



これだけは知っておきたい
震災に学ぶECPの安全施工



— CONTENTS —

地震の状況

- 1. 近年の地震 2
- 2. ECPの被害状況 3

耐震性能

- 1. 概 要 6
- 2. 耐震性 6
- 3. 設備開口と設備機器等の取付け 7

ECPの被害と対策

- (1) 変位拘束 8
- (2) 他部材の影響 16
- (3) 地震力増大 22

はじめに

近年の大地震多発の対策として、『公共建築工事標準仕様書（建築工事編）令和4年版』8章5節 押出成形セメント板（ECP）の、外壁パネル工法および間仕切壁パネル工法の部分に、「耐震性能は、特記による。」と追記されました。これにより、公共建築物の設計の際には、押出成形セメント板に求められる耐震性能を『特記仕様書』に記載する必要があります。

『特記仕様書』の内容は設計者が定めることになっており、一般的には『建築工事監理指針』を技術的参考書にしていますが、令和4年版では耐震性能（地震力）について、「躯体の層間変形角に対する追従性能と、躯体から仕上げ材までの耐力の検討を行う必要がある。詳細については、『ECP施工標準仕様書』等を参照するとよい。」と記載されています。

『ECP施工標準仕様書』は、耐震性能に関する事項を加えた第7版を、2022年12月に公開していますが、大地震による被害状況を中心に、本書で補足することにしました。『特記仕様書』作成の参考にしてください。

なお、『これだけは知っておきたいECPの魅力と地震対策』を当協会から2019年に発行し、「ECPの地震対策」をご紹介しましたが、その後も大地震が続いたことから、これらの調査結果もふまえて、「ECPの被害と対策」を再編集しました。この内容も、『特記仕様書』作成の参考にしてください。

2023年5月 押出成形セメント板協会 技術部会

1. 近年の地震

(1) 地震の概要

近年の地震の発生を見てみると、「関東大震災（1923）」から「福井地震（1948）」までの26年間には、震度6以上の大地震が8回発生、その後の44年間ほとんど発生していないものの、「釧路沖地震（1993）」から「福島県沖地震（2022）」までの30年間には、震度6以上の大地震が42回発生しています。また、余震も含めて同じ地域で発生する傾向もあり、例えば「新潟県中越地震（2004）」で被害を受けて再建した建物が、「新潟県中越沖地震（2007）」で再度被害を受けるという例も見受けられます。

大地震の対策は、1981年に建築基準法が改正され、構造体の基準（新耐震）が定められましたが、ECPを含む非構造部材は法令化されませんでした。その後、「芸予地震（2001）」や「十勝沖地震（2003）」において、天井の崩落被害が確認されたことから、非構造部材の耐震性について検討されるようになりましたが、まだ十分とは言えません。ECP協会では、地震直後の調査で得られた情報を公開することで、地震対策の一助にしたいと考えています。

(2) 阪神・淡路大震災以降に発生した地震

発生年月日	震央地名・地震名	マグニチュード	最大震度	発生年月日	震央地名・地震名	マグニチュード	最大震度
1995.01.17	兵庫県南部 平成7年(1995年)兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	7.3	7	2008.07.24	岩手県沿岸北部	6.8	6弱
				2009.08.11	駿河湾	6.5	6弱
1997.05.13	鹿児島県薩摩地方	6.4	6弱	2011.03.11	三陸沖 平成23年(2011年) 東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災)	9	7
1998.09.03	岩手県内陸北部	6.2	6弱				
2000.07.01	神津島近海	6.5	6弱	2011.03.12	長野県・新潟県県境付近	6.7	6強
2000.07.15	新島近海	6.3	6弱	2011.03.15	静岡県東部	6.4	6強
2000.07.30	三宅島近海	6.5	6弱	2011.04.07	宮城県沖	7.2	6強
2000.10.06	鳥取県西部 平成12年(2000年)鳥取県西部地震	7.3	6強	2011.04.11	福島県浜通り	7	6弱
2001.03.24	安芸灘 平成13年(2001年)芸予地震	6.7	6弱	2011.04.12	福島県中通り	6.4	6弱
2003.05.26	宮城県沖	7.1	6弱	2013.04.13	淡路島付近	6.3	6弱
2003.07.26	宮城県北部[宮城県中部]	6.4	6強	2014.11.22	長野県北部	6.7	6弱
2003.09.26	釧路沖[十勝沖] 平成15年(2003年)十勝沖地震	8	6弱	2016.04.14	熊本県熊本地方など	6.5	7
				2016.04.16	平成28年(2016年)熊本地震	7.3	
2004.10.23	新潟県中越地方 平成16年(2004年)新潟県中越地震	6.8	7	2016.06.16	内浦湾	5.3	6弱
				2016.10.21	鳥取県中部	6.6	6弱
2005.03.20	福岡県西方沖[福岡県北西沖]	7	6弱	2016.12.28	茨城県北部	6.3	6弱
2005.08.16	宮城県沖	7.2	6弱	2018.06.18	大阪府北部	6.1	6弱
2007.03.25	能登半島沖 平成19年(2007年)能登半島地震	6.9	6強	2018.09.06	胆振(いぶり)地方中東部 平成30年(2018年) 北海道胆振東部地震	6.7	7
				2019.01.03	熊本県熊本地方		
2007.07.16	新潟県上中越沖 平成19年(2007年) 新潟県中越沖地震	6.8	6強	2019.02.21	胆振地方中東部	5.8	6弱
				2019.06.18	山形県沖	6.7	6強
2008.06.14	岩手県内陸南部 平成20年(2008年) 岩手・宮城内陸地震	7.2	6強	2021.02.13	福島県沖	7.3	6強
				2022.03.16	福島県沖	7.4	6強

※震度6弱以上の地震。赤字は名前が付けられた地震。着色部は協会会員が調査した地震。

2. ECPの被害状況

ECP協会の会員各社は、大地震発生直後に可能な限り被害状況を調査しています。実例をP8～27で紹介しています。これらのECPの被害状況から、原因を推測すると下記に分類できます。

- (1)変位拘束……………留付部の変位機能不良、他部材取り付けによる拘束、タイル張り等、仕上材による拘束
- (2)他部材の影響………設備機器などの取り付け、天井材・壁材・配管架台・ダクトなどの衝突・拘束
- (3)地震力増大……………後加工による強度低下、共振による地震力の増加、間柱・耐風梁等支持鋼材の剛性不足

(1) 変位拘束

①留付部の変位吸収機能の不良(P8, 9)

ECPの標準工法は、縦張り工法はロッキング、横張り工法はスライドにより変位に追従しますが、どちらもZクリップと呼ばれる金物のルーズホール内をボルトが移動することにより、変位を吸収します。そのため、このボルトの移動が阻害されると、ボルトの変位が拘束されることで、留付部に想定外の応力が作用し、周辺にクラック等の不具合が発生します。

ボルトが移動できない原因の一つは、Zクリップのボルト位置がルーズホールの中央ではなく、端に寄っているためです。これは、Zクリップが下地鋼材に深く掛かった方が良いとの誤解が有るからです。ECP協会では、金物を製造販売している賛助会員会社の協力も得て、中央部分に罫書線を加えるなど、本来の性能発揮を目的に、普及活動に務めています。

②他部材取り付けなどによる拘束(P10,11,12,13)

他部材を取り付けた、または結果的に干渉していた影響で、日常の挙動が拘束されて内部応力により微クラックが発生し、大地震により顕在化する場合が見受けられます。

最も多いのは、笠木取り付け時に、笠木用のビスがECPに打たれている場合です。また、サッシとの隙間にモルタルを埋める、開口補強材とECPを固定する、縦樋の留め付けなどもクラックの原因であり、これらは大地震が発生しなくてもクラックにつながる場合があります。

③タイルによる拘束(P14,15)

ECPへのタイル張りは専用の仕様を定めていますが、これから外れて、ECPの目地を跨いでタイルや張り付けモルタルを施工した場合や、ECPの小口からタイルをはみ出して施工した場合には、タイルの破損や剥離・脱落する場合があります。また、タイルと張り付けモルタルにより強固な大壁を形成していた場合は、ECPにクラックが入る場合もあります。

(2) 他部材の影響

①他部材の取り付け(P16,17)

設備機器を付けただけでは、理論上ECPは安全側にあることが多いですが、設備機器の取り付けには必ず欠き込み・孔開け・アンカー打ちなどが伴うため、これにより見かけ上の許容曲げ応力度が低下し、破損する場合があります。

この例は換気扇に多く見られ、縦目地をはさんで両側のECPを約300mm欠き込み、かつ換気扇をECPに直接取り付けられています。そもそもこれは強度計算上不可の納まりですので、欠き込みを無くして換気扇は開口補強材に取付けてください。

②他部材の衝突(P18,19,20,21)

◇天井材

天井材が揺れて外壁横張り工法のECPに衝突し、破損・脱落する事例です。不具合の中でも2次災害の可能性が最も高く、対策が急がれますが、ECP協会では注意喚起しかできません。

特定天井については、東日本大震災後に「天井脱落対策に係る一連の技術基準(国土交通省告示第771号他)」が施行されましたが、天井材そのものの脱落を防止するもので、外壁材までは考慮されていません。

