコンクリートの中へ、10～20%の玉石や粗石を投入するという方法がとられていたが、横継目に縦継目に加えられたブロック工法が採用された。また、それまでの輸入ドラ



写真一5 「ウォーセクリーターの活躍」

ムミキサではなく国産の可傾式ミキサ、締め固めには、突き棒ではなく国産品とアメリカ製のバイブレーターが用いられた。セメントも初めて中庸熱セメントが使用されている。その後このウォークリーターは日本各地の土木工事や建築工事現場で活躍した。海を渡り、当時の満州と朝鮮の国境にあった鴨緑江につくられた大規模ダム水豊ダムや松花江の豊満ダム工事でも使用されている。

4) 昭和 24 年、日本初の生コン工場誕生「現場練りから生コン運搬の時代へ突入」

昭和 20 年終戦、戦争で荒廃した国土にもう一度灯りを灯そうと、復興の歩みがはじまった。

昭和 24 年、日本初の生コンクリートプラントが誕生する。明治 40 年創業の磐城セメント（現在の住友大阪セメント）が、東京都業平橋につくった東京コンクリート工業で、プラント製造は日本建機株式会社、ミキサは日産 150 m³ の能力があった。初出荷を行なった 11 月 15 日を全国生コンクリート工業組合連合会・同共同組合連合会は昭和 63 年、「生コンクリートの日」として制定している。ちなみに生コンを世界で初めてつくったのはドイツで明治 36 年のことだという。

昭和 30 年代に入ると、高度経済成長の足音が聞こえはじめた。名神・東名高速道路、東海道新幹線、地下鉄など大規模土木工事が次々とスタートする。東京オリンピック、日本万国博の開催で東京・大阪の市街地大改造が進み超高層ビルが出現した。

5) 高度経済成長とともに技術発展をとげたコンクリートプラント

建設業界の発展を受けて、生コンクリート工場も各地に建設された。昭和 35 年「2254 万トン」から昭和



写真—6 日本初の生コン工場誕生「東京都業平橋につくった東京コンクリート工業」

55 年「8796 万トン」までの 20 年間でセメント生産量は約 4 倍にまでに増えている。その後は漸増減を繰り返し、現在まで 8000 万トン代で落ち着いている。加速度的な伸びをみていると、いかにこの時代にコンクリートの需要が増えていったかがわかる。

需要に応じてコンクリートプラント技術にも格段の進歩がみられる。

より精密で機能性の高いプラントを目指して改良が続けられ、昭和 40 年頃からプラントの自動化が少しずつ進んだ。自動計量の方法は設定桿方式からワイヤ伝送式、ポテンシオメーター式、ロードセル方式へと進化。操作盤はリレー式から電子制御盤へと変わった。今では計量制御に加えて、骨材、セメント輸送管理はもちろん、受注、製造、出荷、配車管理まで全自動のプラントが主流となっている。

公害が社会問題となった 70 年代以降、プラントメーカーでは無公害設計のプラントづくりがテーマの一つになった。防音性の高い壁材や集塵装置を用いたり全閉式のベルトコンベアを開発して粉塵、騒音対策を行い、排水処理設備の開発により汚水対策を行なった。21 世紀を迎え、作業性の良い高流度コンクリートや高強度、超高強度、高耐久など高性能コンクリートの需要がますます高くなっている。需要に応じた機械をいち早く市場に届けるため、プラントメーカーは開発を続ける。明治維新から 135 年、日本の近代化を担ったコンクリートという優れた資材に関わる喜びを胸にして。

