S1610103

ドラム式洗濯乾燥機における衣類質量を考慮した防振構造の多目的最適化

上甲 康之^{*1}, 会田修司^{*1}, 黒澤 真理^{*1}, 高橋 幸太郎^{*2}

Multi-objective Optimum Design of Vibration Isolation Structure for Front-loading Washer-Dryer in Consideration of Clothes Weight

Yasuyuki JOKO^{*1}, Shuji AITA^{*1}, Makoto KUROSAWA^{*1} and Kotaro TAKAHASHI^{*2}^{*1} Hitachi, Ltd. Hitachi Research Laboratory
832-2, Horiguchi, Hitachinaka, Ibaraki, 312-0034 Japan

Rotational drum of front-loading washer-dryer is supported on the vibration isolation structure to cope with the excitation force created by deviation of clothes inside the drum. The characteristics which are found in this structure vary depending on the quantity of clothes. In this research, multi-objective optimization using the response of surface was applied to reduce vibration, and also to reduce mass of anti-vibration-weight bolted on the outer tub. As a result, the estimation Pareto sets, which minimize vibration by different mass of the weight, were obtained.

Key Words : Washer, Vibration, Optimization, Response of surface method

1. 緒 言

ドラム式洗濯乾燥機は、回転するドラム内の衣類の分布に偏り（以下、アンバランス）がある場合、衣類に作用する遠心力の不均合いにより加振力が発生し、ドラムとそれを内包する外槽が一体となって振動するため、バネやダンパ、制振ウエイトのような防振構造を備えている。特に脱水工程では、ドラムの回転速度が停止状態から高速域まで変化するだけでなく、衣類質量やアンバランスにより振動状態が毎回異なるため、防振構造に対する要求は複数となる。例えば、外槽振動は衣類のアンバランスの位置や量で異なるが、衣類が多い場合はジャイロ効果の影響も受けることで、回転モードの振動が大きくなり易い。加えて、搬送・搬付性の面から、振動低減と相反関係にある軽量化も求められる。本研究では、外槽に備える制振ウエイトの取付位置と質量配分に関して、低振動化と軽量化の複数要求を同時に満たすために、応答曲面を用いた多目的最適化手法^{[1][2]}を適用する。

2. 衣類を考慮したドラム式洗濯乾燥機の振動解析モデル

図1は、ドラム式洗濯乾燥機の内部構造を示す右側面図である。筐体に弾性支持される外槽は、モータを介してドラムと一体に振動することから、これら振動部の重心や慣性モーメントを調整して振動低減を図る制振ウエイトが設けられている。振動解析では、外槽やドラムなど振動に影響する構造を剛体と仮定し、それらをバネ・ダンパなどの外力や変位・速度で拘束するモデルとした。また、衣類の量はジャイロ効果に影響を与えることから、図2のように衣類が遠心力でドラム内壁に張り付いたモデルとした。この衣類モデルは、回転軸 z に对称で、実測した回転モード時の衣類厚さから内径 d を与えた。

脱水時の外槽振動モードのうち、外槽と筐体とが衝突し易い x 軸方向の並進モードは衣類の少ない場合に大きくなり易く、共振周波数の高い x 軸周りの回転モードは衣類の多い場合に大きくなり易い。そこで、本解析では、ドラム内壁にアンバランスを模擬した剛体と衣類モデルを設置した状態でドラムを回転させ、(1) x 軸方向の最大

^{*} 原稿受付 2014年6月30日

^{*1} 正員、(株)日立製作所 日立研究所 (〒312-0034 茨城県ひたちなか市堀口 832-2)

^{*2} 日立アプライアンス(株) 家電事業部 (〒316-8502 茨城県日立市東多賀町1丁目1番1号)

E-mail: yasuyuki.joko.qd@hitachi.com

振動変位 X_1 (並進モード), (2) x 軸周りの最大振動変位 X_2 (回転モード), をそれぞれ算出した。なお、衣類の影響を考慮するため、衣類モデルの質量を前者の最大振動変位 X_1 の算出時はほぼゼロ、後者の最大振動変位 X_2 の算出時は衣類 10kg の極慣性モーメント (共振通過時) に相当する質量とした。

Fig. 1 Structure of front-loading Washer-Dryer

Fig. 2 The model which simulates clothes stuck to the drum inner wall by centrifugal force

3. 応答曲面を用いた制振ウエイトの最適設計

図3は、円筒で表した外槽の正面図と右側面図に制振ウエイトの取付位置の水準を投影したものである。制振ウエイトの取付位置は、図3のように、外槽の上側と下側で W_u と W_d に分けて考え、 y 軸及び z 軸方向に等間隔とした。これらの水準の組合せは、直交表 L_{27} を用いて作成し、前述した x 軸方向の最大振動変位 X_1 と x 軸周りの最大振動変位 X_2 に対する応答関係からそれぞれ推定式¹⁾を作成し、従来の制振ウエイト総質量 W_0 以下の範囲で制振ウエイトの取付位置と質量配分の組合せから成る実行可能解を求めた。そして、この推定式で求めた実行可能解から劣解を取り除くことで、最大振動変位 X_1 及び X_2 が同時に最小となる推定パレート解集合 P_E を求めた。

ここで図4は、 3.1×10^4 通りの実行可能解と、制振ウエイト W_0 の z 軸方向の取付位置 z_0 毎に得た推定パレート解 P_E を示す。取付位置 z_0 に関して最大振動変位 X_1 と X_2 は相反関係にあるが、制振ウエイトを出来るだけ前方に設けることで衣類が多い場合における回転モードの振動低減は可能と考えられる。また、推定式の作成に要した解析回数は54回であり、実行可能解の数の1%未満となることから効率的に解を得ることが出来た。

Fig. 3 Mounting location of anti-vibration-weight W_u and W_d

Fig. 4 Estimation Pareto sets P_E

4. 結 言

外槽に備える制振ウエイトの取付位置と質量配分の決定を目的に、衣類質量を考慮した振動解析モデルを開発した。さらに応答曲面による最適化手法を適用することで、制振ウエイトの軽量化と外槽振動変位の最小化を図るパレート解集合を近似的に求める手法を構築した。

文 献

- (1) 上甲康之, 本田真也, 成田吉弘, "実験計画法を用いた複合材料構造の多目的最適化", 日本機械学会論文集・C編, Vol. 76, No. 765(2010), pp. 1062-1067.
- (2) 柏村孝義, 白鳥正寿, 干強, "実験計画法による非線形問題の最適化-統計的設計支援システム-", 日本機械学会論文集・A編, Vol. 62, No. 601(1996), pp. 2180-2185.