技術のページ

コミッショニング事始め（13）

設計根拠書(Basis of Design, BoD)

中原信生　(NESTEC)

従来、計算書などの設計根拠はどう扱われていたか

筆者の限られた数の体験の中での話であるが、空気調和設計に当たって必須の計算プロセスである、熱負荷、ダクト・配管系の計算経過、機器の選定理由や選定に当たってのちょこちょこした計算、スケッチなど、設計の根拠を記した資料を設計図とともに設計図書の一部として発注者に提出した例は無かったと記憶する(これは米国でも同様であることが後述される)。確かに設計の請負・委託においては、製作・施工に当たって必要な図面と仕様書のみが整えられていれば良く、施工者は設計図どおりに製作することが求められる。それに関しては工事監理者と言う独立の一級建築士が確かに設計図どおり施工されているかをチェックすると言保証手段が与えられてはいる。しかし実態は前にも述べたように、そのまま施工すればよいような図面にはなっていないうえ、設計者が工事監理者になることが多く独立性が薄い、程度の差こそあれ施工業者による再設計を前提とすることが多い、という状況に中で、設計根拠書(+設計主旨書)が無ければ設計者の意図から離れたものになっていく可能性が高い。これを避ける方法論の一つがコミッショニングプロセスであり、その責任者 CA は設計者に取り替わってはならないことを考えるとすれば、これら設計根拠を記述した文書を整え、設計変更に備えておくことはより一層必須の要件となる。

設計根拠書とは

(1)定義の変遷、進化

SHASE とそのモデル文書である ASHRAE ガイドによる定義は下記のとおり。

ASHRAE-G,1996:(本文:用語の定義)設計趣旨を達成するために必要なあらゆる情報で、気象条件、室内環境基準、他の関連設計構想、コスト目標・規準・標準・規則・ガイドラインに関する文献。

SHASE-G,2004:(付属書 10:用語の解説)気象条件、室内環境基準、他の関連設計構想、コスト目標・規準・標準・規則、計算方法並びに環境・エネルギー性能予測のためのシミュレーションツールなど設計要件を達成するために必要なあらゆる情報。

ASHRAE-G, 0-2005:(本文:用語の定義) OPR に沿い、また適用される規制・基準・指針を満足するように展開された計画・計算・意思決定、並びに機器選定の経過を記録した文書

(付属書 K:BoD について) BoD は OPR に添うべくなされた設計上の意思決定の背後にある主要な思考過程や仮定事項を記録した文書である。OPR は発注者が「何を」要求するかを明らかにし、建設図書(≒設計図書)は「如何にして」OPR を物理的に達成するかを詳述したものである。BoD はこの「何を」と「如何に」をリンクさせる重要な情報を与えるものである。BoD は建設図書とは異なるもので設計図や仕様書には滅多に含まれず、施工者の業務遂行には一般には不要なものである。然しながら設計内容が OPR に合致するか否かをコミッショニングチームが評価するときには格別に価値のあるものである。

設計根拠となる情報を特に文書とする目的は、プロセスの各フェーズでプロジェクト関連者に、特定の部品、機器、サブシステム、システムを選定するに至った根拠となる考え方を理解させるにある。ふつう、機器やシステムの設計概要を言葉で綴ることが BoD の不可欠な要素である。典型的な BOD の記述は、プロジェクトが企画フェーズ、設計フェーズ、施工フェーズと移行して行くに従って展開されていく。設計が進行するにつれてしばしば起こる BoD の変更は記録されねばならない。

BoD のコンテンツはプロジェクトごとに、またシステムごとに異なるが、通常は下記について記述する。

・その施設の設計において考慮すべき特定の規格、基準、指針等とかかる要件に対する設計者の解釈
・設計に用いられる周辺条件(気象、地勢、構造、既設建造物等)に関する情報
・施設の使用条件に関する仮定
・システム運転管理への期待
・OPR にリンクするが、システム設計の目指すべき性能基準
・設計で使用する特定の設計法や設計技術、ソフトウェアなど。
・設計者がどのようにして OPR を満たそうとするかを言葉で表現した記述
・各種の条件下(例えば、通常時、目立った行事の時、また非常時など)において施設を如何に運転管理すべきかを言葉で詳述する。
・設計図や仕様書の根拠として用いられる特定のメーカーや機器のリスト

