

建材試験 情報^{vol.} 52

2016

6

JTCCM
JOURNAL

巻頭言

営業マンの心得（雑考）

寄稿

鋼構造の一步進んだ資源循環：部材リユース

技術レポート

建築用セメント防水剤の透水試験に用いる
けい砂に関する実験検討

Environment

Testing

Life



一般財団法人

建材試験センター

Japan Testing Center For Construction Materials

I n d e x

p1

巻頭言

営業マンの心得(雑考)

／一般社団法人 石膏ボード工業会 専務理事 林 宏治

p2

寄稿

鋼構造の一步進んだ資源循環:部材リユース

／山口大学 大学院創成科学研究科 教授 藤田 正則

p8

技術レポート

建築用セメント防水剤の透水試験に用いるけい砂に関する実験検討

／経営企画部 部長 鈴木 澄江

p14

業務紹介

中央試験所・技術課新設について

／中央試験所 技術課 課長 和田 暢治

p16

試験設備紹介

コーンカロリメーター

／中央試験所 防耐火グループ 高橋 一徳

p18

基礎講座

木材と建築

第2回 木質材料の種類と特徴

／西日本試験所 試験課 主任 早崎 洋一

p24

連載

各種建築部品・構法の変遷

第1回 天然スレート葺きおよびアスファルト系屋根の変遷

／東京理科大学 名誉教授 真鍋 恒博

p30

試験報告

可動間仕切りの水平加力試験

／中央試験所 構造グループ 統括リーダー代理 上山 耕平

p33

規格基準紹介

浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法JSTM K 6401-1及び6401-2の制定について

／中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 松本 知大

p35

建材試験センターニュース

p36

あとがき・編集たより

巻頭言

営業マンの心得(雑考)



一般社団法人 石膏ボード工業会
専務理事 林 宏治

私は、8年前に現職に就く以前は、建築関連とは全く畑違いの総合化学会社に勤め、しかもその会社生活での大半は専ら合成樹脂の営業に携わっていましたが、その経験から営業マンには何が大切なのかを考えてみました。

以前、大阪支店に勤務していた頃、興信所の方から伺いました「営業マンの7つの掟」によると、『①現金を回収するまでは、営業の責任と心得よ。②楽しんで儲かる話には裏がある。汗を流した商売こそ本物と知れ。③取引先が何を望んでいるのか知恵を出せ。取引先の悩みこそ儲けの源泉と知れ。④管理部門に使われるな、上手く使えば戦力が倍増する。⑤外を見よ。儲け話は外にある。⑥悪い情報はすぐ報告せよ。良い情報はゆっくりでよい。⑦問題を自分一人で解決しようと思うな。三人寄れば文殊の知恵と思え。』とのことでした。

言い換えれば、①責任体制の明確化②現場重視③ユーザーニーズの把握④戦力の共有化⑤情報ネットワークの構築⑥情報の差異化・迅速化⑦総合力の発揮ということでしょうか。これは何も営業部門に限ったことではなく、技術部門や共通部門にも当てはまることだと思います。

私の周りにも見かけた「こんな営業マンは困る」というタイプを当て字にしてみました。「永業：永年やっているだけのマンネリ型」,「洩業：仕事に洩れが多い」,「栄業：見栄ばかり張る」,「映業：他人の真似ばかりで、独創性がない」,「嬰業：幼児的で上司離れしていない」,「衛業：守り専門で、積極性がない」,「詠業：嘆いてばかりで、マイナス思考」,「泳業：社内遊泳術が得意」等、こんなエイ業マンは不要です。本当の営業マンは「営々と業(ワザ)を磨く(スキルアップ)する人」であり、その素養として大切なのは、①好奇心②忍耐力③気遣いだと思っています。

最後に、営業マンから見て技術部門の方に大切なことは何かとさせていただくと、上述の三素養に加え、④正確性でしょうか。

昨今、建築・建材関係で消費者の信頼を裏切るような不祥事が相次いで発生しておりますが、間違っても「技術」の「技」を、「偽」「疑」「欺」「擬」「戯」「儀」「犧」に置き換えるようなことがないようにお願いする次第です。

鋼構造の一步進んだ資源循環：部材リユース



山口大学 大学院創成科学研究科 教授 藤田 正則

1. はじめに

建築構造のライフサイクルにおける排出量を削減するためには建物そのものの「長寿命化」、部材レベルでの長寿命化といえる「リユース」、材料レベルでの長寿命化といえる「リサイクル」が挙げられる^{1)~4)}(図1)。鋼構造の二酸化炭素の排出量削減のための「長寿命化」は最重要課題の一つであるが、物理的、意匠的、社会的、あるいは経済的な要因により、解体しなければならない建物は多く存在する。そのため、鋼材をスクラップにして「リサイクル」する方法がとられてきたが、スクラップの手間やスクラップ価格の変動などの資源循環を妨げる課題も生じており、資源循環の新たな市場である「部材リユース」という方策を検討する必要性が生じている。特に、最近ニーズが高まっている期限付き建物や短期利用建物の場合、建物全体のリユースまたは、部材レベルでのリユースが有効といえる。鋼材の場合、リサイクルにおいてもスクラップの溶融に伴い多量の二酸化炭素が発生する。その点、リユースは、解体、輸送、修復のみであり、スクラップの溶融に比べて二酸化炭素の排出量は極めて少ないため、環境負荷が小さいと言える。

本来、鋼材は再加工できる構造材料であり、解体可能な特別な接合部を有していなくても、切断、穿孔、溶接などの再加工でリユースできる。さび・過荷重(地震・風・雪)による塑性化・火災履歴以外に経年変化が少なく、リユースに適した材料特性を備えている。経年変化に対しても、塗装することでさびの発生を抑えることができる。大地震時の塑性化には耐震設計の一つとして実用化されている損傷制御設計を用いることにより、エネルギー吸収部材を特定化できるため、主

要な部材を弾性範囲にとどめることで対処できる。また、過荷重に対しても矯正などの軽微な修復により対応できる。

本稿では、上述した鋼材の特徴を踏まえ鋼構造の一步進んだ資源循環である部材リユースについて紹介する。

2. 部材リユースとその効用

2.1 部材リユース

鋼材は前述したようにそのほとんどがリサイクルされており、廃棄物を出さない材料であるが、リユースは、リサイクルよりも二酸化炭素排出やエネルギー消費の削減に大きく寄与するものである。鋼構造の部材リユースにあたっては、リユース部材の各種情報をデータベースに登録しておき、設計・加工・施工・維持管理・解体・保管の一連のサイクルにて循環する必要がある(図2)。既存建物から損傷の少ない部材を採取し、再加工して新規建物にリユース部材として適

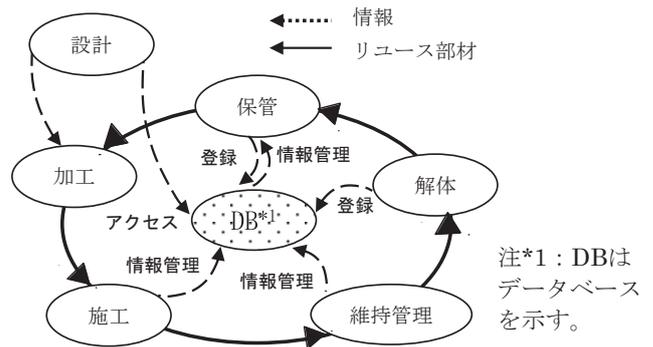


図2 リユースフロー

注*1：DBはデータベースを示す。

- 鋼構造における地球環境問題への対応
：CO₂排出量の削減など
- ・建物レベル：長寿命化
 - ・部材レベル：リユース
 - ・材料レベル：リサイクル

図1 鋼構造と環境

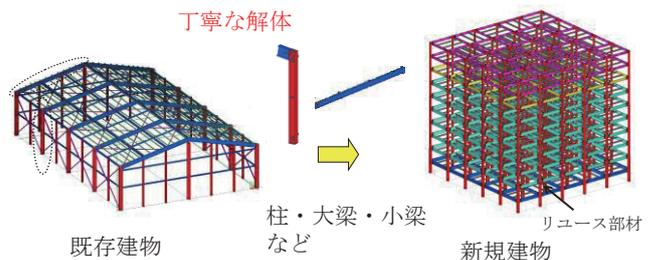


図3 部材リユース

用する(図3)。ここで、リユース部材とは、既存建物から採取された部材、解体予定の建物から採取される部材であり、接合部・架構を含む(図4)。現段階では、リユースを想定せずに、設計・施工された既存建物から採取されるものがほとんどで、リユース先がほとんど定まっていないものである。

リユース部材の対象は、日本工業規格材(以降、JIS規格材という)、大臣認定品およびF値(建築基準法施行令で定められた基準強度)が設定された鋼材である。ただし、ボルト、溶接材料などの接合材料は除いている。これらは、主に鉄鋼メーカーがプレハブ化した低層建物の鉄骨造、すなわち、工場・作業場、倉庫、事務所などの主要構造部材のうちその大部分を占めるJIS規格材の一般構造用圧延鋼材や溶接構造用圧延鋼材などである。これらのうち、圧延H形鋼などの圧延形鋼はビルトアップH形鋼やボックス断面鋼に比べて、JISやISOで規格化されたサイズ体系により製造されているために、リユース部材として取り扱い易い。これらの

標準化された部材のストックを十分に確保し、リユース部材として循環させることが重要である。

2.2 鋼材の循環系フロー

リユース・リサイクルを考慮した鋼材の循環系のフローを図5に示す⁵⁾。この循環系は、高炉鋼、電炉鋼の製造、部材リユースの関係を示している。鋼材は、鉄鉱石を主原料とする高炉鋼、鉄スクラップおよび高炉からの銑鉄を主原料とする電炉鋼が互いに共存し、補完しあって循環系を構成している。これらの鋼材は、設計段階で選定され、加工・施工・維持管理・解体・保管の一連のフローを循環する。部材リユースの場合、錆による減肉や損傷の大きい部材、地震などで塑性化している部材は必要とする加工が多くなるため、スクラップ処理してリサイクルに回す。最終的には、部材の性能を評価・判定し、リユース部材としての可否を決定する。解体段階で、分別・回収された部材は劣化や修復の状態に応じてリユース、リサイクル、廃棄のいずれかになる。

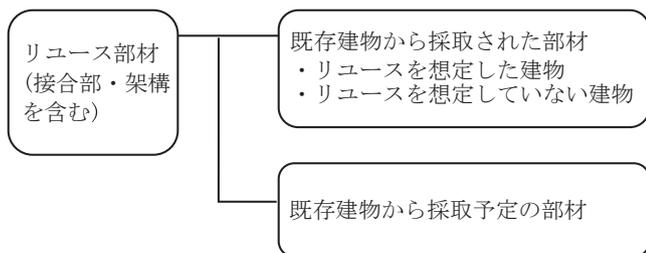


図4 リユース部材の種類

2.3 部材リユースの効用

鋼構造の部材リユースによる効用は、図6に示すように地球環境、生活環境、建築生産環境に分類できる⁴⁾。地球環境に関しては、資源枯渇対策として資源の保全、地球温暖化対策として二酸化炭素の排出量削減がある。生活環境に関しては、部材リユースを取り入れることで、建設や解体時に生じる騒音・振動・粉塵などの抑制がある。建築生産環境に関しては、部材調達期間の短縮、組立・解体の省力化、建物改修の省力化などがある。特に、リユース部材の流通システムが確立されれば、部材調達期間の大幅な短縮が可能となるであろう。

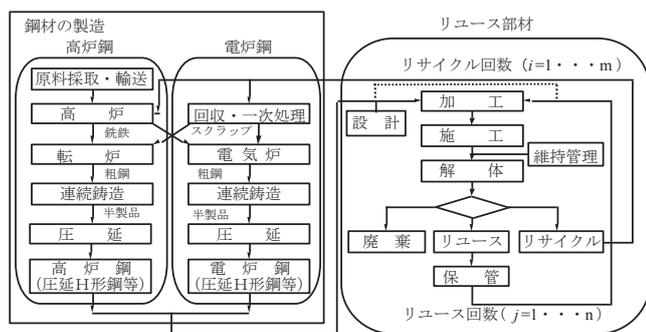


図5 鋼材の循環系フロー

3. リユースのための鋼構造技術

3.1 丁寧な解体工法

鋼構造建物の大部分は、その残存価値を最大限に生かす前に付帯設備の陳腐化、容積率の緩和、都市の再開発などの要因で解体されている。これらの部材の大部分は、スクラップ処理されてリサイクルされている。部材のリサイクルを前提とした分別解体や低公害型の解体工法も進んでいるものの、ここで提案する丁寧な解体工法(以降、リユース部材とするため、建物の解体時の部材に損傷をできるだけ与えない解体工法をいう)に該当する移築解体工法は木造建築の重要文化財などに留まっている状況にある。鋼構造の解体工法のフローを図7に示す⁶⁾。鋼構造の解体工法には、丁寧な解体工法他、機械切断工法、溶断工法がある(図7)。

まず、低層鉄骨造の丁寧な解体工法の例を図8に示す。部

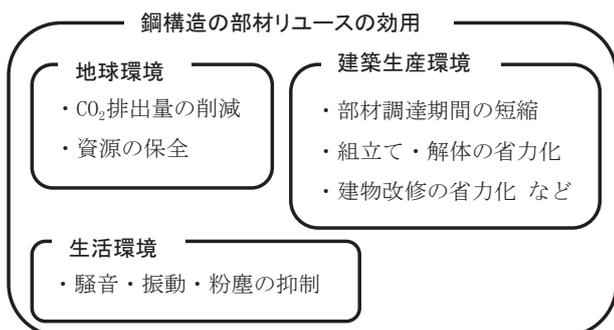


図6 部材リユースの効用

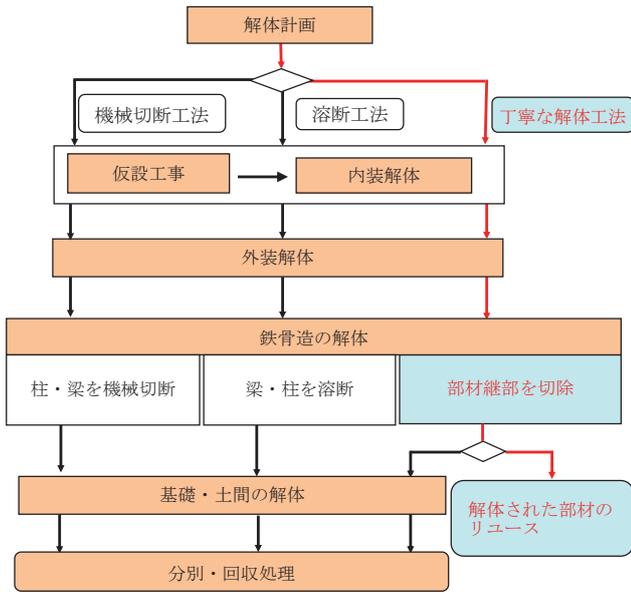


図7 解体工法のフロー

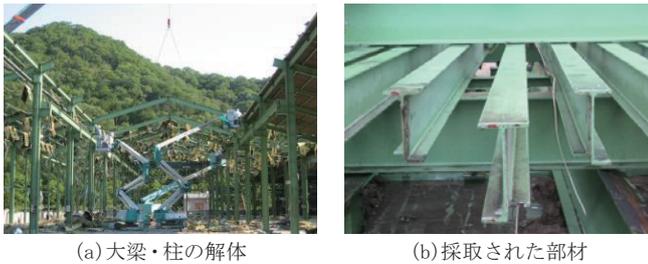


図8 丁寧な解体工法

材継部における高力ボルト摩擦接合に着目し、部材にできるだけ損傷を与えないようにしている。解体にあたっては、建方時の逆の順序で主に部材継手を取り外し、部材を分離する。その際、鉄骨切断機ではなく、主に高所作業車の利用となるため、現場での騒音・振動・粉塵を抑制できる。部材継手の高力ボルトはインパクトレンチによる逆回し、または溶断により高力ボルトを切除する。このため、丁寧な解体工法は柱の転倒解体などの部材に損傷を与えやすい作業が少なく、損傷の少ない部材を採取できる。また、リユース部材にするための加工の大部分は工場で行うため、現場の作業が少なくなる。

つぎに、機械切断工法は、鉄骨切断機により大きな断面の部材の切断、切除を行うもので、外装材と鉄骨造の解体を同時に行う。柱の解体にあたって、安全性を考慮して重心の位置と転倒する方向を定め、切断箇所を設定する。溶断工法は、現場の制約上の鉄骨切断機の使用が困難な場合や建物規模が小さい場合などを対象としており、柱や梁の一部をガスやアークにより切断し、ワイヤなどを使用して取り壊す方法である。なお、仮設工事・内装解体は各工法とも概ね共通である。

3.2 リユース部材の性能

リユース部材の対象は、前述したようにJIS規格材、大臣認定品およびF値の設定された鋼材である。中でも、JIS規格材には、一般構造用圧延鋼材 (JIS G 3101)、溶接構造用圧延鋼材 (JIS G 3106)、建築構造用圧延鋼材 (JIS G 3136) などである。竣工年がおのおの1976年 (試験体H496-A, B)、1993年 (試験体H175, 試験体H200) の建物より採取した部材 (母材) の機械的性質を表1に示す⁷⁾。H496-A, H496-B, H175およびH200は小梁として使用された圧延H形鋼で、共にJISの寸法許容差を満たしている部材である。塗膜劣化の等級は、H496-A,BにおいてRi5 (S5)、H175およびH200においてRi4 (S4) 未満である*1。

引張試験の結果、全ての試験片とも降伏耐力、引張強さ、伸び共にSS400のJIS規格を満たすものとなっている。採取した部材のフランジおよびウェブから切り出した試験体の荷重ひずみ曲線を図9に示す。AF-1, BF-1の荷重ひずみ曲線の降伏棚は、AF-2, BF-2より短い傾向にある。これらの試験体はフランジ部のスタッド跡を含んでおり、スタッド近傍の母材が溶接時の熱影響を受けたものと推定される。なお、CF-1～3, DF-1～2においてはAF-2, AF-3と同様な

表1 部材の機械的性質

部材の種類	試験体名*1	採取位置	記号	鋼種	降伏耐力	引張強さ	伸び (%)	
					(N/mm ²)	(N/mm ²)	6<t*4<16	16<t<50
--	JIS*3			SS400	245以上	400～510	17以上	21以上
1976年竣工の建物	H496-A	フランジ	AF-1*2	SS400	259	461	--	27
			AF-2		264	451	--	28
		ウェブ	AW-1		295	461	--	37
			AW-2		294	460	--	39
	H496-B	フランジ	BF-1*2	SS400	256	453	--	28
			BF-2		265	460	--	26
ウェブ		BW-1	290		453	--	35	
		BW-2	290		462	--	36	
1993年竣工の建物	H175	フランジ	CF-1	SS400	294	439	29	--
			CF-2		297	430	32	--
			CF-3		316	431	30	--
	H200	フランジ	DF-1	SS400	304	445	29	--
			DF-2		303	442	28	--

注*1 H496-A,B, H175, H200 は、各々 H-496 × 199 × 9 × 14, H-175 × 90 × 5 × 8, H-200 × 100 × 5.5 × 8 を示す。

