

特集

川田工業システム建築の開発

KAWADA BUILDING SYSTEMS



川田工業システム建築の開発

Kawada Building Systems

バブル経済破綻後、厳しい環境下にある昨今の建築業界では生き残りをはかるために、さまざまな模索、試行錯誤が繰り返されている。その手段の一つとして建築を抜本から見直し、既存の考えにとらわれない、新しい建築手法を開発しようという試みもある。このような時期に登場したのが、川田工業㈱のシステム建築 KBS (Kawada Building Systems) である。このシステム建築は、合理主義を第一とする米国で培われ、ローコスト・短工期を可能にする、これまでの日本の在来建築手法とは一味違う建築手法である。

ここで、システム建築KBSの特徴と、米国のシステムをいかに日本へ導入したか、その開発の経緯と今後の展望について紹介する。

1. システム建築事業概要

(1) まえがき

川田工業㈱は、米国トップクラスの製鉄会社アームコスチールのメタルビル部門から出発したBuilding Technologyという会社(米国メタルビル業界トップクラス30数社の内第6位)を1991年11月に傘下に加えた。そして、Steelox社と社名も新たに再スタートさせ、生産施設のみならず長年の実績に裏付けられた貴重なノウハウを入手したことが、日本でシステム建築事業へ進出するきっかけとなった。

平成5年3月にシステム建築推進本部が発足、平成7年12月にシステム建築本部、そして平成8年9月にシステム建築事業部となり、事業部として本格的に営業展開を開始し現在に至っている。

(2) 川田のシステム建築KBSの特徴

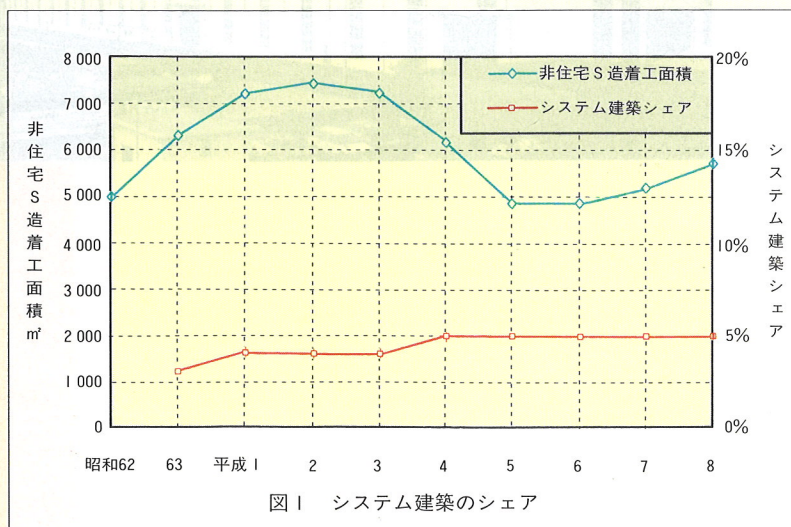
川田工業㈱のシステム建築事業並びにKBSの第一の特徴は、米国に自前のメタルビルの会社 (Steelox社) を有し、そのSteelox社の製品で建物が構成されていることである。米国流メタルビルを日本で営業展開している会社は何社か有るが、一般的には米国のメタルビルメーカーとライセンス契約を結ぶことによりノウハウを得て、システム建築に必要な各種建材については日本国内で調達し、システム化を図るというスタイルが主流である。しかし、当社は米国の自社工場より直接ノウハウが得られ、KBSに使用する鉄骨・屋根材・外壁材その他関連製品を直輸入し建築できるのである。

ただし米国からの直輸入により日本国内で建築するためには、例え米国の構造基準をクリアしていても日本の建築基準に対し、構造

的にも防火性能的にも安全であることの証明が要求される。すなわち、日本の建築基準法第38条による構法と材料の建設大臣認定を取得することが不可欠な条件であった。この構造認定は、約3年の年月をかけ平成8年8月に取得したが、防火認定と合わせて別項目で詳しく後述する。

第二にあげられる特徴は、計画段階で顧客の要望する建物規模・形状に対し、標準化された製品を用いて最適な建築物を提示する、いわばイージーオーダー方式を採用している点である。この方式を可能にしているのが、自社開発したKBSの設計システムである。このシステムは、設計条件に対し5～6回の試算を自動的 (反復) に行い、経済的で最適な構造架構を決定する。構造計算書はもちろんのこと、鋼材の重量積算や構造図の図面作成まで行うため、設計や積算業務に掛ける手間が飛躍的に短縮可能になる。また、このシステムのデータを利用してプレゼンテーション用の透視図や図面も作成できるシステムも準備されている。

第三には、KBSをローコスト・短工期で実現可能に



している建築部材の規格・標準化、および、多能工によるマニュアル化されたシステム施工法の採用があげられる。在来建築では必要不可欠とされている、建築技術の専門知識や熟練工の経験・技術をあまり必要とせず、工場からコンテナで運ばれてきた各部材を、エレクトリションマニュアルどおりに現場で施工する工法である。この工法をイメージで例えて言えば、大型のキットプラモデルの組立であり、説明書を読めばプラモデルが簡単にできると同様、マニュアルに従えば能率良く建物を完成できる。

第四には、顧客の建築コスト意識に対し迅速に回答するための積算システムを開発し運用していることである。このシステムには概略見積用と本見積用の2種類用意されており、顧客の要望に合わせての活用が可能である。概略見積システムは、概略建築コストを短時間で要求する顧客を対象に開発したもので、建物の用途、規模、条件さえわかれば約10分の間に、その場で概略見積を算出することができる。また、本見積用のシステムは、必要事項の入力だけで自動的に内訳書から中項目、大項目、鏡までを出力でき、見積書作成に掛かる時間を大幅に短縮させている。

(3) 日本におけるシステム建築の今後の展望

ここに述べるシステム建築とは、米国においてはメタルビルシステム (pre-engineered metal building system) と呼ばれており、約60年の歴史をもつ建築構法である。この構法は低層の建築物を大空間でローコスト・短工期で建築できることから主に工場、倉庫、ショッピングセンター等の用途に利用されている。米国では国情にも合致しているためか、非住居低層建物の実に約60%がメタルビルシステムで建てられている。

これに対し、日本でのシステム建築の在来工法に対する比率は、図1に示すように5%台のシェアでしかない。これは、日本においてシステム建築の最大の特徴である「良い物・安く・早く」のPRが不十分なことと、システム建築では設計施工が前提となるため、設計事務所主導型の日本の建築手法による排他主義がシェアの伸びを鈍らせている原因と思われる。しかし、在来構法建築のダンピングによるローコスト化および厳しい工程管理による工期の短縮は限界にきており、今後はシステム建築の特徴およびメリットのさらなるPRと実績の積み重ねにより、シェアの拡大については計り知れない可能性を秘めていると思われる。

