

環境に優しい電動コンクリートポンプ車

PY100-26-SEM

吉川 泰一朗・内田 佳親・大村 信二郎

地球環境の保全が世界の最重要課題である昨今、温室効果ガス（CO₂：二酸化炭素、CH₄：メタン、N₂O：一酸化二窒素）による地球温暖化は深刻な問題として取り上げられている。我が国でも2020年までに温室効果ガスの排出量を1990年比で25%削減するという政府目標を打ち出しており、低炭素社会実現に向けて温室効果ガス削減の取組みが急務となっている。

建設業においては、官公庁、民間を問わず建設施工段階における環境配慮、特にCO₂削減対策に対する要求は高まっており、積極的な取組みが必要不可欠である。このような背景の中、新たに開発したコンクリートポンプ車、ツインドライブピストンクリートについて紹介する。

本コンクリートポンプ車は、車体に電動モーターを搭載することで外部電力を使用してCO₂の排出を低減できるものである。

キーワード：コンクリートポンプ、環境、ツインドライブピストンクリート、2wayパワー方式、電動モーター、コンクリート打設、電力測定

1. はじめに

現場施工段階でのCO₂排出要因の大半は重機車両、電力に起因するものである。その中でも特に建設機械の軽油燃料に起因するものが大半を占めており、機械を電動化することはCO₂排出量の大幅な削減が期待できるものである。今回は現場施工において使用頻度が高く、比較的電動化しやすいという観点から、コンクリートポンプ車の電動化に至ったものである。

ツインドライブピストンクリートPY100-26-SEM（写真—1）は最大吐出量105 m³/h（9B仕様）、ブーム最大地上高さ26 mの大型ピストン式コンクリートポンプ車である。搭載するトラックシャーシは移動性、設置性に配慮して軸距5.55 mの3軸、GVW22 t車としている。また、コンクリート圧送装置を作動させる油圧動力源として外部電

源による電動モーター駆動油圧ユニットを搭載している。

通常、コンクリートポンプ車は、搭載するトラックシャーシのエンジンから動力を取り出して油圧動力源としているが、電動モーター駆動油圧ユニットを搭載することにより、モーター駆動時はエンジンを完全に停止させて打設作業が行える。そのためモーター駆動時のコンクリート打設はCO₂の排出を低減することが可能であり、同様に騒音も従来機に比べて低減することも可能である。

2. 主要諸元

PY100-26-SEMの主要諸元を表—1に示す。

ポンプ本体は新開発の油圧制御システムを採用することにより生コン吐出時のショックを軽減し、また圧送シリンダは1,900 mmとロングストロークシリンダを採用することによりコンクリートバルブの切り換え回数を少なくしてランニングコストの低減を図っている。また、コンクリート打設終了後の配管洗浄用として高圧水ポンプを搭載しており、高圧水ポンプの吐出能力を従来機に比べ、約15%向上させ洗浄作業の効率化を図っている。また、M型4段屈折、最大地上高さ26 mのブームを採用し、車両全長は9.96 mとコンパクトにまとめ機動性を良くして操作効率を高めている。