注*2 AF-1, BF-1 はスタッドの切除跡ありの試験体。

注*3 SS400 の機械的性質は、JIS G 3101 による。

注*4 t は、鋼材の板厚 (mm) を示す。

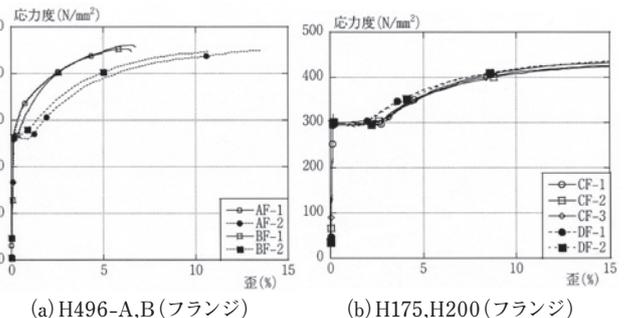
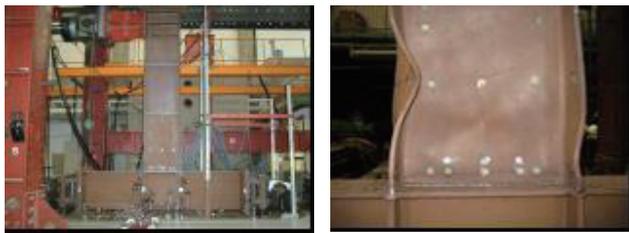
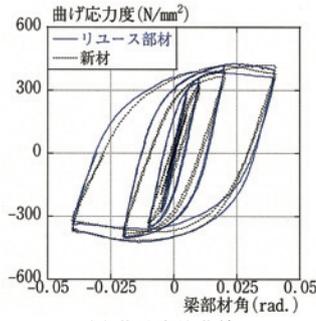


図9 荷重ひずみ曲線



(a) 荷重状況

(b) 梁の局所変形



(c) 荷重変位曲線

試験体は1976年建設の建物より採取した部材 (H-496x199x9x14:SS400) を梁に使用

図10 柱梁接合部実験

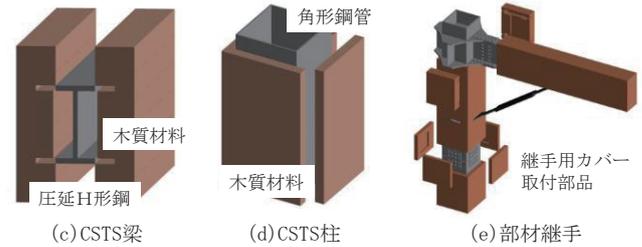
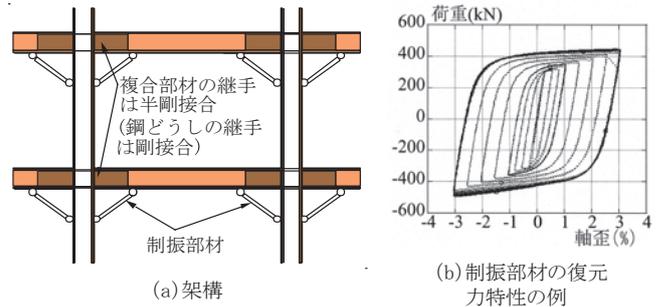


図11 鋼木質複合構造システム (CSTS)

荷重ひずみ曲線である。また、採取した部材の化学成分は、一般構造用圧延鋼材の成分規定 (JIS G 3101) であるPとSの規格値 (リンP, 硫黄Sは不純物扱いとされている) を全て満たしていた。

H496 (H-496×199×9×14:SS400) を梁部材に使用したT型実験による柱梁接合部の破壊状況、復元力特性を図10に示す⁸⁾。使用された部材の柱梁接合部の破壊性状は新材と同じウェブの局所変形であり、復元力特性は荷重振幅を増加させるごとに耐力が上昇し、前振幅時の履歴を包含する弾塑性履歴性状を示している。この結果によると、30年以上経過した建物から採取した部材 (母材) の復元力特性は、新材と概ね同様の傾向を示すといえる。

3.3 鋼木質複合構造システム

リユースを想定した鋼構造技術の応用例の一つとして、鋼と木質材料からなる、解体・分離が容易な鋼木質複合構造システム (以降、Composite steel-timber structureからCSTSという) を図11に示す⁹⁾。木質材料をできるだけ多く使用して森林再生に貢献することを考え、同時に構造物としての機能性と安全性を損なうことのないシステムを目指したものである。鋼と木質材料の複合部材をラーメン構造に使用する場合、鋼と木質材料の一体化の程度が異なるため、柱と梁の接合部を剛接合とすることが難しい。このため、CSTSの架構を制振部材として方杖状に配置した座屈拘束ブレースを有する損傷制御構造としている。これにより、柱梁接合部や部材継手を含む部位は、半剛接合であっても座屈拘束ブレースによりエネルギー吸収効率を向上させ、主架構の損傷を抑えることができる。部材どうしの接合は、鋼どうしがボルト接

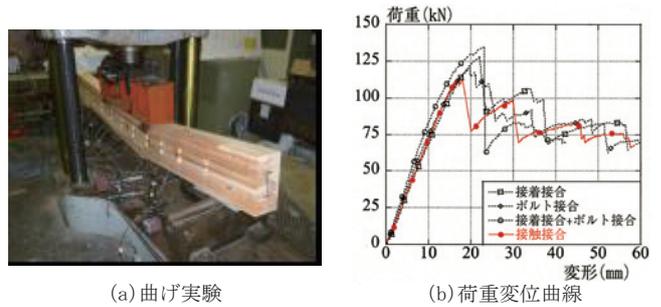


図12 接合法の選定のための曲げ実験

合で、その周囲を覆うための継手用のカバー取付部品 (木質材料) を鋼部材のサイズ体系に合わせて準備しておき、現場での取付け・取外しが容易になるように標準化するものとしている。

鋼と木質材料 (すぎ集成材) の複合部材 (断面: 235mm×120mm, 鋼材H-100×50×5×7 (SS400), 支持間隔: 2m) の接合法の選定にあたって、2点載荷4点曲げ実験の結果を図12に示す¹⁰⁾。試験体のパラメータは複合梁部材の接合法 (接着接合, ボルト接合, 接触接合) である。試験体は全て試験体中央部近傍の木質材料に初期の破壊 (フランジ部, ボルト孔, 接着部付近の繊維に沿った割裂) が生じ、最終的に全て中央部近傍の木質材料の引張側で破壊している。また、最大耐力に達した以降、荷重の上昇と低下を繰り返しているのは、木質材料の破壊により中立軸が移動し、圧縮側の領域が変動したことによる。

荷重変位曲線によると、鋼と木質材料の接触接合の最大耐力は、接着接合やボルト接合よりやや低下するものの、以降の変形性能は概ね同じ傾向を示している。複合構造部材の

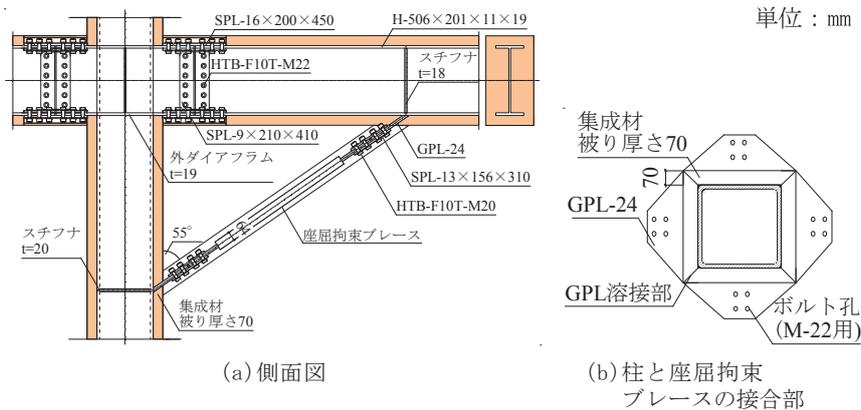
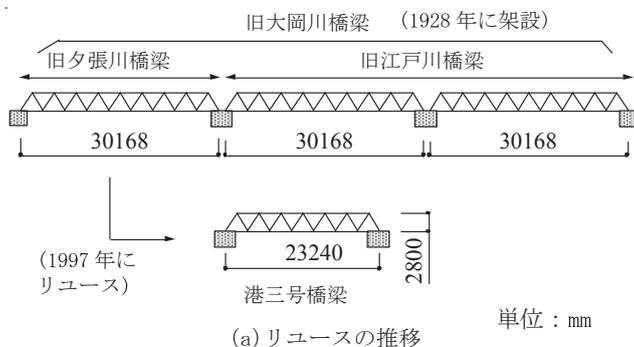


図13 CSTSのディテール例



(b) 外観



(c) トラス

図14 橋梁のリユース(港三号橋梁)

鋼材は、載荷終了後に木質材料を取り外した後の残留変形を観察すると、横座屈が生じておらず、座屈補剛が機能していた。また、鋼と木質材料が接触接合の場合、接着接合に比べて、鋼と木質材料が容易に分離できることを確認した。なお、複合梁部材の最大耐力および初期剛性は一体化の程度が高い場合、鋼と木質材料を足し合わせることで概ね評価できるものとなった。

CSTSの柱梁接合部は角形鋼管の周囲に外ダイアフラムを取り付けたディテールとした¹¹⁾(図13)。外ダイアフラムは鋼板の中央部を柱の形状に切り抜き、2枚に分割して柱を挟み込み、部分溶け込み溶接により柱と接合する。柱梁接合部や継手においては、木質材料の連続性が十分ではないことから、鋼のみが応力を伝達するものとしている。

4. 部材リユースの実施例

リユース部材を使用した設計にあたっては、二酸化炭素排出や廃棄物発生の削減、資源、エネルギー消費の節約など環境に配慮した考え方を従来の設計に取り入れる必要がある。既存建物から採取した部材をリユースするにあたっては、基本計画・解体前調査・設計(環境評価を含む)・解体後調査・施工・情報管理の設計監理フローに基づき検討する⁴⁾。まず、解体前調査では、机上調査および現地調査において部材の品質確認(目視など)・評価を行う。その際、カルテ・構造図・構造計算書の存在や火災経験や過荷重経験の有無を確認する。解体後調査では、解体方法の選定と解体された部材の品

質再評価を行う。施工においては、カルテの作成・更新を行い、最終的には、設計図書・建物履歴簿などによる情報管理を行う。

このようなフローに基づき部材リユースを検討することになるがリユースの対象となる建物が30年程度を経て解体されると想定すると、ほとんどの場合、カルテ、建物履歴簿、設計図書、鋼材検査証明書などが存在しないのが現状である。しかし、鋼材検査証明書が存在しても、許認可にあたって、元建物の完了検査証により、その材質が建設時の材料と同等と判断された例があり、完了検査証も今後の判断の一つになりうる。パビリオン鉄骨・体育館・住宅・小規模店舗など実施例の詳細が、「鋼構造環境配慮設計指針(案)-部材リユース-」⁴⁾に紹介されているので参照されたい。

一方、鋼構造の部材リユースは建築だけではなく、土木構造物においても事例がある。函館本線の旧夕張川橋梁(鉄道橋)が横浜みなとみらいの港三号橋梁(遊歩道)へリユースされた例を図14に示す。旧夕張川橋梁は1906年に架設後、旧大岡川橋梁(1928年架設)にリユースされ、以降、旧夕張川橋梁の部分の支持間隔を短縮して港三号橋梁(1997年架設)へ再度リユースされている。港三号橋梁は支持間隔23.24mのワーレントラスで、その弦材はアングル材とプレート材の組立材とし、斜材の引張材にはプレート、圧縮材にはラチス材で構成されている。

鉄道橋は、この事例からもわかるように、主要幹線の荷重の増大などに伴い、耐荷力の低い鉄道橋、道路橋、遊歩道などへリユースされている。その他、土木構造物には100件を超える事例が報告されている¹²⁾。

5. おわりに

鋼構造の部材リユースがもたらす効用は、前述したように、二酸化炭素排出量の削減、資源消費の削減、騒音・振動・粉塵の発生抑制、部材調達期間の短縮などである。このうち、部材調達期間を短縮するためには、多くのリユース部材が流通にストックされていることが必要であり、今後の課題である。また、鋼構造の部材リユースのための要素技術が応用・展開されれば、上記の効用のほか、維持管理や改修など、建物のライフサイクル全体にわたる生産性の向上に貢献できであろう。

一方、土木構造物の他、山留などの重仮設機材においても、既に部材リユースが実施されており、品質管理の方法も概ね確立されている。鋼構造の部材リユースは建物への適用に留まらず、重仮設機材などもその対象になると考えられる。鋼構造の一步進んだ資源循環である「部材リユース」の本格的な普及が期待される。

注*1

塗膜劣化の評価は、JIS K 5600-8-1(塗膜一般試験方法—塗膜劣化の評価)において、膨れ、さび、割れ、はがれ、白亜化の等級に分類されている。さびの場合、Ri5(S5)はさびの面積が等級Ri5(40%~50%)、さびの大きさが等級S5(5mm以上)を表す。

謝辞

2015年には、「鋼構造環境配慮設計指針(案)-部材リユース-」が日本建築学会より刊行されました。これは、主に日本建築学会構造委員会 鋼構造運営委員会 鋼構造環境小委員会の成果によるものです。各関係者に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会:建築関連分野の地球温暖化対策ビジョン2050,カーボンニュートラル化を目指して,2009.12
- 2) 日本建築学会:建築部材のリユースマニュアル・同解説,2009
- 3) 日本建築学会:地球環境建築のすすめ,第2版,彰国社,2009
- 4) 日本建築学会:鋼構造環境配慮設計指針(案)-部材リユース-,2015.12
- 5) 岡本康司,藤田正則,岩田衛:建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-二酸化炭素排出量の推定-,日本建築学会環境系論文集,第652号,pp.535-542,2010.6
- 6) 藤田正則,田中繁樹,岩田衛:建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-低層鉄骨造の丁寧な解体方法-,日本建築学会環境系論文集,第604号,pp.109-114,2006.6
- 7) 藤田正則,文蔵亮介,岩田衛:建築鋼構造のリユースシステムに関する研究-リユース材の加工とその性能評価-,日本建築学会環境系論文集,第620号,pp.97-102,2007.10
- 8) 岡本康司,藤田正則,岩田衛:リユース部材を用いた接合部の耐力実験,日本建築学会大会学術講演梗概集.C-1,構造Ⅲ,pp.727-728,2008.9
- 9) 藤田正則,宿輪桃花,大越友樹,村井正敏,岩田衛:鋼と木質材料の複合構造システムの構法成立の可能性,日本建築学会環境系論文集,第691号,pp.725-731,2013.9
- 10) 大越友樹,藤田正則,村井正敏,岩田衛:鋼木質複合梁部材の曲げ実験:日本建築学会技術報告集,第19巻,第43号,pp.967-970,2013.10
- 11) 大越友樹,藤田正則,小田大貴,岩田衛:座屈拘束方杖ブレースを有する鋼木質複合構造の設計法の提案,日本建築学会構造系論文集,第79巻,第700号,pp.847-855,2014.6
- 12) 日本建築学会:鋼構造のリユースの現状と今後のあり方,日本建築学会大会構造部門(鋼構造)PD資料,日本建築学会構造委員会鋼構造運営委員会,2012.9

プロフィール

藤田 正則(ふじた・まさのり)

山口大学 大学院創成科学研究科 教授 博士(工学)

専門分野:鋼構造・地球環境

建築用セメント防水剤の透水試験に用いる けい砂に関する実験検討

鈴木 澄江

1. はじめに

建築用セメント防水剤は、1953年にJIS A 6101 (建築用セメント防水剤) が製品規格として制定された。しかし、製品品質のばらつきなどの課題から1960年に廃止された。同規格の廃止に伴い、製品規格の中に規定されていた試験方法がJIS A 1404 (建築用セメント防水剤の試験方法) として1960年に制定され、今日まで建築用セメント防水剤の試験方法として活用されている。

JIS A 1404は、2013年5月に追補改正が、2015年2月に改正が行われた。追補改正時に、使用材料の「砂」に関する規定が、「試験に用いる砂は、JIS Z 8801-1に規定する試験用ふるいの公称目開き2.36mmを通過し、45 μ mで留まる乾燥けい砂から雑物を除き去ったものとする。」と変更された。改正前のJIS A 1404 : 1994では、試験用砂は、「福島県相馬産標準砂」(写真1)と「山口県豊浦産標準砂」(写真2)を60 : 40の割合で混合したものを85%使用することが規定されていた。これらの砂は天然のけい砂のため、入手が困難になりつつあった。そのため、産地を特定せず使用できるけい砂について実験を行い、規格の改正ができるか検討を行ったものである。実験検討にあたっては、セメントの物理試験に使用されているけい砂を使用する提案も出されたものの、JIS R 5201に規定されている標準砂(以下、セメント強さ試験用標準砂と称す。)は、ISO3310-1に規定されているふるい目で粒度調整された特定製品であり(写真3)、同製品をそのままセメント防水剤の品質試験に使用した場合、所定の流動性では水セメント比が著しく小さくなり、必ずしも適切に評価ができないケースが想定された。

本報告は、前述のような状況を踏まえ、けい砂の産地等を特定せず、セメント防水剤の品質試験に用いることが可能なけい砂の種類、粒度分布などについて検討を行った結果¹⁾についてその概要を紹介する。今回報告する実験結果に基づき規格が改正され、JIS A 1404 : 2015が発行された。

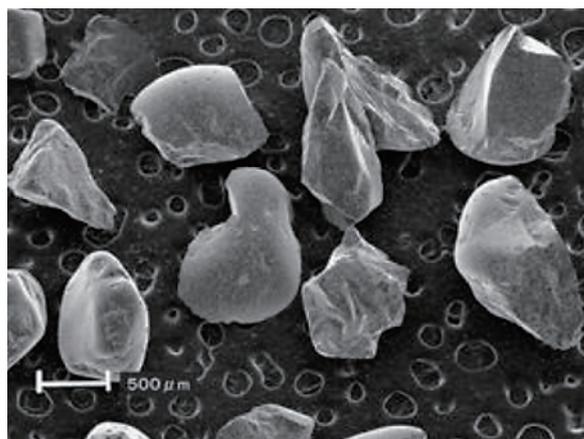


写真1 相馬産けい砂 (SEM) の一例



写真2 豊浦産けい砂の一例



写真3 セメント試験用標準砂の外観

2. 実験の概要

2.1 試験用砂の種類と品質

けい砂には、天然のけい砂と珪石を粉砕加工した人造のけい砂がある。けい砂の産地、区分、加工法により、その品質が異なることを考慮し、国内で簡易に入手でき、かつ、産地や種類の異なるものを対象として実験検討を行った。実験に用いたけい砂の区分、産地、品質等を表1に示す。

表1 実験に使用したけい砂の区分、産地、品質等

区分	記号	産地・製品名等	絶乾密度 (g/cm ³)	粒度分布の範囲(mm)
天然	①	福島県南相馬市	2.64	1.0 ~ 0.6
	②	山口県下関市豊浦町	—	0.3 ~ 0.15
	③	山形県北村山郡(4~8号)	2.60	1.2 ~ 0.045
	④	島根県大田市温泉津(30,40)	2.62	0.85 ~ 0.053
	⑤	オーストラリア西オーストラリア州 アルバニー(35,90)	2.65	0.85 ~ 0.045
	⑥	セメント試験用けい砂 (JIS R 5201)セメント協会	2.64	1.0 ~ 0.075
人造	⑦	愛知県岡崎市(4~8号)	—	1.2 ~ 0.045
	⑧	栃木県日光市(4~8号)	2.63	1.2 ~ 0.045

