

PS-22 長期試験のリモート監視・制御システム

構造安全評価系 * 林原 仁志

1. はじめに

当所では、船体構造材料等の長期的強度の評価及び評価手法の高度化を目的として、疲労（き裂発生・伝播）、腐食、腐食疲労等の各種試験を実施している¹⁾。

これらの試験は開始から終了まで数週間～数カ月間を要するものも多く、その間試験装置は連続稼働している。また、結果への影響からその停止期間は最小限に留める必要があり、絶え間なく試験を管理し続けることは大きな人的負担であった。更に昨今、感染症対策が要請されたことで、出勤を抑制する必要性が生じた。

従来、これら長期試験のデータは、疲労試験機等の側に設けた計測機（データロガー等）で記録し、試験終了時にオフィス等に記録を移動して整理・解析することが一般的であった。このため、単純な計測であってもその確認には試験機までアクセスする必要があるだけでなく、共同研究者間のデータ共有にタイムラグも生じていた。

以上の課題を解決するため、所内（オフィス）及び所外からネットワークを介し試験状況を監視、制御可能なシステムを開発した。本稿では、このシステム構成及び適用状況を報告する。

2. リモート監視・制御システムの開発

2.1 監視・制御システムの要件

1) 試験状態の監視

長期の材料試験における試験状態の維持自体は、元々の試験機に備えられている制御装置が担っている。そこで本システムに求められるのは、試験状況を監視し、異常の発生を検知・通報できる機能である。主な監視対象は、試験力/変位/ひずみ（例：疲労試験）、温度等の環境条件（例：腐食試験）、試験機のアラーム発報状態である。疲労試験の力/変位の様に比較的早い変化の信号は、リアルタイムに常時、値を取得し、異常の有無を判定し続けなければならない。

試験片の全般的な異常又は変化を評価するためには、目視確認の代替としてその外観を観察できる必要がある。

2) 試験データの保存及び共有

試験データを、その試験に関わる研究者間で共有出来き、かつ実験場から離れたオフィスでも確認できるように、所内のネットワーク上に保存出来なければならない。

所外からの試験状況の監視及びデータ確認ができるように、インターネットを介して必要なデータを提供できなければならない。特に試験における異常の発生は、物理的な対応を迅速に行えるよう、即時通知できなければならない。

3) システムのメンテナンス

今回対象とする長期材料強度試験だけをとっても、試験方法及び計測対象は多岐にわたっている。これらへ汎用的に適用できるようにハードウェアが構成されていることが望ましい。

それぞれの試験の担当者が直接、監視・制御システムを変更・構築できるよう、ソフトウェア面で考慮されていることが望ましい。

2.2 監視・制御システムの構成

監視・制御システムの中核ハードウェアとしては、開発の容易さと実行の確実性に関して汎用 OS ベース又は PLC によるシステムと比較検討した結果、National Instruments 社製組込コントローラ CompactRIO²⁾を選択した。同コントローラには、各種の計測モジュール及び工業用カメラを接続することができ、搭載されたリアルタイム OS によって確定性の高い監視プログラムを実行させることができる。アプリケーション部分は、同社のグラフィカルプログラミング言語である Labview により開発を行うことで、従来から同言語使用経験のある各試験担当者が、目的に応じて追加・変更を比較的簡単に実施できるようにした。

図 1 にシステム構成の模式図、図 2 に製作したハードウェア全体像を示す。

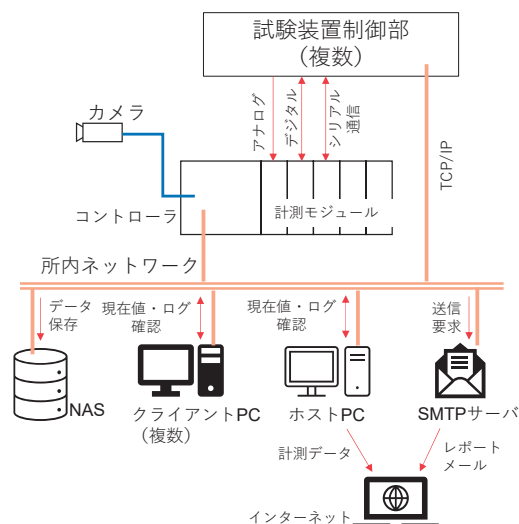


図1 リモート監視・制御システム構成 模式図

コントローラは、既設試験装置の制御部から試験状況を直接（アナログ信号/デジタル信号/シリアル通信）読み取るか、

ネットワークを介し取得する。また、接続されたカメラより試験状況映像を取得する。そして、予め設定された閾値との比較等を内部で行い、試験実施状況の監視を行う。取得されたデータ及び判定結果は、FTP により NAS に自動で保存される他、クライアント PC からコントローラへ要求することで随時確認出来る。