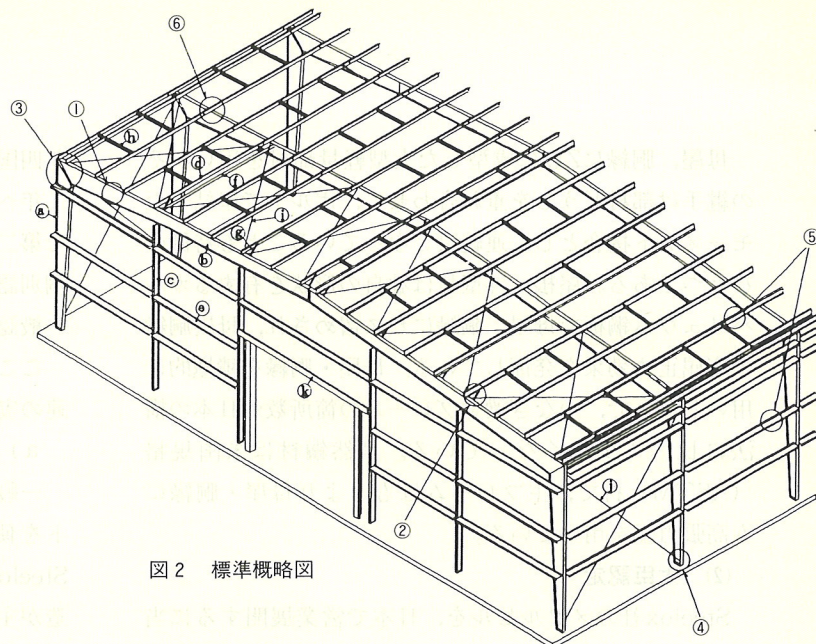


図2 標準概略図

①主フレーム	②フランジブレース	③フレーム仕口
片側隅肉溶接 ただし接合部近傍は 両側隅肉溶接	母屋・胴縁 高力ボルト(長孔) フランジブレース 高力ボルト(長孔)	エンドプレート 高力ボルト接合 梁 柱 リブプレート
④ブレース取付部	⑤母屋・胴縁	⑥母屋重ね継手
クレスセントワッシャー または ヒルサイドワッシャー 丸鋼 ブレース ダブル ナット 平座金 ウェブ 補強板	Z形断面	中ボルト (長孔) 母屋 梁

図3 詳細図

2. 構造認定

(1) KBSの構造概要

川田工業システム建築KBSは、原則として米国Steelox社のメタルビル (pre-engineered metal building) の構造を変えずに、日本に導入することを心掛けて開発した。KBSの標準的な構造を図2、図3に示す。

まず、主フレームのスパン方向は、ウェブの幅厚比の大きな変断面ビルトアップHになっており、フランジとウェブが接合部付近を除き片面隅肉溶接されていることが特徴のひとつである。梁-梁接合には通常のエンドプレート方式を、柱-梁接合部 (knee joint) には図2に示すように斜めに配したエンドプレート方式 (diagonal hunch) を主に採用している。桁行き方向はブレース構造であり、ブレース材には主に図3に示すように丸鋼を用い、ブレースの角度とその動きに追従できる鋳物座金 (クレスセントワッシャー、ヒルサイドワッシャー) を介してウェブ面に取り付けられる。

母屋、胴縁にZ形に成型した大型軽量部材を用い、その継手は部材どうしを重ね合わせて、ボルトで堅結したモーメント接合とし、連続梁となっていることも特徴のひとつである。屋根、外壁材は独自の形状を有するガルバリウム鋼板で母屋、胴縁にビス留めされ、母屋・胴縁の座屈止め効果を発揮している。母屋・胴縁を積極的に用いることで、つなぎ梁やブレースの箇所数が日本の構法に比べて少なくなっている。当然鋼材は米国規格 (ASTM) 材で、主フレームはもとより母屋・胴縁にも高張力鋼を用いている。

(2) 大臣認定

Steelox社のメタルビルを、日本で営業展開するに当たっての大きなハードルは、建築基準法の第38条であった。特殊な建築材料または構造方法を用いる建築物については、建設大臣の認定が必要となる。ある適用範囲内で自由に設計施工できるようになるためには、何件かの個別の物件で認定取得を積み重ねた上で、建設大臣の一般認定を取得しなければならない。システム建築推進本部 (当時) は、大臣認定の取得を第一の目標とすることでそのあゆみを開始した。

まずSteelox社に技術者を派遣しエンジニアリングの調査。次に東京理科大学の平野道勝教授の御指導のもと、大臣認定取得のため必要とされている実験研究の計画を立案し、一連の実験をSteelox社の紹介で米国ヴァージニア工科大学のトム・マーリー教授に依頼した。平成7

年四国工場守衛所で第一号の個別認定を取得。以後平成7年ヘリ・テクノロジーセンター (HTC) 組立実験室で第二号、平成8年に栃木工場訓練センターで第三号の個別認定を取得した。そして平成8年8月に建築大臣の一般認定を取得した。

ここでは、建築大臣の認定を取得するために行った一連の実験のいくつかを紹介する。

a) 柱・梁接合部分 (knee joint) の耐力実験

一般に米国メタルビルの柱・梁接合部には、引張ボルトを使用したエンドプレート接合が採用されており、Steelox社の場合は、斜めにエンドプレートを配する構造が主流を占めている (図3)。このジョイントの耐力確認実験を何体か行った。開発の過程において部材調達等の関係で高力ボルトは日本製に変更したので設計式は日本の高力ボルト設計施工指針に則り、スプリットティーの考えで設計している (写真1)。

b) 特殊な鋳物座金を用いたブレースの性能確認実験

桁行き方向はブレース構造であるが、そのブレースの端部に独特の鋳物座金 (クレセントワッシャー、ヒルサイドワッシャーの2種類を使い分ける) を用いている。ウェブに穴をあけ、面外方向に鋳物座金を取り付けるのがメタルビルのブレースの特徴である。これを日本で採用するには、ブレースの軸部が降伏して伸びを発揮する

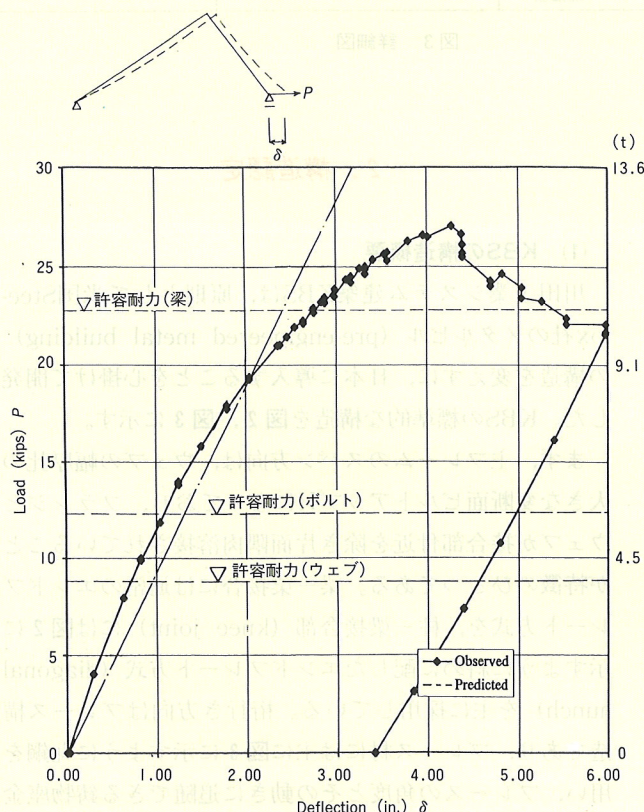


図4 柱・梁接合部分の耐力実験 (荷重と変位)