2.2 防水材料

防水材料(剤)は、材質・機能の異なる4種類を対象とした。実験に用いた防水材料(剤)の材質および防水のメカニズム等を表2に示す。

表2 防水材料(剤)の材質および防水メカニズム等

記号	材質	防水のメカニズム・機能
A	粉体	ポゾラン反応によるもので、セメントが水和する際に遊離してコンクリートの透水原因となる水酸化カルシウムを吸着し、不溶性の珪酸カルシウムゲルを形成する。これにより水酸化カルシウムの溶出を防ぐと同時に、珪酸カルシウムゲルのソフトな膨潤によりコンクリートの微小空隙を充填し水密性を高める。
B	粉体	固形パラフィンの粒子径は0.2~1.0μmで一般のパラフィンエマルジョンと比べて著しく分散が良く、毛細管に充填して撥水性および防水性を有す。
C	液体	重合油アルミニウムがセメント水和物と反応して防水性を付与する。
D	液体	主成分の高級脂肪酸誘導体は撥水性が高く、水との接触角を大きくする作用を持つため、モルタルやコンクリート中の毛細管空隙を充填し吸水を減少させる。

2.3 モルタルの調合および試験砂の混合比

モルタルの調合は、JIS A 1404:1994に従い質量比でセメント1、砂3(以下、1:3モルタルと称す。)とし、モルタルのフローが160±2となるように水量を決定した。粉体の防水材料を混入する場合には、防水材料の粉体量を砂に置換し調合計算した。また、液体の防水材料を混入する場合は、防水材料の液体分を水量に置換して調合計算した。実験に使用した各種けい砂の混合比については、JIS A 1404:1994で規定される試験砂(福島県相馬産標準砂+山口県豊浦産標準砂+ガラス製造用けい砂8号)を用いた場合のモルタルフローと同程度の水量となるように、使用するけい砂の組合せや粒度分布を検討した。

栗山、重倉の研究報告²⁾によれば、1:3モルタルの透水量が最低となる最適水セメント比は60%とされており、JIS A 1404:1994で規定する試験砂を用いた場合のモルタル調合の水セメント比(以下、W/Cと称す。)はこれに相当するものとなる。実験検討に用いる各種けい砂の調合は、JIS A 1404:1994に規定する試験砂を標準とした。また、JIS A 1404:1994ではセメント量が450gと規定されているため、W/Cが60%となる水量270gを目標として実験検討を行った。

なお、セメントの物理試験(JIS R 5201)に使用されているセメント強さ試験用標準砂を用いて1:3モルタルを練り混ぜた場合には、水量が著しく少なくなり、W/Cが40%程度となるため、JIS A 1404:1994で規定する試験用砂を用いたモルタルの調合と大きく異なる。そのため、本実験では、セメント強さ試験用標準砂(製品1袋1350g)を1.2mmのふるいでふるったもの1000gに、微粒分を天然けい砂5号および8号で補い、粒度を調整したものを試験用砂として使い、モルタルの調合がW/Cで60%程度となるように粒度分布を工夫して比較検討した。また、各産地の天然けい砂および人造けい砂については、標準調合同程度のW/Cとなるようにけい砂の粒度分布を検討した。

試験砂の混合比については、JIS A 1404:1994で定める試験砂(①+②+③(8号))の混合比が不連続粒度(0.3mm~0.6mmの粒度成分がほぼ無い状態)であるため、一部の産地のけい砂(記号③、⑦および⑧)では、不連続粒度と連続粒度の2種類の粒度を設定し、モルタルの調合がW/Cで60±5%となる水量(270±22.5g)の範囲となるように混合率を検討・調整した。不連続粒度の粒度分布は、JIS A 1404:1994の試験砂の混合比を参考に3種類の試験砂を混合して

調整した。不連続粒度に調整したけい砂の粒度分布曲線を図1に、連続粒度の粒度分布曲線を図2に示す。

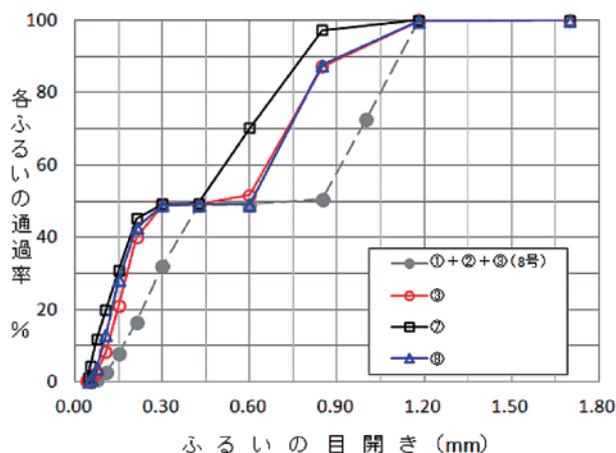


図1 不連続粒度に調整したけい砂の粒度分布曲線

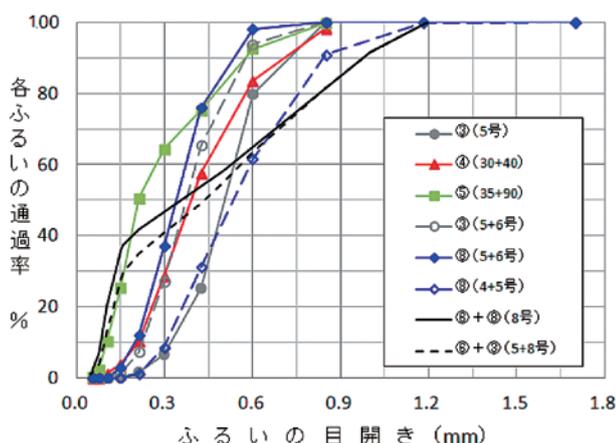


図2 連続粒度に調整したけい砂の粒度分布曲線

2.4 練り混ぜおよび供試体の作製

モルタルの練混ぜおよびモルタル供試体の作製は、4カ所の試験所において表3に示す条件によりそれぞれ行った。JIS A 1404 : 1994では、供試体の成形条件を、温度 20 ± 2

表3 モルタル供試体の作製条件

防水材(剤)種類	試験所記号	温度(°C)	相対湿度(%)
A	a	20 ± 2	80以上(約90~92)
B	b	20 ± 2	50以上(約67)
C	c	21	制御無し(40±5程度)
D	d, a	20 ± 2	80以上(約90~92)

°C、相対湿度50%以上の室内環境と規定しており、供試体の作製は当該規定を概ね満足する条件とした。

2.5 養生方法

モルタル供試体は、成形後、表4に示す環境条件で養生した。JISA1404 : 1994では、型枠脱型後の養生条件を、温度 20 ± 3 °C、相対湿度80%以上と規定されていた。しかし、この養生条件では、透水試験結果に差が生じるのではないかと懸念があり、①温度20°C、相対湿度95%を目標にする場合(A1,B,C,D1,D2)と②温度20°Cの水中養生で養生した場合(A2,D3)の2種類の養生を想定して実験を行った。なお、温度20°Cの水中養生は、廃止されたJIS A 6101に規定されていた養生方法である。

上記の養生を行った後、供試体の両面をワイヤブラシで軽くブラシがけし、温度約80°Cで一定質量になるまで乾燥させた。モルタル供試体は、定期的に質量を測定し、一日あたりの質量変化が0.5g以下となった時点を恒量とし、試験前養生を終了した。

表4 モルタル供試体の養生条件

防水材種類	養生記号	試験所記号	養生方法	
			成形後48時間脱型まで	脱型後19日間
A	A1	a	温度 20 ± 2 °C 相対湿度95%	温度 20 ± 2 °C 相対湿度85~95%
	A2			温度 20 ± 1 °C水中
B	B	b	温度 20 ± 1 °C 相対湿度90%以上	温度 20 ± 2 °C 相対湿度85~95%
C	C	c	温度 20 ± 1 °C、相対湿度90±5%	
D	D1	d	温度20°C、相対湿度100%	
	D2	a	温度 20 ± 2 °C 相対湿度95%	温度 20 ± 2 °C 相対湿度85~95%
	D3			温度 20 ± 1 °C水中

2.6 透水試験方法

透水試験は、JIS A 1404 : 1994に規定されている試験方法に従って行った。なお、水圧は、防水材(剤)の種類により2種類に分けて試験を行った。防水材AおよびBは、水圧を294.0kPa (3kg/cm²)に、防水剤CおよびDは、水圧を9.8kPa (0.1kg/cm²)に設定して透水試験を行った。透水試験結果

は、透水試験前後の供試体質量をそれぞれ求め、その差から透水量を算出した。透水性の評価は、防水材(剤)の有無による透水量および透水比によって行った。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュモルタルの性状

実験に用いた各種けい砂の組合せにおいて、モルタルフローが 160 ± 2 の調合について、防水材(剤)の有無とW/Cの関係を表5に示す。けい砂の粒度分布を、JIS A 1404:1994で規定されている不連続粒度の粒度分布とすることにより、天然けい砂、人造けい砂ともに、モルタルフローが 160 ± 2 となる調合を、概ねW/Cが60%前後で決定できることを確認した(写真4 a) 参照)。

一方、連続粒度となる粒度分布でモルタルを作製した場合には、天然けい砂であれば概ねW/Cが60%程度の調合となるものの、人造けい砂については、実験で設定した調合条件であるW/Cが $60 \pm 5\%$ を満足した場合でも、許容範囲の上限値(65%)に近い値となった。

また、連続粒度の粒度分布の人造けい砂を用いた場合には、粒度分布をどのように組合せても、設定した水量 $270 \pm 22.5g$ で所定のモルタルフロー(160 ± 2)が確保できない場合(けい砂⑦)が生じた(写真4 b) 参照)。これは、人造けい砂を用いた場合、その表面形状および粒度分布により、骨材の実積率が小さくなり、所定の流動性を確保できなかったものと考えられる。

防水材(剤)の種類と添加の有無が、W/Cに及ぼす影響を図3に示す。試験砂(①+②+③(8号))を用いた場合には、防水材(剤)の有無にかかわらず、W/Cが概ね60%でフロー160の調合が決定している。一方、試験砂⑥+③(5号+8号)の場合では、W/Cが $60 \pm 5\%$ の範囲で調合が決定しているものの、防水材(剤)の種類によりW/Cが目標値から3%程度、前後に変動する結果となった。

防水材(剤)の性能を確認する際に、連続粒度となる粒度分布のけい砂を用いる場合には、モルタルフローの値が160の調合がW/C60%に近似するように、けい砂の種類と粒度分布を選定することが望ましい。

3.2 透水試験に及ぼす影響

透水試験結果を表6に示す。試験結果をみると、同一の防水材(剤)を用いた場合でも、けい砂の種類と粒度分布により透水量の絶対値および透水比が異なる結果となっている

表5 各種試験砂ごとの防水剤の有無と水セメント比

防水材(剤)種類	養生記号	調合番号	試験砂の種類	W/C (%)	
				防水材(剤)無	防水材(剤)有
A	A1	1	①+②+③(8号) JIS A 1404:1994 規定	58.9	58.9
		2	⑥+⑦(8号)	56.7	56.7
		3	⑥+③(5+8号)	56.9	56.9
		4	④(30+40)	56.0	56.2
		5	⑤(35+90)	57.1	57.1
		6	③(5号)	53.3	53.3
		7	③(不連続粒度)	58.2	58.2
		8	⑦(不連続粒度)	58.9	58.9
		9	⑧(不連続粒度)	56.7	56.7
	A2	10	③(5+6号)	60.0	60.4
	A1	11	③(5+6号)	60.0	56.1
		12	⑧(4+5号)	65.0	64.0
		13	⑧(5+6号)	65.0	64.0
B	B	14	①+②+③(8号) JIS A 1404:1994 規定	61.8	60.2
		15	⑥+③(5+8号)	62.2	60.9
		16	④	58.4	55.8
		17	③(5号)	54.4	49.8
C	C	18	①+②+③(8号) JIS A 1404:1994 規定	62.0	62.0
		19	⑥+③(5+8号)	62.0	60.9
D	D1	20	①+②+③(8号) JIS A 1404:1994 規定	60.0	58.9
		21	⑥+③(5+8号)	57.8	57.1
	D2	22	③(不連続粒度)	58.2	53.6
		23	⑧(不連続粒度)	56.7	56.3
		24	③(5+6号)	60.0	56.1
	D3	25	⑦(5+6号)	65.0	60.3
26		③(5+6号)	60.0	56.1	



a) 不連続粒度の場合(調合番号: 8)



b) 連続粒度の場合(⑦: 水量 292.5g, フロー 153)

写真4 人造けい砂を用いた場合のモルタルの例

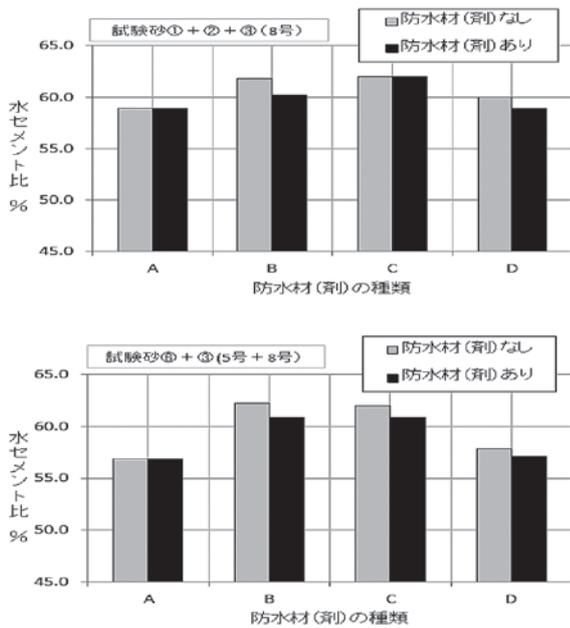


図3 防水材(剤)の種類および有無と水セメント比の関係

表6 各種防水材(剤)および試験砂を用いた透水試験結果

防水材(剤)種類	養生記号	調合番号	試験砂の種類	透水量 (g)		透水比
				防水材無	防水材有	
A	A1	1	①+②+③ (8号)	80.1	66.2	0.83
		2	⑥+⑧ (8号)	32.6	18.3	0.56
		3	⑥+③ (5+8号)	11.8	9.9	0.84
		4	④ (30+40)	25.9	22.6	0.87
		5	⑤ (35+90)	46.3	28.6	0.62
		6	③ (5号)	46.5	41.4	0.89
		7	③ (不連続粒度)	31.6	40.0	1.27
		8	⑦ (不連続粒度)	64.6	60.5	0.94
		9	⑧ (不連続粒度)	30.1	33.1	1.10
	A2	10	③ (5+6号)	18.6	13.8	0.74
	A1	11	③ (5+6号)	86.3	50.0	0.58
		12	⑧ (4+5号)	80.9	82.2	0.84
		13	⑥ (5+6号)	84.5	70.6	1.02
B		B	14	①+②+③ (8号)	38.3	47.7
	15		⑥+③ (5+8号)	12.4	27.1	2.19
	16		④	24.2	42.5	1.76
	17		③ (5号)	18.1	23.1	1.28
C	C	18	①+②+③ (8号)	20.9	12.2	0.58
		19	⑥+③ (5+8号)	11.5	13.1	1.14
D	D1	20	①+②+③ (8号)	3.6	1.4	0.40
		21	⑥+③ (5+8号)	3.6	1.3	0.40
	D2	22	③ (不連続粒度)	11.0	5.0	0.45
		23	⑥ (不連続粒度)	12.1	8.9	0.74
		24	③ (5+6号)	23.0	9.0	0.39
		25	⑧ (5+6号)	17.7	11.4	0.64
		D3	26	③ (5+6号)	9.9	2.4

ことがわかる。図4に防水材Aを使用した場合の粒度分布および養生方法の違いと透水量の関係を示す。同一の防水材を用いた場合でも、透水量の絶対値は、けい砂の種類により3倍近く差が生じることが明らかとなった。これは、使用するけい砂によって、モルタルの調合が異なることに起因したものと考えられる。また、W/Cが60%未満となる調合では、全体的に透水量が小さくなる傾向を示した。

また、図4の調合10と11のように、同一調合で養生条件が異なる場合の透水量についても比較した。その結果、温度20℃の水中で養生した供試体(調合10)と相対湿度95%の雰囲気中で養生した供試体(調合11)では、水中養生した場合の透水量が、相対湿度95%の雰囲気中で養生した場合の1/4以下と大きく低下する傾向を示した。このような養生の違いによる透水量の差は、異なる防水剤を使用したケース(調合24と26)でもみられた。

これは、水中養生したモルタル供試体では、モルタルの水密性が向上し、透水量の絶対値が小さくなったものと考えられる。そのため、防水材(剤)の透水性を評価する場合には、モルタル供試体の養生を相対湿度95%程度の気中養生とする方が、防水材(剤)の性能を定量的に比較する条件として適しているものと考えられる。

次に、けい砂の種類、粒度分布と防水剤の有無および養生方法が透水比に及ぼす影響の一例を図5に、試験結果を表6に示す。図4の透水量と図5の透水比を見比べてみると、透水量が多い調合(例えば調合8,11,12)と少ない調合(例えば調合7,9,10)では透水比が逆転する結果を示している。透水量について先に記したように同一材料、同一調合で、養生の違いを検討した調合10と11の場合を比べても、水中養生により透水量が小さくなった調合10よりも、相対湿度95%の雰囲気中で養生し透水量が約4倍となった調合11の方が、透水比が小さくなる結果を示している。このような結果となった原因は、水中養生することによって、相対湿度95%の雰囲気中で養生した場合よりも透水量の絶対値が著しく小さくなり、防水剤の有無による透水量にはほとんど差が無くなったものと考えられる。JIS A 1404:1994では、防水材(剤)の有無による透水量から透水比を求め報告することとしており、個々の透水量については必ずしも報告することが規定されていない。しかし、本実験結果で明らかになったように、防水材(剤)の有無から求めた透水比のみでは、透水量の多寡が不明であり、防水材(剤)を用いたコンクリートの透水性を評価する上で課題が残る可能性がある。そのため、

透水量についても報告事項として記載することが望ましい。また、図4および図5で例示したように、使用するけい砂の種類や養生によっては、モルタル供試体の水密性が向上し、透水量が著しく小さくなってしまう場合があるため、このような材料や養生条件に基づき防水材(剤)の性能を評価することは適さないといえる。

そのため、防水材(剤)の性能を評価する場合に用いる試験用砂については、透水性を適切に評価できる調合条件(W/C60%程度)となるけい砂の種類と粒度分布を選定する必要がある。

また、試験結果の報告については、防水剤の有無による透水比のみならず、それぞれの透水量についても明記することが必要である。

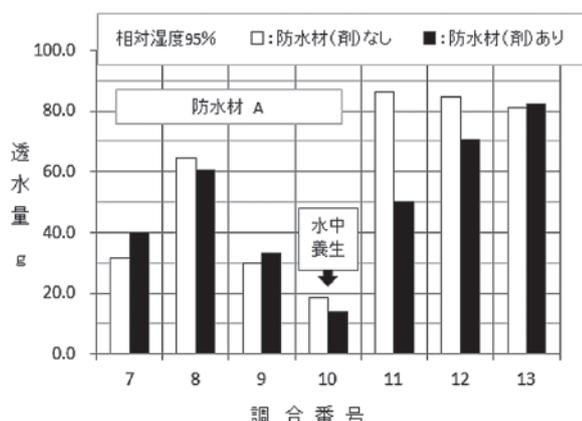


図4 粒度分布および養生方法の違いと透水量の関係

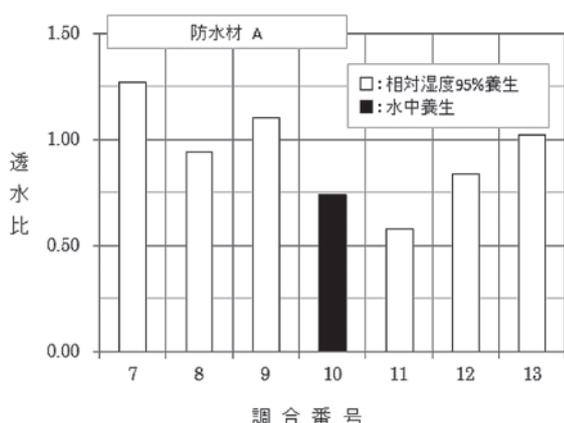


図5 粒度分布および養生方法の違いと透水比の関係

4. まとめ

建築用セメント防水剤の試験に用いるけい砂について、その種類や粒度分布が及ぼす影響について検討した結果、以下の結論を得た。

- 1) 天然けい砂および人造けい砂のいずれも、建築用セメント防水剤の試験用砂として使用することが可能である。
- 2) 粒度分布を不連続粒度とすると、概ねW/Cが60%程度のモルタルの調合が可能となる。
- 3) モルタルの水密性が高くなると防水剤の透水性能が適切に評価できなくなるため、W/Cが60%程度となるけい砂の種類、粒度分布を選定する必要がある。

