

行政情報

マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験とその結果

日出山 慎人・黒田 浩章

マスプロダクツ型排水ポンプ実証試験では自動車業界とポンプ業界が初めて異業種連携を行うことで、治水対策のイノベーションを起こし、排水ポンプ設備の冗長性及び維持管理性の大幅な向上とライフサイクルコストの縮減を目指す。今回は、現場での実証試験に先立ち、国立研究開発法人土木研究所と連携し、その実験施設を用い、自動車の量産エンジンで従来ポンプの排水運転ができることの確認を行ったので、その中間報告を行う。

キーワード：マスプロダクツ、排水ポンプ、実証試験、河川機械設備小委員会、リダンダンシー

1. はじめに

ポンプ設備等の河川管理施設は、設置後40年を経過した施設が急増し、今後、老朽化施設の更新が一斉に必要となる「大更新時代」が到来するとともに、激甚化・頻発化する水害により排水施設の新設、増設の要望も高まっている。こういった背景のもと、「リダンダンシーの向上」「メンテナンス性の向上」「コスト縮減」をしつつ効率的かつ効果的に河川ポンプ設備の更新を行う手法及び技術開発が必要となっていることから、マスプロダクツを活用した新たな排水ポンプ設備等の整備を促進することを目的としている（図-1）。令和3年度は、現場での実証試験を行うに先立ち、実験施設で試験装置を用いた試験を行った。

2. 実証試験内容の検討

実証試験の実施にあたり、試験装置、試験項目及び計測項目の検討を実施した。試験装置については、マスプロダクツ型排水ポンプ機器構成（図-2）のうちポンプは従来のもの、エンジンは自動車の量産エンジ



図-2 マスプロダクツ型排水ポンプ機器構成イメージ

ンを用いることとし、ここでは減速機等動力伝達装置の検討を行った。なお、試験装置の検討にあたってはマスプロダクツ型排水ポンプへの適合性（マスプロダクツ化の目的、ポンプやエンジンの始動特性等）、試験条件による制約、機器の信頼性、維持管理性を考慮した。

(1) ポンプ・エンジン

「マスプロダクツ型排水ポンプ技術の開発・導入・活用に関するプロジェクト公募実施の公示（令和3年1月12日）」において選定されたポンプ2台（表-1）、エンジン（ディーゼル機関）3台（表-2）を用いることとした。

表-1 マスプロダクツポンプ計画仕様

項目	横軸斜流ポンプ①	横軸斜流ポンプ②
形式	横軸斜流	横軸斜流
吸込方向	横方向	横方向
計画吐出量	1 m ³ /s	1 m ³ /s
計画全揚程	6 m	6 m
口径	600 mm (吸込口は700 mm)	700 mm
軸動力	ポンプ計画点 83 kW	ポンプ計画点 70 kW
回転方向 ^(注1)	右回り	右回り
定格回転数 ^(注2)	448 min ⁻¹	445 min ⁻¹
質量	約 1.6 t	約 2.3 t

注1：回転方向は、取合いカップリング側から見た方向を示す。

注2：ただし減速比の計算においては、回転数を①446、②446 (min⁻¹)とする。

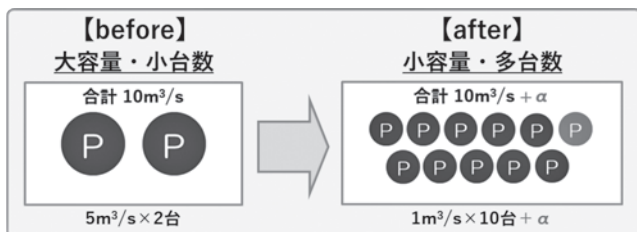


図-1 マスプロダクツを活用した新たな排水ポンプ設備等の整備イメージ

表一2 マスプロダクツディーゼル機関計画仕様

項目	ディーゼル機関①	ディーゼル機関②	ディーゼル機関③
使用燃料	軽油	軽油	軽油
最高（定格）出力	130 kW	107 kW	125 kW
最大（定格）トルク	450 N・m	380 N・m	520 N・m
質量	230 kg	180 kg	350 kg
回転方向 ^(注1)	左回り	左回り	左回り
回転数 ^(注2)	2,200~3,400 min ⁻¹	2,750~3,500 min ⁻¹	1,900~2,500 min ⁻¹