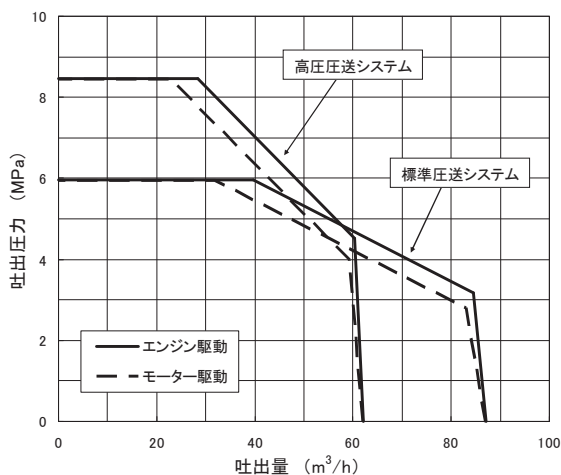
図—1にPY100-26-SEMの性能線図（コンクリー



写真—1 PY100-26-SEM
ツインドライブピストンクリート

表一 PY100-26-SEM 主要諸元

形 式		PY100-26-SEM	
動 力		エンジン駆動	モーター駆動
仕 様		8Bコンクリートシリンダ仕様	
性能	最大吐出量 (吐出量×吐出圧力)	標準圧送	87 m ³ /h×5.9 MPa
		高圧圧送	61 m ³ /h×8.5 MPa
輸送管径		125 A	
ポンプ	コンクリートシリンダ数	2	
	シリンダ径×ストローク	φ205×1900 mm	
	ホッパ容積	0.5 m ³	
	水タンク容積	500 L	
水ポンプ	形 式	複動ピストン式	
	最大吐出量	25 m ³ /h	
	最大吐出圧力	8.0/6.6 MPa	
ブーム	ブーム形式	全油圧4段屈折式	
	最大長さ	21.8 m	
	最大地上高	25.8 m	
	旋回角度	360° 全旋回	
電動機	コンクリート輸送管径	125 A	
	形 式	全閉外扇形	
	出 力	132 kW	
	電 源	400 V (50 Hz/60 Hz)	
その他	搭載シャシ	GVW22トン車	
	車輛全長	9960 mm	
	車輛全幅	2490 mm	
	車輛全高	3520 mm	
	乗 員	3名	
	車輛総重量	約21700 kg	



図一 PY100-26-SEM 性能線図 (P-Q 線図)

トシリンダ径8B仕様)を示す。実線はエンジン駆動時、点線はモーター駆動時の性能線図である。(コンクリートポンプの圧送性能は各吐出量ごとの最大吐出圧力を示したP-Q線図で表され、ワンタッチで切り換えられる油圧システムの選択により、高圧圧送と標準圧送の2通りの曲線で示される。また、コンクリートシリンダの径により性能は変わる。)標準圧送では最大吐出圧力は5.9 MPa、最大吐出量は87 m³/h、高圧圧送では最大吐出圧力8.5 MPaと最大吐出量61 m³/hの性能となっており、従来機と同等の吐出能力を備えている。

3. 2way パワー方式

コンクリートポンプは電磁油圧弁にてコントロールされた油圧で各アクチュエーターを作動させること

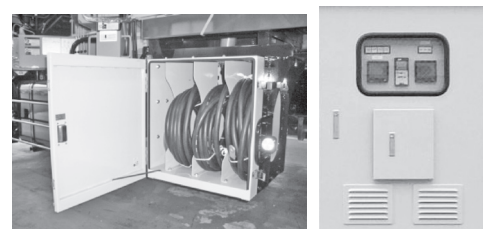
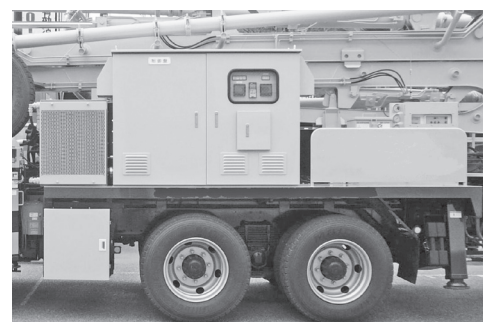
により稼動している。この油圧源は、通常搭載するトラックシャシーの走行用エンジンの駆動軸にトランスファ PTO を搭載して動力を取り出し、油圧ポンプを回転させて得られている。PY100-26-SEM は、この従来のドライブシステムに加え、電動モーター駆動油圧ユニット、制御ユニットを搭載して交流三相 400V (50 Hz/60 Hz) の外部電力を使用して作動させることも可能となっている。

電動モーター駆動油圧ユニット (写真一2) は全閉外扇形の空冷式かご形三相誘導電動機 (出力 132 kW) と斜板形アキシャルピストンポンプ (押しのけ容積 230 cm³/rev) で構成され、最大 410 L/min の圧油を発生させおり、また、この油圧ポンプは流量制御付定馬力制御を採用しており効率的な流量制御を行っている。



写真一2 電動モーター駆動油圧ユニット

制御ユニット (写真一3) は電動モーターを制御する制御盤とコンクリートポンプを制御するコントロールパネルによって構成されている。電動モーターの制御盤には高性能インバータを搭載して電流をベクトル制御することにより電動モーターを効率的にコントロールしている。また、電圧計、電流計、電力量計を