(2)広義と狭義の設計根拠(図)書

ASHRAE-G,1996 までの情報から SHASE-G,2004 を作り上げる過程で、デザインコミッショニングの成果物として何が必要か、文書をどのように区分けし役割分担させるかを考えた挙句、

① 設計要件書または企画・設計要件書(OPR)
② 設計計算書(設計計算条件、関連規格類適用を含む)
③ システム設計、機器選定根拠説明書
④ 自動制御管理文書
⑤ 設計主旨文書
⑥ システム制御・運転操作説明者(但し⑤と⑥は合冊も可)

を定義し、広義には①～⑥のすべてが設計根拠(図)書であるが、狭義には②＋③を以て設計根拠書に当て、①は設計の前提であるから別格、④～⑥はそれぞれ施工・運転管理の段階で独立しても運用されるので別冊が望ましいとした。

上述の ASHRAE-G,0-2005 の付属書 K の解説を見ると、だいたい筆者の思考過程に整合しているとご理解できよう。以下、広義と狭義の両面から設計根拠書の構成と内容に迫ってみよう。

広義の設計根拠文書

①OPR は本シリーズ(その 3～5)、④自動制御管理文書は同じく(その 9～11)に詳述したので省く。その他の文書については先ず SHASE-G,2004 付属書 10 の用語の解説文を転記する。

(1)設計主旨文書(Design Intent Document)

設計図書の一部で、設計主旨、設計概要及び設計根拠を記述した文書。これは、企画・設計要件書並びに計画段階及び基本設計段階で設計家より提出される設計概要への記述内容を満たし、基本設計段階より実施設計段階にかけて展開した設計内容と設計根拠の概要を記述した文書で設計図書の一部を構成する。設計根拠の概要では設計条件、エネルギー及び空気質に関する設計目標、根拠とする設計マニュアルやシミュレーションツール等について記述する。そのほか設計主旨文書の中にシステム制御・操作説明書を含めることもある。

(2)システム制御・(運転)操作説明書(Guide for the System Control and Operation)

当該物件の設計意図、その設計意図を実現するためのシステム構成とこれに対するシステム制御と運転操作の指針を、運転・保守管理者に伝えるために設計家の立場でまとめたものである。一般に設計図のみでは運転・保守管理者がこれらを認識するのは極めて困難であるので、文章記述と関連システムダイアグラム・機器リストなどを併記してまとめられるべきである。この内容が設計主旨文書の中に大幅に織り込まれている場合はその記述に保守管理実務的立場からの内容を補強することによって、設計主旨文書をもってシステム制御・操作説明書を兼用させることができる。

(1)の中に書かれた設計根拠は狭義の意味と捉えればよい。そして前述どおりこの二つの文書は内容に重複するところが多くなるので一冊にまとめるほうが便利であると述べている。それなら最初から一冊にすればどうかということになるが、設計主旨文書の源は企画フェーズに発注者の考えを述べる企画書(Owner's Program)或は設計趣旨(Design Intent)に端を発し、基本計画書(Schematic Design Document)を経て基本設計(Preliminary Design)、実施設計(Working Design)或は設計展開(Design Development)を通じてまとめられてくるべきものであり、設計終了段階には自動的に完成版としての設計主旨文書として出来上がるものであると考えると、設計完了直前でないと書ききれないシステム制御・操作説明書とは別建てにしておくのが基本であろうとの考えに基づく。