所外へのデータ送信は2通りの方法を準備している。一つ目はホスト PC でコントローラ及び NAS に保存されたデータを取得・処理した後、外部のクラウドサービスで提供されるストレージへ保存する方法である。この方法では大容量の様々なデータを保存できる利点があるが、外部サービスの利用に関して、共同研究の相手方も含め、各々のセキュリティポリシーに合致したサービスを選択しなければならず、利用が困難な場合もある。このため2つ目の方法として、電子メールによるデータ提供方法を準備した。SMTP サーバを介し、試験状況確認に必要なデータを、試験装置の異常検出時及び定期的なレポート送信時に、コントローラから直接、予め設定したアドレス宛に送信する。これらの方法により、所外においても試験状況を迅速に把握する事が出来る。

以上の様に全般的にネットワークを通じてデータのやりとりを行うシステムであるため、通信障害に備えて、データの判定・処理はコントローラ内で完結するアプリケーション構成とし、送信出来なかったデータファイルは内蔵の SD カードに保存することで喪失を防いでいる。

ハードウェアとしては、16ch の A/D 変換モジュール及び 4ch の温度計測モジュール、各 8ch のデジタル I/O モジュール及び 4ch のシリアル通信モジュールを備えている。デジタル I/O は、複数の機器からの入出力を安全に処理できるようにフォトカプラによって絶縁されており、動力系統回路を直接操作できるように、4ch のメカニカルリレーも搭載している。

3. リモート監視・制御システムの適用例

開発したシステムを現在実施中の長期腐食疲労試験へ適用した例について述べる。

本試験では、油圧サーボ疲労試験機（制御装置：島津製作所製 4830 形）から負荷される荷重及び腐食環境の温度/pH が主な監視対象である。

荷重値は変化速度が大きく、何らかの機械トラブルによる瞬間的な過大/過小荷重も検出できなければならないことから、4830 形制御装置の荷重/変位アナログ信号及びアラームに対応するデジタル信号を、200Hz のサンプリングレートで常時監視している。試験条件から逸脱した値が観測された場合は、異常値としてその前後 5 秒間のデータを NAS へ保存すると共に、電子メールによって実験担当者へ通知する設定とした。温度/pH は既設のデータロガー（日置電機製メモリハイレコーダ 8421-50）から TCP/IP により取得している。

図 3 はクライアント PC 上で実行される確認用アプリケーションであり、図示された外観/環境データに加え試験状況（荷重/変位履歴）を、試験機まで直接アクセスすること無

く確認することが出来た。

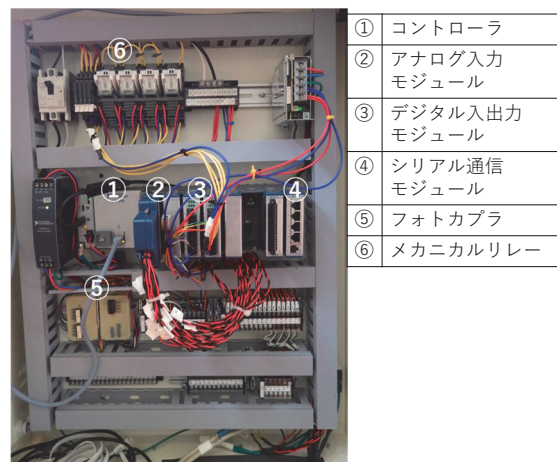


図 2 リモート監視・制御システムハードウェア構成



図 3 リモート監視・制御システム 確認用アプリケーション例

4. まとめ

長期材料試験における試験管理の人的負担軽減及びデータ共有の迅速化のためにリモート監視・制御システムを開発した。実際の試験に適用し、目的を満たす結果が得られた。本システムは汎用性を付与しており、異なる試験に対しても活用可能である。

今後、適用により得られた知見を元に第二、三号機を製作し、試験実施の更なる効率化を進める予定である。

参考文献

- 1) 研究施設，海上技術安全研究所 website，URL: https://www.nmri.go.jp/oldpages/structure/Facilities/facilities_j.html#facilink-4 (2021.6.14 閲覧)。
- 2) CompactRIO システム，National Instruments Corporation website，URL: <https://www.ni.com/ja-jp/shop/compactrio.html> (2021.6.14 閲覧)。