写真1 柱・梁接合部分の耐力実験

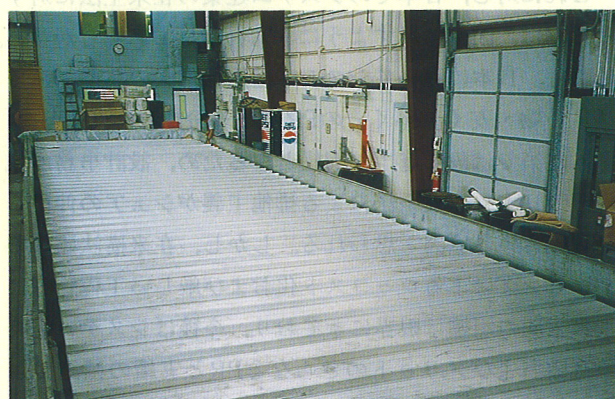


写真2 外装パネル付きZ形断面部材実験 (実験後の試験体外観)

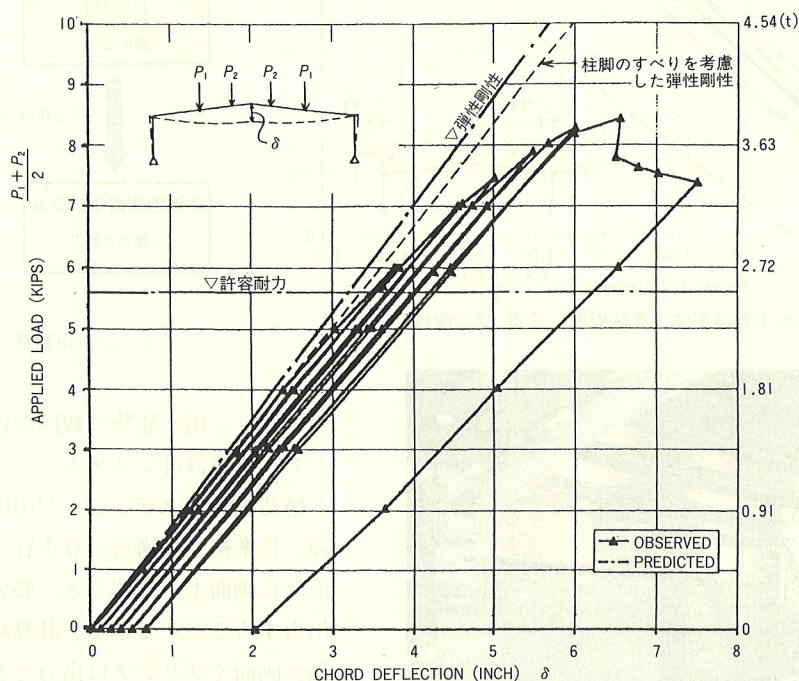
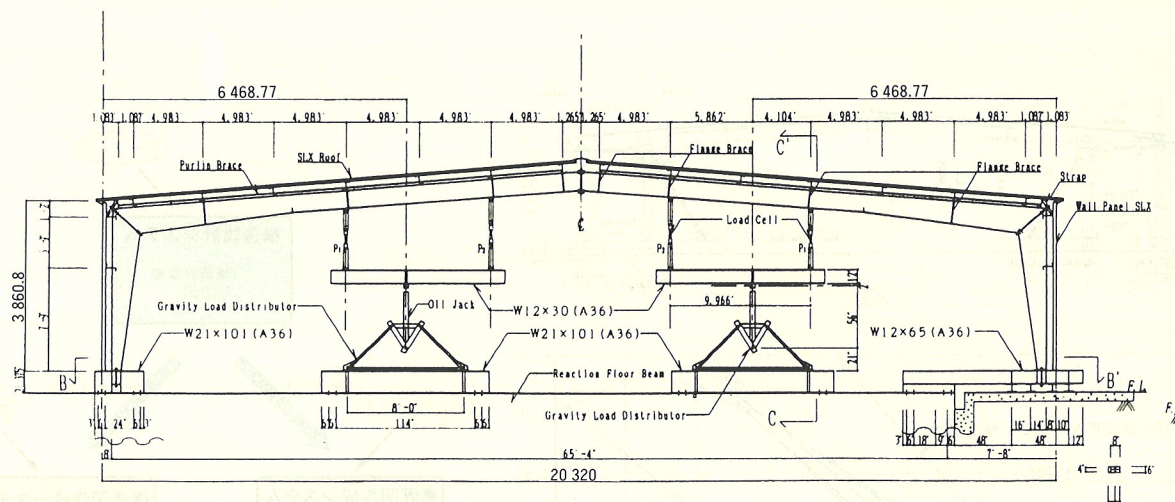


図5 鉛直載荷実物大実験概要と荷重-変位曲線



写真3 鉛直載荷実物大試験中

前にワッシャーがネジ部、ウェブで破断しないことを確認し、ウェブの厚さ、ワッシャーの種類、ブレースの軸径など最適な組合せを見つけ出す必要があった。

c) 外装パネルが取り付けいたZ形断面部材の耐力実験

前述のとおり、つなぎ梁やブレースが少ないのがメタルビルの特徴であり、Z形の母屋・胴縁が大きな役割を

果たしている。パネルが取り付けいた母屋・胴縁の設計式を決めるに当たってはその根拠となる正圧、負圧の実験を多数行っている (写真2)。

d) 実大実験

認定取得には、各部位の個別実験のみならず実物大の建屋での確認実験も必要であった。つまり薄肉変断面のBH柱・梁にZ形母屋・胴縁、メタル製の屋根・外壁材、特殊な鋳物座金を用いた丸鋼ブレースからなる実物大の試験体が、鉛直・水平両方向の載荷荷重に対してどのような挙動を示し、どの程度の耐力を有するか、設計式は妥当なのか等を確認する実験である。試験体は個別認定の一号物件である四国工場の守衛所と全く同じフレームを2体組み合わせて行った。その結果を図5、6に示す。