注1：回転方向は、取合いカップリング側から見た方向を示す。

注2：ただし減速比の計算においては、回転数を① 3,400、② 3,400、③ 1,900 (min⁻¹) とする。

(2) 動力伝達装置

排水ポンプを自動車の量産エンジンで駆動するための動力伝達装置の検討を行った。検討にあたり、構成要素となる減速機、クラッチについては個別システムとして検討し、形式・仕様を決定した。構成機器の決定にあたっては従前からポンプ駆動システムとして使用されてきたものに、技術動向を把握し、実証試験の仕様の決定を行うために設置した技術研究会で取り上げられた新たなものを加えて検討したうえで、調達性と信頼性を考慮し実績のあるものから選定した。

(a) 減速機

減速比は各ポンプの回転数（表一1）及び各ディーゼル機関の回転数（表一2）を用いた。検討の結果、本実証試験に用いる減速機を以下のとおり選定した。

- ・ディーゼル機関①②用：平行軸歯車減速機 2 段減速（減速比 7.62） 2 台
- ・ディーゼル機関③用：平行軸歯車減速機 2 段減速（減速比 4.26） 1 台

なお、減速比は歯車の歯数の組合せにより決定するため、厳密には仕様値と一致しないが、平行軸歯車の場合は小歯車（ピニオン）と大歯車（ギヤ）の歯数の

異なるギヤセットに交換することで減速比を変更できる。また、減速機の冷却方式は空冷とすることで付属機器の簡素化を図った。

(b) クラッチ

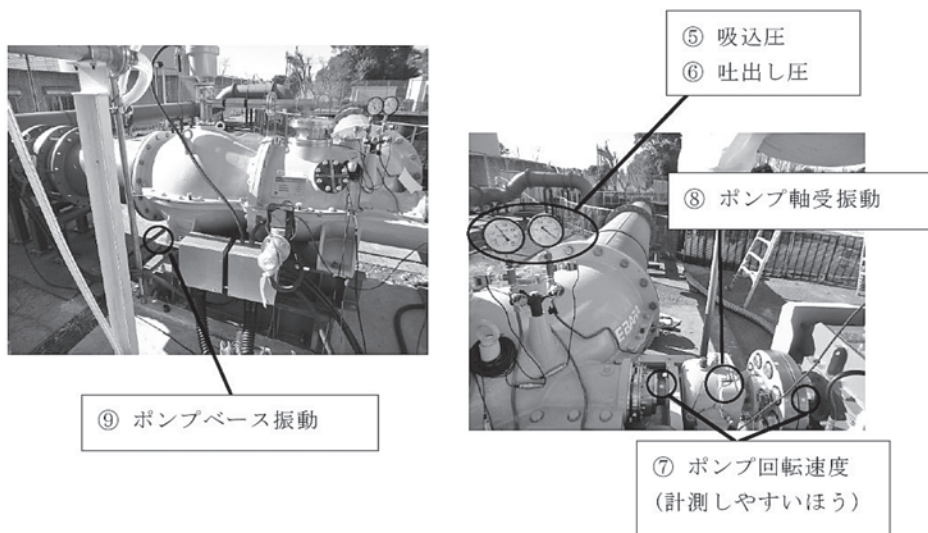
陸用ディーゼル機関では圧縮空気始動によりポンプとの直結始動が可能な機種があるが、マスプロダクツ型エンジンはセルモータ始動のため、エンジン始動時はクラッチによりポンプの駆動軸を切り離しておく必要がある。今回は試験対象機器に適合するクラッチ形式を湿式多板油圧クラッチ（減速機に内蔵）とし、接続時間調節範囲は最大 8 秒とした。