「平成13年(2001年)芸予地震」と「平成15年(2003年)十勝沖地震」での天井崩落被害調査結果から、建築基準法施行令第39条「外装材等は、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない。」の規定の適用にあたり、次ページの内容が通達されていますので、「その他の天井」や「既存の天井」もこれを踏まえた対策や設計が求められます。

国住指第2402号平成15年10月15日

大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について(技術的助言) ※抜粋

1. 重量の大きい天井材については、天井面の一部を周辺の構造骨組や仕上げ材に接して取り付けたりすると、地震時に天井材の水平方向の慣性力により、天井材に局所的に大きな力が作用し損傷につながるおそれがある。天井面と周囲の壁等との間に、十分なクリアランスを設けることが必要である。
3. 天井裏スペースが大きく、吊ボルトの長さが長くなる等の天井にあっては、地震時に天井全体が大きく揺れ、周囲の壁等に衝突することが考えられる。天井と構造体の固有周期を配慮しつつ、吊ボルト相互を補剛材で連結するなどにより、揺れを制御することが必要である。

◇その他の材料

間仕切壁材・配管架台・ダクトなどの衝突です。

間仕切壁材の衝突は、外壁と間仕切壁の変位吸収機能が異なる、隙間が不足している、などの原因が上げられます。

配管架台は、配管の揺れた際に、それを支える架台とパネルに隙間が無い場合に、架台が衝突して破損しています。

ダクト類は、衝突と言うよりも、パネルとつながっていることにより、ダクト類の揺れがパネルに伝わり共振することで、破損につながっていると思われます。

(3) 地震力増大

①後加工による破損(P22,23)

地震後の調査で、最も多いクラック例です。そのほとんどは、強度上問題のある大きさの開口を開けた結果、クラックが発生したものです。原因は、『建築工事監理指針』などに「孔開け及び欠き込みの限度表」が記載してあることから、これを安全範囲と誤解して、強度計算をすることなく開口を開けたことによります。

孔開け及び欠き込みを行う場合は、必ずP7の注意事項に従ってください。

②共振による地震力の増加(P24,25)

長尺パネルを間仕切壁に使用し、中央部で破損した例が見受けられました。間仕切壁は風圧力が加わらないことから、水平地震力(1.0G)をもとに製造最長長さの5mパネルを使用される場合があります。

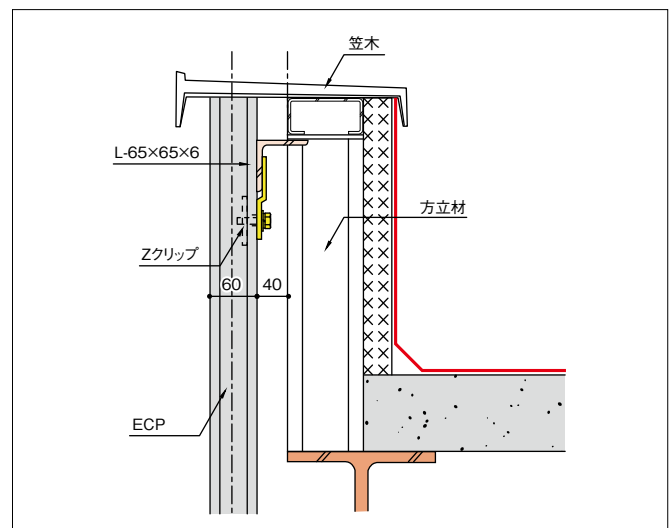
中央部で曲げ破損を起こしていることから、等分布の場合は約3000(N/m)加わったことになり、水平地震力は約4.0Gと推測されます。実際には振れ止めパッキング部分から破損が始まっていることから、集中荷重であった可能性もありますが、その場合でも約2.0Gです。これほどの地震力が加わった理由は、地震動とパネルが共振しているものと思われますが、その原因やメカニズムなどはまだ解明できていません。

当面の対策は、パネルを出来るだけ短くする、目地にはシーリング材を充填する、などが効果的と考えられます。

③間柱・方立材の脆弱さ(P26)

◇外壁最上部の方立材

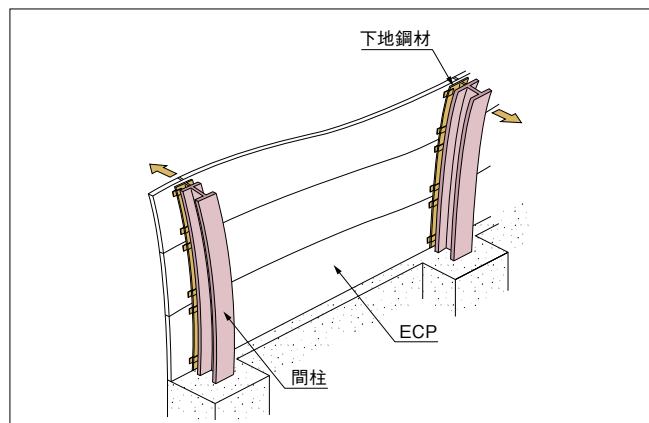
右図のような納まりで、ECPの上部を笠木部分の軽量鉄骨に取付ける場合、軽量鉄骨の梁からの持ち出しが長いと、地震時にパネルの揺れが増幅され、パネル中間部で破損する場合があります。パネルの持ち出し寸法が600mm以下であれば、梁に取付けるようにしてください。



◇屋上目隠し壁の間柱

間柱は構造体以外の鉄骨として、片持ち梁の計算をして部材が決定されます。横張り工法のECP両端の間柱が、大きさが異なることによりたわみ量が異なる場合や、同じ大きさでも内外の異なる方向にたわんだ場合は、ECPがひねられて破損する場合があります。

鉄骨の片持ち梁を設計する場合、一般的にはたわみ制限を1/300以下としますが、屋上目隠し壁の高さによっては、より厳しいたわみ制限を設定する必要があると思われます。また、大きさを統一して頭つなぎを設け、異なるたわみが発生しないようにご設計ください。



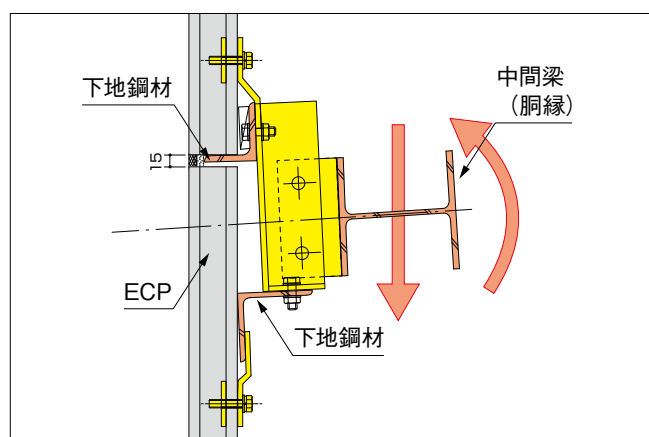
④胴縁・中間梁の脆弱さ(P27)

◇複数段積み屋上目隠し壁の場合

胴縁類は構造体以外の単純梁鉄骨として、風荷重による水平たわみ制限を1/200以下として部材が決定されます。この場合、ECPの自重による鉛直たわみが大きくなり、複数段積み場合は上段パネルが下段パネルに乗り、変位ができなくなる場合があります。

また、胴縁類からECPまでの距離が大きいと、胴縁類が回転してECPが下がり、留め付け部にも負荷が加わります。これらの現象は、大地震が発生していなくても、不具合が発生する場合があります。

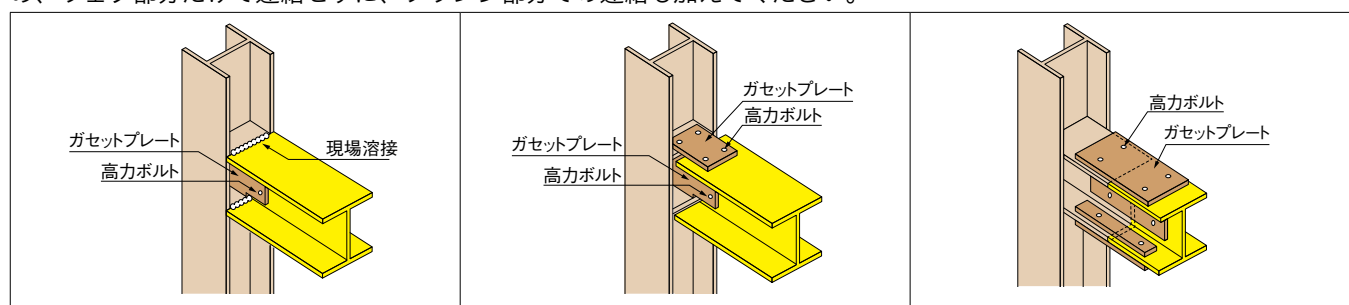
断面係数は下記の考え方で算出し、H形鋼の場合は向き(縦・横使い)の検討も必要です。



◇鉛直方向の断面係数は、ECPと梁の自重に対して長期許容曲げ応力度を元に算出する。断面2次モーメントは、下段のECPの層間変位を阻害しないたわみ量を元に算出する。

