

川當 正之 (株)日本金属屋根協会・技術委員長
(株)淀川製鋼所



1. はじめに

角波は、1965年前後に「丸波」にかわり世に出され、広く倉庫・工場や体育館・劇場・空港施設等の非住宅建築物に使用されてきました。これは、角波の持つ「低価格」「施工性の良さ」という優位性による所が大きく、今日迄広く普及しています。

また、最近ではラック倉庫に代表される16mを超える中高層建築物や、都市近郊の耐火建築物等高度な性能を要求される建築物にも使用されるケースが増えてきています。

ただ、角波には統一された設計・施工基準がありません。そこで今回は角波の強度性能、水密性能、防耐火性能等についての基本的な考え方をまとめてみました。

なお、現在、建築基準法の施行令や関連告示の改正が予定されております。強度性能、防耐火性能に関しては、変更が生じる可能性がありますので、ご留意下さい。

2. 角波の強度について

角波は建築物の外壁として使用されるもので、外力のうち地震力と風圧力に対して十分な性能が要求されます。地震荷重に対しては金属製角波は躯体の動きに追随しやすいので、特に詳しく検証する必要はありませんが、風荷重に関しては検証が必要です。

一般的に金属製の角波サイディング類には、折板屋根の許容梁間のような強度グラフがない場合が多く、断面性能についても定まった試験方法がありません。また、捨て張り材の有無等により性能が変化することもあり、高性能が要求された場合、実情に合わないばかりか問題を起こしているケースが多々見受けられるようになっています。

①強度グラフ・断面性能は参考に

角波メーカー各社のカタログには、強度グラフ、断面性能 ($I_x Z_x$) を掲載している場合がありますが、板厚・山高ともに小さい材料であるため、断面性能を利用し、計算上の耐力値で高層建築物に使用することは危険です。

表1 角波の強度（淀川製鋼所・実測値）

（ ）内数値は試験データ無し。

	商品名	試験条件	正 圧		負 圧	
			最大荷重	許容荷重	最大荷重	許容荷重
1	ヨド角波サイディング800	t=0.4,カラー鋼板 胴縁ピッチ900	920	460	675	335
2	ヨド角波サイディング700	同上	1,000	500	475	235
3	ヨド角波サイディング720	t=0.4,カラー鋼板 胴縁ピッチ=900	960	480	700	350
4	ヨド横張サイディング 600ワイド	t=0.6,スパンℓ=1125 (エンボス付)	576	285	1,231	600
		t=0.8,スパンℓ=1125	1,088	500	2,208	1,000
5	ヨド角波サイディング 800N	t=0.4,縦張 胴縁ピッチℓ=1200	300	150	350	175
		t=0.4,横張 胴縁ピッチℓ=875	500	250	550	275
6	ヨドボルトレスサイディング 450	t=0.5, 胴縁ピッチℓ=900	475	190	749	250
		t=0.6 胴縁ピッチℓ=900	622	250	938	310
7	ヨドスパン1K型	t=0.5,胴縁ピッチ900	(—)	(500)	350	140
8	ヨドスパンF型 W型	t=0.5,@600	1,000	500	260	100
		t=0.5,胴縁ピッチ900	850	420	230	90
9	ヨドスパン200R	t=0.5,カラー鋼板 胴縁ピッチ910	1,000	500	450	180
10	ヨドボルトレスウォール 300	t=0.5,@900	1,030	510	960	380

- 1) ボルト止め角波,300ウォール スパン共、正圧は $P_{max}/2$,負圧は角波サイディング $P_{max}/2$,300ウォール スパン $P_{max}/2.5$ を許容荷重とした。
- 2) ボルトレスサイディングの許容荷重は正圧 $P_{max}/2.5$,負圧 $P_{max}/3$ とした。

②実験値が良い

メーカーが各種試験（砂荷重・動風圧試験等）により、胴縁間隔ごとの強度データを提示している場合は、実験値に安全をみた数値（安全値）を使用する必要があり、胴縁ピッチの実験値がない場合は、一番小さなピッチでの値の採用を奨めます。