5. おわりに

本実験検討の結果に基づき、JIS A 1404の改正原案が審議され、2015年2月20日付けでJIS A 1404:2015として官報公示された。改正されたJISの解説では、今回の実験検討に基づく内容が明記されており、建築用セメント防水剤の性能を評価するうえで必要な事項が記載されている。

建築用セメント防水剤の性能を適切に評価するための試験方法の検討においては、使用材料や調合など評価試験方法を定める上で重要な項目の規定根拠を明確にするとともに、試験結果の表記などについても十分な配慮が必要であることを改めて認識した次第である。

謝辞

本実験は、株式会社三菱総合研究所内に設置された標準砂規格改定に関わる国際規格整合委員会(委員長 小山明男 明治大学理工学部 教授)においてJIS A 1404改正原案作成の一環として実施したものである。多大な御協力を頂いた関係各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 鈴木澄江, 小山明男, 永山 勝, 陣内 浩: 建築用セメント防水剤の透水試験に用いるけい砂に関する実験検討, 日本建築学会技術報告集 第20巻 第44号, 2014年2月, pp.9-12
- 2) 栗山 寛, 重倉祐光: モルタルの透水に関する研究(その1)-吸透水の基本性状及びその試験方法-, 日本建築学会論文報告集 第57号, 昭和32年7月, pp.85-88

*執筆者

鈴木 澄江(すずき・すみえ)

経営企画部 部長 博士(工学)

従事する主な業務:

統括, 公益目的支出計画事業, 顧客サービスなど



中央試験所・技術課新設について

1. はじめに

2016年4月より、当センターの中央試験所に「技術課」を新設しました。技術課は、中央試験所の技術評価、顧客サービス、新技術開発業務などを主に行っていた技術開発サービス室、JCSS校正（熱伝導率校正）、内部校正業務を行っていた校正室、個々の試験グループで対応していた調査・研究・技術指導業務や技能試験プロバイダ業務などを集約して、より効率的な中央試験所の業務運営を目指し開設しました。お客様・業界団体および中央試験所内の様々な要求や課題の解決を担う部門として技術課を発展させていく所存です。

また、当センターの長期的な発展基盤の整備を目標として掲げた「発展計画2013」の中で、大きな柱となる中央試験所の拡張・整備の第一期工事が開始されました。本工事では、構造棟と動風圧棟を新設します。その後、第二期、第三期整備計画を進めていく中で、技術課が中心的な役割を果たして各分野のサポートを行い、お客様が要求する様々な試験に応えられる試験所を目指すとともに当センターの発展に貢献できるよう努力してまいります。技術課の新設に伴い、中央試験所は表1に示すように7部署の体制となります。

表1 中央試験所の体制

管 理 課
技 術 課
品 質 管 理 室
材 料 グ ル ー プ
構 造 グ ル ー プ
防 耐 火 グ ル ー プ
環 境 グ ル ー プ

2. 技術課の主な業務

技術課の現時点での主な業務は以下のとおりです。また、今後も「発展・サポート」をスローガンとして、必要に応じた業務を随時追加していく計画です。

- ① 試験・校正業務の企画および調整に関すること。
- ② 技術評価業務に関すること。
- ③ 研究および調査に関すること。
- ④ 顧客サービスに係る総括に関すること。
- ⑤ 事前相談業務を含む試験、試験装置等の技術的相談および指導に関すること。
- ⑥ 校正業務の実施に関すること。
- ⑦ 内部校正の実施に関すること。
- ⑧ 校正設備および校正用標準器の維持および保守に関すること。
- ⑨ 技能試験プロバイダ業務に関すること。
- ⑩ その他、上記項目に関して必要と認められること。

3. 業務内容

前述した個々の業務について概要をご紹介します。

① 試験・校正業務の企画および調整

本業務は、どの分野に試験を相談・依頼すべきかわからない場合、または、複数の分野にわたる試験をご検討されているときに技術課にお問い合わせをいただくことにより、スムーズな調整が可能となります。また、既存の試験規格がない試験方法の標準化に関する企画なども行います。

② 技術評価業務

中央試験所では、既存の規格類に該当しない新たな製品、構法、システム技術などに要求される諸性能や品質と維持管理、施工法、環境影響などを総合的に評価する技術評価業務を行っています。また、技術課は、技術評価の一連の流れにおいて事前申請から評価書（認定書）発行までの中心的な役割を果たします。

なお、技術評価の概要は当センターのホームページ、浸水防止設備の技術評価に関しては、2016年4月号をご

覧ください。

③ 研究および調査

当センターでは、官公庁や民間企業・団体などからの依頼を受け、政策の普及促進や国内外標準化活動、技術開発を支援する試験・評価方法の開発等を目的とした調査研究を実施しています。

調査研究事業は、経営企画部 調査研究課が主体となって業務を行っていますが、中央試験所のみで行う調査研究は、技術課が主体となって業務を行います。今後は、調査研究課と技術課が連携して業務を行う必要があると思われる。

その他、測定技術または測定装置に関する技術指導業務も承っています。

④ 顧客サービス

お客様アンケートやホームページからのお問い合わせなどの集計や対応などを行い、効果的に顧客にフィードバックできるような方法を構築します。

⑤ 試験、試験装置等の技術的相談および指導

①および③で前述した試験、測定方法、測定装置などの相談および技術的な指導などを行っています。ある製品の性能を確認する場合にどのような試験方法があるか、または、どの部署で対応するのが最適か、自社で試験装置を導入または試験を実施する場合に必要な事項などの相談などに対して可能な限りの対応を行います。

なお、製品認証に関することは製品認証本部、建築基準法等の法令に基づく性能評価に関しては性能評価本部が対応しますので、各担当部署へご相談・お問い合わせください。

⑥ 校正業務

中央試験所は、JCSS（計量法校正事業者登録制度）に基づく校正事業者および国際MRAに対応した校正事業者として、熱伝導率について国家計量標準へトレースされた校正を実施しています。

また、熱伝導率校正板の頒布を行っています。本業務

は、技術課と環境グループが連携して実施しています。

⑦ 内部校正

温度、荷重、変位などを測定する機器の定期点検を目的とした試験所内部校正に関して、校正証明書の発行業務および不確かさの算出に関する業務を行っています。

⑧ 校正設備および校正用標準器の維持および保守

JCSS校正（熱伝導率校正）および試験所内部校正の設備の維持および定期点検などの保守を担当しています。

⑨ 技能試験プロバイダ業務

中央試験所ではJIS Q 17043（適合性評価-技能試験に対する一般要求事項）に適合したプログラムを開発し、（独）製品評価技術基盤機構認定センター（IAJapan）から「外部技能試験プロバイダが実施する技能試験プログラム」として確認を受け、技能試験を実施しています。本業務は、技術課と材料グループが連携して行っています。

4. おわりに

技術課は、大別すると顧客サービスを目的とする業務と中央試験所のサポートを目的とした業務の2つに分けられます。

また、3. 業務内容で紹介した業務以外にもお客様のサポートが可能な業務は数多くあると思いますので、新たな業務の検討と実行を進めていく所存です。

技術課は新設してから日が浅いため、軌道に乗るまでは、対応の不手際などご迷惑をかけることもあるかと思いますが、建築業界と当センターの発展のために尽くしていきたいと思っておりますのでよろしくお願い致します。

【お問い合わせ先】

中央試験所 技術課

TEL：048-931-7208 FAX：048-935-1720

（文責：中央試験所 技術課 課長 和田 暢治）

試験設備紹介

コーンカロリメーター

中央試験所 防耐火グループ

1. はじめに

大規模建築物や特殊建築物等における壁及び天井の仕上げ（内装材）を不燃化することを内装制限という。技術的基準については、建築基準法施行令第108条の2にて以下①～③の3要件が定められており、コーンカロリメーター（写真1）を用いた発熱性試験によって、①および②を判定する。

- ① 燃焼しないものであること。
- ② 防火上有害な変形、溶融、き裂その他の損傷を生じないものであること。
- ③ 避難上有害な煙又はガスを発生しないものであること。

柱、はりなどの主要構造物がたとえ耐火構造であったとしても、壁や天井の内装材が燃えやすい、あるいは有毒ガスが発生しやすいものであると火災時の物的および人的な被害は共に大きくなってしまいます。火災は、点火→成長期→フラッシュオーバー（急激な延焼）→火盛り期→減衰期と推移していくが、被害を最小限にするためにはフラッシュオーバーが引き起こる前に初期消火を行うことが極めて重要である。火災時、火は壁や天井の上部を這うようにして燃え広がっていくため、壁及び天井の内装制限を行うことによって、初期消火を行うための時間が増え、避難や消火活動の円滑化を図ることができるのである。

防火材料（内装材）の等級は3種類あり、上位から不燃材料／準不燃材料／難燃材料である。適用例として、地下街において500m²以内に防火区画が設けられた部分では不燃材料、温湿度調整を必要とする作業を行う無窓居室では準不燃材料、3階以上で延べ面積が500m²を超えるものでは難燃材料を用いなければならない。



写真1 コーンカロリメーター外観

2. 方法

発熱性試験の装置はコーンカロリメーターを用いる。99mm×99mmの薄片に切り出した試験体を、アルミはくで裏面および四周の小口面を覆い、これを94mm×94mmの開口部をもったステンレス製のホルダーに設置する。この際、加熱面がホルダー開口部の内面に接触するよう、セラミックファイバブランケットを試験体の裏当て材に用いて高さ調整を行う（写真2）。

試験体の加熱は、コーンヒーターにより50kW/m²の輻射熱（火盛り期に壁面が受ける輻射熱の最大値）を与える。ヒーターと試験体の間にはスパークロッドが設置されており、加熱によって試験体から発生した可燃性ガスがこれに引火して燃焼が生じる（写真3）。本試験で得られる物理量及び目視観察結果に対し、以下①～③の判断基準が定められている。

- ① 加熱開始後、要求時間の総発熱量が8MJ/m²以下であること。
- ② 加熱開始後、要求時間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂及び穴が無いこと。
- ③ 加熱開始後、要求時間、最高発熱速度が10秒以上継続して200kW/m²を超えないこと。

試験は3体行い、すべてが上記①～③を満足した場合に合格となる。要求時間は、不燃材料で20分、準不燃材料で10分、難燃材料で5分である。なお、試験はISO5660-1に従って行うが当該試験規格には試験方法のみが定められており、これらの判断基準は当センターなどの指定性能評価機関が定めたものである。具体的な内容は、『防耐火性能試験・評価業務方法書』に規定されている。

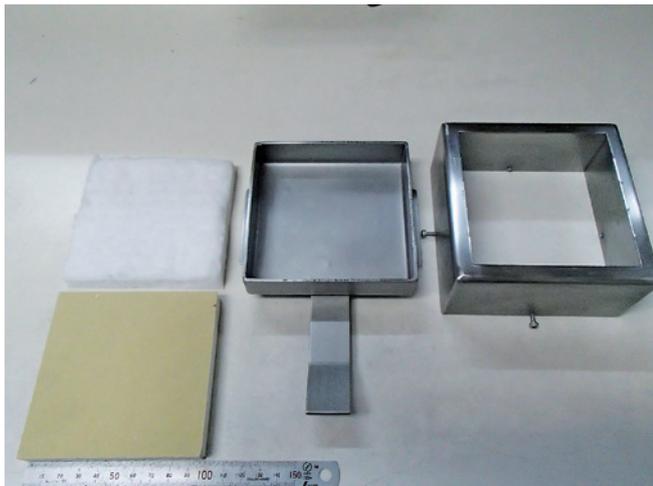


写真2 左上：セラミックファイバーブランケット
中央及び右：ステンレス製ホルダー
左下：試験体（せっこうボード）

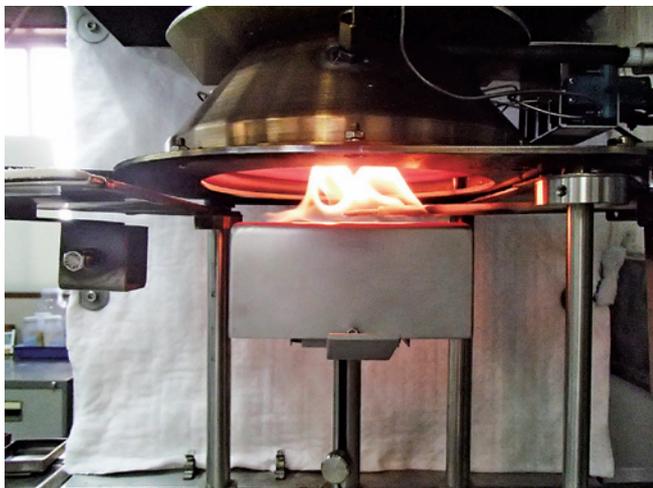


写真3 燃焼試験時の状況

3. 原理

試験体を加熱することで得られる発熱量および発熱速度は、酸素消費法と呼ばれる方法によって計算されている。これは、燃焼する物質の質量当たりの発熱量は物質によって大きく異なるが、燃焼時に消費される酸素の質量当たりの発熱量は物質によらずほぼ一定の値 (13.1MJ/kg) を示すことを利用している¹⁾。加熱により発生した燃焼生成ガスを排気フードで吸引し、試験体の燃焼により消費された酸素量をリアルタイムで測定し、発熱量や発熱速度を計算している (図1)。

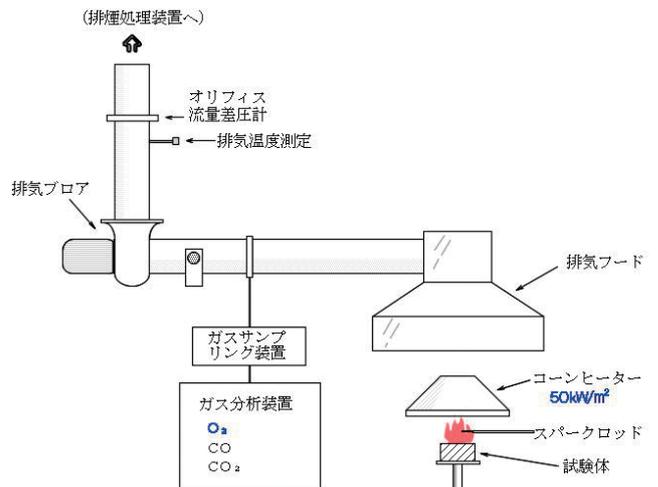


図1 試験装置の概略図

4. おわりに

当センターでは、防火材料の分野において、以下の装置を保有しており、各種試験への対応が可能である。各種試験および装置などについて、ご相談頂ければ幸いである。

- ・ ガス有害性試験装置 (性能評価認定試験のみ対応)
- ・ 表面試験装置 (JIS A 1321)
- ・ 基材試験装置 (JIS A 1321)
- ・ 発火促進及び耐着火性試験装置 (JIS A 9521, 9523)
- ・ ISO 不燃性試験装置 (ISO 1182)
- ・ 建築工事用シートの溶接及び溶断火花に対する難燃性試験装置 (JIS A 1323)

【参考文献】

- 1) 「火災便覧第3版」日本火災学会編、共立出版

【試験に関するお問い合わせ先】

中央試験所 防耐火グループ

TEL : 048-935-1995 FAX : 048-931-8684

(文責：中央試験所 防耐火グループ 高橋 一徳)

木材と建築

第2回 木質材料の種類と特徴

1. はじめに

山に生えていた木を伐倒し、鋸等により所定の形状に整えられたものを製材と呼び、樹木は製材になってはじめて材料になる。一方、木材をそのまま用いるのではなく、これに機械的、化学的处理を施して新たに製造したものを木質材料という。具体的には、木材を加工して作った単板、チップ、ファイバー等を要素(エレメント)として、その材料の接合に接着剤を用いて新たに結合させた材料である。

連載2回目となる今回は、木材自体の材料特性を概説するとともに、代表的な木質材料の特徴を紹介する。

2. 木材の材料特性

2.1 木材の構造

木材はセルロース、リグニン等の有機物質からなり、これらから造られた種々の組織が相互に関連をもち結び合っ構成された構造体である。

私達が木材として扱う対象は、主として樹幹であり、樹幹の形状は樹種、樹令、生育条件等によって異なり、その構造は一般的には図1に示すように、最外層に樹皮があり、その内側の大部分を材が占め、中心部には髄がある。樹皮と

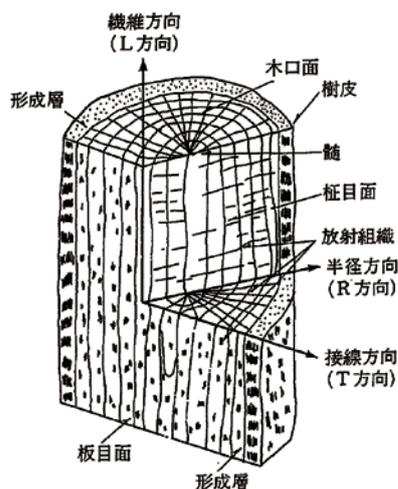


図1 樹幹の構造^[1]

材の間には形成層があり、樹木の成長につれて外側に樹皮を、内側に材を形成していく。

木材を構成する細胞は直線的に一方に配列されているため、木材の諸性質は異方性を示す。細胞の配列方向との関係で、図1中に示す繊維方向(L方向)、半径方向(R方向)、接線方向(T方向)の3つの基本的方向を定めている。また、樹幹内に定める面については、その取り方によって木口面、柁目面、板目面と名づけられている。木材の外観的特徴としては、次の組織の存在が挙げられる。

①生長輪、年輪

木材は季節によって周期的な生長をする。材の横断面で見たとときの生長層を生長輪といい、1生長期間が1年間のを年輪という。なお、南洋材のなかには生長輪の認められないものもある。

②春材(早材)、夏材(晩材)

春材は年輪の中で生長の初期に形成されたもので、細胞の形が大きく、膜が薄く、したがって材としての密度は低い。夏材は後期に形成されたもので、細胞の形が小さく、膜が厚く、材は密度が高い。樹種によっては、夏材の密度が春材の2倍に達する場合がある。

③心材、辺材

辺材は樹幹の断面において、外周部の白色または淡色の部分をいい、心材は中心部の色の濃い部分をいう。辺材は立木時に水分が多く、新しい細胞はデンプンのような貯蔵物質をもち、伐倒後、腐朽菌が繁殖しやすい。