◇水平方向の断面係数は、自重・鉛直地震力・水平地震力の合計に対して短期許容曲げ応力度を元に算出する。断面2次モーメントは、支持スパンの1/200以下のたわみ量を元に算出する。

また、中間梁端部の柱と接合するガセットプレートには、ねじれモーメントによる過大な応力集中が生じる場合があるため、ウェブ部分だけで連結せずに、フランジ部分での連結も加えてください。



◇2段積み間仕切壁の場合

2段積み間仕切壁での被害状況は、パネル中間部での破損です。1段積み間仕切壁(P19)同様に、原因やメカニズムは解明できていませんが、短尺品採用が望ましい、目地には必ずシーリング材を充填する、などの対策が必要です。中間梁が脆弱な場合は、破損が大きくなる場合がありますので、屋上目隠し壁の胴縁同様の対策が必要です。

⑤床無し梁部分での破損

外壁の特定の箇所だけ破損が見られ、屋内側に床が無いことが共通しています。

外壁側の吹き抜けに面する梁(床スラブを伴わない梁)の設計には注意が必要なことが、建築雑誌(建築技術2017.04)などで紹介されています。ただ、これらは梁に外装材が取り付けられ、外装材から伝わる風圧力や自重による不具合の防止を目的にしての注意事項です。

現時点では、具体的な原因の特定に至っておらず、現状効果的と考えられるのは、吹き抜けに面する梁には間柱を設けて、支持スパンを短くすることです。

1. 概要

押出成形セメント板は非構造部材に該当し、公共建築物及び一般建築物において、大地震動時の構造体の変形に対して追従するとともに、大地震動時の水平方向および鉛直方向の地震力(慣性力)に対して、安全性が確保されていることが求められます。

2. 耐震性

(1) 変形角の規制

法令類・仕様書類	制限値	内容(抜粋)
建築基準法施行令第39条 建設省告示第109号	1/150	[施行令第39条] 外装材等は、風圧並びに地震その他の震動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない。 [告示109号第3五] 高さ31mを超える建築物の屋外に面する帳壁は、その高さの1/150の層間変位に対して脱落しないこと。
建築基準法施行令第82条の2	1/200 (1/120)	建築物の地上部分について、地震力によって各階に生ずる水平方向の層間変位の当該各階の高さに対する割合が1/200以内であることを確かめなければならない。(著しい損傷が生ずるおそれのない場合にあっては、1/120以内)
建築基準法施行令第82条の5 建設省告示第1457号	—	[施行令第82条の5第七号] 屋外に面する帳壁の構造計算の基準は、告示1457号による。 [告示1457号 第11の1のロ(3)] 地震力に対して、次に定める方法により構造計算を行うこと。 外装材等が取り付く階に生ずる層間変位を求め、当該変位により緊結部分に生ずる応力度が短期許容応力度を超えないことを確かめること。
官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説令和3年版 (公共建築協会)	1/100	構造体の層間変形角の制限値を、鉄骨造については面内・面外ともに1/100とする。構造体の変形に対して追従可能で、層間変形時にパネルの損傷・移動・脱落等が生じないこと。また、耐火性能も確保する。
建築工事標準仕様書・同解説 JASS27 乾式外壁工事 (日本建築学会)	1/100	[6節 押出成形セメント板工事] 耐震性能の目標を、層間変形角1/100においてパネルに脱落がないものとする。
高層建築技術指針 (日本建築学会)	1/300 1/150	健全で再使用できる。 主要構造部が破損しない程度。

(2) ECPの層間変位追従性への対応

当協会では、ECPの層間変位追従性に対する性能を、次のように定めています。壁面としての強度と耐火性能が確保されており、破片等の落下が無い場合は、軽微な破損が有っても要求性能範囲内とします。

- ◇外壁……………1/100の変形角に対して、脱落のおそれがある破損が生じないこと。
- ◇間仕切壁…1/100の変形角に対して、転倒のおそれがある破損が生じないこと。

外壁パネル工法では、発売当初から「Zクリップ」と呼ばれる変位追従性のある留付金物を使用しています。面内層間変位に対しては、縦張り工法ではロッキングで、横張り工法ではスライド(スウェー)で追従し、1/100の変形角に対して破損や脱落が無いことを、動的層間変位試験と計算により確認しています。面外層間変位に対しては、留付金物や下地鋼材の比例限界内での変形により追従します。

間仕切壁パネル工法は縦張り工法を標準とし、上部は「Zクリップ」、下部は「Zクリップ」または「Lファスナー」を使用しています。上下共「Zクリップ」を使用する場合の変位追従性は、外壁パネル工法と同じです。「Lファスナー」を使用する場合は、この部分が欠ける場合がありますが、ECPは倒れることなく壁面としての性能を確保します。

3. 設備開口と設備機器等の取付け

(1) 基本事項

ECPは、孔開けが無く、何も取り付けられていない状態で、許容支持スパンの決定など安全検証を行っています。ECPの取り付け完了後に、設備開口を開けたり、設備機器等を取り付けたりすると、安全検証から外れた状態になり、不具合が発生する場合があります。特に大地震に遭遇すると、設備開口を開けて機器を取付けている部分にクラックが発生することがあります。そのため、設備開口は『建築工事監理指針』に記載の限度寸法だけで判断せず、また設備機器も重量だけで判断せず、欠損部分を考慮した強度計算を必ず行ってください。

[注意事項]

- ◇ ECPは、極力規格品で割付けてください。やむを得ず幅切断する場合は、300mm以上で使用して下さい。開口寸法はパネルの割付けに合わせてください。窓、出入口及び設備開口はパネル割付けに合わせた大きさとし、孔開け及び欠き込みが発生しないようにして下さい。
- ◇ ECPに溝を設けると、溝掘り部分に応力集中が起こり破損のおそれがあるため、パネル表裏への溝掘りは禁止です。
- ◇ 出入口・窓等の開口部には、必ず開口補強材を設けてください。開口部にかかる風荷重は、開口補強材により直接躯体に伝わるようにして下さい。
- ◇ やむを得ず孔開け及び欠き込みを行う場合は、必ず欠損部分を考慮した強度計算を行い、安全が確保された大きさを限度にしてください。
- ◇ 計算結果にかかわらず、孔開け及び欠き込みの限度は、下の表の数値以下とします。
- ◇ ECPをまたいで設備機器等を取り付けると、ECPの層間変位追従性を阻害し、破損する場合があります。特に設備配管や樋などは、ECPをまたぐ場合が多いため、変位追従性を阻害しない工夫が必要です。

(2) 欠損部の限度寸法

		孔開け及び欠き込みの大きさ	切断後の残り部分幅
孔あけ	短辺	パネル幅の1/2以下、かつ300mm以下	150mm以上
	長辺	500mm以下	300mm以上
欠き込み	短辺	(パネル幅-300mm)以下、かつ300mm以下	300mm以上
	長辺	500mm以下	300mm以上

留付部から半径100mm以内は、孔あけ及び欠き込みを行わない。

支持スパンを3等分した中央部には、孔あけ・欠き込みを行わない。

幅方向の持ち出しは行わない。

左右の止め付け部の高さを合わせる。

◇ 上記の限度寸法は、幅600mm、長さ3000～4000mmのパネルの場合ですが、全ての幅のパネルに対して適用します。

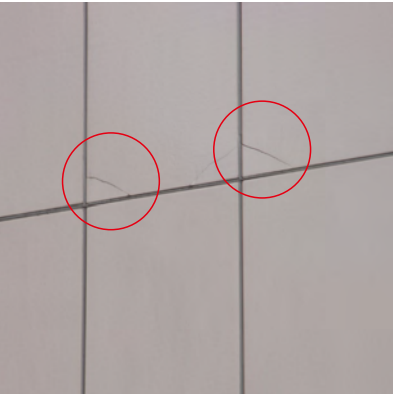

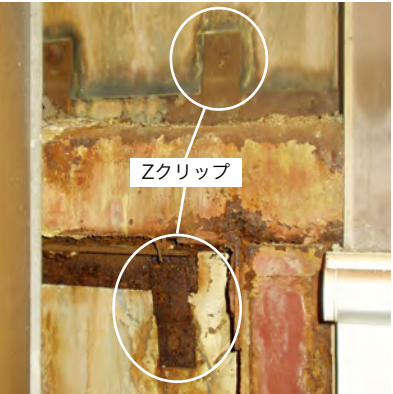
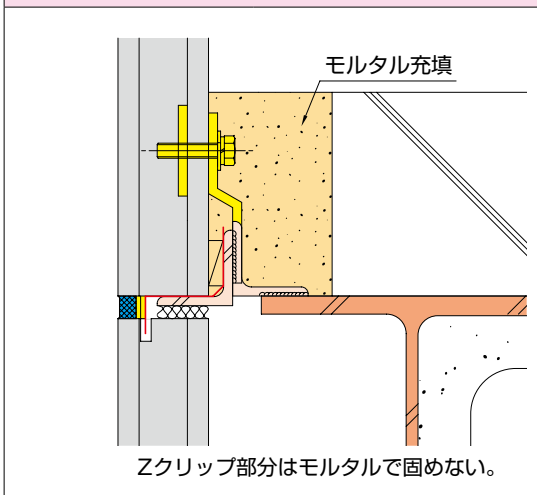
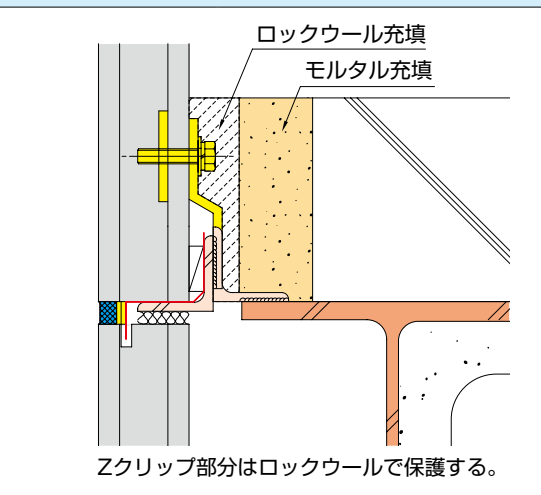
◇ 「窓まわりの短尺品には適用しない」の短尺品の寸法は、建物毎の許容支持スパンの1/3以下とします。