大臣認定取得に当たっては、東京理科大学の平野教授並びにヴァージニア工科大学のトム・マーリー教授には多大の御指導を賜り、この紙面を借りて改めて謝意を表す。

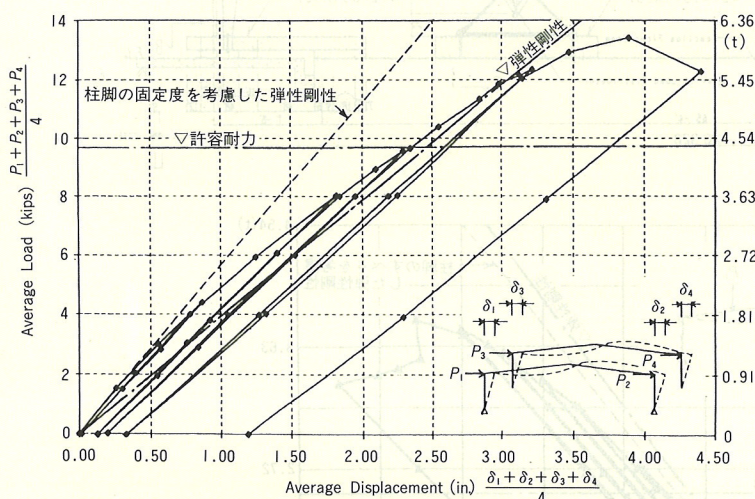
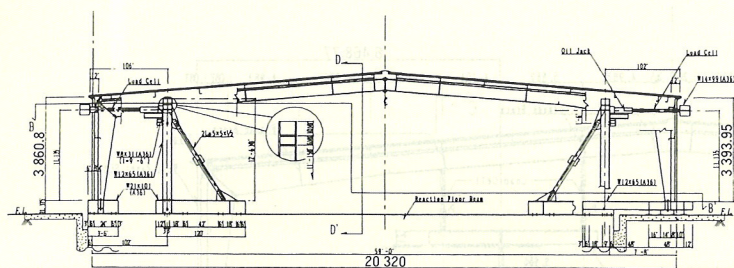


図6 水平荷重実物大実験概要と荷重-変位曲線



写真4 水平荷重実物大試験中

3. 構造設計システム・図面作成システム

(1) 設計用電算システム

設計用電算システムは、Windows95のネットワーク環境で稼働するシステムとして開発し、4つのシステムから構成されている(図7)。

システムを利用する設計者は、まず最初に構造設計用の入力データを作成し構造設計を行う。構造設計を終えた時点で、意匠図と構造図を描くための図面データはほとんどできあがり、図面作成システムでは基礎データと窓・ドア等のアクセサリデータを入力するだけで図面を作成することができる。さらに、意匠図作成システムからは外観図用の3次元建物データが作成できるため、専用ソフトでこのデータを読み込むことにより、プレゼン

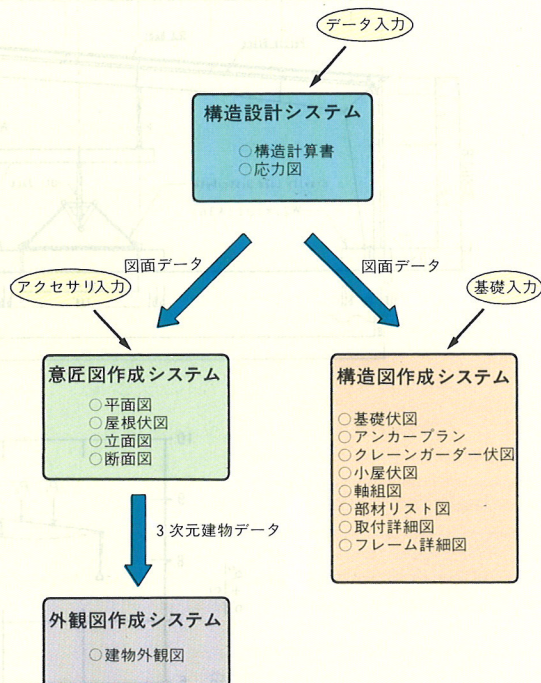


図7 設計用電算システムの構成

テーション用の建物外観図が作成できる。

a) 構造設計システム

構造設計システムは、「川田工業システム建築設計要領」に準拠して構造計算を行う。構造計算書は計算後、直ちに画面上で確認でき、必要なページのみプリンタに出力することができる。計算結果の応力図や変位図も同様に画面やプリンタに出力できる。

① 荷重

建物自重、積雪荷重、風荷重、地震荷重を自動計算し、屋根面の積載荷重や吊り荷重が考慮できる。また、応力計算時には部材荷重や節点荷重を直接作用させることもできる。

② 応力計算

主フレームはビーム要素に線材置換し、マトリックス変位法を用いて応力計算している。その際、テーパー付きの柱や梁部材は、3分割の縮合要素を用いている。

桁行きのブレース構面は、柱とブレースの偏心を考慮して応力を計算し、ブレース取付部のウェブ変形を考慮して水平変形を求める。また、連続梁形式の母屋と胴縁もマトリックス変位法で応力を求める。

③ 断面計算

柱、梁、母屋、胴縁、間柱、ブレース、つなぎ材、接合部、継手、柱脚の各部位は、応力と変形制限を考慮した断面計算を行う。断面計算方法は、入力した断面を検定する検定計算と、登録された部材リストの中から最適な断面を選定する選定計算の、2種類が用意されている。