2.2 木材の基本的性質

①密度

密度は木材の性質の指標としてきわめて大切である。一般的に強度、ヤング係数など密度と直線関係にあるといわれている。また、木材の密度は同一樹種、同一材中によっても異なる。木材の水分状態により、気乾密度、全乾密度(水分を全く含まないとき)、生材密度(グリーン状態)などと呼ばれる。

なお、木材細胞実質の密度はすべての樹種について同一の値をとることが認められており、樹種による密度の違いは、空隙の存在状態(空隙率)によって決まることになる。

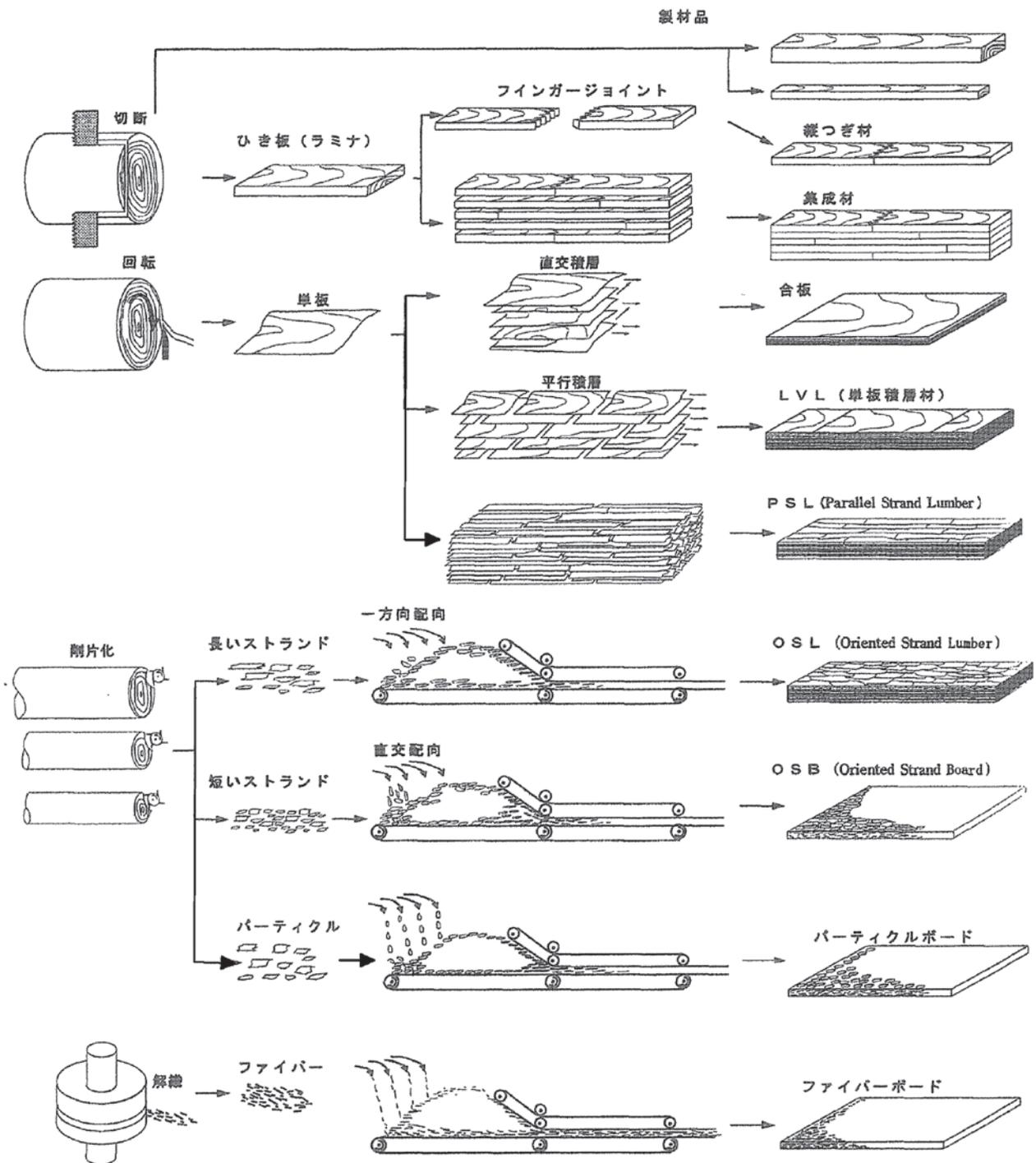


図2 製材と木質材料の製造工程 (林知行：エンジニアードウッド^[2]をもとに作図した)

【用語説明】

PSL (Parallel Strand Lumberの略) :

単板を幅方向に裁断して製造したストランド(最小厚さが6.4mm以下、かつ平均長は最小厚さの300倍以上)を、繊維方向を揃えて積層接着した材料。

OSL (Oriented Strand Lumberの略) と LSL (Laminated Strand Lumberの略) :

ウエファー状の削片を裁断して製造したストランドを配向して積層接着した材料。ASTM(American Society for Testing and Materialsの略)では、最小厚さが2.54mm以下でかつ平均長が最小厚さの150倍以上のストランドを用いたものをLSL、最小厚さが2.54mm以下でかつ平均長が最小厚さの75倍以上のストランドを用いたものをOSLと定義している。

②含水率

木材の水分は、空隙部はもちろん、細胞膜中の非結晶領域にも出入りし、それにより含有水分が変化する。含水率は全乾時(水分なし)を基準として、以下の式(1)で表される。

$$\text{含水率}(\%) = (W_1 - W_2) / W_2 \times 100 \quad (1)$$

W_1 : 乾燥前の質量(g), W_2 : 全乾質量(g)

木材を大気中に長時間放置し、平衡状態に達した時を気乾状態といい、含水率は通常12~15%である。この時の密度が気乾密度である。木材の諸性質は、水分が繊維飽和点(樹種によって異なるが、通常、含水率30%程度)以下では含水率に影響され変化する。

③収縮および膨張

全乾状態から繊維飽和点までの含水率範囲においては、細胞膜に水分が入り出すと木材は収縮または膨張する。一般に、T方向:R方向:L方向=20:10:1といわれる。

2.3 木材の材料特性のまとめ

以上、木材の構造と基本的性質の概略に使用上の注意を加えたまとめは、次のようになる。

木材は物性的には軽量で、その割には強度が大きく(比強度が大きい)、適度の吸湿性、断熱性を有し、加工が容易等の特性を有するが、一方、3軸方向の収縮、膨張および強度の差異が大きく(直交異方性材料であること)、さらに可燃性ならびに腐朽性などの欠点をもっている。天然材料であるために、節などのような生物材料特有の欠点が存在すること、個体差が大きいこと等使用上注意を払う必要がある。

3. 製材と各種木質材料について

木質材料は製造工程の違いにより、さまざまな材料が造られる。木質材料の製造工程を図2に示す。

なお、木質材料という用語について、日本工業規格(JIS)の中のJIS A 9002:2012(木質材料の加圧式保存処理方法)では、木質材料を「木材、及び木材に機械的加工を施し再構成・接着成型加工したもの」と定義しているが、本章では、製材と木質材料を分けて概説する。また、木質材料のうち集成材、LVL(Laminated Veneer Lumber)、合板、木質ボード(パーティクルボード、ファイバーボード)、CLT(Cross Laminated Timber)のみに着目し、その特徴を概説する。今回は、詳細な強度特性数値等については記載していないため、その内容については御了承頂きたい。

3.1 製材

製材は丸太(木材)から切り出した材料であり、前述の木材の材料特性をそのまま引きついでいる。製材は、天然物であるため、樹種による違いはもちろん、同一樹種でも含水率、密度等の個体差があり極めて複雑である。化粧材、木工芸品などにはこの個体差が生き、好ましいことも事実であるが、一方、構造材については、この個体差は各種性能値のばらつきを生じ、使用者を悩ませるタネとなる。

3.2 集成材

3.2.1 一般的特徴

集成材とは、ひき板あるいは小角材(ラミナ)などのエレメントの繊維方向を互いにほぼ平行にして接着剤によって、長さ、幅、厚さの方向に接着したものである(写真1参照)。繊維方向を平行にして積層されているので、製材品と同様に一方向に強い一軸材料であり、構造材としては通常、柱やはりのような軸材として使われる。集成材は優れた木材の特徴をそのまま保持しているばかりではなく、製材では得られない性能を付加されている。主な特徴は、表1のようになる。



写真1 集成材の外観^[3]

表1 集成材の特徴

・ひき板や小角材(ラミナ)を集成して作るため、大断面材、長尺材、アーチ材等、製材では得られない形状、寸法のものを比較的自由に作ることができる。また、小径材、曲がり材等からエレメントを取れば、低質材の有効利用が可能となる。
・ひき板や小角材(ラミナ)を集成して作るため、大断面材、長尺材、アーチ材等、製材では得られない形状、寸法のものを比較的自由に作ることができる。また、小径材、曲がり材等からエレメントを取れば、低質材の有効利用が可能となる。
・ラミナは十分に乾燥してから接着されるため、割れ、狂いの発生が製材に比べ格段に少ない。また、乾燥材であるから化粧単板などを表面に貼ることができる。製材は天然物であるのに対して集成材は木材から作る工業化された材料と言える。このことは利用上、製材に比べて大きな利点となるが、一方では原料の切削、欠点除去による歩留まり低下、製造エネルギーの増大、接着剤等の副資材費、工賃等の経費がかさむため、製品価格が製材品より高くなりがちであることに注意しなければならない。

3. 2. 2 関連規格

日本農林規格 (JAS) の中で、構造用集成材は以下により区分される。

①断面の大きさによる区分

大断面：短辺が15cm以上、断面積が300cm²以上のもの。

中断面：短辺が7.5cm以上、長辺が15cm以上のもの。

小断面：短辺が7.5cm未満または長辺が15cm未満のもの。

②ラミナ (ひき板) の構成により、同じ品質のラミナを積層した同一等級構成集成材と、外側の層など強度の強いラミナを配置して積層した異等級集成材 (対称構成、非対称構成、特定構成) に区分される。

③強度等級は、曲げヤング係数 (たわみにくさの指標を表す E) と曲げ強さを表す F の組み合わせの等級区分により表示される。E-F の等級は樹種やラミナの構成等により種類が存在する。

④集成材を使用する環境条件に応じ、接着剤の要求性能の程度を示す区分として、使用環境 A, B, C の区分がある。

3. 2. 3 集成材を用いた新しい材料

最近では、鋼材を集成材で覆った「木質ハイブリッド鋼材内蔵型集成材」のような集成材と異種材料を組み合わせた新しい材料も開発されている。

3. 3 LVL (Laminated Veneer Lumber の略、単板積層材)

3. 3. 1 LVL の一般的特徴

LVL の製造工程は原木の玉切り、単板切削、裁断、乾燥、調板、積層・接着、切断・仕上げで合板の製造工程とほぼ同じである。LVL の特徴としては、下記が挙げられる。

- ①寸法安定性、精度が高い製品が造れる。
- ②長尺直通材を造れる。
- ③乾燥が十分されている。
- ④用途に応じて厚さの調整が可能。
- ④防腐、防蟻、防虫などの薬剤処理が容易。

3. 3. 2 関連規格

LVL (単板積層材) は、日本農林規格 (JAS) では、構造用単板積層材について「ロータリーレース、スライサーその他の切削機械により切削した単板をその繊維方向をほぼ平行にして積層接着した一般材、もしくは繊維方向が直交する単板を用いた場合にあっては、直交する単板の合計厚さが製品の厚さの20%以下であり、かつ、当該単板の枚数の構成比が30%以下である一般材であって、主として構造物の耐力部材として用いられるもの」と定義されている。JAS 格付けされた製品には、品名、樹種名、寸法、曲げ性能、水平せん断性能、製造者等を記載する必要がある。

3. 4 合板

3. 4. 1 一般的特徴

合板は最も歴史が古く、今で言う合板のような資材は、古代エジプト文明の出土品からも見つけられるほど人類の営みと古く係わりがあり、最も多量に使用されている板状の木質材料である。日本においては、普通合板供給量をみると年間約280万m³の合板が生産され、輸入量でも年間約350万m³である。

なお、日本における合板工業の起こりは、1907年 (明治40年) に名古屋の浅野吉次郎氏が独自に開発したベニヤレース (丸太をカツラムキして単板を製造する機械) の実用化によって始まったとされている。

合板は原木を薄くむいた板 (単板) を図2中に示すように何枚も積み重ね、接着剤で貼り合わせて1枚の板にしたものである。通常は各単板の繊維方向を1枚ごとに直交させ、奇数枚合わせとする。

合板の特徴としては、

- ①性能のわりには比較的安価である
- ②他の板状製品に比べて強度が大である
- ③含水率変化による収縮膨張が少ない
- ④割裂しにくい
- ⑤一般に異方性が小さい
- ⑥完全耐水性の板も得られる
- ⑦断面の単板構成を変えることによってある程度製品

の特性をコントロールすることができる

などが挙げられる。家具、建築用材料としては、必要不可欠となっている。

3. 4. 2 関連規格

合板は日本農林規格 (JAS) によって規定され、接着性、表面の状態、用途によって区分されており、普通合板、コンクリート型枠用合板、構造用合板、化粧ばり構造用合板などがある。

JAS では、合板を接着の程度によって次のように類別している。

①特類 (フェノール樹脂接着剤等) :

屋外又は常時湿潤状態となる場所 (環境) において使用することを主な目的とした合板。

②1類合板 (メラミン樹脂接着剤) :

コンクリート型枠用合板及び断続的に湿潤状態となる場所 (環境) において使用することを主な目的とした合板。

③2類合板 (ユリア樹脂接着剤等) :

時々湿潤状態となる場所 (環境) において使用すること

を目的とした合板。

以上の類別は合板の使用上、極めて重要である。使用部位の要求条件を考慮して適材適所に用いる必要がある。

3. 5 木質ボード

(パーティクルボード、ファイバーボード)

3. 5. 1 一般の特徴

パーティクルボード、ファイバーボードを総称して木質ボードとよぶ(写真2参照)。木質ボードは各種木質未利用材を小片または繊維化して造られる。マット状に成形する際に乾式法と湿式法に分けられる。木質ボードの製造工程を写真3に示す。

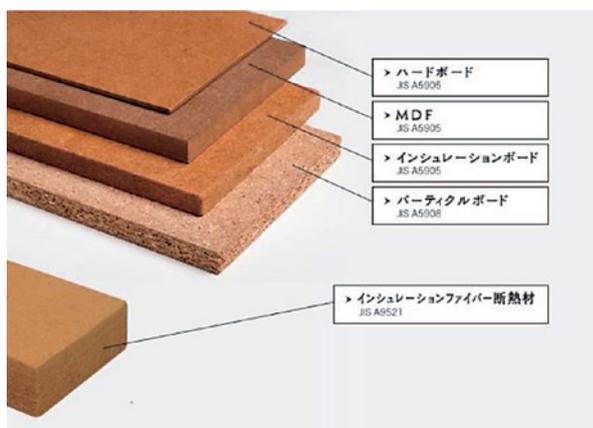


写真2 木質ボードの外観^[4]

接着剤を用いて成形熱圧した板」とある。用途としては、造作・家具が中心であったが、近年は床下地材としての利用も増加している。日本工業規格(JIS)の中では、表裏面の状態、曲げ強さ、耐水性、ホルムアルデヒド放散量、難燃性により区分され、耐水性による区分ではU、P、Mタイプの3種類がある。

ファイバーボード(繊維板)は、JIS A 5905:2014(繊維板)の適用範囲で、「主に木材などの植物繊維を成形した繊維板について規定する。」とある。その密度・製法によって、インシュレーションボード、ハードボード、MDF(Medium Density Fiberboardの略称)に分類される。インシュレーションボードは密度0.35g/cm³未満、ハードボードは0.80g/cm³以上とされ、MDFは0.35g/cm³以上でドライプロセス(接着剤を用いる製造工程)によるものと規定されている。インシュレーションボードにはタタミボード(T-IB)・A級インシュレーションボード(A-IB)・シーリングボード(S-IB)の3つの種類があり、曲げ強さ・熱伝導率などにより区分され、ハードボードは、油、樹脂などの特殊処理、曲げ強さにより区分されている。MDFは、普通MDF及び構造用MDFに分類され、それらは、曲げ強さ、接着剤、ホルムアルデヒド放散量により区分されている。

3. 6 CLT (Cross Laminated Timber)

3. 6. 1 一般の特徴

CLTとはCross Laminated Timberの略称で、ひき板を並べた層を、板の方向が層ごとに直交するように重ねて接着した大判のパネルを示す(写真4参照)。



写真4 CLTの外観^[6]

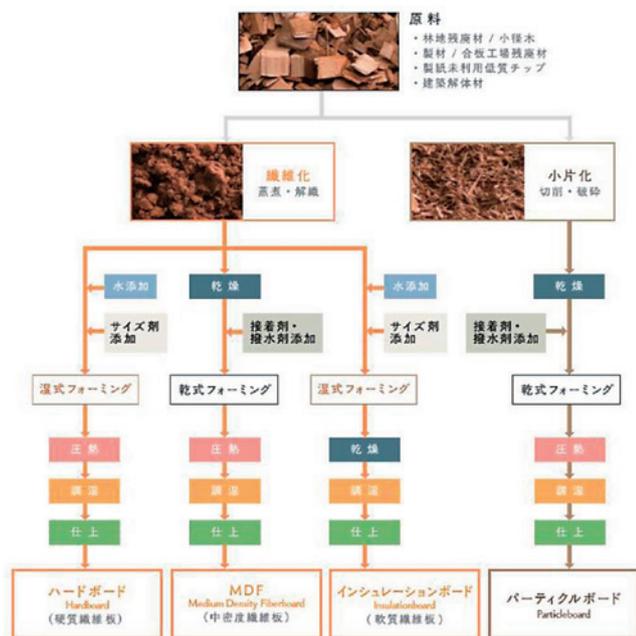


写真3 木質ボードの製造工程^[5]

3. 5. 2 関連規格

パーティクルボードは、JIS A 5908:2015(パーティクルボード)の適用範囲で、「木材などの小片(チップ、フレーク、ウエファー、ストランドなどをいう)を主な原料として、

CLTは1995年頃からオーストリアを中心として発展してきた新しい構造用の木質材料で、現在では、オーストリアだけでなくヨーロッパ各国でも様々な建築物に利用されており、また、カナダやアメリカでも規格作りが行われるなど、CLTの利用は近年になり各国で急速な伸びを見せて

いる。

CLTの建築材料としての特徴は、寸法安定性の高さ厚みのある製品であることから高い断熱・遮音・耐火性を持つこと、また、持続可能な木質資源を利用していることによる環境性能の高さなどが挙げられる。

日本では2013年12月に日本農林規格(JAS)が制定され、CLTの名称は、「直交集成板」となっている。

3. 6. 2 関連規格

日本農林規格(JAS)の中では、第1条(適用の範囲)で「ひき板又は小角材(これらその繊維方向を互いにほぼ平行にして長さ方向に接合接着して調整したものを含む。)をその繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、主としてその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し3層以上の構造を持たせた一般材」としている。

日本農林規格(JAS)では、品名、強度等級、種別、接着性能、樹種名、寸法等の基本事項を表示するように記載されている。また、「幅はぎ*評価プライを使用したものにあつては、上記の基本事項に規定するもののほか、その旨及び使用している層を一括して表示してあること」との記載もある。

※幅はぎ：隣り合う板同士を幅方向に接着剤で一体化すること。

4. おわりに

今回は、木材の材料特性と木質材料の一部について概説した。記述したように木質材料にはそれぞれ特徴があるため、使用する箇所に求められる性能を把握し、適材適所に使用することが大切である。