◇ 「長辺の切断後のパネル残り部分の長さ300mm以上」について、長さ600mm以下のパネルの孔開けについては、強度計算を行うことを前提に、パネル残り部分の寸法を現場事情に合わせて『特記仕様書』で定めてください。



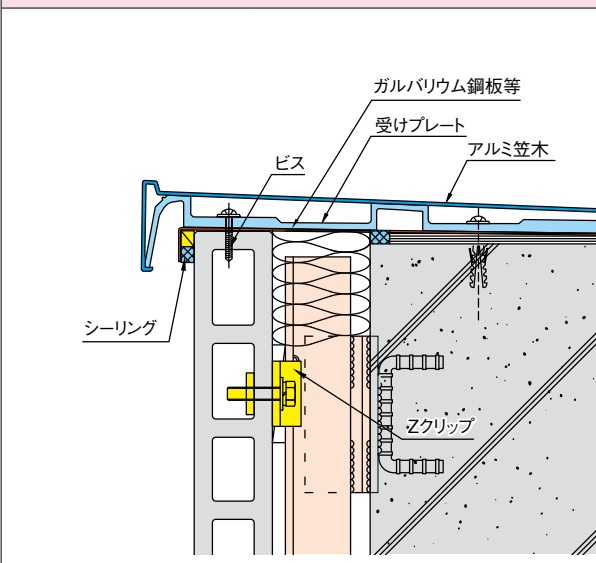
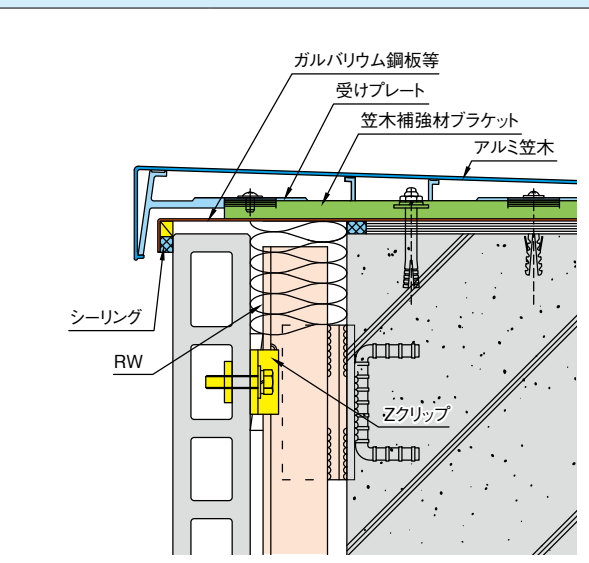
(3) アンカー類の選定と注意事項



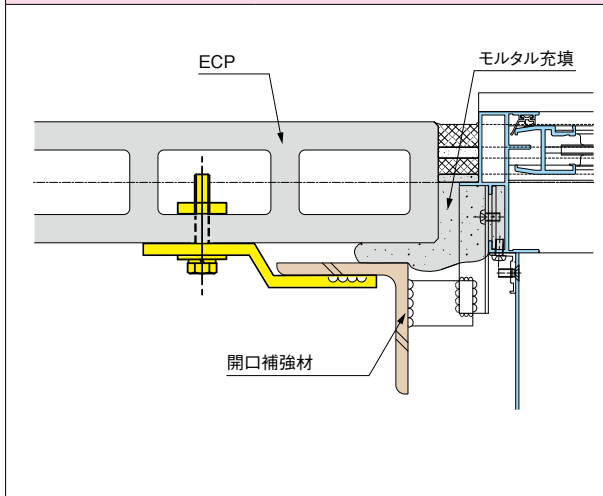
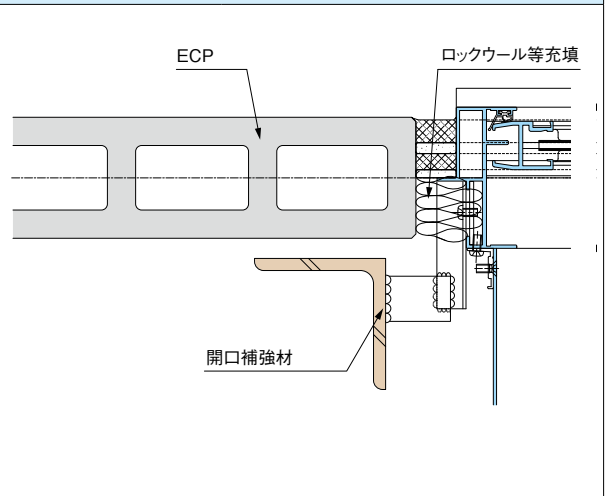
ECPに直接軽量の設備機器や看板類を取り付ける場合には、ECP専用アンカー類を選択してください。


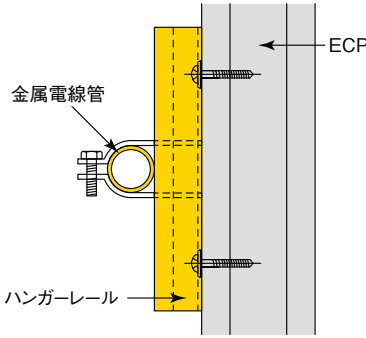
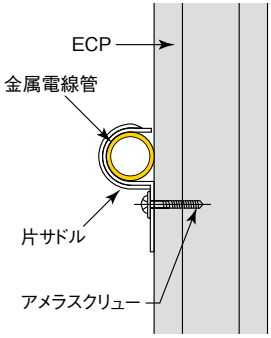
- ◆ 軽量物用には「アメラハンガー（サンコーテクノ）、極軽量物には「アメラスクリュー（サンコーテクノ）」です。
- ◆ アンカー類に指定された径の、ECP専用キリを使用してください。径は、「アメラハンガー」は15mm径が指定、「アメラスクリュー」はビス径-1mm径が指定です。「アメラスクリュー」は、ECP専用キリの「アメラドリル」をセット販売しているため、失敗の少ないビスと言えます。
- ◆ 振動ドリルは使用しないでください。必ず回転ドリルを使用してください。
- ◆ 「アメラスクリュー」は、ECPの中空部を狙って施工してください。棧部分や小口部分には打たないでください。