もともと、金属薄板（0.35～0.6）の荷重試験では、たわみの状態や破壊時点の判断、また外力の繰り返しによる変形や、ファスナー部のゆるみ等の予測が困難なこともありますが、特に16m以上の建築物には、実験値による採用がベターです。表1に、参考として当社のデータを示します。

③正圧と負圧は負圧重視

角波は、過大な正圧荷重に対しては座屈を生じますが、負圧に対しては、飛散被害となり、建物全体に損傷を与える場合があります。また、明かり採り、窓、シャッター等に被害が生じると、設計荷重以上の大きな負圧がかかる場合が想定されます。

したがって、角波強度は負圧強度優先で検討する必要があると思われます。これは正圧を検討しなくてよい、ということではありません。

④16m、31m & 局部

現行の建築基準法では、建築物は16m未満の低層と16m以上31m以下の中層及び31mを超える高層建築物に区分されます。それぞれに風圧力の算出法が変わります。31mを超える建築物では、局部風圧の規定があり、風力係数が大きくなります。

設計・施工上、局部の部分は、一般部胴縁間隔の半分にして施工することが望ましいと言えます。

※建築基準法の改定に関連して、風圧力の算出方法も変わります。さらに、低層建築物でも、外壁局部の規定が追加されることが予想されますので、今後の設計時には注意が必要です。

なお、現時点（2月末）では、建設省より右記の速度圧の計算式（案）のみ、公表されており、具体的な風力係数等は、公表待ちの段階です。

図1 地上からの高さで速度圧の関係（現行基準）

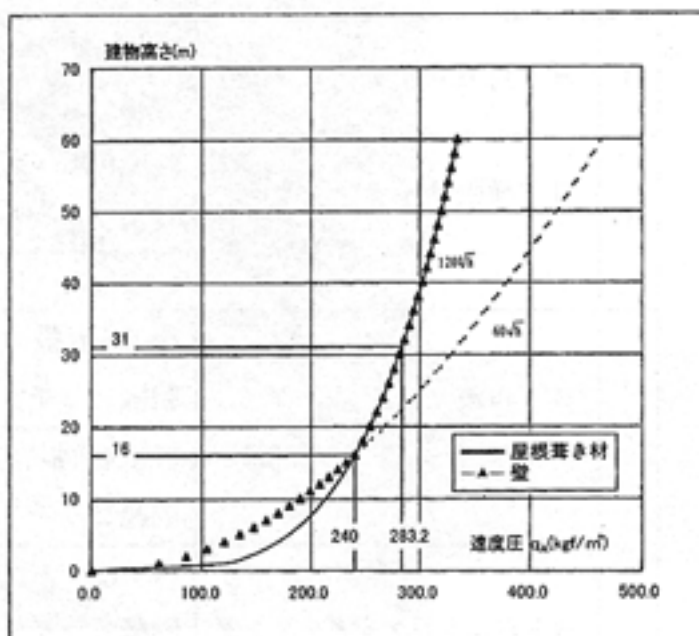
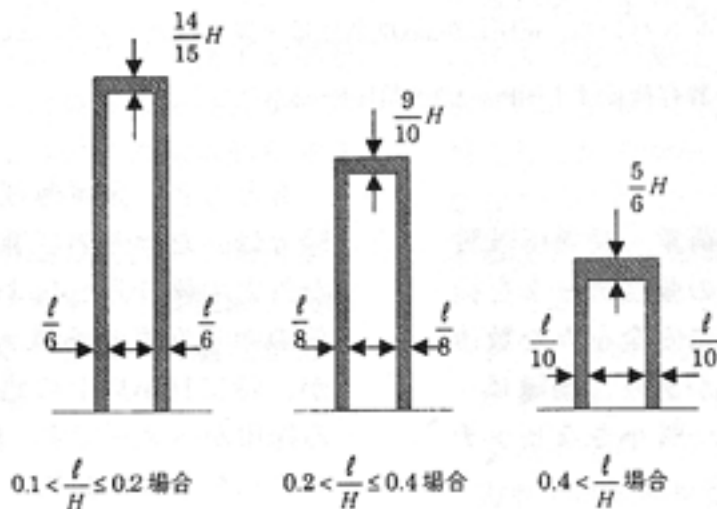