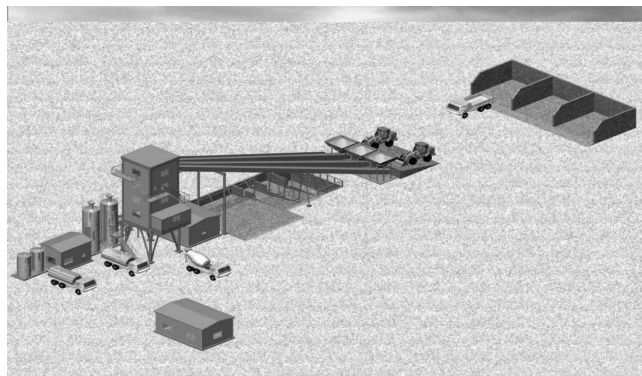
6) コンクリートプラントの種類

コンクリートプラントは、形式では、定置式、可搬式、移動式に識別され、その中で貯蔵部の形態から塔型と横置型とに分類される。ほかに、ミキサの形式、容量、生産能力により分類されるが、プラントの計画には、生コンクリートの用途、生産規模、アジテータートラック車数、設置場所、地形、面積や原材料の入荷条件、工事期間等に適した形式を選択し、周囲環境の条件と入荷および出荷の車の流れを考慮した配置に計画する必要がある。

また、最近は特に高品質コンクリートの製造の要求が高まっていることから骨材、セメントおよび混和剤の種類が多くなってきている。

7) コンクリートプラントの形状

定置式のコンクリートプラントでは塔型が多く、新規または更新時の工期を短縮するさまざまな工夫と工法が取り入れられている。



図一2 塔型定置式コンクリートプラント（イラスト）

8) 各材料の計量方式

計量器は荷重の伝達方式により分類される。荷重伝達は、機械式と電気制御との組み合わせ方式とロードセル直接計量方式とがあり、現在ではロードセル直接計量方式が主体であり、さまざまなソフトが組み込まれ計量精度の向上が図られている。

計量器の設定は、操作盤の構成がコンピュータ化されるにつれその機能をアナログからデジタルの世界に移行し、計量器の設定はキーボード方式になり、その記憶データーも数百から数万種類も可能になっている。

計量器の計量精度は荷重の検出ロードセルの精度とアンプの精度に影響されるとともに、材料が貯蔵槽より円滑に定量流下させる機構とゲートの作動制御に影響される。

すなわち、各ゲートおよび計量バルブの開度の正確さは計量時間に影響するが、微計量の調整、落差補正値の調整等により計量精度を向上させている。

さらに、従来の落差補正は当バッチの差異を次バッチに生かして計量値を補正しているが、最近では、当バッチの計量値を瞬時に測定して、落差を推測することにより計量速度を落とさずに高い計量精度を維持できるシステムが開発され、プラントの瞬発力の向上に寄与している。



骨材計量器

セメント計量器

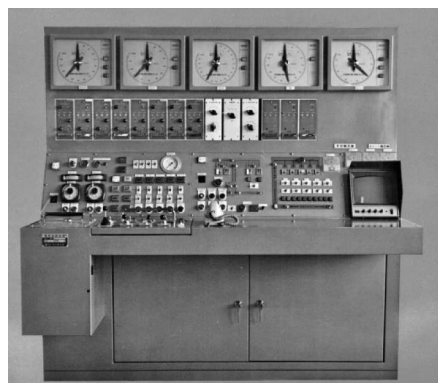
水・混和剤計量器

写真一7 各種計量器

9) 操作盤

プラントの材料の受入制御や各材料の計量、放出、

練混ぜ、排出、積込み等、一連の操作進化の過程は、手動式⇒半自動式⇒全自動式となっているが、現代ではコンピューターにより自動制御で行なわれ、プラントとは別の建屋内に操作室を設けて遠隔操作する場合が多くなっている。プラントの制御はコンピューター化し、計量精度が向上し、各材料の配合設定値、多数の配合選択の容易さ、さらに粒度補正、容量変換、一車積載量を自動分割するなどの操作性が向上してきた。



写真一8 ダイアル盤



写真一9 コンピューター制御盤

10) 原材料の搬送システム

①セメント

セメントは、セメントサイロからスクリーコンベアと、バケットエレベーターの組合せ方式（図一3）によるプラントへの供給から、最近ではレイアウトの自由度が高い空気輸送方式（図一4）に移行してきた、組合せ方式に比して、駆動部分が少なく、輸送速度が速く、多品種のセメントを輸送するのに切替え時間が短く、さらに異種セメントの混入がなく、確実な輸送をする機能が発揮される。