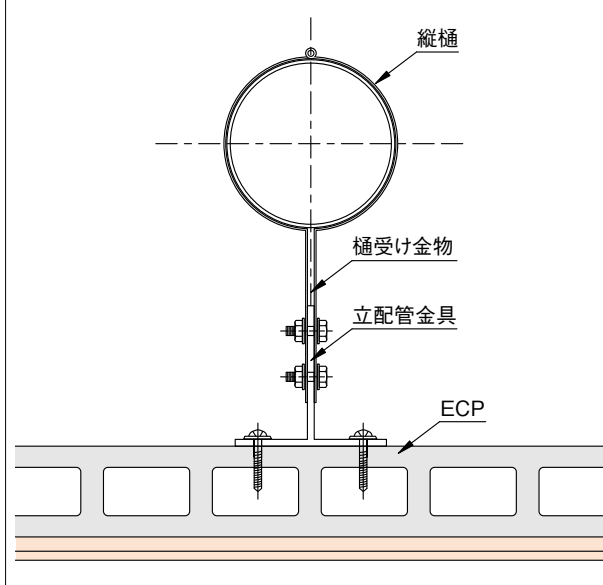
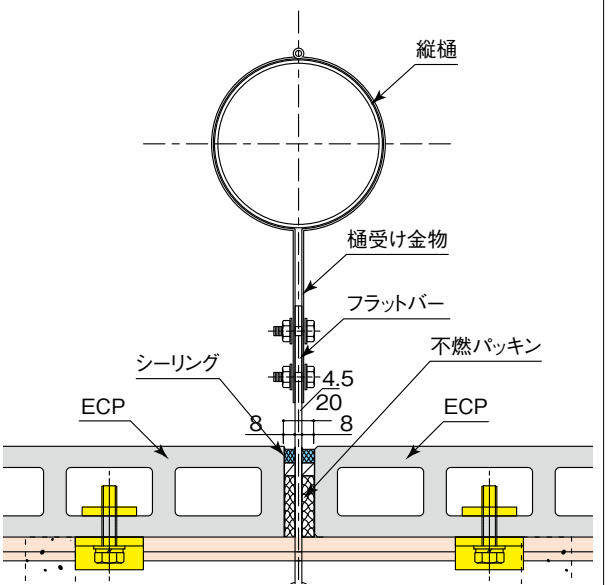
01		(1)変位拘束(Zクリップの埋め込み等による留付部クラック)	
事例	<p>東北地方太平洋沖地震(震度5強地域)</p>   <p>ECP縦張り工法の下部1~2箇所、三角状のクラックが部分的に発生し、裏面側はECP下部のZクリップがモルタルで埋められています。</p>	<p>新潟県中越沖地震(震度6弱地域)</p>  <p>竣工後20年以上経過した建物で、漏水によりZクリップが錆付いて、同様のクラックが発生していました。</p>	
	<p>原因推測</p> <p>左の例は、ロックウールを充填すべき所にモルタル充填。右の例は、目地シールのメンテナンス不足でZクリップが錆付いていました。どちらも、Zクリップのルーズホール内にあるボルトが動けない状態で、層間変位の際にパネルはロッキングしようとしませんが、ボルトが固定されていることによりせん断力が加わり、留付部にクラックが発生したと思われます。</p>		
対策	<p>ECPは、発売当初から変位追従性のある工法を採用していますが、この性能はZクリップのルーズホール内でボルトが動くことで成立しています。Zクリップのルーズホールには中心線が付けてあるので、施工誤差±3mm以内で中心に位置するようにZクリップのボルトを取り付けてください。</p> <p>また、上右の実例のように、他の要因でもボルトが動かなくなる場合があるため注意が必要です。</p>		
	<p>【×不具合例】 Zクリップが固定されている。</p>  <p>Zクリップ部分はモルタルで固めない。</p>	<p>【○推奨例】 Zクリップが動ける状態にある。</p>  <p>Zクリップ部分はロックウールで保護する。</p>	
ポイント	<p>①床スラブの層間塞ぎ部分は、ロックウールを使用して、モルタルでZクリップを固定しない。 ②Zクリップのボルトは、ルーズホールの中心に±3mm以内の誤差で取り付ける。 ③ボルトの締め付けトルク値は、15~20(N・m)とする。</p>		



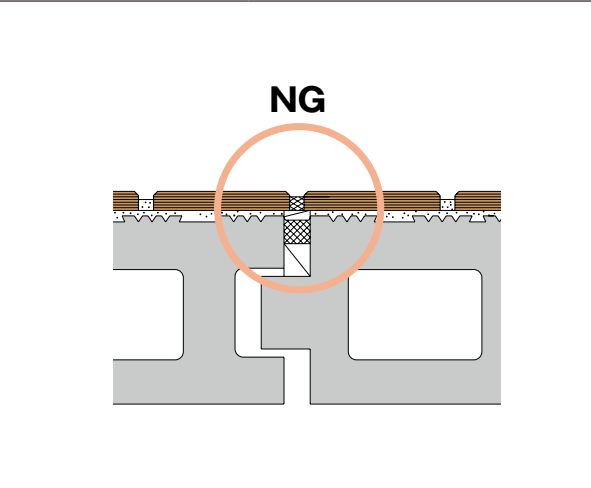
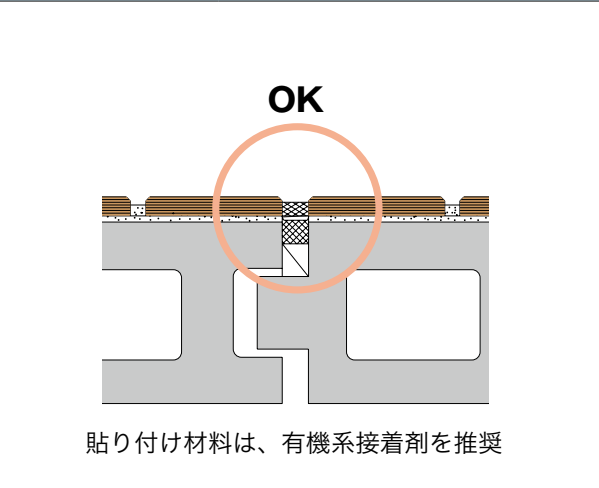
02		(1)変位拘束(ルーズホール内のボルト位置不良による留付部クラック)
事例	新潟県中越地震(震度6弱地域)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>(表面)パネル隅に三角状のクラック発生</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(裏面)ボルトがルーズホールの端に有る</p> </div> </div>
	原因推測	<p>ＥＣＰ横張り工法のパネル4隅のうち、1～2か所に三角状のクラックが発生し、裏面側は留付ボルトを起点としてクラックが発生していました。</p> <p>Ｚクリップ内のボルトが、全てルーズホールの端部(下地鋼材の反対側)に寄っていたため、層間変位に対してスライド追従できずに、留付部が破損したと思われます。</p>
対策	具体例	<p>Ｚクリップのボルトは、ルーズホールの中心に位置させてください。ＥＣＰの縦張りはロッキング工法、横張りはスライド工法を採用していますが、いずれもＺクリップのルーズホール内で、ボルトが動くことで成立しています。</p> <p>Ｚクリップのルーズホール部分には中心線が付けてあるので、施工誤差±3mm以内でボルトが位置するようにＺクリップを取り付けてください。Ｚクリップを下地鋼材に深く掛けようとして、Ｚクリップを叩いて下地鋼材側に必要以上に寄せるのはやめてください。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="background-color: #FFDAB9; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <p>【×不具合例】 ボルトが端に寄っている。</p>  </div> <div style="background-color: #ADD8E6; padding: 5px; border: 1px solid black;"> <p>【○推奨例】 ボルトが中心にある。</p>  <p style="text-align: center;">中心線に合わせる</p> </div> </div>
	ポイント	<ol style="list-style-type: none"> ①下地鋼材に30mm以上掛ける必要があるが、これはボルト位置を守った上での寸法。 ②Ｚクリップのボルトは、ルーズホールの中心に±3mm以内の誤差で取り付ける。 ③ボルトの締め付けトルク値は、15～20(N・m)とする。

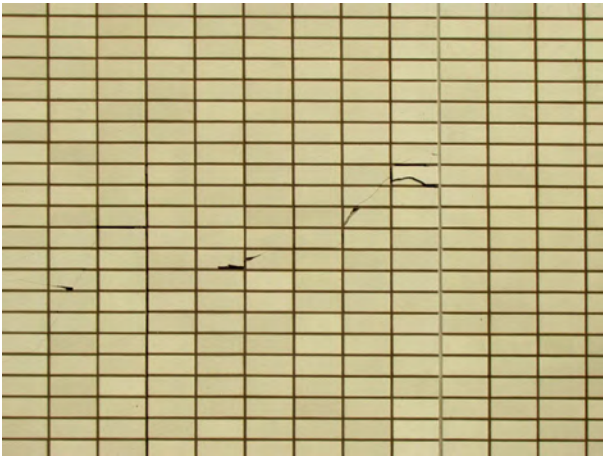

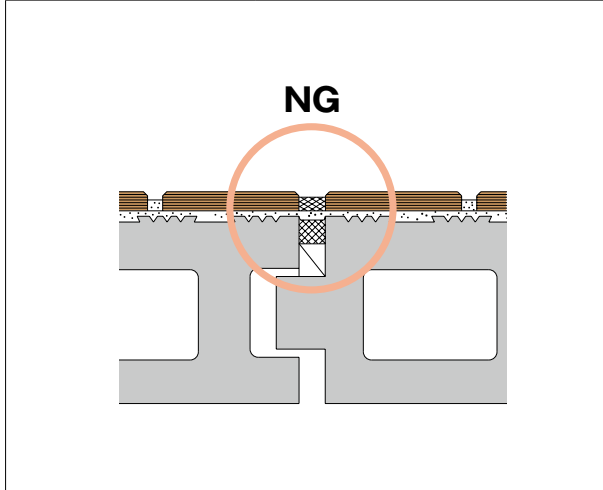
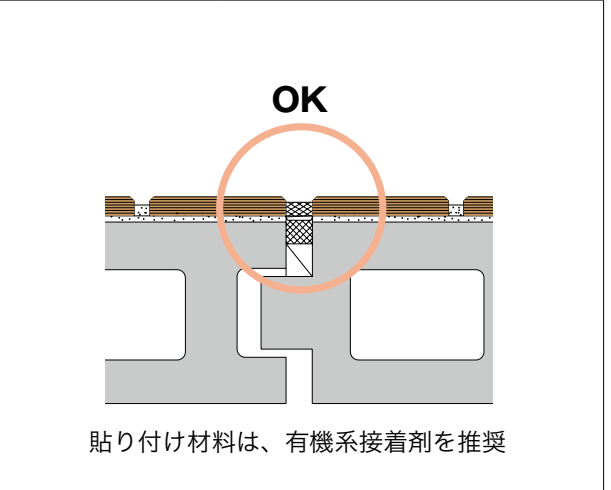
03	(1)変位拘束(笠木の拘束による短手クラック)	
事例	<p style="text-align: center;">駿河湾地震(震度5強地域)</p>  <p style="text-align: center;">デザインパネルでのクラック事例</p>	<p style="text-align: center;">2022福島県沖地震(震度5強地域)</p>  <p style="text-align: center;">フラットパネルでのクラック事例</p>
	<p>原因推測</p> <p>いずれも、横張り工法の最上部ECPに、短手クラックが発生した例です。オープン笠木の下地金物をビス留めする際に、ビスがECP小口に刺さったと思われ、温冷乾湿によるECPの日常の動きが拘束され、微細なクラック入っていたところに大地震が発生し、クラックが顕在化したと思われ。この現象は、大地震を受けなくても発生する場合があります。</p>	
対策	<p>オープン笠木を取り付ける場合は、受けプレート取り付け用ビスがECPに刺さらないようにしてください。ECPの小口にビス打ちされると、強度が低下するとともに日常の挙動が拘束され、層間変形時にもスライド変位ができず、ビス部分でクラックが発生する場合があります。</p> <p>縦張り工法の場合も同様で、ロッキング変位を拘束します。</p> <p>なお、縦張りの場合は、ECP上部と金属板の間には6mm以上の隙間を開けてください。</p>	
	<p>【×不具合例】 受けプレートをECPに固定している。</p> 	<p>【○推奨例】 受けプレートをECPに固定していない。</p> 
ポイント	<ol style="list-style-type: none"> ①笠木受けプレートの、ビス用既設孔の位置を確認する。 ②ECPと干渉する位置の場合は、新たな孔を設置するか、笠木補強材ブラケットを追加する。 ③2次的な止水として、先付け板金笠木(ガルバリウム鋼板0.4mm程度)を加える。(ECPには取り付けない。) ④縦張りの場合は、ECPと笠木下地類の間は6mm以上の隙間を開ける。 	