図2 帳壁の負の局部風力係数-1.5を採らなければならない部分（現行基準）

細長比	正の風圧の作用する壁面の風力係数
$0.1 < \frac{\ell}{H} \leq 0.2$ の場合	高さが建築物の高さの14/15以上の部分と側端から水平距離で見付け幅の1/6以内の部分
$0.2 < \frac{\ell}{H} \leq 0.4$ の場合	高さが建築物の高さの9/10以上の部分と側端から水平距離で見付け幅の1/8以内の部分
$0.4 < \frac{\ell}{H}$ の場合	高さが建築物の高さの5/6以上の部分と側端から水平距離で見付け幅の1/10以内の部分

この表において ℓ 及び H は、それぞれ建築物の見付け幅及び高さを表すものとする



風圧力（改正案）

現在全国一率に定めている速度圧を、各地方における風速及び建築物の周辺市街地の状況を考慮して算定する方法に改める。

具体的には、次の式により算出することとする。

$$q=0.6 E V_0^2$$

q:速度圧 (N/m²)

E:市街地の状況及び建築物の高さによる係数
(算出方法は、建築大臣が定める。)

V₀:各地域の地上10mの平均風速 (m/s)
(30～46m/sの範囲で建設大臣が定める。)

また、風力係数については、最新の知見に基づき見直しを行うこととするが、係数の設定が詳細化すること及び今後の実験・研究に基づき順次規定の追加を行う必要があることから、建設大臣が定めることとする。

⑤ファスナーの選定など

一般的に、角波の取付けには、タッピンねじを使用して行います。強度検証を必要とするファスナーは、壁材（角波）と下地（胴縁又は下張材）を固着し、風圧等を伝達する箇所に使用され、1m²当たりの使用本数に引抜強度を乗じて許容荷重を求めます。ファスナーの許容荷重は、以下で求めます。なお、現時点では、計算結果を1kgf=9.80065Nで計算して問題ありません。

$$\text{許容荷重} = \text{引抜強度} \times 1 \text{ m}^2 \text{ 当たりの使用本数} \times \text{安全率}$$

(N/m²) (N/本) (本/m²)

なお、外部荷重の繰返しによるファスナーの緩みや経時変化（錆・劣化等）による性能低下等も検討する必要がありますが、現状では要素の特定が困難であり、強度計算時に考慮することはほとんど行われておりません。

角波の材質、塗装種別によりビスの材質、めっき等の使い分けを耐食性、電食等を考慮し、行うことが要求されます。

例えば、フッ素樹脂塗装鋼板やアルミニウム合金板、ステンレス鋼板製の角波を使用する場合は、ステンレス製ビスを使用するか、ガルバリウム鋼板製の角波では、めっきのグレードの高いビスを使用するといったことが考えられます。

また、板厚の薄い角波を使用する場合は、負圧による「頭抜け」の恐れがあります。経時変化や繰返し荷重、建物の揺れにより、ファスナー一部の穴が広がり、角波がビス頭より抜ける心配があります。特に0.35～0.4mmの薄板ではワッシャーを使用するか、頭径の大きなビスを使うように心掛ける必要があります。