電源ケーブル

制御盤

写真一3 制御ユニット

装備しており、電源の保守、管理も容易である。

コンクリートポンプを制御するコントロールパネルは通常のエンジン駆動時は車載のバッテリー（DC24 V）から電源供給され、モーター駆動時には外部電源（AC400 V）から直流電源（DC24 V）に変換し供給される。また、エンジン駆動、モーター駆動の切り換えは各操作切換スイッチにて容易に切り換えることが可能となっている。

4. デジタルラジコン

コンクリート打設には、ブームによる打設とコンクリート輸送管を設置して行う打設があるが、いずれの場合でもオペレータは筒先の状況に応じたきめ細かい操作が要求される。そのため車両から離れた箇所でブームやポンプを操作できるラジコン装置（写真—4）が標準装備されている。このラジコン装置は操作に免許が不要な特定小電力型を採用し、電源を入れた際、電波法で割り当てられた40波の周波数帯の中から、現場における最も疎な周波数帯を自動で選局する機能を備えており、安定した遠隔操作を可能としている。



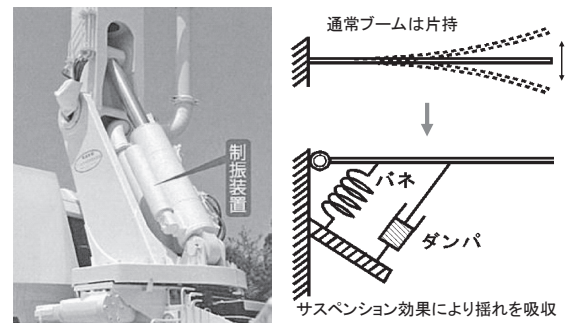
写真—4 デジタルラジコン RK23-10DS

5. 制振装置（KAVS）

コンクリートポンプのブームは生コンの圧送時、コンクリートバルブの切り換え時に発生するポンプの脈動により振動が発生する。また、このポンプ脈動周期とブーム固有振動数が一致すると振動振幅は極端に大きくなる。制振装置（図—2）はブームを駆動する第一関節の油圧シリンダにサスペンションの働きをさせて減衰を付加することにより、ブーム自体の振動特性を改善して耐久性及び安全性の向上を図っている。

6. その他装備

その他の装備としてコンクリートポンプのコント



図—2 制振装置（KAVS）作用原理

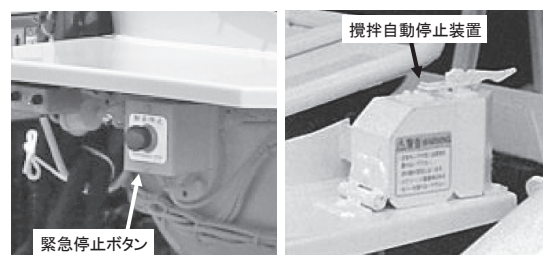
ロールパネルには、現場に合わせて標準圧送と高圧圧送の切り換えができる標準・高圧ワンタッチ切換スイッチ、積算計付きデジタル吐出量計（写真—5）、急激な吐出量の立ち上がりを防止するスロースタート機構やスローモードアクセルを装備し操作性及び安全性の向上を図っている。そして、生コンを投入するホップの攪拌装置には骨材の噛み込み時に攪拌羽根が自動反転・復帰するオートリバース式攪拌装置を装備してスムーズな生コンの吸込みを可能としている。



写真—5 積算計付きデジタル吐出量計

7. 安全装置

安全装置（写真—6）として、ホップ側面及び圧送ポンプユニットのデッキ上の2箇所に設けた緊急停止ボタン（ホップ攪拌羽根、ポンプ運転、ブーム作動を停止）、攪拌自動停止装置（ホップスクリーンを開くと自動的に攪拌羽根を停止）、アウトリガ抜け出し防止装置、アウトリガのジャッキシリンダ操作の安全装



写真—6 安全装置

置、ポンプ車の設置時に水平度を確認する水準器などを装備している。

8. コンクリート打設

(1) 電力測定

実際にコンクリート打設を行いエンジン駆動時の燃料使用量、電動モーター駆動時の電力量の測定を行った。測定当日の打設状況はブームを使用したブーム打設である（写真一七）。