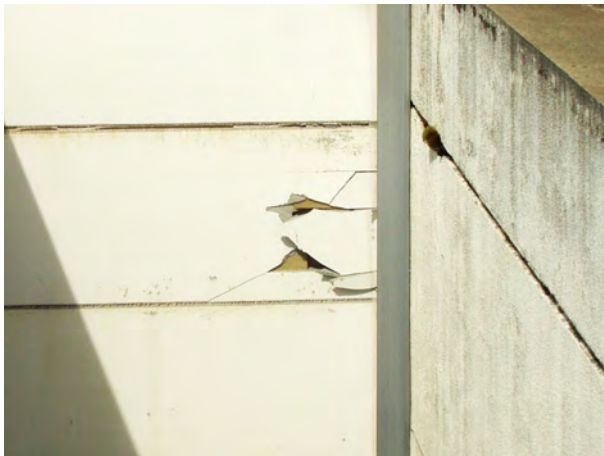
04		(1)変位拘束(サッシ類との一体化による短手クラック)	
事例	<p>東北地方太平洋沖地震(震度5強地域)</p>  <p>ECPとサッシ枠の隙間にモルタルが充填された例</p>	<p>新潟県中越沖地震(震度6強地域)</p>  <p>ECPと開口補強材がZクリップで連結された例</p>	
	<p>原因推測</p> <p>いずれも窓横の縦張りECPに短手クラックが発生し、左の例はECPとサッシ枠の隙間にモルタルが充填されており、右の例はECPと開口補強材がZクリップで連結されていました。これにより、温冷乾湿によるECPの日常の動きが拘束され、微細なクラック入っていたところに大地震が発生し、クラックが顕在化したと思われます。</p>		
対策	<p>[左の例] ECPとサッシ枠に囲まれた空間は、モルタル埋めしないでください。ECPとサッシ枠の隙間には不燃材を充填しますが、その不燃材としてモルタル詰めが選ばれる場合があります。これは、サッシ枠の振動防止などが理由ですが、このモルタルがECPの日常の挙動を拘束して微クラックが発生し、大地震の際に顕在化する場合があります。不燃材を充填する場合は、ロックウール等の柔らかい材料を使用してください。</p> <p>[右の例] ECPと開口補強材をZクリップで連結する方法は、良い方法と判断されがちですが、左の例同様に日常の挙動を拘束するほか、Zクリップの孔開けにより、見かけ上の曲げ強度が約2/3に低下し、孔からクラックが入る場合があります。ECPと開口補強材は、連結しないでください。</p>		
	<p>[×不具合例] サッシ枠と一体化している。Zクリップで連結している。</p>  <p>ECP</p> <p>モルタル充填</p> <p>開口補強材</p>	<p>[○推奨例] サッシ枠と分離している。</p>  <p>ECP</p> <p>ロックウール等充填</p> <p>開口補強材</p>	
ポイント	<p>①ECPとサッシ枠間には、モルタルではなくブランケット類を使用する。 ②ECPと開口補強材は、Zクリップなどで連結しない。</p>		


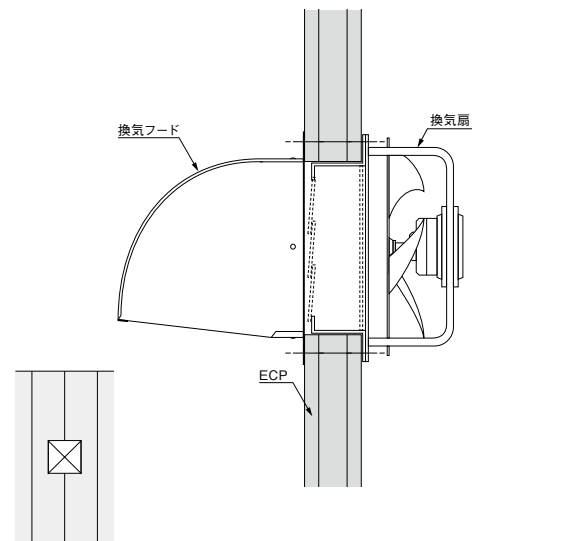
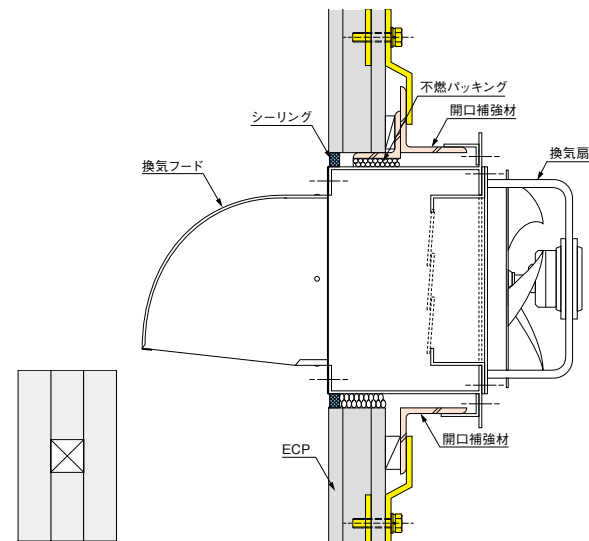
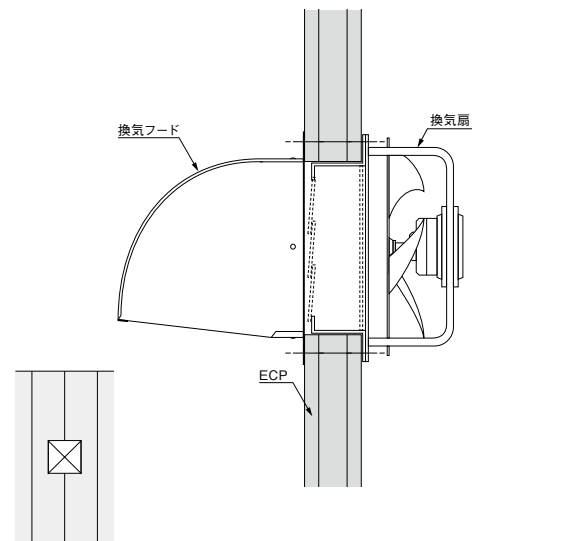
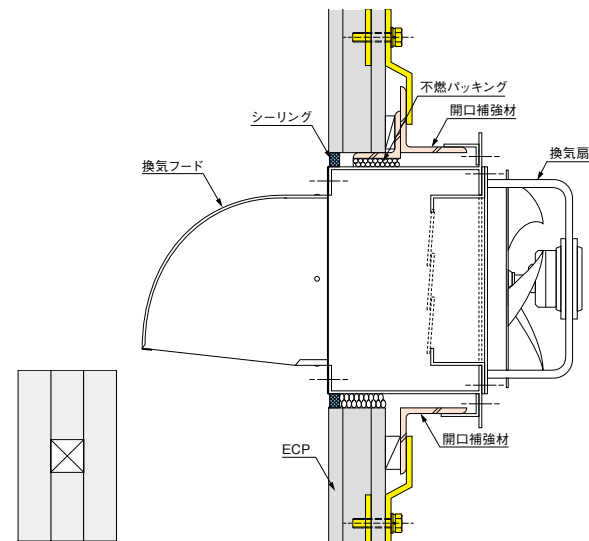
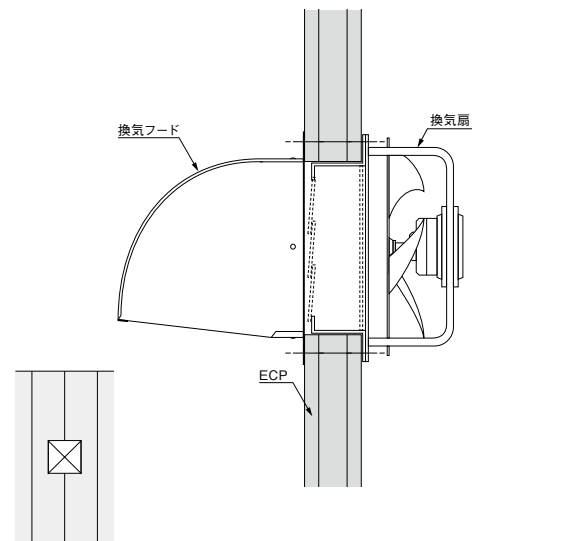
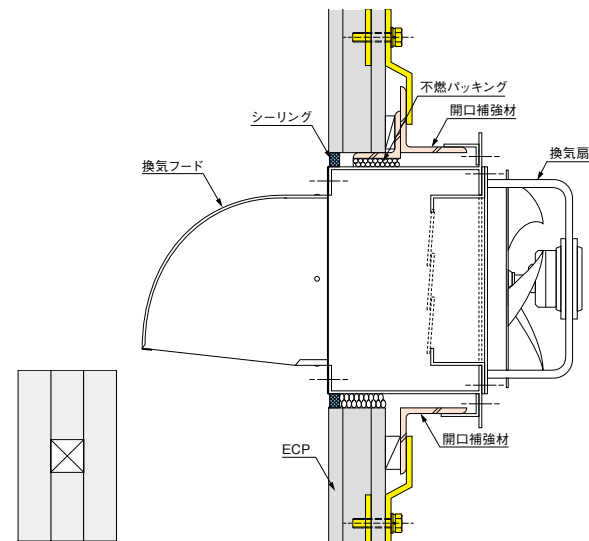
05		(1)変位拘束(ECPの目地を跨いだ配管の取り付けによる破損)	
事例	能登半島地震(震度6弱地域)	熊本地震(震度6弱地域)	
	 <p style="text-align: center;">変位拘束により短手クラック発生</p>	 <p style="text-align: center;">留め付け部に負荷がかかり破損</p>	
原因推測	<p>どちらの例も、配管をハンガーレールでECPに固定したことにより、ECPの変位が拘束されて不具合が発生しています。</p> <p>左の例は、これにより短手クラックが発生しています。右の例は、留め付け部に負荷がかかり、ワンサイドアンカーが抜けています。</p>		
具体対策	<p>配管類を、ハンガーレールなどでECPに取り付けしないでください。配管類は、ECPに直接取り付けないことが原則です。外壁内側や間仕切壁への取り付けは、下地鋼材を設置して取り付けてください。</p> <p>やむを得ず配管を直接ECPに取り付ける場合は、まずECPに孔開けを行うことにより強度が約2/3になりますので、ECPそのものの安全が確保されているか確認してください。</p> <p>そのうえで、片サドルなどの簡易な金物で取り付け、地震の際には金物が先にこわれるよう、配慮してください。</p>		
	<p>[×不具合例] ハンガーレールで強固に固定。</p>	<p>[○推奨例] 片サドルなどで簡易に固定。</p>	
	 <p>金属電線管 ハンガーレール ECP</p>	 <p>金属電線管 片サドル アマスクリュー ECP</p>	
ポイント	<p>①ECPには、配管類を取り付けないことが大原則。</p> <p>②やむを得ず取り付けの場合は、まず孔開けしたECPの曲げ応力度を確認する。(発生<許容)</p> <p>③曲げ応力度に問題無い場合に限り、簡易な留め付け方法を検討する。</p>		