(3) 試験項目

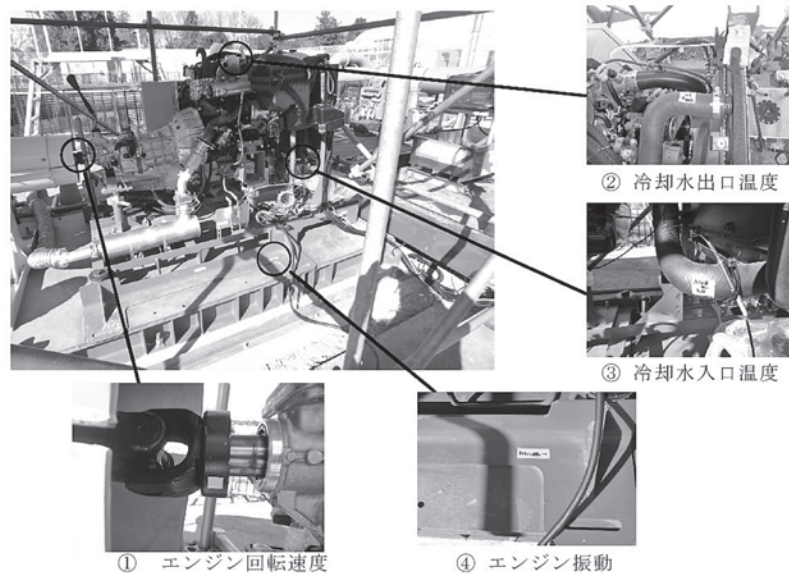
以下のとおり試験を行い、状態観察及び計測を実施した（写真一1、2）。

(a) 始動試験

ポンプ始動時において、クラッチ接続時にエンジンストールがなく、エンジン及びポンプが所定の回転速度になるまで異常なく運転できることを確認し、ポンプ回転速度等の計測を実施した。なお、横軸斜流ポンプ①を対象に始動時の回転速度とトルクを連続計測



写真一1 計測箇所（横軸斜流ポンプ①の場合）



写真一 計測箇所（ディーゼル機関①の場合）

し、始動時負荷特性を把握した。

(b) 負荷変動試験

吐出し弁操作によりポンプの運転点を計画（設計）揚程運転及び吐出し弁全開運転に変えてエンジンの負荷変動による回転速度の大幅な変化がないこと、定格点（計画点）での運転においてポンプにキャビテーション発生兆候がないこと等を確認した。ポンプ揚程はポンプ付属の圧力計、連成計から読み取り、ポンプ回転速度を回転計で計測した。

(c) 連続運転試験

吐出し弁操作によりポンプの運転点を計画（設計）揚程として一定負荷条件のもとで2時間の連続運転を行い、ポンプ、エンジンに異常音、異常振動が起きないことを確認した。さらにラジエータの冷却水出入口温度を計測して連続運転時の温度上昇を確認した。なお、走行風が得られないことにより運転可能温度以上となる場合は、別置きを送風機によりラジエータに送風した。

なお、実証試験で行う試験パターン（ⅠからⅤまで）は以下のとおりとした（各番号は表一1、2参照）。

- ・試験パターンⅠ：横軸斜流ポンプ①とディーゼル機関①
- ・試験パターンⅡ：横軸斜流ポンプ②とディーゼル機関②
- ・試験パターンⅢ：横軸斜流ポンプ①とディーゼル機関②
- ・試験パターンⅣ：横軸斜流ポンプ②とディーゼル機関①
- ・試験パターンⅤ：横軸斜流ポンプ①とディーゼル機関③

