

# 性能検証手過程：発注者および 保守管理業者に与える影響

T. D. Underwood, P. Eng.

ASHRAE 会員

市橋 迪訓

中原 信生

## 要約

本論文の目的は、性能検証の過程が、建物内の HVAC システムの長期にわたる運転や、保守管理に与える影響について検討することである。

性能検証過程の全関連担当組織が、十分な性能検証過程を経た設備の受渡しに積極的であるならば、発注者は長期にわたって経済的にビルを運営し、さらには入居テナントを満足させることができ、その結果、施設の賃貸借および居住環境が大幅に改善されることになる。

性能検証作業を実施できるようにするには、適切な性能検証計画を立てる必要がある。性能検証課程において初期の資本投資に対する、ライフサイクル的な観点からの適切な検討を行わないと、前記投資資金の回収には間違いなく建物の耐用年数以上の期間がかかると思われる。ライフサイクルに基づいて投資コスト回収ができないのであれば、性能検証計画は適切な経済的判断に基づく意志決定を行って修正しなければならないというのが筆者らの主

張である。

性能検証の過程が、明らかに建物の設計、施工、運用の一部であるということは、設計者および発注者はもちろん ASHRAE にとっても比較的新しい概念である。発注者は、常に性能検証が完了した設備の受渡しを受けるものと考えていたが、そうでない場合が多かった。これは、設備関連の性能検証のパラメータが設計段階では規定されておらず、当然ながら施工段階でも含まれていなかったためである。

筆者らは、自社あるいは外注によるビルの HVAC システムの運転、保守管理の観点からこの過程の検討を行う。保守管理担当者にとって性能検証過程の影響は長く続くと思われるがゆえに、本論文では、これらのチームが必要とする性能検証過程を円滑に終了させるための情報を要約することとする。新築工事またはリニューアル工事の最終の受渡し時に、発注者側の運転保守管理技術者は、竣工後長年にわたり空調、換気設備がエネルギー消費を含むランニングコスト面で効率的かつ順調に運転できてくものと考えているが、設備の設計、施工、試験がしっかりと行われ、システムの調整、制御装置の設置が良く行われている場合、すなわち性能検証がなされている場合に限られるのである。運転保守管理技術者が HVAC システムを効率

よく動かせるか否かは、性能検証過程に直接関わってくる問題である。

本論文では、運転保守管理の、設備の設計、施工、試運転、試験調整 (:TAB)、および制御機器の設置へのかかわり時期について検討する。最終成果物を経済的かつ居住者の快適性に留意して保守管理できるようにするためにこれらのすべての段階に保守管理担当者が携わっていくことを提案する。

性能検証過程は、建設費・投下資金に関係がある。これらは、設備の規模および複雑性により変化するので、本論文では、これらを数量化する試みは行わない。しかし、発注者にとってライフサイクルにわたる便益を保証するには、建設費・投下資金のほかに建物の維持費、運転費を考慮せねばならない。入札で予算超過になった場合、建物所有に関連する運転維持費は消失してしまう。大規模な建設者の設計、施工、および運転保守管理担当者は、プロジェクトの設計および施工段階で行う経済性への意志決定が将来のシステムの運転費や維持管理に逆効果を与えることはないことを確信して、ライフサイクル・コストに影響を与える諸問題についての検討を行うことを強く推奨するものである。

設計、施工、試験調整、制御、据付、および受渡し文書を中心として、発注者／運転要員および維持管理業者の要件の観点から、さらに詳しく性能検証について論じたい。

## 設計

個々の施設の要件にしたがい、HVAC システムの設計は、非常に単純なものからきわめて複雑なものまで様々に変化する。ここでは、詳細な性能検証計画が必要となる複雑なシステムを取りあげますが、ここで検討する性能検証計画はあらゆるシステムに適用されるものであることを忘れていただきたい。

どのプロジェクトでも、その設計段階で、投下資本の予算について検討が行われる。関連担当組織のすべてが、プロジェクトを初期コスト予算内に収めるのに必要なバラ

スのとれた価値判断を行えるように、ライフサイクルコストの検討を行うことを推奨する。各種システムの保守管理費については ASHRAE(1991 年)および Dohrman / Alereza (1986 年)等の論文で与えられている。設計者が十分な情報に基づいた発注者のための判断を下せるように、エネルギー予算についても決めておく必要がある。このようなすべての情報に基づき、設計者は、適切に性能検証されたあるシステムが、ライフサイクルにわたる期待に合致するかどうかの決断をすることができる。貧弱な保守が機器の寿命やエネルギー消費に与える影響については、ほとんど調査が行われていないため、長期にわたって適切にシステム運用管理される場合に対しシステムの性能検証を怠ったときに上乘せすべきライフサイクル・コストについての判断は、設計者の経験に頼ることとなる。ビルの運転保守管理担当者が、設計のこの段階で関与していれば、ここに述べた経済的判断を下すための有用な情報を設計者に提供することができるのが普通である。