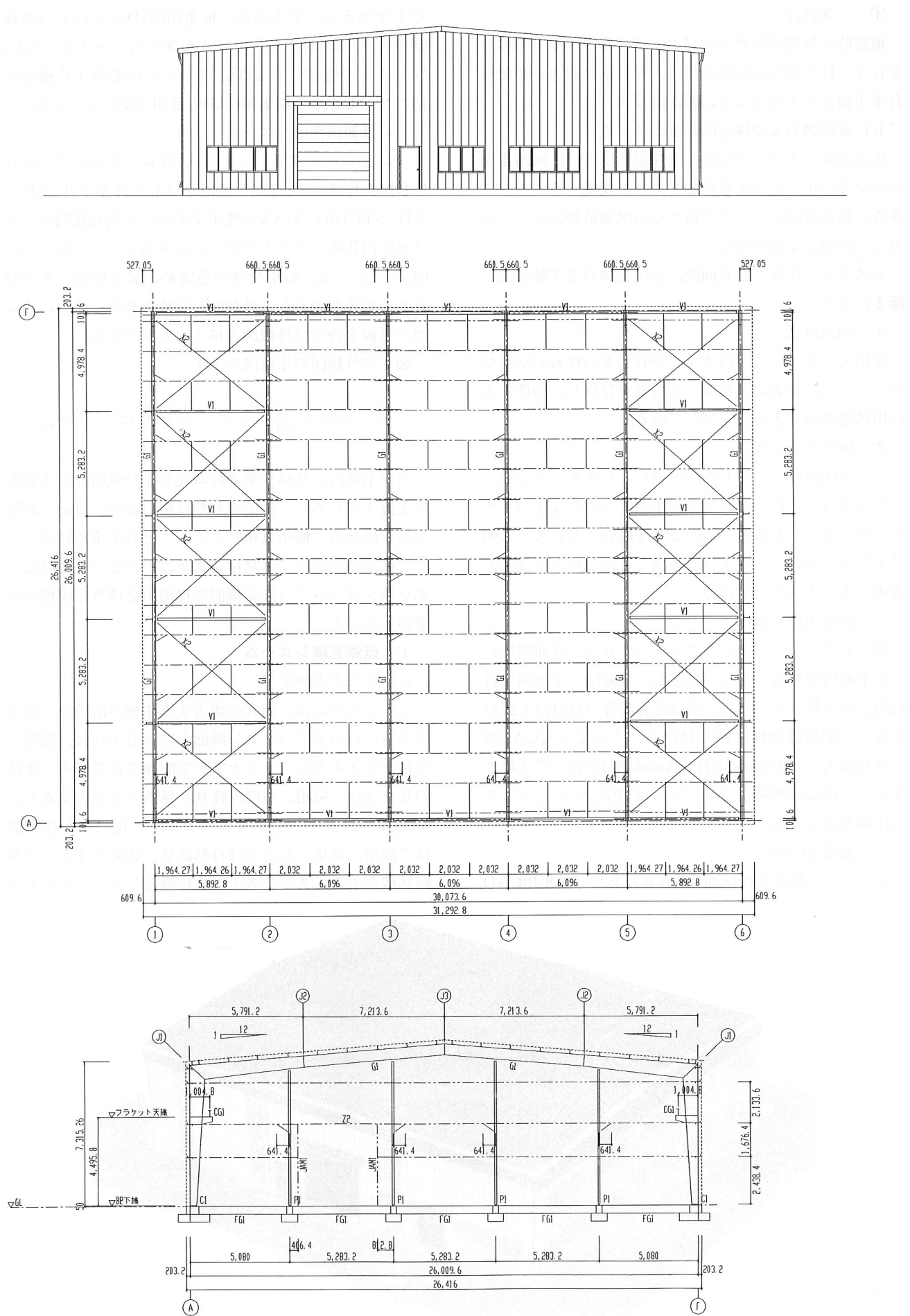


図 8 立面図・小屋伏図・軸組図

④ 二次設計

地震時の層間変形角の検討および保有水平耐力の検討を行う。柱や梁等の耐震部材は、保有水平耐力が必要保有水平耐力を上回るように断面計算する。

b) 意匠図および構図作成システム

構造設計システムで作成した図面データは、図面作成システムの中でデータを追加したり、変更することができる。構造設計システムで持たない図面情報はここで入力し、図面を完成させる。

システムで作成した立面図、小屋伏図および軸組図を図8に示す。

① 図面用紙

提出先によっては図面サイズや社名等の枠表記が異なる。そこで、枠表記の異なった用紙を登録し、物件ごとに用紙選択ができるようにしている。

② 図のスケール

1枚の図面にいくつもの図を異なったスケールで描くことがある。また、図のスケールが異なると文字の大きさも異なることもある。このような場合でもシステム側でまとめて対応できるよう、一図ごとにこれらの設定を変更できるようにしている。

③ 部品図形の登録

窓、ドア、シャッター等のアクセサリは、立面図形および平面図形をあらかじめ登録し、立面図と平面図に自動的に貼り付ける。また、胴縁や母屋等の取付図も図形登録し、取付詳細図に貼り付ける。このようなCAD図の自動挿入は、Autodesk社のAutoCADを使って実現できるが、部品が標準化されているKBSだからこそできる作図方法である。

④ 編集用CAD

システムで作成した図面は、必要があれば編集用CAD

で手を加える。ところが、編集用CADにもいくつか種類があり、CADデータの形式が異なる。そこで、CADファイルの標準であるDXFファイルに変換する機能を持たせ、あらゆる編集用CADも使用可能にしている。

c) 外観図作成システム

コンピュータグラフィックス (CG) を用いて、建物外観図を作成する。CGの専用ソフトにはAutodesk社の3D STUDIO MAXを使用するが、3次元建物データは意匠図作成システムで作成し、読み込む。したがって、CGソフトでは、屋根や壁の色決め、見る位置、光の強さと方向等を設定し、外観図を完成させる。また、建設地の景観を背景に外観図を描くこともできる。

図9に外観図の作成例を示す。

4. 概略見積システムと本見積システム

当事業部は、見積作業の軽減化および戦略的営業展開を支援するために、営業の初期段階に顧客の目前で概算金額が出せる“概略見積システム”と各工事項目について詳細金額を出す“本見積システム”の2つを開発した。本見積システムには修正機能と提出用見積書作成機能が備わっている。

(1) 概略見積システム

a) システム概要

このシステムは、顧客の要求する建物の情報を、営業担当者が目の前でパソコン画面上に入力すれば、瞬時に見積ができるというコンセプトで開発されている。建物の基本寸法、屋根、外壁、建具、係数等を入力すると、KBSの特徴を生かしシステムマチックに選ばれた標準部材で面積、数量、長さ等は自動計算し建築上部のみの概略見積をする。またシステムの特徴として、一つの入力