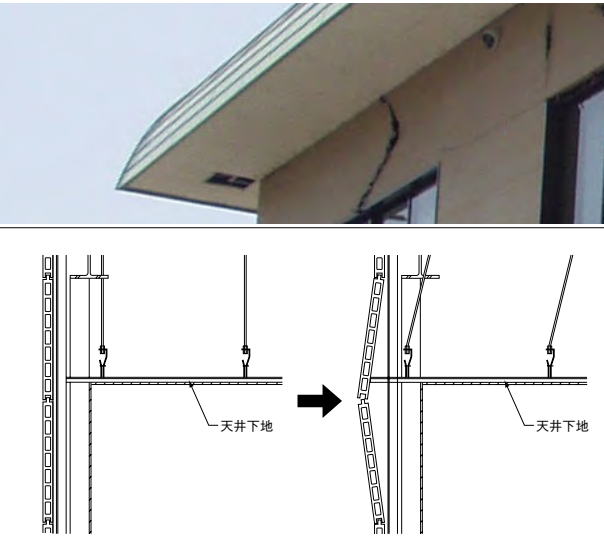
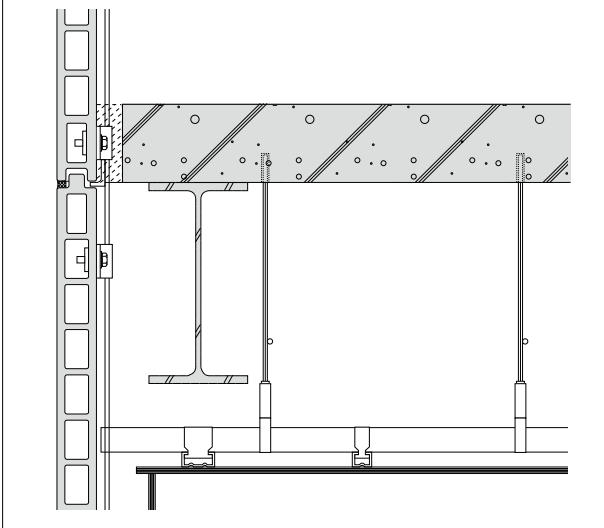
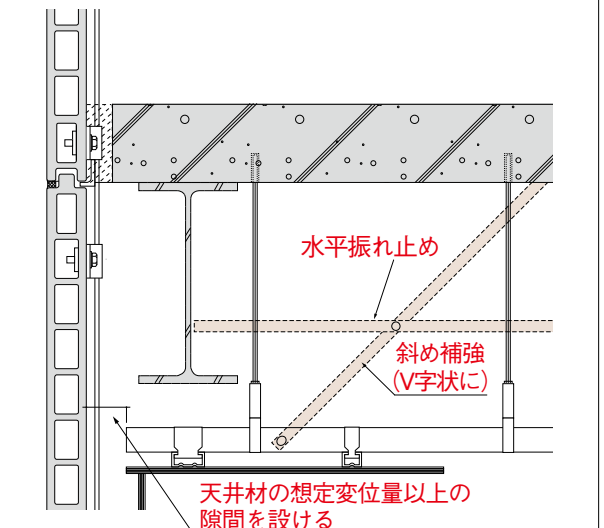
06		(1)変位拘束(ＥＣＰへの縦樋取り付けによるクラック)	
事例	<p>駿河湾地震(震度5強地域)</p>  <p>縦張り工法でのクラック発生例</p>	<p>東北地方太平洋沖地震(震度6弱地域)</p>  <p>横張り工法でのクラック発生例</p>	
	<p>原因推測</p> <p>左の例は、縦張り工法に縦樋を直接付けて長手クラックが発生したものです。右の例は、ＥＣＰ横張り工法に縦樋を直接付けて、短手クラックが発生したものです。 どちらも縦樋をＥＣＰに直接ビス留めし、ＥＣＰの目地をまたいで取り付けただけから、ビス留めによるＥＣＰの強度低下に加え、変位が拘束されてクラックが発生したと思われます。</p>		
対策	<p>縦樋をＥＣＰに取り付けしないでください。ＥＣＰに孔開けを行うことにより、強度が約2/3に低下することに加え、大地震などによりＥＣＰに変位が加わると、縦樋に拘束されて変位吸収ができず、結果的に縦樋の取り付け部分で破損します。破損状況によっては、ＥＣＰを取り替えざるを得ない場合があります。 ＥＣＰの縦目地を利用して鉄骨柱からフラットバーを持ち出し、これに樋を取り付けることが基本です。樋取り付け用のフラットバーは、ＥＣＰ工事の前に取り付けておく必要があります。</p>		
	<p>【×不具合例】 ＥＣＰに固定している。</p> 	<p>【○推奨例】 ＥＣＰに固定していない。</p> 	
<p>ポイント</p>	<p>① ＥＣＰには、縦樋は取り付けない。 ② 縦張り工法・横張り工法ともに、樋部分の縦目地だけ幅20mmにして、事前にフラットバーを取り付けておく。</p>		