強調しておきたいのは、運転保守要員は、設計者の設計能力を批判するのではなく、その設計内容が、将来 HVAC システムに与える影響について論じ合うべきだ、ということである。これを念頭に置いて、以下の要件を提示する。

- 1) 運転保守要員は、ビル竣工後のビルのありようについて、設計者の知らない知識を持っているだろうから、計画中の建物への入居者の要望に関する情報を設計者に与えることができる。この情報が、最も経済的な建築設計に到達するために何が隘路であるか、どこで折り合いをつけるべきか、についての要件を設計者に指し示す。
- 2) 設計チームは、制御やシステムの構成の要件などの項目について検討を行い、システムの快適性やエネルギー効率の条件を満たす必要がある。HVAC システムが、ほとんどの時間、部分負荷で作動することは、設計分野ではあまり指摘されていない。有能な運転管理者は、この点についての経験を設計者に提言することができる。機器およびシステムの選択は、設備の部分負荷性能を考慮して行う必要がある。そうすると、初期の投下資金に影響を与えるであろうが、ライフサイクルコストに基づく予算編成の点で重要である。
- 3) 適切な保守作業のためには、機器の配置とアクセスの難易さが、決定的に重要である。このことは自明ではあるが、見過ごされている場合が往々にしてある。前述したように機器は、全負荷では殆ど運転していないため、長期効率を確保するには、異なる機種を選択するなどの必要性が生じる。
- 4) 設計者は、システム運用中での支援と維持のために、連絡の容易な地元での部品調達に配慮する必要がある。この点、設計段階では些細なことと思われがちであるが、取替部品の入手難や納品の遅れなどから問題が長期に至ると、運転停止による対策費用がテナントには容認しきれぬほどかさむことがあり得る。

- 5) 設計者は、将来の居住者のニーズの変化に備えてシステム運転に関する詳細について、運転保守管理要員と合意しておくべきである。この詳細は、設計図書に明確に記載しておくべきである。その変更には、事務室の移動などのように単純な場合もあれば、熱負荷条件が異なるまったく新規テナントの入居のように複雑な場合もある。
- 6) 最後に設計者は、そのシステムの運転操作要員に必要な技能レベルについての情報を、運転保守管理担当者に提供しなければならない。設計がシンプルであるほど、ビルの室内空気質、快適性、運転保守費用などの面で成功をおさめる場合が多いことは過小評価できない。

## 施工

どのプロジェクトでも、入札段階でプロジェクトが予算超過となるがよくあり、コスト削減の提案が行われる場合、機械設備と電気設備とが最も犠牲にしやすいとみなされているようである。もしそうなれば、設計段階で立案した性能検証計画に大きな影響がでることがある。コスト削減対策を考える場合、その対策が設備のライフサイクル・コストに与える影響について十分注意を払わねばならない。

施工図および運用保守の提案書ができた段階で、運転保守要員は、それらが当該設備にとって適切であるか否かを校閲する機会を有すべきである。発注者が保守管理業者の外注を考えている場合は、業者が請け負うことになる機器やシステムの適切な保守管理手順を、プロジェクトの初期段階で用意させることが妥当である。

性能検証チームは、プロジェクトの設計段階で作成した計画にしたがってシステムの性能検証を実施できる保証を得るために、施工の過程に関与しなければならない。施工の変更指示によって、もとの性能検証計画に変更が生じた場合は、常にその内容を性能検証計画に盛り込まねばならない。性能検証計画については、「ASHRAE 性能検証作業の手引き」(ASHRAE Commissioning Guide : 1989 年 ASHRAE 発行)を参照されたい。この手引書は、HVAC システムのために作られたものであるが、性能検証の基本としてどのビルシステムにでも、利用できよう。

プロジェクトの実際の施工段階を通して、運転保守管理担当者は、現場の会議へ出席し、主要機器の設置状況を観察して、保守作業が実施できることを確かめ、そして設置されるシステムを将来運転保守するにあたって影響を及ぼすような変更の通知にかかわる必要がある。運転要員は、主要な機器とシステムすべての試運転に立ち合うべきである。

性能検証機関から性能検証を終えた建物の受け渡しを行うに際し、運転保守管理担当者は、性能検証チームの構成員としてこれらのシステムのライフサイクルにわたる運転に影響を与える、設計図および設計図書の変更につい

て施工業者から、連絡を受けておかねばならない。発注者の期待にふさわしい十分な性能検証されたビルとするためには、これらの点をいかほどについてはいくら強調しても強調しすぎることはない。