3. 角波の水密性について

従来の低層建築物ではあまり問題になっておりませんが、高さ16m以上の中高層建築物では、水密性の問題が生じるケースが見受けられるようになってきました。

この主な原因は大きな風圧力により、角波が胴縁間で本体がたわみ、すき間が生じることにより、水密性が保持できなくなるためです。

表2 角波の水密性（淀川製鋼所・実測値）

	商品名	仕様	異常なし水圧 (kgf/m ²)	漏水圧 (kgf/m ²)
1	ヨドスパン1K型	カラー鋼板t=0.5 胴縁ピッチℓ=900		10(MAX15) ケミカル面戸取合部に 流れ出し 15(MAX23) 一般嵌合部流れ出し
2	◇ 1F型	カラー鋼板t=0.5 胴縁ピッチℓ=900		30(MAX45) 一般嵌合部の水切り 上部に流れ出し
3	◇ 200R	カラー鋼板t=0.5 胴縁ピッチℓ=900	100 一般嵌合部	20 水切部よりしぶき が漏水
4	ヨド角波サイディング 720 800 800N		50 5 10	55 5 15
5	ヨド角波サイディング 800	エプトシーラー併用 シール材(板金テープ)併用 コーキング併用	90 25 25	重ね部 少量漏れ

水密性を向上させる対策としては、下記の方法があります。

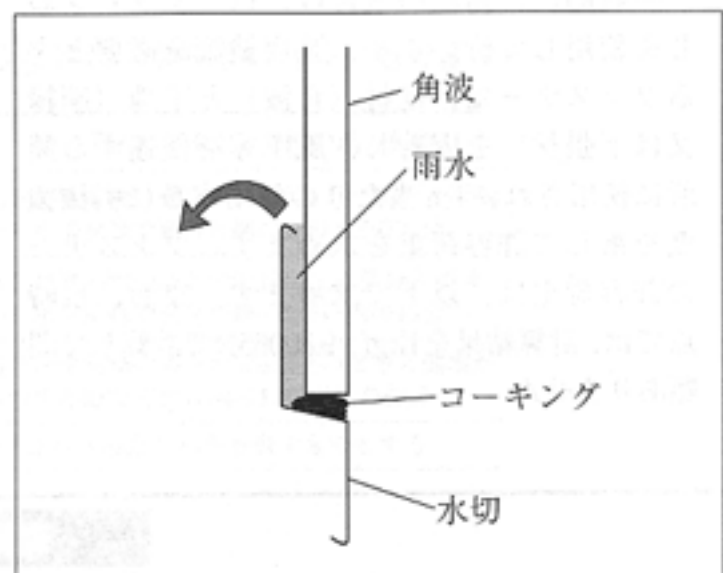
- ①山重ねを増やす（二山重ね）
- ②胴縁ピッチを小さくする
- ③中間緊結をする（リベット・緊結ボルト）
- ④縦継ぎ重ね代を大きく（120mm→170mm程度）
- ⑤縦継ぎ水切部立上寸法を大きく（150mm→200mm）
- ⑥重ね部にシールテープを併用する
- ⑦山高の高い製品を使う

表2に当社の製品のの水密性能の例を示します。

また、水密性の一般的な考え方は、

- ①雨水を入れない
- ②素早く排水する

特に②の素早く排水する考え方は、通常頭に置かないことが多く、例図のように何でもかんでもコーキングですき間を防ぐ傾向にあります。この場合には、浸入した雨水が内側に溜まり、内部へあふれ出るクレームがま見られます。



4. 角波の防耐火について

一般的に角波単独では市街地建築物に要求される防火構造・耐火構造にはなりません。防火構造・耐火構造については通則認定品（基準法にて指定・認定された構造）か各メーカーが規定の試験に合格、申請し指定又は認定を受けた構造のみ使用可能です。

表3に角波が使用可能な代表的構造を列記します

表3-1 <壁耐火構造>

・外壁(非耐力)30分耐火

認定番号	品 目 名	備 考
(通)Wn0111	吹付ロックウール被覆耐火構造 厚さ20mm (吹付ロックウール被覆外壁(非耐力壁))	ロックウール工業会
(通)Wn0421	角波着色亜鉛鉄板張り、石膏ボード(2層) 亜鉛鉄板下張り外壁耐火構造	日本石膏ボード工業組合,亜鉛鉄板会 下張り亜鉛鉄板平板0.4 石膏ボード12×2,角波カラー鋼板0.4