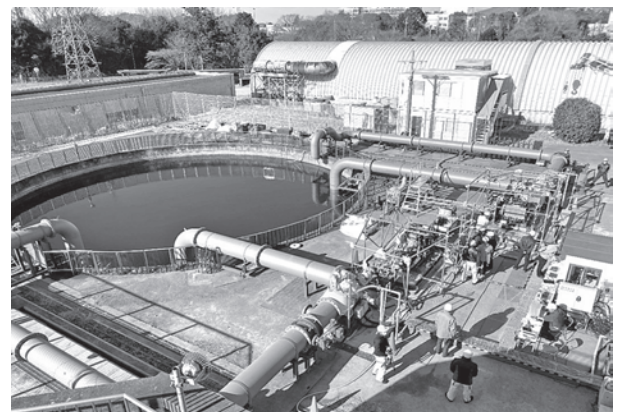
3. 実証試験結果と課題整理

(1) 実証試験結果

実証試験は国立研究開発法人土木研究所（以下「土木研究所」という。）構内の試験水槽を用いて実施した（写真一3）。当日は試験装置を図一3のとおり配置し、ポンプ2台を常設とした。エンジン3台（減速機含む）については着脱式として順次換装を行い、運転時の各種計測を実施した。

(a) 始動試験結果

試験対象のすべてのポンプ、エンジン、動力伝達装置の組合せにおいて問題なく始動可能であることが確認された。また、今回の各エンジンとポンプの組合せ5パターンではクラッチ接続時に異常事象の発生は確認されず、2秒でクラッチのかん合が可能であった（図一4）。一方、始動時のアイドル運転では振動、騒音が発生しており、暖機運転を行う場合は回転速度をアイドル速度より高く設定する等の対応が必要



写真一 3 実証試験の実施状況

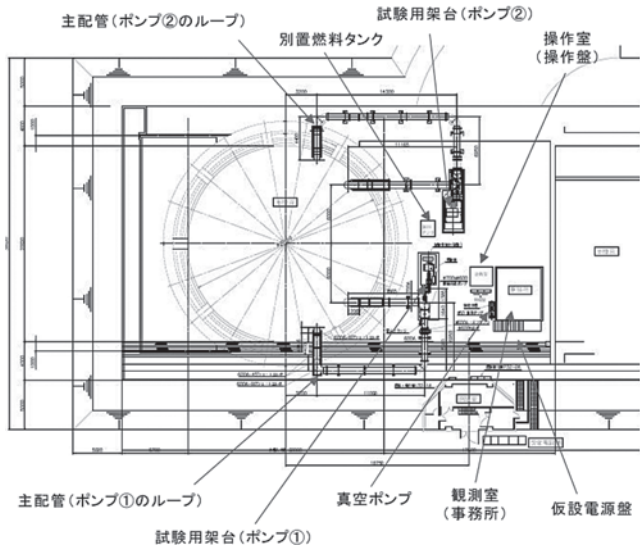


図-3 試験装置の全体図面

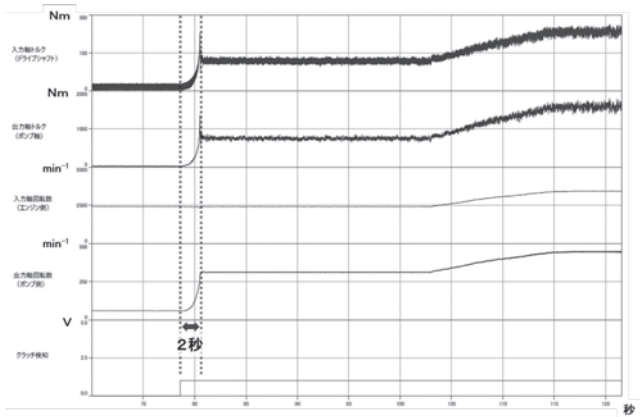


図-4 連続計測記録データ (試験パターンI : クラッチ接続時間2秒)

と考えられる。

(b) 負荷変動試験結果

始動試験結果と同様に試験対象のすべての組合せにおいて、負荷状態を変えてもポンプ性能を発揮できる回転速度に制御できることが確認された。また、運転状態を変えた場合においてもキャビテーション等の有害な事象発生の兆候はなかった。