なお、設計主旨文書とシステム制御・(運転)操作説明書の記述例として公開できるのは、(一財)ヒートポンプ・蓄熱センターが作成した蓄熱式空調システムの一連の設計基準、設計例並びにコミッショニングガイドブックに、筆者の監修のもとに作成されたモデル文書として含まれているので、本稿を補完するものとしてご参照頂きたい(http://www.hptcj.or.jp/tech/tabid/194/Default.aspx)。同様にこれらの設計例文書はそれ自体が広義の解説付き設計根拠書のモデルとも考えられる。

設計計算書及びシステム設計根拠書

設計にはつきものの文書であるが、単にメモ書きとして残されているに過ぎないことが多いので、OPR の要件との整合性を明記しつつ、計算条件と計算の経過、或は計算プログラムを利用する場合には計算条件とその背後にある温湿度等の設計環境条件、生起率(温湿度または負荷の)に基づく TAC 条件の選定経過、年間エネルギー消費量算定用の年間負荷稼働率なども含める。

(1) 負荷計算書
① 負荷計算用外界条件
② 負荷計算用室内環境条件
③ 負荷計算用負荷生起率に関する各種仮定(ピーク及び年間対応スケジュール)
④ これらの情報を規定する各種規格、基準類のリストと引用箇所
⑤ 空調ゾーニング計画と空調システム構想に基づく負荷計算のゾーニング
⑥ 負荷計算プログラム名と入出力電子データ(例:ヒートポンプ・蓄熱センター作成 HASP/TES for Windows、建築設備技術者協会 MicroPeak など)
⑦ 負荷計算結果のまとめ

(2)熱源システム計画と機器選定
① 蓄熱システム、コジェネレーションシステムを含めた熱源システム選定計画書
② 必要に応じて利用する熱源システム選択比較用エネルギーシミュレーション

プログラム名（例:ヒートポンプ・蓄熱センター作成 TES_ECO など）、そのプログラムを選定した理由(OPR との関係を含む)

③ 特定のシステム(例:蓄熱、コジェネレーションなど)設計用の設計・シミュレーションプログラム名、選定理由、入出力条件と計算結果

(2) 空調・換気システム計画書及び機器容量計算

① ダクト・配管計画書(ゾーニング、材料選定、等)

② 換気・排煙計画及び空気バランス確認書

③ 空調機器設計計算、要求性能確認書(外気量、空気濾過効率、など)

(3) 空調・換気詳細計算書

ダクト計算書、配管計算書、防振防音計算書等、列記すればきりがないし、一般常識として把握されているものであるから、以下、計算書名を列記するのは省く。

機器選定根拠書

設計の流れの中で、機器カタログを見ながら、要求性能の暗黙の認識のうちに参考機器を選定し、図面に書き込んでいくために選定根拠をいちいち書き上げることは少ない。然し機器は設計段階で特定の製品に決め打ちすることは少なく、施工者が性能の同等品を選定する余裕が与えられているのが通常であり、設計図記載の参考機器選定根拠が明示されていないと、後日設計者の意図に反する機器が選定されてしまうことがままある。これは設計図に記入する機器表の性能記述の方法を考慮することによってある程度避けることができるが、別に文書として機器選定根拠が作成されているに越したことはない。以下に、実際のプロジェクトで作成し活用された機器選定根拠書シートの一例を載せる。(圧縮して表示)

■熱回収ヒートポンプ選定根拠フォーム

1. 冷却能力及び加熱能力決定に際して最適値を求めるために使用した計算手法及び容量決定法について記述する。

(1) 冷却能力及び加熱能力の算定

a. 冷却・加熱能力計算(ピーク負荷計算)ツール:
・HASP/TES □ ・New HASP □ ・MICRO-PEAK □ ・IPAC □ ・その他 □
その他の方法(併用を含む。設計家記述):＿＿＿＿＿＿＿＿

b. シミュレーション結果
・システムシミュレーション:HASP/ACSS □ ・BEST □ ・TESEP/W □

(2) 適切な設備容量の設定根拠

a. 蓄熱バランスシート: ・計画値(概数値) □ ・計算値 □
b. 熱源機器の負荷分担パターン(図解付):・計画値(概数値) □ ・計算値 □
c. 熱源機器の運転方法: ・熱回収運転最優先 □ ・夜間電力移行優先 □
熱回収運転が出来ない場合の冷熱源、採・放熱源の運転優先順位 □
d. 熱源機器 COP 決定法: ・定格点 □ ・最大 COP 点 □ ・最適制御設定 □
設計家として設計思想について追加または補足説明:＿＿＿＿＿＿＿＿