・外壁(非耐力)1時間耐火

認定番号	品 目 名	備 考
(通)Wn1111	吹付ロックウール被覆耐火構造 厚さ30mm (吹付ロックウール被覆外壁(非耐力壁))	ロックウール工業会
(通)Wn1421	角波着色亜鉛鉄板張り、石膏ボード(3層) 亜鉛鉄板下張り外壁耐火構造	日本石膏ボード工業組合,亜鉛鉄板会 下張り亜鉛鉄板平板0.4 石膏ボード12×3,角波カラー鋼板0.4
Wn1336	鋼板(0.4mm),両面石膏ボード(9.5mm)張無機質混入塩化 ビニル発泡体(20mm)積層板張外壁(非耐力) (ライトセルPD-S)	ユニハートス(株)(旧ユニ・タイセイ) ライトセルPD厚さ40+角波700,720 800,800N (厚さ0.4以上,山高15~25の角波) カラーGL,カラーステン

表3-2 <壁防火構造>

認定番号	品 目 名	備考・商品名
(通)防火第102号	不燃軸組防火構造 (亜鉛鉄板・石膏ボード張鉄骨防火構造)	亜鉛鉄板会 石膏ボード(厚さ12mm以上) プリント,角波S類,胴縁ピッチ1700/3以下 (亜鉛鉄板一厚さ0.15mm以上とし、厚さ 0.25mm以下は塗装(水性を除く)する。)
(通)防火第103号	不燃軸組防火構造 (亜鉛鉄板・岩綿保温板張鉄骨防火構造)	亜鉛鉄板会 ロックウールボード厚さ25mm以上 プリント,角波S類,胴縁ピッチ1700/3以下 (亜鉛鉄板一厚さ0.15mm以上とし、厚さ 0.25mm以下は塗装(水性を除く)する。)

ので参考にして下さい。

防・耐火性能についても、建築基準法の改正により変更が生じる可能性がありますので、今後の告示案等の公表を注視して下さい。

5. 角波の施工について

角波の施工は屋根に比べ容易に行われがちですが、しっかりと施工計画を立て、標準施工順序通りに行うことが肝心です。特にチェックリストによる管理や材料の品質チェック、中間検査等を十分に徹底することが望まれます。

下記に細かな留意点と、標準施工図を記しますので参考にして下さい。

①留意点

- (1) 水切りとケミカル面戸の併用を
- (2) 水切りの立ち上がりは120mm以上
- (3) 入隅・出隅カバーは1山以上かぶせること
- (4) 他部位（開口部・換気口・配管穴等）との取合納めは要注意
- (5) 下地の不陸は必ず注意→詳細は④
- (6) ファスナーはパッキン付ビスを使用する

②標準施工図

図3を参照

③クレーム考

角波のクレームの代表的なものは表面不良（ベコ・ふくれ・傷・汚れ）形状不良（重ね不良・すき間等）性能欠陥（漏水・飛散）その他（色違い・ケミカル面戸不良）に分けられます。よって施工時に注意する点としては

- (1) 傷付 加工時
輸送時
施工、荷扱時
- (2) 色違い ロット違い（特にシルバー色・ガルバリウム生地材）
汚れ（野積時表面材の汚れ）
- (3) ベコ・歪 成形加工時の歪
施工順序（ビス打ち順序）の間違い
下地不陸による歪

…等であり、いずれも施工前、施工中、施工後の仕上がり品質のチェックを充分に行うことで防ぐことができます。

④歪の発生

角波でよく問題となる歪の原因としては、成型板の変形、成型板の止め方（ビスのトルク、ビスをとめる順序）下地の不陸などが考えられます。特に横張りは歪が出やすいので注意が必要です。歪は一般的に板厚が厚いほど、胴縁のピッチが狭いほど角波が馴染みにくくなるために発生しやすくなります。