(c) 連続運転試験結果

2時間にわたる $1 \text{ m}^3/\text{秒}$ の連続排水負荷運転を行った結果、運転時間の変化や温度の異常上昇がないことが確認された (図-5)。なお、本来はエンジン出口温度が入口温度より高くなるが、逆転していた。しかし、連続運転による温度変化は微小であったことから、冷却機能の問題はないと判断した。また、騒音レベルは 90 dB 程度となり、既存設備 (陸用ディーゼル機関) と同等以下であることが確認された。

(2) 課題整理

今後、開発目的に適ったマsproダクツ型ポンプ設

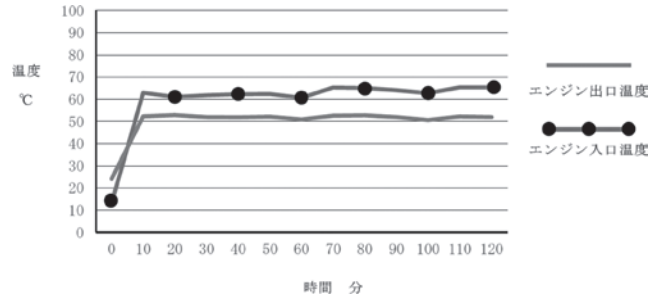


図-5 連続運転試験時の冷却水温度の変化 (試験パターンI)

備を実現するための主な課題を以下に記す。

(a) 共通ベースの一体化

今回の実証試験では共通ベースが一体化されたものと分割されたものがあったが、分割されたものはポンプ、エンジン、減速機の個々の機器が独立されたベースのため、それぞれのベースを据付基準線に合わせ、水平に設置しなければならないため据付精度が要求され、据付・調整に時間を要した。そこで、ポンプ、エンジン及び減速機の共通ベースを一体化したものと、設計条件や寸法を統一し標準設計とすることにより、今後の現場実証試験時の据付の効率化を図ることが可能となる。ただし、共通ベースの設計・製作に関しては十分な検討が必要である。

(b) エンジン、艀装装置のパッケージ化

今回の実証試験では、主原動機の構成機器であるラジエータ、燃料ポンプ、排気装置等は艀装装置として別途、艀装メーカーにより設計・製作された部分があり、パッケージ化することで共通ベースの一体化と同様、交換時における位置決め、芯出し等現場作業の効率化を図ることが可能となる。

(c) 技術基準類の策定

今回の実証試験では技術基準による規定がなく、各社独自の技術基準で設計されており、技術水準が統一されていなかった。そのため、既製品、動力伝達装置や操作制御設備等、マsproダクツ型排水ポンプ設備に係る技術基準を策定することで、当該設備が備えるべき機能等の技術的水準を明確にし、「リダンダンシーの向上」「メンテナンス性の向上」「コスト縮減」の実現に向けてマsproダクツ型ポンプ設備の整備を図る必要がある。

4. おわりに

今回の実証試験は初の試みであったにもかかわらず、全ての試験パターンにおいて総合的に判断基準を満たす結果となった。このことから、「マsproダクツ型排水ポンプ技術の開発・導入・活用に関するプロ

ジェクト公募実施の公示（令和3年1月12日）」において選定されたポンプ技術・エンジン技術についてマスプロダクツ型排水ポンプとして求められる基本性能を有すると評価された。しかし、社会実装に向けた実現性を検討した結果、未だ多くの課題が残っている。

令和4年度は耐久性、操作性、現場適用性、維持管理性等の検証を目的とし、土木研究所から全国6か所の実現場へ場所を変え、現場実証を予定している。引

き続き土木研究所と連携し、マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験を進めていく所存である。

JCMIA

【筆者紹介】

日出山 慎人（ひでやま しんと）
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課

黒田 浩章（くろだ ひろあき）
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課