写真一七 打設状況

第1, 第2, 第3ブームを前方60°に立ち上げ第4ブームを下方向に降ろしたブーム姿勢にて打設を行っている。使用した生コンの配合と打設工程を表一2に示す。

打設工程はAM9:24より打設が開始されエンジン駆動で約2時間19分間（生コン車1~13台目）作動させ燃料使用量の測定を行い、その後モーター駆動に

表一2 生コン配合、打設工程

レディーミクストコンクリートの配合

コンクリートの種類	強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類
普通	24	15	20	BB

打設工程

総打設量 (m ³)	エンジン駆動		モーター駆動	
	打設量 (m ³)	打設時間	打設量 (m ³)	打設時間
153	54	2:18:45	99	4:20:40

切り換えて約4時間21分間（生コン車14~35台目）打設を行ってその時の電力量を測定した。総打設量は153 m³でエンジン駆動54 m³、モーター駆動99 m³の打設量であった。

図一3に電力測定によって得られた電圧値、電流値、積算電力量の結果を示す。測定結果より、電流値は最大217 Aとなっており、特に最初の30分間と打設終了前の15分間に大きな数値が測定され、作業全体を通じて配合や打設状況に大きな差異がなかったことからこのときの吐出量が多かったことが読み取れる。また、電圧値はこのときに373~400 Vと変動しており、約6.8%の変動となっている。積算電力量は全区間で143.5 kWhとなり昼休み時間を除く99 m³の打設に要した積算電力量は135.3 kWhとなる。

一方、エンジン駆動時では車両の燃料タンクの残量から燃料使用量を算出しており、打設量54 m³に対して22.7 Lの使用量であった。

表一3に各駆動時の燃料、電力の使用量及び1 m³当たりの使用量、CO₂排出量の算出結果を示す。

エンジン駆動では打設1 m³当たり0.42 Lの燃料が必要となっており、このときのCO₂排出量は1102 g・CO₂/m³となった。一方、モーター駆動では1 m³当たり1.37 kWhの電力が必要となり、CO₂排出量は571 g・CO₂/m³であった。モーター駆動時はエンジン駆動時よりCO₂排出量は低減し、低減率は48%となっ

表一3 各駆動時のCO₂排出量

エンジン駆動

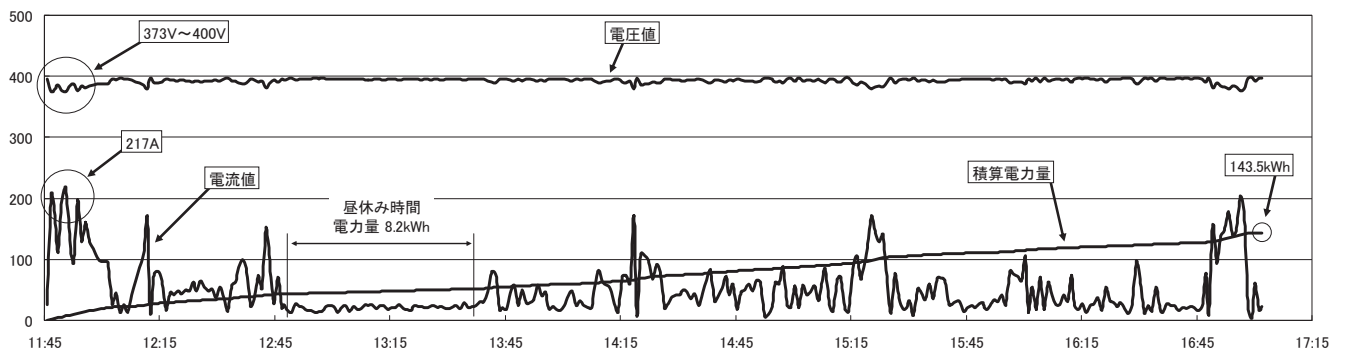
燃料使用量 (L)	打設量 (m ³)	燃料使用量 (L/m ³)	CO ₂ 排出量 (g・CO ₂ /m ³)
22.7	54	0.42	1102