下地の不陸については、板厚0.35mm～0.4mmの製品で胴縁ピッチ900mmの時、不陸が3mm～5mm以上あると歪が発生しやすくなります。ピッチ606では不陸は2mm～3mm以下が望ましいようです。

角波の歪は、通常足場が設けられているため、施工中はよく分からないことが一般的です。足場を払った後に、問題となることが多々あります。施工前に下地の不陸をチェックすることと、不陸が生じている場合の対応策を考える必要があります。

6. まとめ

近年の建築不況の中で建築コスト削減の要求に伴います角波サイディングの重要度が高まってきているとも言えます。その中で多様な品質要求にどう答えていくのかが問われています。

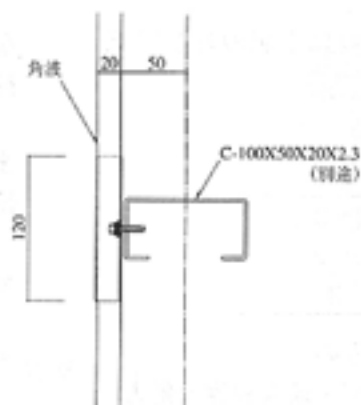
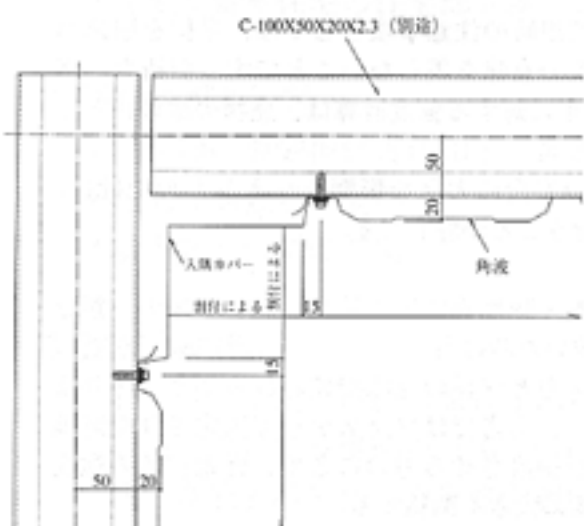
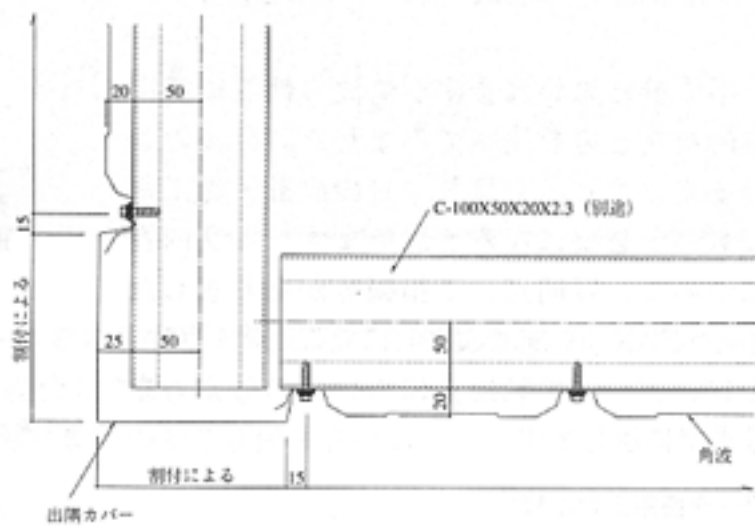
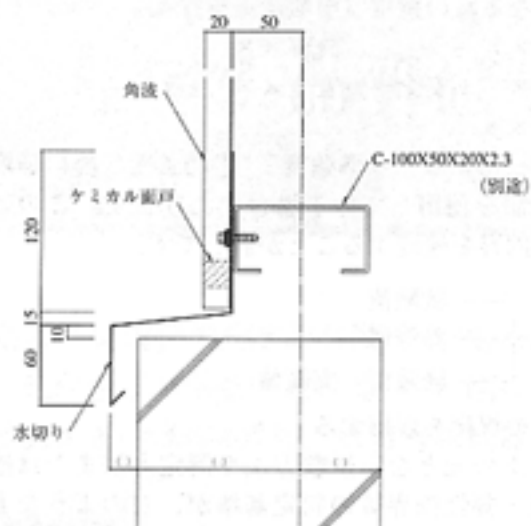
前述したように強度のみならず、水密性・防耐火性やデザイン美観、はたまた施工性・安全性にも気をくばり、使い分ける必要が出てきています。これらの要求性能に対して、角波サイディングも新しいタイプ（嵌合タイプ・ボルトレスタイプ）の製品が、市販されています。

