

《シリーズ》新技術開発ものがたり

FRP製船用ポンプを開発

浪速ポンプ製作所、超軽量・高耐久性を実現

船用ポンプはその用途上、材料に銅が使われている。一方、銅の埋蔵量には限りがあるため、持続可能性の観点から、銅の枯渇リスクへの対応が求められる。船用ポンプ専門メーカーの浪速ポンプ製作所は、銅の代替材料を見出そうと、新素材を用いたポンプの開発に挑戦し、従来の銅製ポンプと比べて超軽量で耐久性に優れたFRP（Fiber Reinforced Plastics）製ポンプの開発に世界で初めて成功した。

■新素材のポンプに挑戦

船用ポンプ製造において、従来の銅に代わる材料の必要性を感じていた浪速ポンプ製作所は2014年、日本財団と日本船用工業会の支援を受けて、ガラス繊維と樹脂によるFRP製のポンプの研究開発を開始した。渦巻ポンプを対象に、繊維、樹脂など材料の組み合わせや成型方法を調査した後、選定した材料を使ってポンプの設計、製造に着手した。

製造段階では、ポンプの効率向上と軽量化を目標にして、横型ポンプと立型ポンプの2機種を試作。この結果、従来の銅製ポンプに比べ、ポンプ効率は横型ポンプで約5%改善、立型ポンプで約7%の改善が確認できた。重量については、横型が約78%・14kg減少、立型が約66%・80kg減少と、大幅に軽量化した。

■新造超高速船向けポンプ開発へ

FRP製ポンプの製造方法を確立した浪速ポンプ製作所は、17年、国際海事展「バリシップ」で新型ポンプを紹介した。ここで同社に

声をかけた企業が、川崎重工業だった。「当社のジェットフォイルに、超軽量で耐久性に優れた船用ポンプを採用したい」。

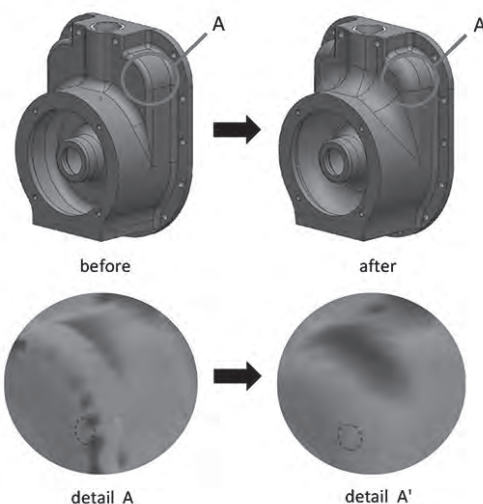
ジェットフォイルは、川崎重工の独自の全没翼型水中翼船だ。揚力で海面から浮上して、最高時速80km以上の超高速で航走するため、船体の軽量化が重要になる。従来、ジェットフォイルは軽量のアルミ製ポンプを採用していたが、アルミ製にはない耐久性とメンテナンス性を持つポンプとしてFRP製ポンプに着目した。

これを受け、浪速ポンプ製作所は同年から、川崎重工向けのポンプ開発をスタートした。これ以前の開発では、GFRP（Glass fiber reinforced plastic）製のポンプを設計したが、ジェットフォイル向けではさらなる高強度化と軽量化を実現するため、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastics）の採用を決めた。

一般的な金属材料は、JIS（日



CFRP製ポンプ



層間せん断強度を考慮した強度解析

本工業規格)などの規格で機械的物性値が定められているが、FRPは材料や製造方法によって物性値が変わる。このため、同社は樹脂と繊維を組み合わせた素材の要素試験から開発をスタート。強度を検証するため、引っ張り試験や

曲げ試験などを行った。

また、金属材料にはないFRP独特の現象として、ある一定の強度がかかった場合に樹脂と繊維層が剥離する「層間せん断」の検証試験も実施。3Dデータでポンプモデルを作成した後、FEM（有限要素法）解析で応力集中部を確認し、層間せん断が起きない応力値になるよう、ポンプ形状の見直しを行った。

これらの試験で得られた物性値を使ってポンプを設計し、試作機による試験も経て、製品が完成。船用ポンプでは世界初のCFRP製ポンプが誕生し、川崎重工が25年ぶりに建造したジェットフォイル“セブンアイランド結”に搭載された。

製品開発では構造解析を20回以上、要求されるスペックのための性能解析を30回以上も実施。こうして製品化したCFRPポンプは、従来機種と比べて、ポンプ本体で100kgから26kgへの約70%もの重量軽減を達成した。

■長寿化・ポンプ効率向上も

新型ポンプの開発では、従来の金属材料と異なり、決められた規格がない材料を扱うことが大きな課題だった。FRPは用いる繊維が多種多様で、繊維の編み方や、繊維1つ1つの太さ、それらを編み合わせたシートの組み合わせ方など無数のパターンがある。開発

責任者である北野茂樹技術本部長は、「構造解析や性能解析を何度も行い、トライアンドエラーを繰り返す作業が苦労した」と振り返る。

金属製ポンプに対するFRP製ポンプの優位性は、高強度性と軽量化だけではない。軽量化に伴いポンプのメンテナンス性が上がるほか、腐食しないため、長寿命化が図れる。金属材料に対して表面が滑らかになるため、流体の損失が少なくなり、ポンプ効率が向上する効果もある。開発を担当した井上知典開発チーム長は、「振動の減衰、騒音の低下といった特徴もある。また、製造時に必要な熱量が全体的に少なくなるため、製品の生涯を通じての二酸化炭素(CO₂)排出を削減できる」と述べる。

また、FRP製ポンプは従来の金属材料と異なり規格が定められておらず、同社が要素試験を繰り返して手に入れた物性値のデータがなければ同様の製品をつくれなため、模倣品の対策にもなり得る。

一方、改善点には、層間せん断を避ける設計の定着を挙げる。ジェットフォイル向けのポンプの設計時には、層間せん断に対応する



開発メンバー。写真左から、井上知典氏、北野茂樹氏、黒田慎氏

ため、設計後に複数回の設計変更が発生した。今後の製品展開に向けては、層間せん断をより考慮した設計を行う方針だ。

今後の展開に向けては、他の高速旅客船など、軽量化が求められる船向けの適用を検討している。北野氏は「手作業になるため製作に時間を要するが、月に1台から2台のベース受注、あるいは出荷を目指したい」と目標を掲げる。

FRP製ポンプの開発は、同社が会社全体で進める環境保全の取り組みの一環だ。「FRP製ポンプは、ライフサイクルを通じて環境保全に役に立つ製品。今後もそうした製品開発に励み、世界に提供していきたい」と北野氏。井上氏は「FRPという材料の特性が、まだまだあまり周知されていない。優れた性能を顧客に理解いただけるよう、今後もFRPの特性を社会にアピールしていきたい」と意気込んでいる。

(聞き手：岡部ソフィ満有子、随時掲載)