軽油のCO₂排出量の換算値は1L当たり2621g・CO₂にて算出

モーター駆動

電力使用量 (kWh)	打設量 (m ³)	電力使用量 (kWh/m ³)	CO ₂ 排出量 (g・CO ₂ /m ³)
135.3	99	1.37	571

電力のCO₂排出量の換算値は1kWh当たり418g・CO₂にて算出

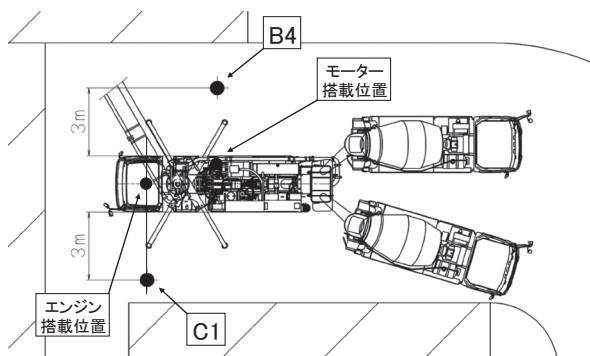


図一3 打設時の電力測定結果

た。ただし、圧送条件（圧送吐出量、圧送負荷、圧送距離）によっても燃費特性は異なるため、CO₂ 排出量は若干変動すると思われる。

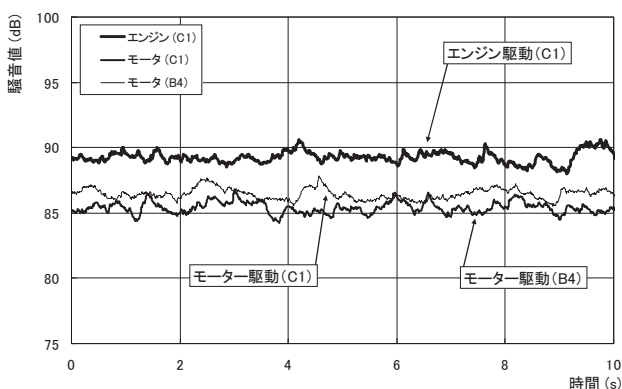
(2) 騒音測定

コンクリート打設時の駆動源の騒音を比較するため、騒音測定を行った。エンジン、モーターの各駆動時において、圧送吐出量が最大になる時に測定を行い、測定位置（図—4）は各駆動源の側面側 3m 離れた位置を測定点（B4：モーター側面、C1：エンジン側面）とした。



図—4 測定位置

騒音値の測定結果を図—5に示す。エンジン駆動時の測定点 C1 の騒音値は最大 90.6 dB の値を計測しており、平均値にすると 89.3 dB でもっとも高い値であった。一方、モーター駆動時の測定点 B4 では最大 87.8 dB、平均 86.5 dB となり、モーター駆動の方がエンジンより 2.8 dB 低い計測結果となった。測定点 C1 でも最大 86.7 dB、平均 85.4 dB となり、測定点 B4 よりさらに 1.1 dB 低い結果であった。



図—5 打設時の騒音測定結果

これらの計測結果よりコンクリートポンプの打設時における駆動源の騒音はモーター駆動にすることによ

り低減していることを確認した。

9. おわりに

ツインドライブピストンクリート PY100-26-SEM の最大の特徴は、コンクリートポンプを作動させる動力源として、従来の車両のエンジン駆動に加えて外部電源による電動モーター駆動を併せもつ「2way パワー方式」である。今回の実測から、外部電源にて電力を使用して作動させることによって、従来のエンジン駆動に比べ CO₂ の排出量及び騒音を低減しながらコンクリートを圧送できることを確認した。また、エンジン駆動でも作動できるため、電力供給ができない現場でも従来通りに使用できる汎用性を持たせていることも特徴の一つである。

CO₂ 排出量削減のみならず、建屋内やトンネル等の閉鎖空間では空気を汚すことのないクリーンな圧送、また、閑静な住宅地や学校・病院等、騒音低減を求められる建設現場では低騒音での圧送を行うことで、電動モーター駆動の利点である排ガスゼロ、低騒音を生かした活用をし、作業環境の改善、工事騒音の低減に役立てていきたい。

建設施工段階での CO₂ 排出や騒音の低減などの環境対策は、一層の発展と創意工夫が求められるところである。本機械に止まらず、建設機械の積極的な改善が今後も必要である。

JCMMA

【筆者紹介】



吉川 泰一朗 (よしかわ たしいちろう)
鹿島建設株
東京建築支店 第二統括事業部
(仮称) 新宿六丁目 N 街区計画工事事務所
次長



内田 佳親 (うちだ よしちか)
鹿島建設株
東京建築支店 機材部
管理グループ長 (課長)



大村 信二郎 (おおむら しんじろう)
極東開発工業株
技術部 第一設計課
係長