工法的にもユニット式施工も拡大されています。これらは角波の持つ弱点を補っており、今後注視していく必要があります。

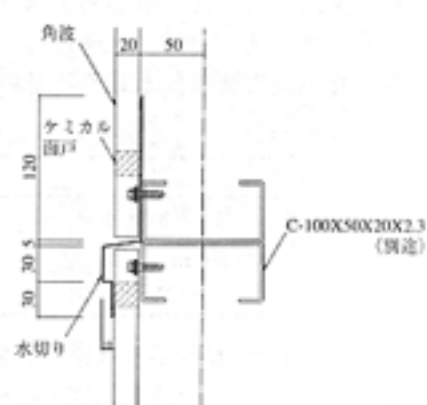
以下にポイントをまとめると、

- ①断面性能を使わず、胴縁ピッチ毎の実験値を用いる（450,600,900,1200）
- ②風荷重（建物高さ・局部風圧etc.）に応じた胴縁ピッチ、材料を検討する。
- ③負圧耐力が低い材料が多く、負圧被害が多いので負圧中心に検討を行う。
- ④ファスナー引抜強度は必ず検討し、頭抜防止対策をする。
- ⑤下地不陸等による歪に注意する。
- ⑥ファスナーや取合他部材との電食をチェックする。
- ⑦風荷重の大きな部位での水密対策を検討する。

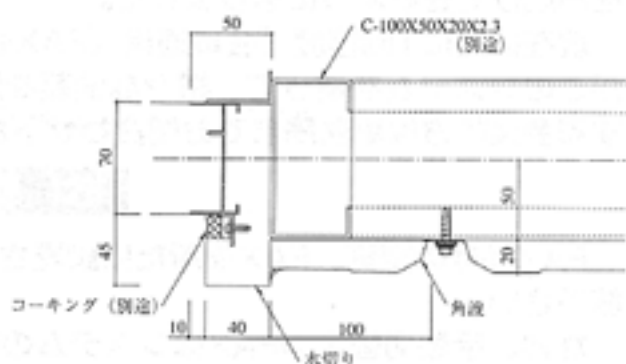
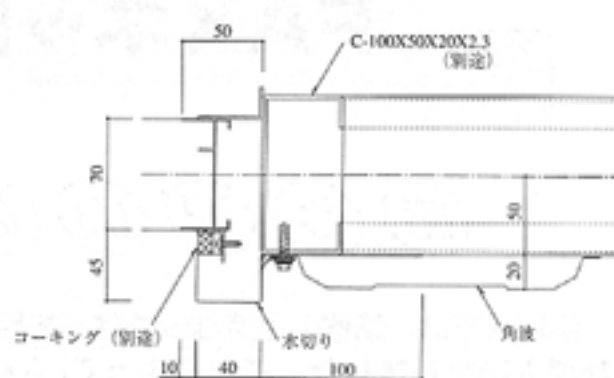
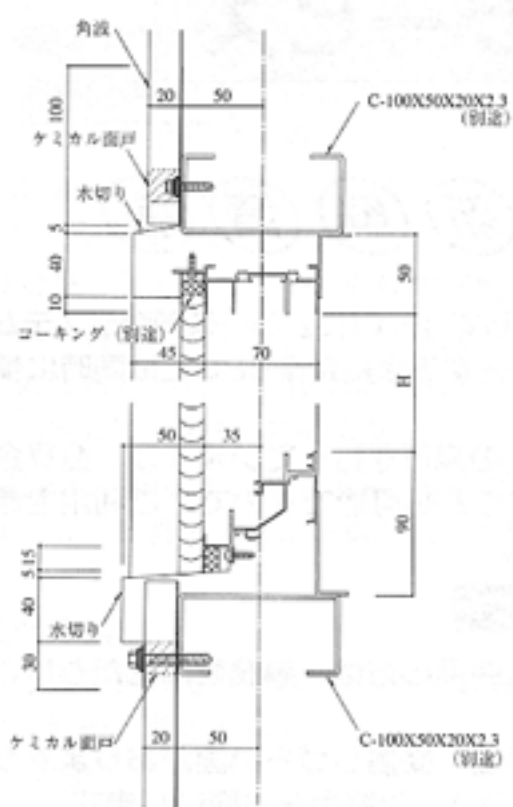
図3 標準施工図 (参考)