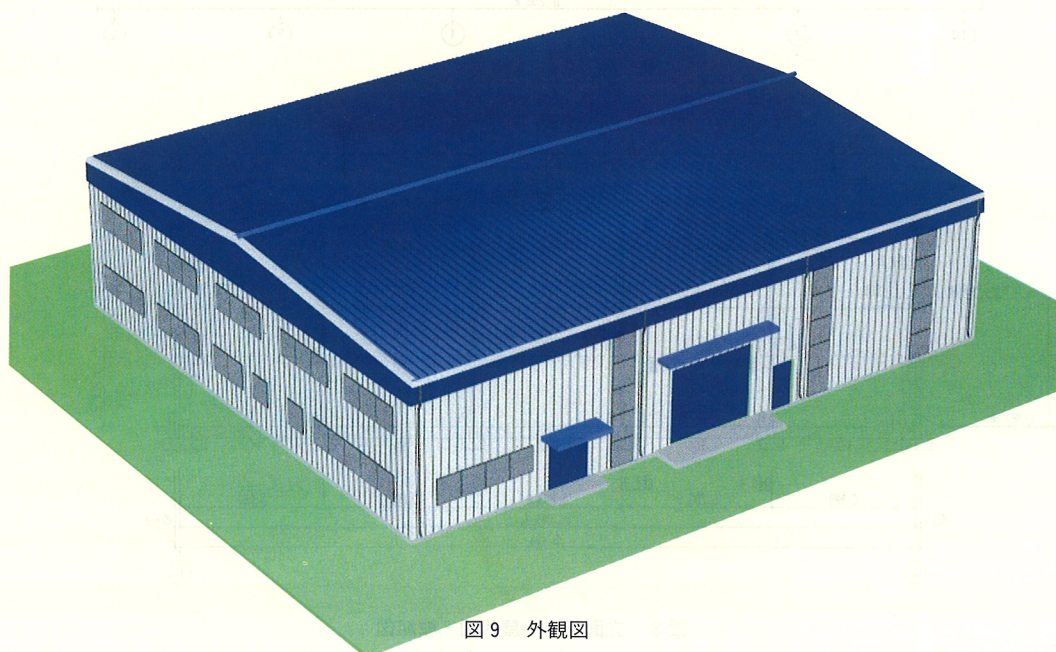


図9 外観図

概略見積システム

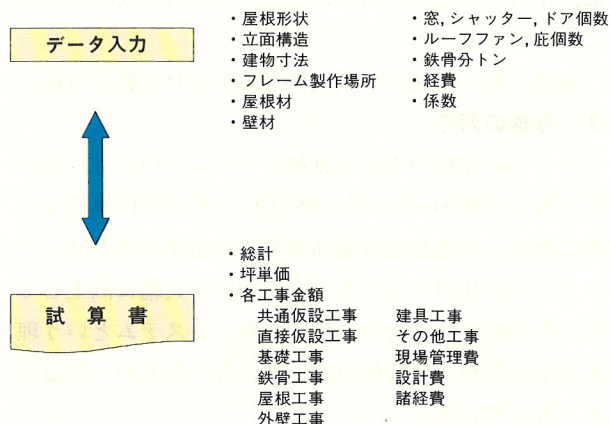


図10 概略見積システム

概略見積システム			
	B	C	D
1	概略見積 件名: 概略見積サンプル		
2			
9	総計		円
10	(坪単価:)		円
11	屋根形状	変更	切妻
12	立面構造	変更	クリアスパン (15m~45m)
13	妻長さ		25 m
14	桁長さ		35 m
15	軒高さ		8 m
16	屋根勾配	変更	12 分の 1
17	最大スパン長	変更	25 m
18	ベイ間隔	変更	7 m
19	クレーン	変更	0 t
20	積雪量	変更	60 kg/m ²
21	フレーム製作	変更	S L X
22	屋根材	変更	S L X ルーフ (有色)
23	屋根断熱材	変更	あり
24	外壁材	変更	S L X ウォール
25	外壁断熱材	変更	あり
26	窓 (1500W*1400H)		10 個
27	シャッター (5000W*5000H)		2 個
28	ドア (900W*2000H)		3 個
29	ルーフファン (750φ)		0 個
30	庇 (シャッター)		2 個
31	庇 (ドア)		3 個
32	為替レート		120 円/\$
33	工期		3.1 ヶ月
34	床面積		653.80 m ²
35			258.28 坪
36	見積情報		

図11 概略見積システム入力画面

値の変更でリアルタイムに金額が再計算されるため、顧客の要望に合った建物の仕様と金額をシミュレーションしながらの戦略的な営業展開が可能である。

b) システムの適用範囲および特徴

適用範囲は1階建て、平面形状は四角形、屋根形状は山形、片流れ、立面構造はクリアスパン、マルチスパンである。

特徴は以下のとおりである。

- ① 誰もが簡単に使えるように、入出力は1画面のみの操作。
- ② 使い勝手を良くするために標準化を進め、入力是最小限の23項目。出力は、共通仮設工事、直接仮設工事、基礎工事、鉄骨工事、屋根工事、外壁工事、建具工事、内装工事、その他工事、現場管理費、設計費、諸経費の各工事金額と合計金額、坪単価となる。
- ③ 屋根材、外壁材については、面積の自動計算はもちろんのこと標準化された付属品の数量、長さ、面積も自動計算する。また開口部面積は自動的に引かれる。鉄骨分トン（鋼重）は、入力23項目のうち9項目を使い自動計算される。
- ④ システムで使われている入力および製品の初期値を簡単に変えられる。
- ⑤ 通常、約2日がかりの仕事を約10分で終了可能（ただし適応範囲内の建物に限る）。

(2) 本見積システム

a) システム概要

このシステムは、前記システムとは性格が異なり、契約をするまでの過程で使われる、顧客提出用見積書作成を支援するシステムである。また見積段階で何度も変更があるため、繰り返し変更作業に対応するシステムとなっている。建物の基本寸法、屋根、壁、建具、庇等を選択し為替レート、鉄骨単価等の係数等を入力すると、あらかじめ作成してある単価マスター（製品の単価と工賃が入っている）より金額を算出し試算をするための、見積情報シートと内訳シートを作成する。これらのシート上で入力したデータの変更、追加、削除を繰り返す。最

本見積システム

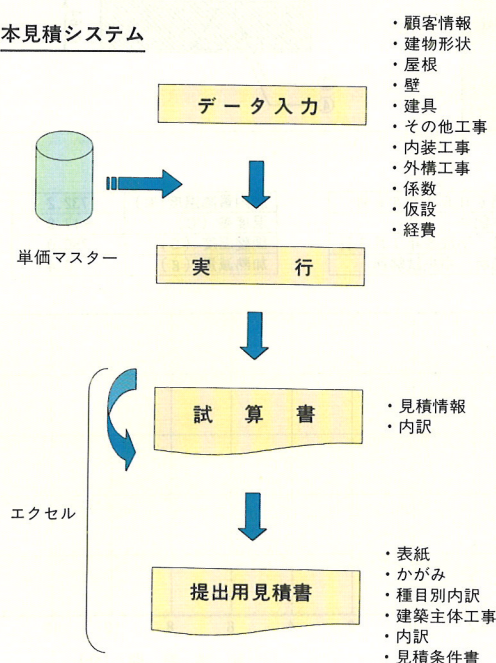


図12 本見積システム

最終的には、顧客に提出する一連の見積書までを作成することができる。

b) システムの適用範囲および特徴

適応範囲は1階建て、平面形状は四角形、屋根形状は山形、片流れ、立面構造はクリアスパン、マルチスパンである。適用範囲以外のものは手入力に対応可能である。特徴は以下のとおりである。

- ① 入力は、顧客情報、建物形状、屋根工事、外壁工事、建具工事、その他工事、内装工事、外構工事、係数、仮設、経費のメニューより入力、選択が簡単にできる。
- ② 入力の結果を試算書（見積情報シートと内訳シート）として作成し、追加、変更、削除が簡単にできる。その結果より簡単に顧客提出用見積書作成ができる。
- ③ 屋根材、外壁材については、パネル面積の自動計算はもちろんのこと、標準化された付属品の数量、長さ、面積を自動計算する。また開口部面積を自動的に計算して引くこともできる。

表2 試験体材料構成および断面図

(単位: mm)

材料構成	溶融アルミニウム・亜鉛メッキ鋼板(化粧): 厚さ 0.64, 重量 4.66kg/m ²
	① ふっ素系樹脂塗料(上塗り): 固形量88.7g/m ² ② アクリル系樹脂塗料(下塗り): 固形量26.6g/m ² (片面当たり) ③ 溶融アルミニウム・亜鉛メッキ鋼板: 厚さ0.59, 重量4.49kg/m ² 溶融アルミニウム・亜鉛メッキ: 付着量85.7g/m ² (片面当たり) メッキ成分 Al 55.0%wt Zn 43.4%wt Si 1.6%wt 鋼板: 厚さ 0.55, 重量 4.32kg/m² (ASTM A792 Grade50) ④ ポリエステル系樹脂塗料: 固形量29.4g/m ²
断面図	

依試第6H63086号
試験体記号 D
試験日 平成8年7月3日
試験場所 中央試験所

炉内最高温度(°C)	732.2
温度差(°C)	-17.8
調整温度(°C)	750.0
加熱減量(g)	0.4

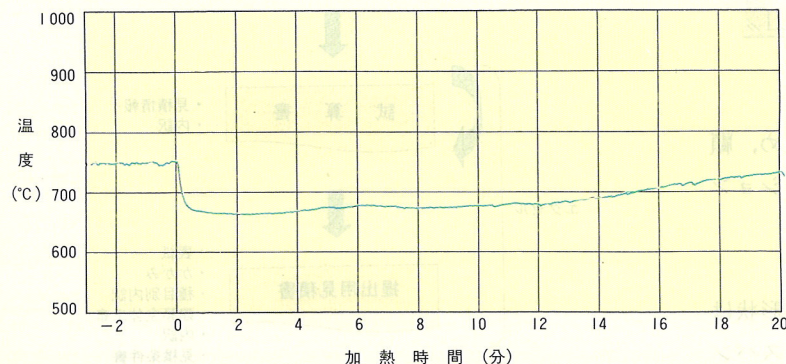
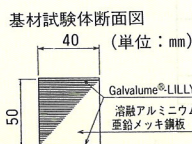