2. 適用: ・非蓄熱 □ ・蓄熱 □(水 □ 氷 □) ・コジェネ □ 地域冷暖房 □

3. 機種: ・電動方式: ・インバータ方式(・有り □下限 Hz＿・無し □) ・使用冷媒＿
・空冷式 □ 水噴霧 有/無 ・水冷式 □ (・冷却/加熱塔 □ 熱源水 □(＿)
・熱動方式: ・吸収式 □(・二重 □ ・三重 □) ・蒸気タービン駆動 □
・ジェネリンク □ ・太陽熱駆動 □

4. 圧縮機形式:・遠心式 ・スクリュー式 □ ・スクロール式 □ ・往復動式 □ (密閉等)

5. 電源定格: ・＿＿V ＿＿Hz ・全入力運転制御 有/無(蓄熱の場合必要)

6. 予測運転時間: ・年間＿＿時間、 ・一日(ピーク負荷日)＿時間

7. 最大冷却／加熱容量の決定法
・最大冷却／加熱容量(kW) ×(例) 1.05 ・(ポンプ・配管熱損失係数) × 1.05
・(経年係数) × 1.05 (能力補償係数)
但し、シミュレーションプログラム等で最大冷却／加熱容量を求めた場合は記入不要

8. 冷温水条件:・冷水 入口/出口 5℃/13℃ ・温水 入口/出口 40/45 ℃

9. 熱交換器汚れ係数 蒸発器＿＿㎡K/W 凝縮器＿＿㎡K/W

10. 空気側熱交換器
・チューブアルミプレートフィン □ ・その他 □＿＿＿＿ ・自動除霜 有/無

11. 水側熱交換器
・シェルアンドチューブ式 □ ・その他 □＿＿＿＿＿

12. 容量制御:
・台数制御 □ ・段階制御 □＿＿段 ・比例制御 □ ・制御特性 (別紙資料)

13. 冷温水温度調節:・出口温 □ ・入口温 □ ・出入口温 □(蓄熱、外部指令)
・温度制御範囲、最適温度設定の有無、制御ロジック等を記述＿＿＿＿＿＿＿＿

14. 冷凍機成績係数(COP)
・成績係数の良い機械を選定 □ ・特に考慮しない □
・冷房運転定格 COP＿＿＿ ・暖房運転定格 COP＿＿＿

15. 冷媒選定理由
・オゾン層破壊係数優先 □ ・地球温暖化係数優先 □
・等価温暖化影響優先 □ ・高効率冷媒優先 □

16. 冷凍保安責任者資格:・要 □ ・不要 □

17. 瞬停対策
・未対策 □ ・対策(＿＿＿㎜ Sec) □

実際には選定結果をカスタマイズした仕様書 にまとめたものを添付する。

PECI の設計主旨書＋設計根拠書

広義の設計根拠図書の立場に立てば前記③～⑤の中の組み合わせ形態が幾つか考えられ、設計者の創意工夫の余地がある。米国のコミッショニングプロセス普及活動を主導してきた PECI のまとめたガイドラインでは、⑤設計主旨を加味した③システム設計・機器選定根拠書のモデルを作って公開している。これらの文書は一般公開され、BSCA ではそれを和訳し、ホームページの会員のページに公開している。その中に「エネルギーと快適性に関わるシステムの設計趣旨と設計の根拠」(J_D_INTENT.doc)があり、ほかの文書も含めて実務に参考になるものである。但し、現在 BSCA のホームページは改訂工事が進行中であるが、サイトマップから資料に辿り着けるようになっているから利用願いたい。 （続く）