重ね部詳細図



水切り部詳細図



- ⑧水密性は浸入対策はもちろん排水対策を取る。
- ⑨防耐火に関しては、指定・認定構造を使う。
- ⑩施工は標準施工を基に、検討・吟味し行う。

以上、不十分と思われませんが角波の性能に関する基本的な考え方を述べてみました。今後のことを踏まえ、やはり一定の設計・施工基準的なものが必要になると思います。本文内容などについて、疑問点、ご指摘等がありましたら事務局へFAX (03-3639-8932) にてご連絡下さい。

最後に、データの利用法についての考え方をご参考までに示します。

〈注 データ使用上の注意〉

一般的にデータには安全率を考慮して使用するものと、設計にそのまま使用できるものがあり、採用時に注意が必要です。また、そのデータの根拠が何であるかを確認し、採用時に考慮する必要があります。

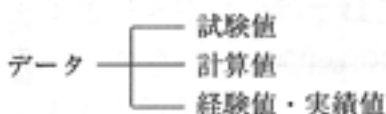
安全率の考慮が必要な場合は、一般に下記の安全率で割った数値を許容値として下さい。

安全率 (目安)	
部位	安全率
屋根・壁本体	2~3
部品・部材	2~3
ファスナー類	3

- データ
- 安全率の考慮が必要なもの
……破壊強度・標準強度・最大強度・耐力
 - 安全率の考慮が不要のもの
……許容強度・許容荷重・安全荷重

- *破壊強さ：材料が破壊に達するまでの間に生じる最大応力度
- *許容荷重：部材に生じる最大の応力度が許容応力度に等しくなる時の荷重 (破壊荷重を安全率で割ったもの)

$$\frac{\text{破壊} \times \times}{\text{許容} \times \times} = \frac{\text{極限} \times \times}{\text{安全率}} = \text{安全} \times \times$$
- *メーカーにより“標準強度”“平均強度”等の理解の困難な用語を使用している場合があります。このような場合は内容を確認することが肝心です。



- *データの根拠を理解する
データの元となる試験方法や測定方法または破壊・大変型・弾性限界等の判定基準が、どのようなものであるかを理解して、データの数値を利用することが大切です。

次にデータ使用時の注意事項としては、単位を間違わないことと言葉の意味を誤らないことです (引抜力、保持力等)。風荷重に対する強度計算は、建物の被害にとど

まらず、人々の安全に大きな影響を与えるものだけに、慎重・確実に行うことが肝心です。

- *引抜力：下地・野地等に打ち込まれたファスナー類を引抜いた時の力
- *保持力：引抜力と同様の意味で使われることもありますが、本書ではファスナーで固定された野地等を剥離させる力のことで、野地材等の強度性能に大きく関係する。