次回は、構造編(試験・評価方法)について連載2回にわけて紹介する予定です。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本建築学会：木質構造接合部設計マニュアル，2009
- 2) 木質構造研究会編：木質構造建築読本，井上書院，2000

【引用資料】

- [1] 北原覚一：木材物理，森北出版，1966
- [2] 林知行：エンジニアードウッド，日刊木材新聞社，p.12，p.82，1998
- [3] 日本集成材工業協同組合：“集成材の特徴と優れた性能”，<http://www.syuseizai.com/集成材とは/集成材の特徴と優れた性能.aspx>，(参照 2016-05-12)
- [4] 日本繊維板工業会：“木質ボードの紹介”，<http://jfpma.jp/seihin/>，(参照 2016-05-12)
- [5] 日本繊維板工業会：“木質ボードの製造工程”，<http://jfpma.jp/seihin/koutei-index.html>，(参照 2016-05-12)
- [6] 一般社団法人 日本CLT協会：“CLTとは”，<http://clta.jp/clt/>，(参照 2016-05-12)

(文責：西日本試験所 試験課 主任 早崎洋一)

連載 各種建築部品・構法の変遷

第1回 天然スレート葺きおよび アスファルト系屋根の変遷

東京理科大学 名誉教授 真鍋 恒博

連載を始めるに当たって

筆者が大学在籍時に行って来た主要な研究テーマに、我が国の建築で使われて来た各種の部品・構法・材料の変遷に関する一連の研究がある。これらの研究は、著者の独自解釈等は排除し、まずは客観的に「変遷を記録すること」に徹したものである。研究対象には、材料・構法(内装下地・壁用ボード・屋根・乾式天井・床仕上・断熱材・型板ガラス)、部品(階段・可動間仕切・金属製建具・建具金物・雑金物)、設備(洗面・浴室・水周りユニット、エレベーター・エスカレーター)、その他(応急仮設住宅、総合的内容など)がある。

これらの内容は、修士論文25編(関連する卒業論文は100編近く)に纏められており、その一部は日本建築学会論文集や書籍・雑誌等で発表しているが、研究すべてを公にした訳ではなく、多くはページ数の関係で要約の記述にとどまっている。今回このテーマについて本誌に発表する機会を得たので、誌面の許す範囲で書いて行く予定である。

今回の連載回数は「最低10～12回程度」としか決まっていないのだが、これまでに調査した結果のすべてを詳細に記述するには膨大な紙数を要する。そこで対象は上記中の主なものに限り、比較的最近に発表したもの(アルミサッシ)や書籍になったもの(金属製建築部品:主に開口部関連部品)は省き、内容もある程度は要約にならざるを得ない。またこれらの一連の研究は長期に亘る継続研究であって、原著論文の執筆からかなりの年数が経ったものもある。筆者は既に大学教授の職を退いており、膨大な労力を要する研究を継続する体制はもはや無い。したがって対象とする年代は元著論文の調査対象範囲に限らざるを得ず、それ以降については後続の研究者に委ねたい。

こうした変遷の記述には、本来はその根拠を示すべきであるが、それではあまりに煩瑣である。この連載では、学術論文の扱いではなく、あくまで読み物として、出典等の注記は

原則として省く。原著論文には当然ながら記述の出典が詳細に記載されているので、必要な場合は著者に問い合わせたい。

なお、この連載に登場する企業の多くは「株式会社」だが、他に有限会社・合資会社等もあり、正確な企業形態が不明な場合もある。いちいち「(株)」等を付記する煩わしさを避けることから、こうした表記は省くことにする。

第1章:我が国の天然スレート葺き屋根構法の変遷

ここでは、わが国における天然スレート葺き屋根の導入期から1990年頃までの変遷について述べる。

1.1 天然スレート葺き屋根の登場

1) 初期の天然スレート葺き屋根

天然スレート(珪酸質粘板岩)葺きの屋根は、フランスでは6世紀から、イギリスでは12世紀には使われていたと言われている。我が国でも明治10年代には使われていたようだが、確認できる最初の事例は、芦ノ湖畔の函根塔ヶ島離宮(1886/明治19年)(図1-1)であり、北海道庁舎(1888/明治21年)、岩崎家深川別邸(1889/明治22年)(図1-2)等の例が続く。

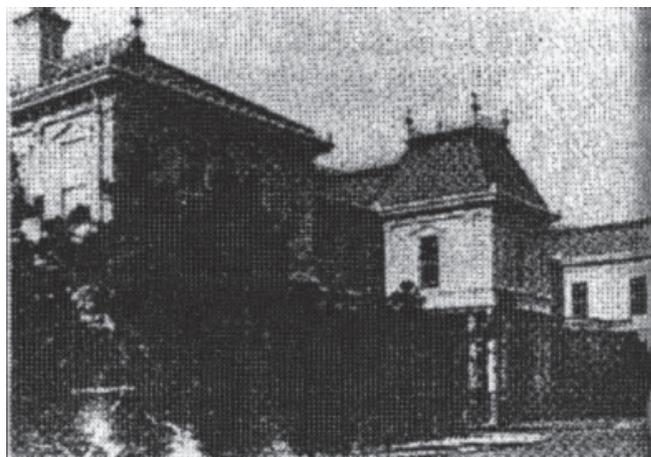


図1-1 函根塔ヶ島離宮

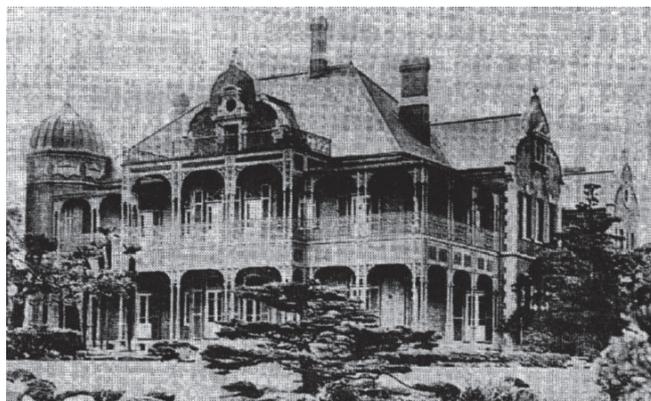


図1-2 岩崎家深川別邸

葺き材は当初は輸入され、岩崎家深川別邸のスレートはイギリスからの輸入品であったが、北海道庁舎（起工はこちらが後）では宮城県桃生郡雄勝町の「玄昌石」が採用され、以後国産品が使われるようになった。

1876（明治9）年に日本政府に招聘されたドイツ人地質学者・ナウマン（象の化石発見で有名）は日本各地の地質を調査したが、1886（明治19）年12月の報告書（図1-3）では雄勝町を天然スレート工業の最適地としている。

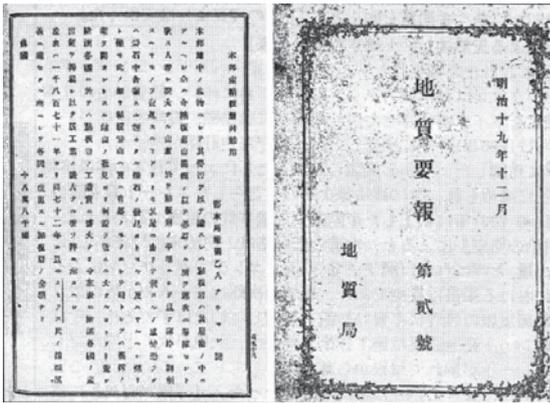


図1-3 地質要報

2) 天然スレート葺き構法の確立

当初は葺き材が風で飛ばされたり、割れて落下することもあったが、ドイツ人建築家ヘルマン・エンデとヴィルヘルム・ベックマンによってドイツ留学の機を得た屋根職人・篠崎源次郎が、我が国で天然スレートの施工技術を確認したと言われている。帰国後に篠崎によって葺かれた帝国議会仮議事堂（1890/明治23年竣工）の天然スレートは、施工中の暴風雨にも飛ばされることはなかった。

また天然スレートの施工には、ほぼ中央部の2箇所を留める「胴釘」と、上端の隅2箇所を留める「尻釘」の2種類があった。胴釘は風に強いと言われたが、尻釘は雨仕舞に優れるため、雨の多い我が国では尻釘が主として使われるようになった（図1-4）。

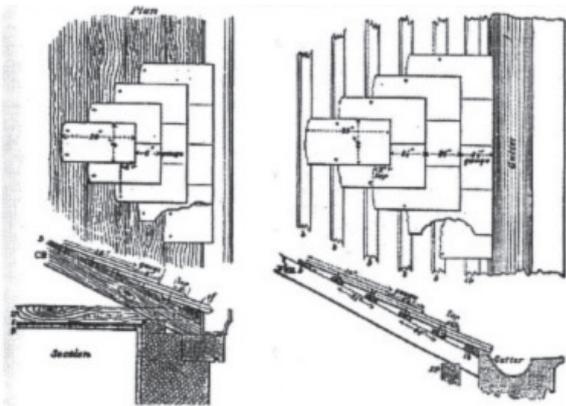


図1-4 尻釘（左）と胴釘（右）

3) 天然スレートの産地と名称

天然スレートには、中世代三畳紀の地層から産出されるものと、古生代二畳紀の地層から産出されるものがある。三畳紀の石は雄勝町に隣接する女川町や石巻市稲井地区等で産出したが、色は灰色がかっている。一方、雄勝町や宮城県登米郡登米町や、岩手県陸前高田市で産出した二畳紀の石は、三畳紀の石よりも黒く、黒くてきれいな石と言う意味で「玄昌石」と呼ばれた。

4) 屋根材用途以前の天然スレートの用途

屋根材に使われる前は、雄勝町産粘板岩は硯（室町時代から）や学童用石盤（図1-5）に使われていた。石盤は1873（明治6）年から戦前まで盛んに製造され、輸入品を駆逐しただけでなく輸出もされるようになった。石盤は雄勝町の小学校では昭和30年頃まで使用されていた。

1883（明治16）年には宮城集治監（宮城県監獄署、後の宮城刑務所）の服役者による採掘も行われた（図1-6）。

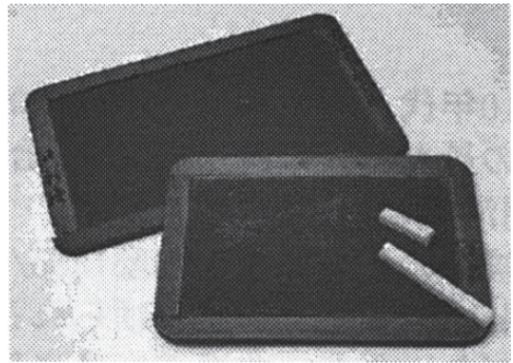


図1-5 学習用石盤
木枠付きの筆記盤。蠟石で字を書き雑巾で消す。

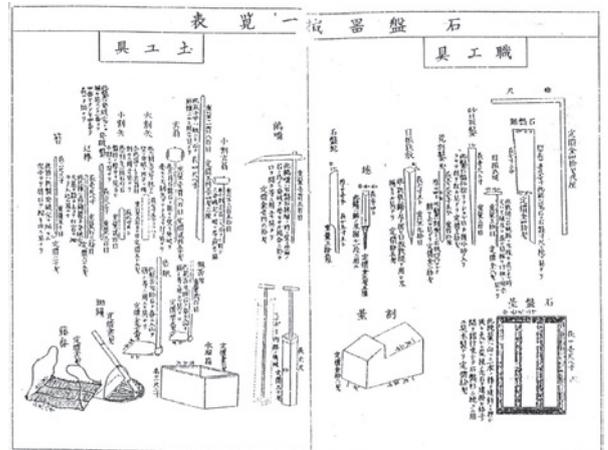


図1-6 宮城集治監で用いられた採掘道具

これによる価格の下落で民間業者の圧迫が問題になったが、1896（明治29）年の三陸大津波被害を機に廃止になった。多くの従業員による採掘は「山掘り」、家内工業的な採掘は

「自掘り」と呼ばれたが、全盛期には合計61箇所では採掘され、従事員は1200人ほどいたと言われている。

5) 屋根材に用いられた天然スレートの品質

石盤用途の天然スレートは、不純物を含まない「割物」と呼ばれる一級品であった。「割物」にならない石が屋根材として用いられ、角が大きく欠けたものは鱗葺き用とされた。ドイツでも、屋根材用途には必ずしも品質の良い天然スレートが用いられているわけではなかった。

1. 2 天然スレート葺き屋根の増加

1) 登米町における採石の開始

1902(明治35)年頃には、登米町でも天然スレートの採掘が開始された。雄勝町とは異なり、登米町では当初から屋根材用に採掘されていた。登米産の石には「針」と呼ばれる硬い部分が細かく無数に分布するため石盤や硯には向かなかったが、雄勝産の石の「針」は登米のものより大きいため、これを含まない部分が硯や石盤に使われた。

2) 各産地における天然スレート採掘の最盛期

雄勝産粘板岩の用途の7割は石盤であり、インド等にも輸出されていた。しかし第二次大戦で輸出は不可能になり、雄勝の採掘量は減少した。建材用の採石だけを行っていた登米町では1950(昭和25)年に最盛期を迎え、従業員は498名いたと言われる。また昭和30年頃には岩手県陸前高田市でも本格的に天然スレートの採掘が開始された。

3) 標準規格の制定

我が国でも様々な工業製品の品質・寸法などの規格制定の動きが始まっていた。1921(大正10)年に設置された工業品規格統一調査会によって、1928(昭和3)年に日本標準規格(旧JES)第75号に屋根用天然スレートの規格が制定されている(図1-7)。第二次大戦後、東京駅復興工事を契機に1953(昭和28)年、天然スレートの規格JIS A 5102が制定された。形状は角形と鱗形、厚さは4.5mmであった。現在の市場品は6mm厚が主であり、4.5mmや7mmの製品もある。

4) 天然スレートの採石方法

雄勝町、登米町、陸前高田市が我が国の天然スレートの3

大産地であったが、採石方法には違いがあった。雄勝町では採掘開始当初から露天掘りであったが、登米町では手間のかかる坑道掘りを家内工業的に行っていた。労働環境改善や需要減少対応のため、1959(昭和34)年に登米で採掘を行っていた個人・法人を一つにまとめる東北天然スレート工業が設立された。陸前高田市では当初は坑道掘りであったが、1971(昭和46)年に露天掘りに切り替えられた

1. 3 天然スレート葺き屋根の衰退

1) 天然スレートの需要の減少

昭和30年代後半になると、着色亜鉛鉄板や化粧スレート等の安価で施工性の良い屋根材の登場により、屋根材としての天然スレートの需要は壊滅状態と言えるほど激減した。昭和40年代初めには床材としての需要は増えたが、屋根材としては殆ど生産しなくなった産地もある。葺き職人の中には、転職したり、鉄板葺きの施工も行うようになった者もいた。

2) 天然スレート葺き用の釘の変化

葺き材の固定には、当初は銅釘や亜鉛メッキ釘が使われていた。電気亜鉛メッキ釘は被膜が薄く錆に弱かったが、以前のだぶ浸け亜鉛メッキ釘は被膜が厚く、錆には強かった。1970年代後半には、ステンレス釘が使われるようになった。

3) 鱗葺き屋根の減少

近年の天然スレート葺きは一文字葺きが大部分だが、以前は鱗葺きが多かった。特に雄勝町や登米町等に残る天然スレート葺き民家は、多くが鱗葺きである。雄勝町では角が大きく欠けて石盤にならない天然スレートが鱗葺き用の屋根材に使われていたため、石盤の需要減少にもなって鱗葺き用の屋根材の生産も減った。

登米産天然スレートは前述の「針」があるため手挽き鋸では挽けず、原石を割り剥がして押し切り(カッター)で仕上げていた(「キリカワラ」と呼ばれた)が、手作業のため鱗葺き用も一文字葺き用と手間はあまり変わらなかった。しかし昭和40年代に切断機を使うようになると、鱗葺きの屋根材は減った。

1. 4 新しい構法の開発

1) バブル景気に伴う需要増とフック構法の導入

採掘コストの高騰によって最も高価な屋根材となった天然スレートは、バブル期には高級材として注目され、ゴルフ場のクラブハウス等に使われた。こうした需要増によって世界各地から天然スレートを輸入する企業が現れた。

海外では以前から行われていたフック留めによる施工方

TES 日本標準規格		第75号 種別A9
第一条 本規格ハ屋根葺き用天然「スレート」ニ之ヲ適用ス		
第二条 「スレート」ノ称呼ハ其ノ色及寸法ニ依ル		
第三条 「スレート」ハ其ノ色一様ニシテ横面、粗面、皮、反り、縞、割レ、其ノ他ノ欠点ナキコトヲ要ス		
第四条 「スレート」ノ厚ハ4mm、5mm及6mmノ3種トシ其ノ公差ハ+1mmトス		
第五条 「スレート」ノ幅及長ハ次表ノ通りトス		
単位:cm		
幅	長	
12	18	
15	22 24	
18	30 36	
25	25	
30	30	
昭和三年十月十八日決定 工業品規格統一調査会		

図1-7 スレートの規格
TESはJESの誤植であろうか。

法(図1-8)は、この時期に我が国にも導入された。フック構法導入の背景には、需要の急増に対する天然スレート葺き職人の不足があろう。フック構法は釘打ちに比べて熟練職人を必要とせず、葺き替えも容易であった。

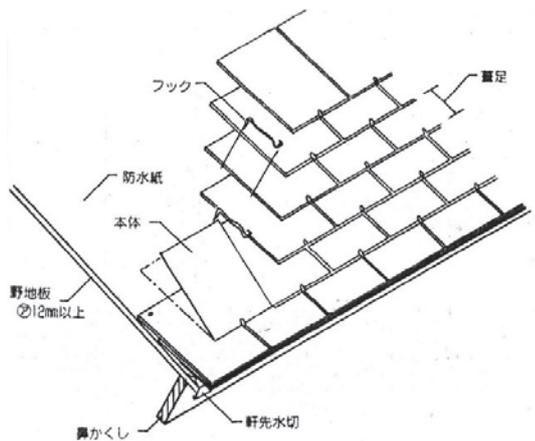


図1-8 フック構法
「ペルム」澤田商店(1988)

2) 重ね代を減らした製品

重量・コスト削減のため、重ね代を一般の瓦葺きと同等程度に減らした製品が開発された。重ね代部分に金属製や塩ビ製の水切り材を取り付けたもの(田島ルーフィング「三星ピサーラ」/1989: 図1-9)、丸鹿産業「マルシカスーパーストーン」/1995頃)や、樹脂製下地板で防水性能を担保した緩勾配製品(日本セラミックス「ルフィーネ」/1989: 図1-10)などが発売されている。

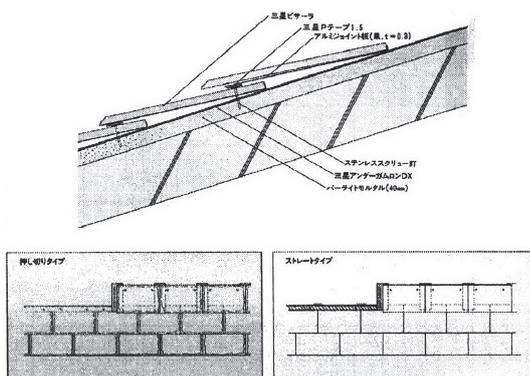


図1-9 水切り板を用いた構法
「三星ピサーラ」田島ルーフィング(1989)

天然スレート葺きは、柿^{こけら}葺きと同様に、平板を羽重ねにするため、雨仕舞上からは3枚重ね以上にする必要がある。重ね代を減らしたこれらの製品は、防水の原理は本来のスレート葺きとは異なっており、石はアスファルトルーフィングの表面を覆う化粧材と解釈できそうな製品もある。