図13 基材試験測定結果

- ④ 単価マスターがあり、新規製品登録、削除、製品単価、工賃の変更等が簡単にでき、見積書に反映させることができる。

- ⑤ 通常、約1週間がかりの仕事を約2日で終了可能。

(3) 今後の対応

この2つの性格の異なる見積システムの中には、約半世紀に及ぶ米国Steelox社の歴史と、それを日本化するために改良してきた当事業部の英知が詰まっており、このシステムを使用することで作業効率が大幅に向上している。引き続き使う人の立場に立ち、システムという理想を追求しながら、時代のニーズに合ったものへ改良すべきと考えている。

5. 防火性能

(1) 防火性能

火災によって貴重な人命や財産を失うことのないように、防災対策は重要である。建築基準法では、建築物の火災に対する安全性を確保するために、建築物の構造の制限、防火区画の設置、内装制限、排煙設備、非常用照明装置など防災設備の設置の規定を定めている。さらに、防火設備、耐火構造、防火構造、防火戸等について具体的に基準を定め、前記の各規定においてその使用を義務づけている。こうした防火材料等について、その性能を確保し、適正な使用を促進することを目的として建設大臣がこれらの材料、構造等の認定、指定を行い、性能の確保、適正な使用、普及の促進を図っている。

当社のKBSの建材は、米国の防耐火性能規格である民間組織のFMS規格 (Factory Mutual Systems—保険会社) とUL規格 (Underwriters Laboratories Inc.) に適合している。

しかしながら、性能の評価内容が日本と米国では異なることから、改めて日本国内法が指定する各種の性能試験を実施し、日本建築センターの評定を受けた後、建設大臣の認定、指定を受けている。ここでは、その内容の一部を紹介する。

(2) 防火材料 (不燃材料の認定)

不燃材料とは、通常の火災時に燃焼や、防火上有害なひび割れ、溶融、変形を起こさず、かつ防火上有害な煙やガスが発生しない材料のことである。したがって、その認定は材料の表面処理の方法が異なることに必要である

と規定される。

KBSの不燃材料対象となる屋根材、外壁材はガルバリウム鋼板（溶融アルミニウム・亜鉛メッキ鋼板）を基材として、フッ素系樹脂塗装、シリコンポリエステル塗装、裸仕様の3種類の仕様がある。これらについて試験を実施し、評定、認定を受けている。以下は、不燃材料の試験内容の一部である。

a) 試験体

試験体の材料構成および断面図の例を表2に示す。表面試験体の大きさは220mm×220mm、数量は3体である。基材試験体は、図13に示すよう、大きさが40mm×40mm、高さを50mmの直方体になるように重ね合わせたもので、数量は3体である。

b) 試験方法

昭和45年建設省告示1828号「建築基準法施行令第108号の2の規定に基づき、不燃材料を指定する件」に規定する表面試験、基材試験に従っている。

c) 試験結果

試験結果の例を表3に示す。

(3) 構造の指定

防火性能の構造の区分としては、耐火構造、防火構造、土塗壁同等構造の3種類の規定がある。

耐火構造とは、周辺の火災によって簡単に延焼することなく、建物内に火が出ても、防火区画内に火災を閉じこめて燃え広がるのを防ぎ、万一全焼したとしても、建物が倒壊しないようにするために、火に対して丈夫で構造耐力の低下が少ないものをいう。火災に耐えることのできる時間によって、30分から3時間耐火まであり、建築物の部位および階数によって耐火性能区分が規定されている。

防火構造とは、燃えにくく、また熱を伝えにくい材料で造った火に対して丈夫な構造のことで、延焼を防止するなどの性能をもったものである。隣地境界からの距離がない場合には、建物の外周部を防火構造とすることが義務付けられている。

土塗壁同等構造とは、土塗壁と同等以上に燃えにくく火に対して丈夫な構造のことをいう。石綿スレート、木毛セメント、石こうボードなどを貼った外壁がこれに当たり性能は防火構造より劣る。

KBSでは、工場、倉庫のように延べ面積が大きい用途が多いので、屋根耐火30分の建設大臣の指定を取得している。また、外壁の防火構造についても性能試験中である。

表3 試験結果

		試験体記号	A	B	C
		大きさ (mm)	220×220	220×220	220×220
表面試験	試験体	厚さ (mm)	0.64	0.65	0.64
		重量 (g)	225.7	226.2	225.2
		材令 (日)	40	40	40
		試験年月日	平成8年6月24日		
	試験結果	排気温度および発煙係数曲線	別図	別図	別図
		標準曲線超過時間(分:秒)	なし	なし	なし
		温度時間面積(℃・分)	0	0	0
		発煙係数(CA)	1.5	1.7	1.5
		残炎時間(秒)	0	0	0
		防火上有害な変形	なし	なし	なし
		全厚にわたる溶融	なし	なし	なし
		きれつの幅・長さ(mm)	なし	なし	なし
基材試験	試験体	合・否	合格	合格	合格
		加熱減量(g)	1.7	1.9	1.8
		裏面空間温度(℃)	289	294	285
		加熱条件	1.50kW		
	加熱条件	主熱源	0.35l/分(L.P.G.)		
		副熱源	10分		
	試験結果	試験年月日	平成8年7月3日		
		炉内温度曲線	別図	別図	別図
		炉内最高温度(℃)	732.2	737.0	733.8
		調整温度(℃)	750.0	749.7	750.0
		温度差(℃)	-17.8	-12.7	-16.2
		合・否	合格	合格	合格
	参考値	加熱減量(g)	0.4	0.3	0.3
		加熱条件	0.93kW		
判定	備考	加熱時間	20分		
		判定	昭和45年建設省告示第1828号に規定する不燃材料の試験に合格。		
判定	備考	備考	—		
		備考	—		

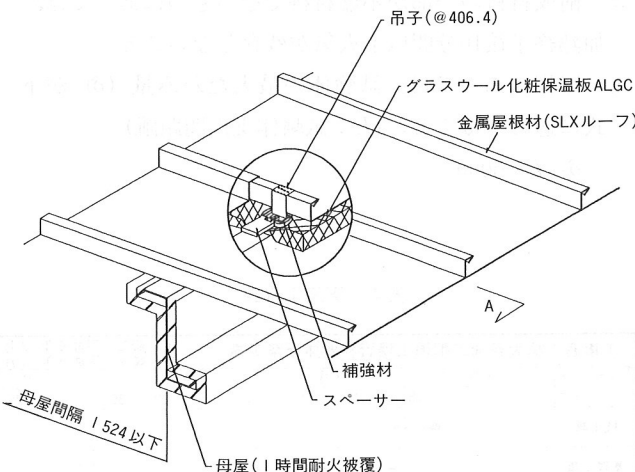


図14 屋根耐火30分加熱載荷試験体の構成

次に、屋根耐火30分の加熱載荷試験内容の一部を紹介する。図14は試験体図である。屋根面1平方メートルごとに65kgfの集中荷重を加え、屋内側から加熱する。加熱時間は30分、加熱温度は840℃である。試験状況を写真5、6に示す。