②骨材（砂利・砂）

骨材輸送用ベルトコンベヤは、プラントの大型化に伴いその能力が大きくなってきている。

また、粉塵などの公害防止対策とメンテナンスの間

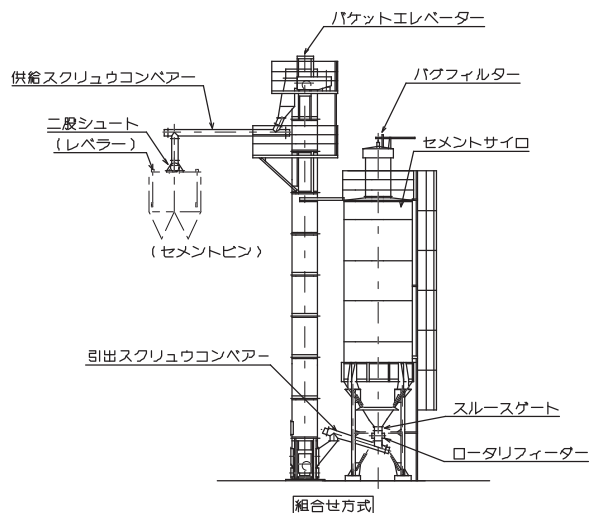


図-3 セメント輸送装置（組合せ方式）

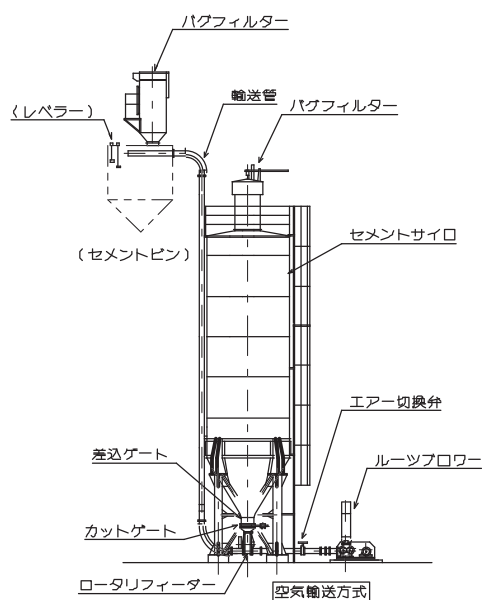
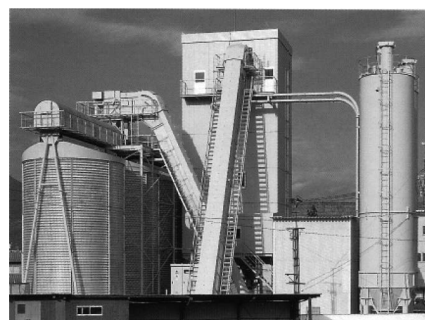


図-4 セメント輸送装置（空気輸送方式）

題で、円筒パイプ状（写真—10）や完全密閉したケース内にコンベヤを内蔵したものが多く用いられている。さらに狭い敷地や土地有効利用のための急傾斜や垂直の輸送装置（写真—11）が出てきて、都市部の土地有効利用にも対応している。



写真—10 骨材輸送用コンベヤ（円筒式）



写真—11 骨材輸送装置（急傾斜式）

11) 新時代の生コン向上モデル

20～30年先の生コンプラントのあるべき姿として、
 ①骨材ストックヤード、ヘッドビン、計量器などの骨材2分割方式への対応 ②骨材の粒度分離防止装置の設置 ③粗骨材の粒度安定化のためのサーキュレーションシステムの採用 ④細骨材の表面水安定化のためのサーキュレーションシステムの採用 ⑤ヘッドビン容量の低減によるプラントのコンパクト化 ⑥5～2.5mm粒分の除去と、砕砂化 ⑦回収骨材のブレンディングシステムの開発 ⑧納品書と計量自動印字記録の同時発行 ⑨トラックアジテーターホッパーの付着モルタル除去用無水式クリーナーの開発 ⑩プラント下部および洗車場の遮音対策 ⑪コンクリート洗浄排水と雨水の分離処理方式 ⑫場内土場清掃用自動運転スイーパーの運転制御装置 ⑬コンクリート温度自動制御システム等の技術を取り入れ技術の向上を図っている。

（次号へ続く）