## 試験調整および制御

性能検証過程においては、試験調整 (TAB: test and balancing) 業者が、最大フロー (訳注: 負荷、流量など) の調整と、さらには部分負荷への対応、あるいはこの両者に共通する条件に対応させることを含む主な責務を負う。ビル・システムの試験調整を実施する適格な TAB 業者を的確に選ぶには、何れかの試験調整業協会が認証した TAB 業者を利用するのが適切である。さらに、計測装置をプロジェクトに合わせて校正し、必要に応じて特定の計器により校正を更新する。校正に関するデータは性能検証図書の一部とする。性能検証機関は、試験調整データの抜き取り検査を行い、レポートが特に部分負荷条件において正確であることを運転保守管理要員に対して保証すべきである。試験調整はある特定の季節に実施されるので、ビルシステムの居住状況、気象条件、季節も前記のレポートに記載しておく必要がある。ビルシステムの性能検証を完了するためには運用中のビルについて、システムの妥当性をライフサイクルにわたって判断するため、通常四季にわたる検証が必要である。

保守要員は調整作業に立ち会うのが妥当である、というのは、調整レポートにより判断すべき情報が彼らの眼前で実行されているからである。この立ち合いによって、将来、システムの変更を実施した場合の影響、およびこの変更とシステムのその他の部分との関係を理解する能力を保守管理要員に与えることになる。さらには、当該ビルのシステムを適切に調整するために必要な計測装置についての知識も彼らに与えることになる。

TAB 作業の終了時点で、TAB 業者は適切なレポートを運転保守要員に提出し、ビル受渡し時におけるあらゆるシステムの調整状態の永久保存記録とすると共に、これを基点として将来の変更が行われる。このレポートを作成するための文書化については、ASHRAE (1988) に示されている。

制御の請負業者も、TAB 業者と同様の責務を負っている。各システムの運用開始時に制御請負業者は、保守要員と共に作業を行い、彼らが制御システムの能力と限界、特に部分負荷特性について熟知できるようにしなければならない。

プロジェクト完了後に、ビルの運転要員がシステムの調整を行い、ビルの熱環境及び、エネルギー消費に悪影響を及ぼすことなく適切な制御を実施できるようにするには、制御関連の情報が、制御ルーチンごとに具体的なものになっている必要がある。このようにするには、制御関連の文

書が、設備運転要員に理解できるように、書かれていなければならない。十分に性能検証されたビルとしては、一般的なカタログからの抜粋では不相当である。記述仕様はそのビルシステムに特定のものでなければならない。それによって運転要員は外部の助けなしに制御上の変更を正しく行い、その変更に対して順次テナントを満足させるように制御システムを調整する必要性に対応できるのである。かかる制御の変更は、毎時間と行った頻度で必要となることもあるため、運転要員は、当該ビルに対して必要とされる適切な手順を知っていなければならない。

制御装置業者の最終レポートには、フローチャート、および制御上の変更を適切に行う方法について、特に DDC システムについては記載しなければならない。DDC システムについては、発注者、運転要員および業者が、システムの適切な調整方法と、このような調整による影響によりビルの状態がどのように変化するか判断する方法とについて知っておかねばならない。

## 文書化および訓練

性能検証過程を終了するには、最低限以下の記載項目を運転保守管理担当者に引き継ぎ、設備の性能検証が完了したことを確認する必要がある。

- 竣工図
- 調整レポート
- フローチャート
- 運転管理に関する資料
- 保守管理に関する資料
- 制御法
- 設計趣旨および設計の制限
- 部分負荷運転に関する資料

上記の資料などを利用すれば、将来のビルの居住状態を変更しても確信をもって対応することができ、変更事項を含め、ビルに関する資料が常に更新される。

建物に関する適切な文書を供給するのに加えて、ビルの運転要員、保守管理要員、および外部の業者にこの文書を活用させるための正規の訓練を実施することも必要である。訓練の量と水準とは、性能検証された設備の複雑さの度合いに相応するもので、当初の性能検証計画の一部として記載すべきである。

この文書化と訓練とは、将来の設計変更や、HVAC システムと関連する運転、エネルギー、居住などの問題が建物に生じた場合の問題解決のために不可欠のものである。基点となる情報があれば、運転保守管理要員、外部の業者、コンサルタント等がこれらのデータを利用して、直面した問題の解決策を見出すことがより容易になるのが常である。

## 結論

性能検証は複雑な過程である。発注者は、従来の契約のもとで、十分な性能検証された建物を受け取れるものと思ってきたが、この過程の質には大きなばらつきがあった。ASHRAE GPC-1 が性能検証の手引書を作成し、この過程についての一貫性のある基礎を与えることができるのは幸いなことである

現在、ASHRAE の技術委員会が担当して開発中のガイドラインGPC-4は、設計者やメーカーが性能検証課程を改善するためのより良いマニュアルを書くための補助となるものであろう。これが、ビルの運転保守管理の向上につながり、その結果、エネルギー消費が削減され、室内環境およびテナントの居住性が向上するのである。

## 参考資料

ASHRAE, 1991 *ASHRAE handbook - HVAC applications*, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc.

ASHRAE, 1989, *ASHRAE guideline for commissioning of HVAC systems 1* 1989, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc.

Dohrmann, D.R., and T. Aleraza, 1986, Analysis of survey data on HVAC maintenance costs. *ASHRAE Transactions 92(2A): 550-565*