6. 施工

(1) 施工について

システム建築KBSは、設計から製作に至るまで電算にて支援されており、ハード面においても省力化が図られている。工場にて製作された標準部材を用い、外装材等の長さについてもあらかじめ工場にて、施工寸法に切断されているために、現場での加工は生じない。設計図より作成した合番図のパーツナンバーどおりに部材を配置し、作業方法・手順を記したエレクトリションマニュアルに従い作業を行う。

高品質・短工期が確保でき、ひいては、低価格に繋がる要因がここにある。標準部材をマニュアルどおりに組み立てるシステム化された施工方法であるため、建物の規模が大きくなれば、スケールメリットに加えKBSの



写真5 屋根耐火30分加熱載荷試験体状況（内部）



写真6 屋根耐火30分加熱載荷試験体状況（外部）

試験結果の判定条件を次に示す。

- ① 加熱中耐火および構造耐力上有害な変形、破壊、脱落等の変化が生じないこと。
- ② 屋根にあつては、加熱中火炎が通る割れ目が生じないこと。
- ③ 構成材料の一部が不燃材料でないものにあつては、加熱終了後10分間以上火気が残存しないこと。
- ④ 屋根にあつては、試験体の最大たわみ量（ δ ）が下式に適合すること。（ L ：試験体支点間距離）

$$\delta = L^2 / 6000$$

表4 実施工程表

工事名：(株)大谷加工那須工場資材倉庫新築工事												
月	2月				3月				4月			
	日	10	20	28	10	20	31		10	20	30	
杭工事				●								
基礎工事				○								
鉄骨工事								○				
外壁工事									○			
屋根工事										○		
雑工事												○
外構工事												○
検査												○

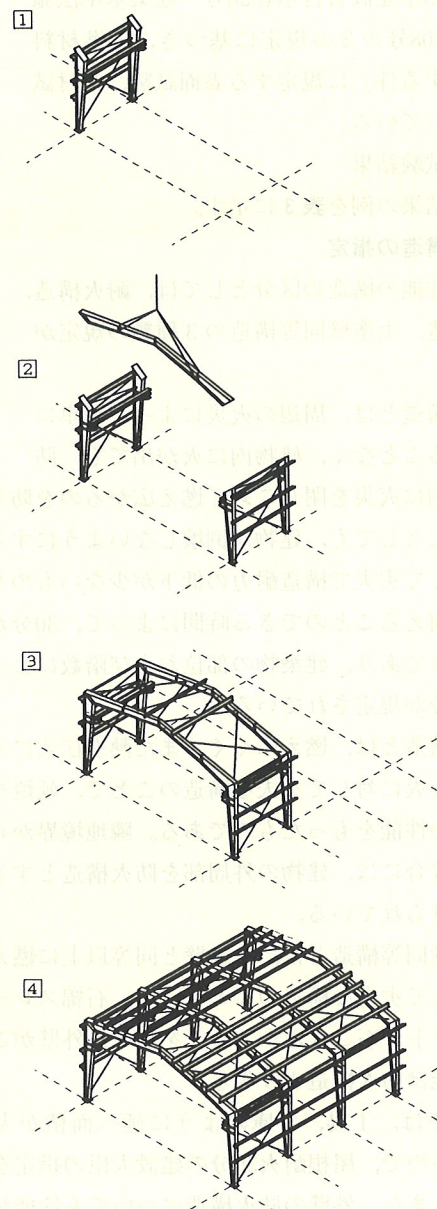


図15 鉄骨建方順序

特長がより生かされる。以下にKBSの施工について簡単に紹介する。

(2) 工期

短工期の施工がKBSの特徴の一つであるが、表4は栃木県那須郡湯津上村で施工した(株)大谷加工工事の実施工程である。用途は倉庫であり、天井クレーンは設置されているが、杭工事着工から引渡しまで90日余りであった。

(3) 鉄骨建方

基本的なフレームの架構は、妻方向は合掌形式のラーメン構造、桁行き方向はブレース構造である。各フレーム間につなぎ梁は少なく、通常は母屋で兼用しているために、図15のような柱、胴縁、梁、母屋の順序で建方を行っている。母屋は2本一組で地組みし、一体で取付けを行い工程短縮を図っている。また写真7のように、1スパンの梁、母屋、水平ブレースを地上にて地組みし、



写真7 ブロック工法による鉄骨建方



写真8 外壁材取付け



写真9 建物内装例

大型クレーンにて一括で吊り上げ、柱とジョイントするブロック工法を採用することもある。

この場合、通常は25トン吊りのクレーンを使用し建方を行うのに対し、45トンクラスの吊り能力のクレーンが必要になるが、大半の作業が地上で行えるために、作業能率のアップ、高所作業の低減など、工程・安全面でのメリットが大きい。

(4) 外装材取付け

KBSは、外装材の取付け時には仮設経費の比重が大きい外部足場を一切使用せず、高所作業車とローリング足場を使用する、安全でスピーディな施工方法を採用しているのが特徴である(写真8)。

SLX WALLの取付けは、外部からビス留めをしない仕様のため、錆、漏水等に問題がなく、耐候性、止水性の高い構造となっている。胴縁に建物内部よりビス留めし取り付けるが、胴縁には壁の配置位置にあらかじめ孔があいており、取付けの効率を良くするだけでなく、建入精度を確保するガイド役を果たしている。内部の作業は施工性の良いローリング足場を移動して行うため、土間コンクリートは鉄骨建方終了時に打設することが多い。

SLX ROOFでふく屋根は、特殊なクリップで母屋と屋根パネルを留める縦はぜ形式である。屋根形状の特性上、一方向に順序良く各パネルを重ね合わせ、縦はぜ部は電動シーマーで締める。厚さ75mmのグラスウール製の断熱材と同時施工するのが一般的である。また屋根には、トップライト、ベンチレータ等のアクセサリの取付けも可能である。

(5) サッシ

サッシは縦連窓、横連窓、単窓のタイプがあり、デザイン、用途等により使い分けている。米国製サッシと、特別に開発した日本製サッシの2種類を用意している。

(6) 内装

写真9は内装を施した例である。壁に屋根と同様の断熱材を組み込み、SLX WALLの折り返しリブを縦胴縁がわりに利用し、水平に部材を300mmピッチで取り付け壁下地材とし、その上にプラスターボードを貼っている。

以上簡単に施工について紹介したが、KBSは米国で育ったメタルビルのノウハウ、材料を直輸入して日本で事業展開していくことからスタートした。これからは現在のスタンスは守りつつも、多種多様な顧客の要望に応えるべく、また日本との風土の差異等を加味し、米国の純粋なメタルビルに対し、KBSには標準仕様の追加、改良が必要であると考えている。倉庫、工場、ショッピングセンターなどの大規模、低層、非住居のKBSを、さらに完成度の高い建築物としていく予定である。

監修：原 章 川田工業(株)システム建築事業部長