図1-10 人工木と樹脂の下葺きを用いた構法
「ルフィーネ」日本セラミックス(1989)

1.5 天然スレートの衰退

1) 各地での採石中止

輸入材の普及によって国産天然スレートはコスト面で不利となり、1989(平成元)年に陸前高田市で、1994(平成6)年には登米町で採掘中止となり、採石場は雄勝町のみになった。陸前高田市では原石が枯渇したこともあり、採石業界の大手が後を引き継ごうとしたが断念した。バブル崩壊後は、天然スレートの需要そのものが減少し、輸入を中止する企業が相次いだ。登米町では埋蔵量はまだ十分にあるが、採石が再開される予定はないとのことであった。

2) その後の変遷

研究室で調査した範囲はここまでである。最後に近年のエピソードを述べて第1章の締めくくりとする。

その後も天然スレートの需要は限られたものであり、国内での生産は雄勝町だけになった。東日本大震災の影響もあり、現状では輸入品が主となっている。

近年の話題としては、東京駅の復元改修がある。戦後の修復では鱗葺きと一文字葺きの両者が採用されていたが、創建当時の写真調査から、一文字葺きであったことが判明した。そこで、解体したスレートから一文字葺きに使えそうなものの清掃・修復を雄勝町の業者に依頼したが、45万枚以上必要なところに到底足りず、雄勝の石に最も近いスペイン産のもので代用された。しかし、修復準備が終わった段階で東日本大震災の津波被害を受けた。泥の中から1枚1枚拾い集めて洗浄した結果、新たに製作した15,000枚を加え約55,000枚が再利用可能であった。これらの国産天然スレートのすべてが、南北ドームと中央部分の目立つところに葺かれることになった。

第2章：我が国のアスファルト系屋根葺き構法の変遷

時代順ではセメント系屋根葺き構法について先に述べるべきだが、字数の関係で、アスファルトシングルおよび不燃シングル葺き屋根を先に取り上げ、概ね20世紀までの変遷について述べる。

2.1 アスファルトシングルの登場以前

1) アスファルトシングルの誕生

砂付ルーフィングを小割にしたアスファルトシングルは、1860年代末のアメリカで、ウッドシングルや天然スレート葺きの意匠を意識して考案されたと言われている。

砂付ルーフィングを製造していた Herbert N.Reynolds の息子が、シート状のルーフィングを長方形の単位に切断し、天然スレートやウッドシングルのように葺くことを考えた。父親は相手にしなかったが、息子は父親の留守中にルーフィング材を切断して小屋の屋根に試してみたと、一般の長尺物砂付ルーフィングより売れるようになった。これがアスファルトシングルの誕生であった。

2) 「紙瓦」

我が国ではアスファルトシングルの登場以前に、類似製品として、1892(明治25)年に水田有義によって特許出願された「紙瓦」がある(取得は1901/明治34年)。塩化カルシウムを加えて抄成した紙をコールタールに浸し、更に表面に塗って砂・石・石綿の混合物を付着させた製品であった。長尺のルーフィング原紙ではなく3尺角の手漉紙を使用しており、坪当たり4枚葺きであった。価格は1枚10銭で、輸入品のアスファルトフェルトの代用として屋根や壁に用いられた。塩化カルシウムを用いたのは製品の耳の波打ちを防ぐためであったが、実際に効果があったかどうかは疑問である。



図2-1 最初の「便利瓦」と思われる製品(1901)

3) 「便利瓦」

我が国では砂付ルーフィングは、防水材に用いられる前は「便利瓦」と呼ばれ、簡易な屋根材として長尺のまま使われていた(図2-1)。昭和初期の書物には、品質及び外観の上から永久的建築に用いることは出来ないと言われている。関東大震災後には、復興用資材・バラック用資材として、施工容易な便利瓦の需要は増加した。

2.2 アスファルト系シングルの登場

1) アスファルトシングルの国産化

現在用いられているアスファルトシングルは、1955(昭和30)年、防水材メーカーの田島ルーフィングがアメリカから砂付ルーフィングの裁断技術を導入して製造開始した。初期のカatalogによると、葺き上がり形状には一文字葺きと亀甲葺きの2種類があった(図2-2)。

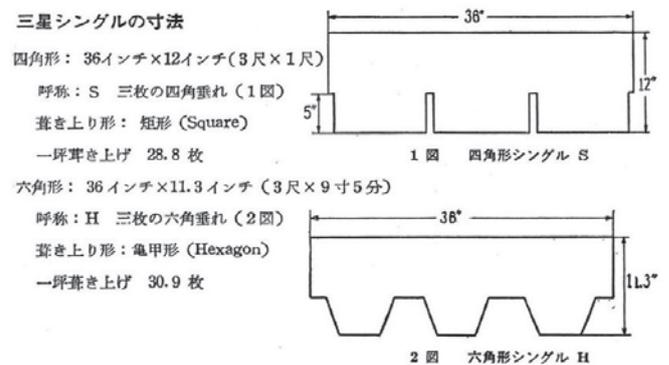


図2-2 初期のアスファルトシングルの形状
矩形(一文字葺)と六角形(亀甲葺)があった。

アスファルトシングルは、発売後しばらくは安価・軽量等の理由で住宅の屋根に多く用いられ、1960年代末期にはカナダ等から輸入されるようになった。当時は化粧スレートが普及する前であり、プレファブ住宅にも採用されていた。

2) 不燃シングルの登場

アスファルトシングルは、北米では住宅の屋根に広く普及しているが、我が国では防火上の制約で使用可能な地域は狭まって行った。そこで1978(昭和53)年に不燃シングルが開発された(図2-3)。基材には金属板や金属箔(1980/昭和55年)が用いられていたが、熱変形等の問題から製造中止となった。金属箔を用いた製品と同時にガラス繊維を基材に用いた製品の開発が進められていたが、1981(昭和56)年に販売開始され、不燃材料としての普及に至った。

3) 金属板葺きの意匠の不燃シングルの開発

昭和60年頃には、アルミ箔・銅箔を表面に圧着した不燃シングルや表面に銅粉を付着させた不燃シングルが開発され

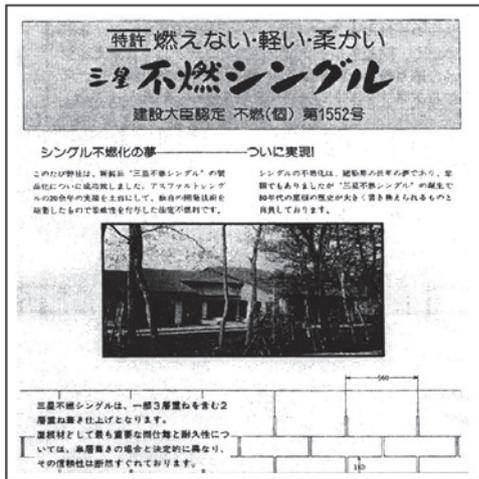


図2-3 最も初期のアスファルト系不燃シングル
田島ルーフィングの「三星フネシングル」(1980)が、
本格的な市場品としてはおそらく我が国最初の製品。

た。これらの製品は高価な銅板葺きの意匠を意識した製品で、薄い金属箔でありながら不燃シングルに圧着することで不燃材として認定され、またコストも金属板より安価であった。

2.3 アスファルトシングル・不燃シングルの発展

1) シングルの形状

当初の製品の葺き上がり形状は一文字葺きと亀甲葺きの2種類(図2-2)であったが、後に化粧スレート同様、様々な葺き上がり形状の製品が開発された。しかし主流は一文字葺きであり、1990年頃には一文字葺きだけに絞った企業もある。

2) シングル屋根の施工法

アスファルトシングルの施工は、初期は釘打ちと現場施工の接着剤が併用されていた。その後、太陽熱で融着する接着剤を塗った製品が登場した。鉄筋コンクリート造の勾配屋根には、釘打ち可能なモルタルに釘打ちか、熔融アスファルトを流し込んで葺いていた。その後、常温で施工可能な接着剤のみ、または釘打ちとの併用による工法が主流となった。1988(昭和63)年には、裏面に自着層を持ち剥離紙を剥がして施工する製品も登場したが、職人に受け入れられず製造中

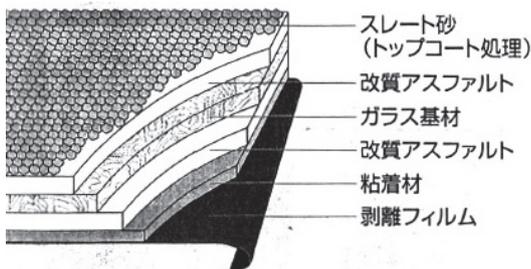


図2-4 剥離紙を剥がして施工するアスファルトシングル
裏面に粘着層があり、剥離紙を剥すことで施工できる「三星
シェード」(2001)。既存シングル屋根の上に被せる使い方も
あった。

止となった。自着層タイプの製品は、改修時に既存の葺き材に重ねて葺くことを主用途として、2001(平成13)年に別の企業から発売されている(図2-4)。

3) 不燃材認定アスファルトシングルの登場

アスファルトシングルの基材は当初は紙であったが、寸法安定性等の理由から、不燃シングルと同様にガラス繊維が主流となった。ガラス繊維を用いることで、建築基準法の性能規定化で導入された「飛び火試験」で不燃認定を取得し、市街地で使用可能な製品も現れた。

建築基準法の改正(2007/平成19年)では、仕様規定から性能規定に変わり、飛び火試験による性能評価が可能となった。従来は不燃シングルとは区別されていたアスファルトシングルにも用途が大幅に広がった。輸入業者にもガラス繊維を用いた不燃材認定製品を販売するようになった企業がある。

4) その後の動向

メーカーの数も次第に増加し、様々な製品が開発・輸入された。例えば日新工業では、表面に様々な色の着色セラミック砂を圧着した製品、多様な寸法や形状の製品などを発売しているが、製品によっては需要低迷やコスト高のため比較的短命で廃止になったものもある。

商社やメーカーによる輸入もあり、日新工業の「BPシングル」(1968)、岩谷産業の「ドムターシングル」(1969)、日本総業「I.K.O.シングル」(1971、いずれもカナダから)や、八田建設(1999、アメリカから)などがあるが、自社製造開始で輸入を廃止した例もある。

2000年頃のアスファルトシングルと不燃シングルの販売比率は3:1程度だが、公共住宅では不燃が採用されたため東京地区では1:1ぐらい、また国内の不燃シングルのメーカーは実質2社(田島ルーフィング、日新工業)であった。

研究室で調査した範囲は、ここまでである。上記のように、建築基準法改正の結果、アスファルト系屋根材の状況は大きく変わることになる。

第1章・第2章の参考文献:横江貴志・修士論文「我が国における屋根葺き構法の変遷—セメント系及びアスファルト系屋根・天然スレート葺き屋根について」(東京理科大学工学研究科建築学専攻・2003.3)、真鍋恒博・横江貴志(題目は上記論文と同一)日本建築学会計画系論文集No.573(2003.11)

プロフィール

真鍋恒博(まなべ・つねひろ)

東京理科大学 名誉教授

専門分野:建築構法計画, 建築部品・構法の変遷史
主要著書:「図説・近代から現代の金属製建築部品の変遷—第1巻・開口部関連部品」(建築技術), 「図解建築構法計画講義」(彰国社)ほか



可動間仕切の水平加力試験

(発行番号: 第15A1505号)

この欄で掲載する報告書は依頼者の了解を得たものです(抜粋・編集して掲載)。

試験名称	可動間仕切「SA-90K」の水平加力試験			
依頼者	山 金 工 業 株 式 会 社			
試験体 (依頼者 提出資料)	試験体記号	主な構成材		試験体数
	SA-90K (水平)	パネル: 2010 mm × 910 mm × 38 mm (3枚使用) 760 mm × 910 mm × 38 mm (3枚使用) 上枠: 85 mm × 60 mm × 900 mm 無目: 85 mm × 50 mm × 900 mm 巾木: 85 mm × 100 mm × 900 mm 縦枠: 90 mm × 30 mm × 2960 mm		1体
	(注) 施工前に測定した試験体の質量は187.26kgだった。 参 照: 図1 (試験体)			
試験方法	試験の概要 図2に示すように, 上下のH形鋼(内法: 3000mm)の内側に試験体の可動間仕切りを設置し, 幅方向中央のパネルの中心を加力位置と定め, 加力用合板(600mm × 300mm)を介して, 水平方向の荷重を加えた。加力の途中, 1.84kN, 3.67kN及び4.59kNの各段階で試験体の状況を確認した後, 破壊に至るまで加力を行った。なお, 変位の測定はパネルの水平方向変位について行った。 測定装置 ロードセル: 容量: 20kN, 非直線性: 0.1%RO, ヒステリシス: 0.05%RO 電気式変位計: 容量: 100mm, 感度: 100×10^{-6} /mm, 非直線性: 0.1%RO データロガー			
試験結果	試験体記号	目標荷重	水平方向変位	試験体の状況
	SA-90K (水平)	1.84 [1.0 (G)]	5.4	使用上有害な割れ及びはがれは確認されなかった。
		3.67 [2.0 (G)]	11.5	使用上有害な割れ及びはがれは確認されなかった。
		4.59 [2.5 (G)]	14.9	パネルのたわみの他, 使用上有害な割れ及びはがれは確認されなかった。
		Pmax=9.60	38.1	表面材の座屈 パネルのはずれ 無目及び巾木の回転
(注) 表中の目標荷重の [] 内に示す数値は, 試験体の質量を1.0 (G)としたときの比を示す。 ただし, 1.0 (G) = 187.26 (kg) 参照: 図3 (荷重-変位曲線), 写真1及び写真2 (試験体の状況)				
試験期間	平成27年 8月26日			
担当者	構造グループ 統括リーダー 室 星 啓 和 統括リーダー代理 上 山 耕 平 (主担当) 大 西 智 哲, 数 納 宣 吾			
試験場所	中 央 試 験 所			

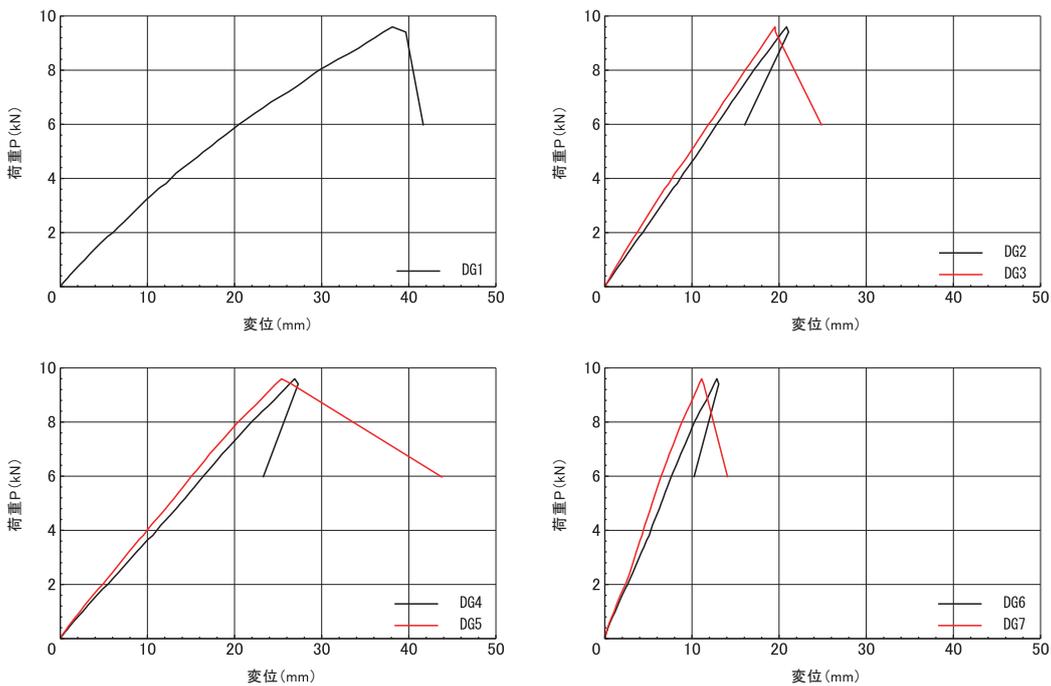


図3 荷重-変位曲線



写真1 試験体の状況(全景)

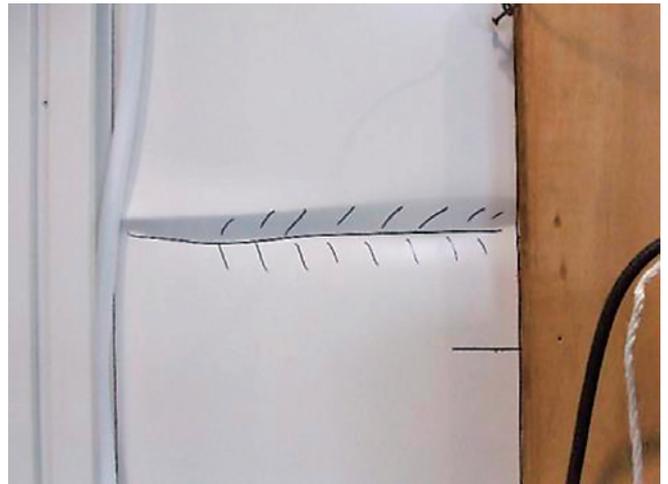


写真2 試験体の状況(表面材の座屈)

コメント・・・・・・・・・・・・・・・・

本報告書は、建築を構成する非構造部材の可動間仕切の水平加力試験結果である。日本パーティション工業会では、耐震性能について①変形への追従性、②耐力の両面から確認することとしている。耐力上の検討は水平と鉛直に力が作用した場合を考慮しており、今回の報告は可動間仕切に地震による水平力が作用した場合を想定した試験である。

試験体の自重(1.0G)に相当する1.84kNにおいて異状は認められなかった。その後も加力を継続し、自重の2.5倍(2.5G)4.59kNでパネルのたわみが認められたが、最大荷重9.60kNでパネルの表面材が座屈して荷重は低下したものの、上下の接合部に異状はなかった。今回は水平加力試験のみの報告となったが、同種の可動間仕切で行った①の変形追従性試験では、

動的及び静的の両加力で1/50radでもパネル等の脱落はなかった。また、②の鉛直載荷試験では、試験体の自重の0.5倍(0.5G)において異状は認められず、その後、19.00kNまで加力しても、使用上有害な割れ及びはがれは確認されなかった。

このように、種々の項目において製品の安全性を確認しているが、水平加力試験や鉛直載荷試験では、明確な試験方法は定められておらず、依頼者と協議の上、試験を行った。構造グループでは今回紹介した以外にも種々の試験に対応していますので、お気軽にお問い合わせください。

(文責：構造グループ 統括リーダー代理 上山 耕平)

浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法

JSTM K 6401-1 及び 6401-2 の制定について

1. はじめに

当センターでは、団体規格として「建材試験センター規格（略称：JSTM）」を制定し、建築材料の高性能化や国際化に伴う社会ニーズなどに対応した試験方法の作成及び普及に努めている。今回、新たな試験方法規格としてJSTM K 6401-1（浸水防止用設備の浸水防止性能試験方法 第1部：浸水防止シャッター及びドア）、JSTM K6401-2（第2部：浸水防止板（止水板））を制定したので、その概要について紹介する。

2. 制定の趣旨・経緯

本誌4月号の「基礎講座」でも紹介したように、近年、都市部を中心に局地的大雨（ゲリラ豪雨）による浸水災害が多く発生している。この対策として近年使用されているのが「浸水防止性能」を持った扉、シャッター及び止水板である。これら設備は既に様々な場所で使用され、効果が実証されている。しかし、日本工業規格（JIS）等でこれら設備の「浸水防止性能」を求める試験方法は存在しておらず、明確な性能を把握することができずにいた。

こうした背景から、当センターは、各設備の製造メーカーが多く所属している（一社）日本シャッター・ドア協会の協力を得て、浸水防止性能試験方法の作成に取り組み、平成28年3月30日付けで2件のJSTMを制定した。

3. 試験方法作成に当たり審議・検討した内容

3.1 試験水位

浸水防止性能試験は、実際の浸水災害を想定し、試験体屋外側に水を溜め、静水圧を加える方法とした。なお、試験水位は20℃の水温（密度）を標準としている。そのため、測定時の水温が20℃でない場合は換算する必要がある。例えば、設定水位が3000mmで水温が10℃の場合、密度比から2996mmに設定する。そうすることで、20℃における3000mmと同じ条件となる。また、その際、試験水位の測定では、±10mmの許容を設けるとした。これは漏水があった場合、必然的に水位の低下が見られるためである。ただし、低下が認められた場合には、すぐに給水し、±10mmの範囲を維持させることとした。

3.2 漏水量の表し方

漏水量は、漏れ出た水の量から1時間当たりの体積流量（ m^3/h ）に換算し、その量を水圧面積（表2参照）で割ることにより、単位面積当たりの体積流量 $[\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)]$ として算出することとした。これは、旧郵政省が規定していた郵便局構内における浸水防止性能を定めた基準に上記単位が用いられていたためである。加えて、各設備は様々な大きさのものが存在しており、横並びで評価する上でも単位面積当たりの体積流量として算出することが妥当と判断したためである。

4. 規格概要

4.1 規格の構成と適用範囲

JSTM K 6401-1 及び JSTM K 6401-2 の規格の構成を表1に示す。

表1 規格の構成

1. 適用範囲	附属書A（参考）試験装置構成（例）
2. 引用規格	附属書B（参考）変位測定位置（例）
3. 用語及び定義	附属書C（参考）水の密度
4. 試験方法	
5. 結果の報告	

表2 用語と定義

用語	定義
浸水防止板	建築物の出入口などに設置し、設定水位高さに耐える構造で板状又はシート状のもので、ゲリラ豪雨発生時に内部への浸水を防ぐことを目的とする設備。
試験水位	室内側の沓ずり上面又は床仕上げ面を基準レベルとした水温20℃時の注水高さ。
試験水圧	室内側の沓ずり上面又は床仕上げ面の基準レベルに加える水圧。
漏 水	当該製品の境界から室内側へ水が漏れ出す現象。
水圧面積	試験水位までの試験体内のり面積。ただし、試験水位が試験体内のり高さを超える場合は、試験体の内のり面積とする。

4.2 主な用語の解説

これらの規格で用いられる主な用語と定義は、表2のとおりである。

4.3 試験方法

本規格では、装置内に水を溜め、静水圧を試験体に加える方法を規定している。試験開始前に試験体の開閉又は脱着を行い、その後、設定水位まで水を溜め、試験体に水圧を加える。この時、試験体の状況と漏水の有無を観察する。漏水が認められた場合、その状況を観察するとともに漏水量を測定する。加えて、変位計等を用いて、試験体各部の変位量を測定し、たわみとたわみ率を算出する。最後に、装置内の水をすべて排水し、設備の開閉確認を行うこととしている。

なお、本試験方法は水温20℃を基準としている。これは、水温によって水の密度が変化し、水位に影響を与えるためである。そのため、3.1のとおり、20℃の状態に換算した水位で試験を実施し、いつでも同じ条件下で試験を行えるようにしている。

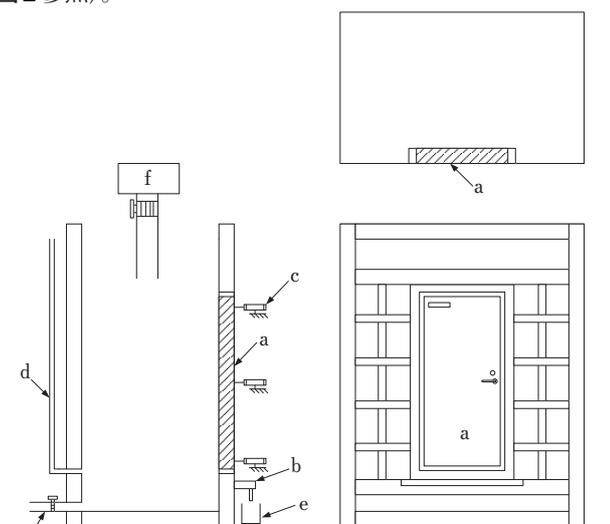
4.4 試験装置（浸水防止シャッター及びドア）

試験装置構成例は本文の附属書Aに示している。

JSTM K 6401-1では、次の2種類の装置構成例を示している。

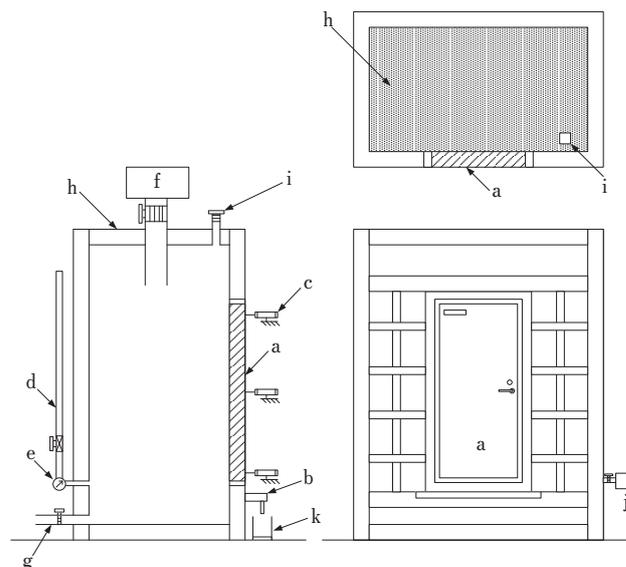
1つは、装置の上部が開放されたものである。注水装置を用いて装置内に水を注水し、設定水位まで水を溜める装置である（図1参照）。

2つ目は、上部が密閉されたものである。装置上端部まで開放型と同じように水を注水して試験を実施する。それ以上の水位（水圧）を設ける際は、水圧ポンプを利用し加圧する（図2参照）。



a: 試験体 b: 漏水受け c: 変位測定装置 d: 水位計
e: 集水マス f: 注水装置(バルブ付き) g: 排水口(バルブ付き)

図1 試験装置構成例（上部開放型）



a: 試験体 b: 漏水受け c: 変位測定装置 d: 水位計 e: 水圧計
f: 注水装置(バルブ付き) g: 排水口(バルブ付き) h: 塞ぎパネル
i: エアー抜き j: 水圧ポンプ(バルブ付き) k: 集水マス

図2 試験装置構成例（上部密閉型）

4.5 試験装置（浸水防止板（止水板））

JSTM K 6401-2では、低水位の浸水を想定している。試験装置は、図1に示した上部開放型と同じ構成とし、試験手順も装置内に水を注水し、設定水位まで水を溜める方法としている。

5. まとめ

本稿では、新たに制定したJSTM K 6401-1及びJSTM K 6401-2について、制定の経緯、試験方法、試験装置例を紹介した。近年、世界各地で異常気象による自然災害が発生している。特に日本は雨による災害が多く、今後大都市部の構造的な問題と相まって浸水災害の発生が危惧される。浸水被害を軽減するためには、浸水防止設備の普及が必要と考えている。これら設備の性能を把握する上で、本規格が広く活用されれば幸いである。

【参考文献】

- 1) 奥村組：“第27回技術セミナー 大規模災害への備えとは”
http://www.okumuragumi.co.jp/information/images/27th_seminar.pdf (参照日：2016-3-25)
- 2) 気象庁：“アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について”
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/info/heavyraintrend.html> (参照日：2016-3-25)

(文責：中央試験所 環境グループ 統括リーダー代理 松本 知大)

あ と が き

2016年2月の神経学会誌に、40代での運動不足が60歳以降の脳の老化に深刻な影響を与えたとの研究結果を、米ボストン大学医学部の研究チームが発表し話題となりました。この研究では、平均年齢40歳の男女1583人を対象に調査した結果、40代で運動能力が低下していた人は20年後の調査で他の被験者と比べて脳が萎縮していたそうです。そのため、認知症や脳卒中などのリスクが高まると書かれていました。

この研究結果を踏まえ、40歳を目前にした年齢と日頃の不摂生な生活を考えると20年後の自分を想像するのが怖くなり、一念発起し週末にジョギングをすることにしました。幸い、自宅マンション前の隅田川沿いには、1週5kmのジョギングコースが整備されており、沢山のランナーがジョギングを楽しんでいます。

走り始めた当初は、年配のランナーに抜かれるなど体力の低下を思い知らされましたが、徐々に体力も付き始め、現在は9歳の長男と一緒に汗を流しています。また春先はコースが満開の桜並木になっており、桜吹雪の美しい景色を堪能しながら走ることができました。

現在、建材試験センターの年齢層は40代が最も多いそうです。運動不足を感じている方は将来を見越しての運動を始めてみてはいかがでしょうか？

(石井)

編集たより

今月号は、山口大学大学院 藤田正則教授に「鋼構造の一步進んだ資源循環：部材リユース」と題してご寄稿いただきました。

部材のリユースは、CO₂排出量の削減や環境負荷低減などへ寄与する技術であり、その取り組みや工法について詳しくご紹介いただいております。

また、藤田教授の部材リユースに関する研究論文は、2016年日本建築学会賞（論文）を受賞されており、今後、建築業界でも一層部材リユースの普及が期待されるのではないのでしょうか。

今月号から東京理科大学名誉教授 真鍋恒博先生の新連載「各種建築部品・構法の変遷」を開始しました。真鍋先生が大学で指導された論文をもとに設備ユニット、階段ユニット、間仕切、内外装（材料・構法、下地構法）、金物、搬送設備などの各種建築部品の変遷についてご紹介いただく予定です。大変わかりやすくまとめられておりますのでぜひご一読ください。

(鶴岡)

〈訂正とお詫び〉

本誌2016年5月号におきまして、次の誤りがありました。訂正してお詫び申し上げます。

〔連載〕建築に学ぶ先人の知恵 世界の伝統的建築構法

第5回 中国安徽省の古民家群 宏村・呈坎

24頁 (誤)写真1 宏村 南胡 下水口 → (正)写真1 宏村 南湖 下水口

25頁 (誤)写真2 宏村 南胡 橋を渡って集落に入る →

(正)写真2 宏村 南湖 橋を渡って集落に入る

27頁 下から5行目

(誤)…月沼は南胡を除けば、… → (正)…月沼は南湖を除けば、…

建材試験情報

6 2016 VOL.52

建材試験情報 6月号
平成28年6月1日発行

発行所 一般財団法人建材試験センター
〒103-0012
東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル
<http://www.jtccm.or.jp>

発行者 村山浩和
編集 建材試験情報編集委員会
事務局 経営企画部 企画課
TEL 048-920-3813
FAX 048-920-3821

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは事務局までお願いします。

建材試験情報編集委員会

委員長

阿部道彦（工学院大学・教授）

副委員長

砺波 匡（建材試験センター・理事）

委員

石井俊晴（同・総務課主任）

守屋嘉晃（同・中央試験所構造グループ
統括リーダー代理）

田坂太一（同・中央試験所環境グループ主幹）

穴倉大樹（同・防耐火グループ）

佐藤直樹（同・工事材料試験所浦和試験室
室長代理）

深山清二（同・ISO審査本部主任）

木村 麗（同・性能評価本部性能評定課主幹）

山本圭吾（同・製品認証本部管理課）

早崎洋一（同・西日本試験所試験課主任）

事務局

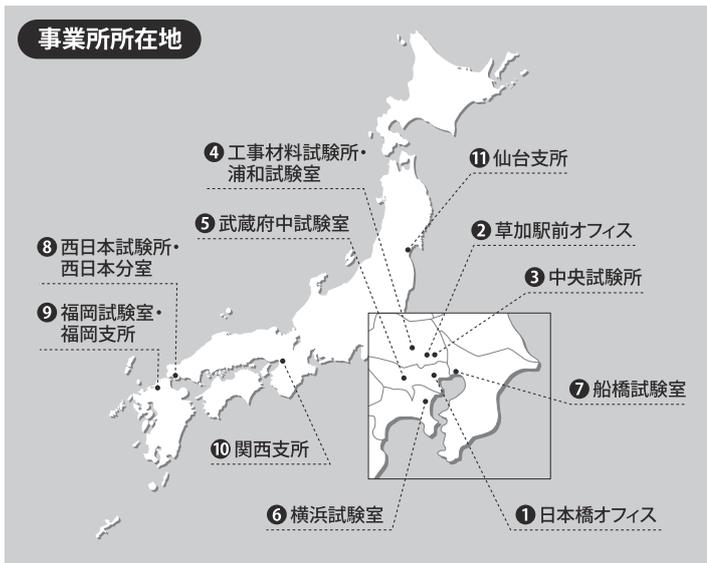
鈴木澄江（同・経営企画部部長）

伊藤嘉則（同・企画課課長代理）

佐竹 円（同・企画課主任）

鶴岡美穂（同・企画課）

制作協力（印刷・製本） 株式会社工文社



1 日本橋オフィス

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町2-8-4
日本橋コアビル5階

ISO審査本部

審査部
TEL: 03-3249-3151 FAX: 03-3249-3156
開発部・GHG検証業務室
TEL: 03-3664-9238 FAX: 03-5623-7504

製品認証本部

TEL: 03-3808-1124 FAX: 03-3808-1128

最寄り駅から

- ・東京メトロ日比谷線・都営地下鉄浅草線人形町駅 (A4出口) より徒歩3分
- ・都営地下鉄新宿線馬喰横山駅 (A3出口) より徒歩5分
- ・JR総武本線快速馬喰町駅 (1番出口) より徒歩7分
- ・JR各線・新幹線東京駅 (八重洲中央口) からタクシーで約15分

2 草加駅前オフィス

〒340-0015 埼玉県草加市高砂2-9-2 アコス北館Nビル
性能評価本部 (6階)

TEL: 048-920-3816 FAX: 048-920-3823

総務部 (3階)

TEL: 048-920-3811 (代) FAX: 048-920-3820

経営企画部 (6階)

企画課
TEL: 048-920-3813 FAX: 048-920-3821
調査研究課
TEL: 048-920-3814 FAX: 048-920-3821
顧客サービス室
TEL: 048-920-3813 FAX: 048-920-3821
検定業務室
TEL: 048-920-3819 FAX: 048-920-3825

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口) より徒歩1分

3 中央試験所

〒340-0003 埼玉県草加市稲荷5-21-20
TEL: 048-935-1991 (代) FAX: 048-931-8323

管理課

TEL: 048-935-2093 FAX: 048-935-2006

技術課

TEL: 048-931-7208 FAX: 048-935-1720

材料グループ

TEL: 048-935-1992 FAX: 048-931-9137

構造グループ

TEL: 048-935-9000 FAX: 048-931-8684

防耐火グループ

TEL: 048-935-1995 FAX: 048-931-8684

環境グループ

TEL: 048-935-1994 FAX: 048-931-9137

➤ 右段へつづく

最寄り駅から

- ・東武スカイツリーライン草加駅 (東口) または松原団地駅 (東口) からタクシーで約10分

高速道路から

- ・常磐自動車道・首都高速三郷IC (西口) から約10分
- ・東京外環自動車道草加ICから国道298号線を三郷方面に向かい約15分

4 工事材料試験所・浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2-12-8

管理課 / 品質管理室

TEL: 048-858-2841 FAX: 048-858-2834

浦和試験室

TEL: 048-858-2790 FAX: 048-858-2838

住宅基礎課

TEL: 048-858-2791 FAX: 048-858-2836

最寄り駅から

- ・JR埼京線南与野駅 (西口) より徒歩15分

5 武蔵府中試験室

〒183-0035 東京都府中市四谷6-31-10
TEL: 042-351-7117 FAX: 042-351-7118

最寄り駅から

- ・京王線中河原駅よりバスで約15分
四谷六丁目循環バス四谷六丁目下車し徒歩2分
都営泉2丁目行バス四谷泉下車し徒歩1分

高速道路から

- ・中央自動車道国立府中ICから約5分

6 横浜試験室

〒223-0058 神奈川県横浜市港北区新吉田東8-31-8
TEL: 045-547-2516 FAX: 045-547-2293

最寄り駅から

- ・横浜市営地下鉄新羽駅 (出口1または出口2) より徒歩15分
- ・東急東横線綱島駅よりバスで約15分
新横浜駅行、新羽駅行、新羽営業所行バス貝塚中町下車し徒歩約2分

7 船橋試験室

〒273-0047 千葉県船橋市藤原3-18-26
TEL: 047-439-6236 FAX: 047-439-9266

最寄り駅から

- ・JR武蔵野線船橋法典駅よりバスで約10分
桐畑・市川営業所行、桐畑・中沢経由ファイターズタウン鎌ヶ谷行バス藤原5丁目下車し徒歩3分

8 西日本試験所 西日本分室 (製品認証本部)

〒757-0004 山口県山陽小野田市大字山川
TEL: 0836-72-1223 (代) FAX: 0836-72-1960

最寄り駅から

- ・JR山陽本線・山陽新幹線厚狭駅からタクシーで約5分

高速道路から

- ・山陽自動車道植生ICから国道2号線を小郡・広島方面に向かい約5分
- ・山陽自動車道山口南ICから国道2号線を下関方面に向かい約40分
- ・中国自動車道美祿西ICから国道65号線を国道2号線 (山陽方面) に向かい約15分

9 福岡試験室 (西日本試験所) 福岡支所 (ISO審査本部)

〒811-2205 福岡県糟屋郡志免町別府2-22-6
福岡試験室 (西日本試験所)

TEL: 092-622-6365 FAX: 092-611-7408

福岡支所 (ISO審査本部)

TEL: 092-292-9830 FAX: 092-292-9831

最寄り駅から

- ・福岡市営地下鉄福岡空港駅より徒歩10分
- ・JR各線・新幹線博多駅よりバスで約20分
西鉄バス (30, 32, 33番路線) 別府で下車し徒歩1分

高速道路から

- ・九州自動車道福岡ICから都市高速または国道201号線を福岡方面に向かい約20分
- ・九州自動車道太宰府ICから国道3号線を福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約20分
- ・福岡都市高速空港通ランプを福岡空港国内線ターミナル方向に向かい約5分
- ・福岡都市高速榎田ランプを福岡空港国内線ターミナル方面に向かい約10分

10 関西支所 (ISO審査本部)

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原2-14-14
新大阪グランドビル10階

TEL: 06-6350-6655 FAX: 06-6350-6656

最寄り駅から

- ・市営地下鉄御堂筋線東三国駅 (4番出口) より徒歩2分
- ・JR東海道新幹線・山陽新幹線新大阪駅 (新幹線中央改札出口) より徒歩8分

11 仙台支所

〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町3-5-22
宮城県管工事会館7階

TEL: 022-281-9523 FAX: 022-281-9524

最寄り駅から

- ・仙台市営地下鉄勾当台公園駅 (北2出口) より徒歩5分
- ・JR各線・新幹線仙台駅 (西口) より徒歩20分



一般財団法人
建材試験センター
Japan Testing Center For Construction Materials

<http://www.jtccm.or.jp>

建材試験センター	検索
----------	----