07		(1)変位拘束(ECPからはみ出したタイルの剥離)	
事例	<p>東北地方太平洋沖地震(震度6弱地域)</p>  <p>縦張り工法の不具合事例</p>	<p>兵庫県南部地震(震度7地域)</p>  <p>横張り工法の不具合事例</p>	
	<p>原因推測</p> <p>いずれの例も、ECPの目地部分でタイルがぶつかり合って剥離しています。この目地部分は、タイルやモルタルは目地をまたいでいませんが、目地幅を5mmにしており、ECPの長さの違いなどにより変位に差が出て、タイルがぶつかり合ったものと思われます。</p>		
対策	<p>タイル仕上げでは、タイルがECPからはみさないようにしてください。モザイクタイルの目地が5mmのため、ECPの凹凸目地部分のタイル目地幅を5mmで施工される場合がありますが、大地震時にはECP間で動きが異なった場合に、タイルがぶつかり合って剥離する場合があります。</p> <p>ECPは、タイル割に合わせた595mm幅の製品も取り揃えていますので、ECPの目地部分では、タイル目地幅も同じ10mmにしてください。</p>		
	<p>【×不具合例】 タイルがECP小口からはみ出している。</p>  <p>NG</p>	<p>【○推奨例】 タイルはECP小口からはみさせない。</p>  <p>OK</p> <p>貼り付け材料は、有機系接着剤を推奨</p>	
ポイント	<p>①ECPの目地幅とタイルの目地幅は合わせる。(誤差の範囲内は除く。)</p> <p>②ECP目地・タイル目地ともに、シーリング材を充填する。</p>		

08		(1)変位拘束(タイル張りでECPの目地を固定したことによるクラック)	
事例	<p>能登半島地震(震度6強地域)</p>  <p>縦張り工法で斜めにクラックが入った例</p>	<p>新潟県中越地震(震度6弱地域)</p>  <p>コーナーパネル部分でクラックが入った例</p>	
	<p>原因推測</p> <p>いずれも、ECPの目地を無視してタイル張りが行われています。左の例は、開口部の隅を基点として斜めにクラックが入っており、結果的に構造クラックに類似したクラックです。右の例は、平パネルとコーナーパネルの目地をまたいでタイル張りされており、それぞれのECPは変位が異なるため、入るべくして入ったクラックです。</p>		
対策	<p>タイル仕上げは、タイルや張り付けモルタルがECPの目地をまたがないようにしてください。 ECPは、それぞれが動くことで層間変位を吸収するため、ECPの目地をまたいでタイルや張り付けモルタルを施工すると、タイルの亀裂や剥離、場合によってはECPにクラックが入る場合があります。ECPの縦横すべての目地で、タイルやモルタルをまたがせないでください。</p>		
	<p>【×不具合例】 張り付けモルタルが、目地をまたいでいる。</p>  <p>NG</p>	<p>【○推奨例】 タイル・張り付け材料ともに、目地部分で分離させる。</p>  <p>OK</p> <p>貼り付け材料は、有機系接着剤を推奨</p>	
ポイント	<p>①ECPの目地では、タイルや張り付けモルタルをまたいで施工しない。 ②ECP目地・タイル目地ともに、シーリング材を充填する。</p>		

09		(2)他部材の影響(エキスパンションジョイントでの破損)	
事例	新潟県中越地震(震度6強地域)	能登半島地震(震度6弱地域)	
	 <p style="text-align: center;">左は鉄骨造ECP外壁、右はRC造(同一面)</p>	 <p style="text-align: center;">左は鉄骨造ECP外壁、右はRC造(コナ部)</p>	
原因推測	<p>エキスパンションジョイントでの破損例は、横張り工法での発生が多い傾向にあります。各建物固有の揺れの差を隙間で吸収しきれず、ECPがぶつかって破損したものと思われます。</p> <p>破損例の多くは、エキスパンション金物をECPに直接取り付けしており、これにより隙間が狭くなるとともに、取り付け部からの破損が広がっていると思われます。</p>		
対策	<p>エキスパンションジョイントの隙間(クリアランス)は、『建築用エキスパンションジョイントの手引(日本エキスパンションジョイント工業会)』では、設計者が変位量の大きさにより決定することになっています。変位には、しばしば起こる小さな変形と、めったに起こらない大きな変形があるため、変形の発生頻度をもとに、安全性・補修の容易性・意匠性・経済性などから決めることになります。</p> <p>ECPの破損例の多くは下図の【×不具合例】のように、①エキスパンション金物をECPに直接取り付けしている、②ECPの間隔が不足している、の二つが原因のため、【○推奨例】のように、エキスパンション金物はC形鋼などに取り付けてECPとは分離し、C形鋼の隙間を適正に設定することで、ECPの間隔を広げてください。</p>		
具体例	<p style="background-color: #fce4ec; padding: 5px;">【×不具合例】 金物をECPに取付けている。</p> 	<p style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px;">【○推奨例】 金物とECPを分離している。</p> 	
ポイント	<p>縦張り工法では不具合事例が少ないものの、同様の配慮をしてください。</p> <p>①エキスパンション金物の隙間寸法は、設計者が変位量や変形頻度などから決定する。</p> <p>②エキスパンション金物は、ECPに取り付けてはならない。</p> <p>③他部材取り合い部分で、笠木や水切りのようなエキスパンション金物を取付ける場合も、金物はECPに取り付けず、他部材とECPは十分な隙間を確保する。</p>		

<p>10</p>	<p>(2)他部材の影響(換気扇取り付けによる破損)</p>					
<p>事例</p>	<p>能登半島地震(震度6弱地域)</p>  <p>換気扇部分での破損例(外側)</p>	<p>新潟県中越沖地震(震度6強地域)</p>  <p>換気扇部分での破損例(内側)</p>				
<p>原因推測</p>	<p>どちらも、ECP縦張り工法の縦目地をはさんで欠き込みを行い、換気扇を取り付けた部分が破損しています。欠き込みにより強度計算上不可になり、さらに開口補強材を設けずに換気扇を直接ECPにビス留めしていることから、面内はロッキング追従ができず、面外は換気扇の重量が慣性力として加わり、破損したと思われます。</p>					
<p>対策</p>	<p>2枚のECPをそれぞれ欠き込んで取り付けると、簡単な施工で済みますが、そもそも欠き込んだECPは強度計算上不可で、大地震の際には換気扇の重量が慣性力としてECPに加わり破損します。 換気扇を設ける場合は、割り付けを調整して欠き込みが無いようにしてください。また、ECPの強度計算をするとともに、開口補強材を設けてこれに換気扇を取り付けてください。</p> <table border="1" data-bbox="231 1310 1468 1937"> <tr> <td data-bbox="231 1310 845 1377"> <p>[×不具合例]</p> </td> <td data-bbox="845 1310 1468 1377"> <p>[○推奨例]</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="231 1377 845 1937">  </td> <td data-bbox="845 1377 1468 1937">  </td> </tr> </table>		<p>[×不具合例]</p>	<p>[○推奨例]</p>		
<p>[×不具合例]</p>	<p>[○推奨例]</p>					
						
<p>ポイント</p>	<p>①換気扇を取り付ける場合は、欠き込みを行わない。 ②開口補強材を設置して、換気扇はこれに取付ける。</p>					

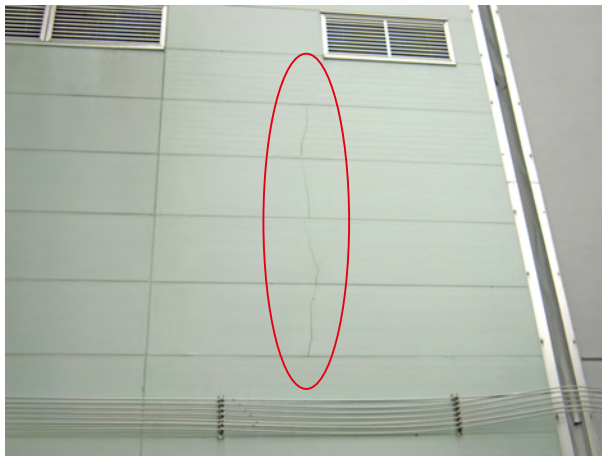
11	<h3>(2) 他部材の影響(天井材の衝突による破損)</h3>	
事例	<p style="text-align: center;">熊本地震(震度6弱地域)</p>  <p style="text-align: center;">天井材の位置でECPがせり出した例</p>	<p style="text-align: center;">宮城県沖地震(震度5強地域)</p> 
	<p>原因推測</p> <p>ECP横張り工法の、天井材の高さ部分で破損が発生しています。これは、天井材の衝突によるもので、縦張り工法では天井材による荷重をパネルが分散して受けますが、横張り工法では天井材の高さにあるパネル一列が集中して受けるため、支えきれずに破損したものと思われます。地震によるECPの破損・脱落事例は、ほとんどがこの原因です。</p>	
対策	<p>天井材がECPにぶつからないように、P4の技術的助言を参考に、これに準じる構造にしてください。</p>	
	<p style="text-align: center; color: magenta;">[×不具合例]</p> 	<p style="text-align: center; color: blue;">[○推奨例]</p> 
<p>天井材とECPの間には、天井材の想定変位量とECPの層間変位量を合計した十分な隙間を設けてください。(特定天井の仕様規定は6cm以上)</p> <p>天井材の慣性力は、天井の下地材を介してスラブ等に伝えることとなりますので、必要に応じてブレースや水平振れ止め等を設置してください。</p>		
ポイント	<p>①天井材とECPの間に、それぞれの変位量から算出した隙間を設ける。</p> <p>②必要に応じて、ブレースや水平振れ止め等を設置する。</p>	

12

(2)他部材の影響(間仕切壁の衝突による破損)

熊本地震(震度6弱地域)

事象
実例



表側



裏側(左は外壁ECP、右は間仕切壁)

原因推測

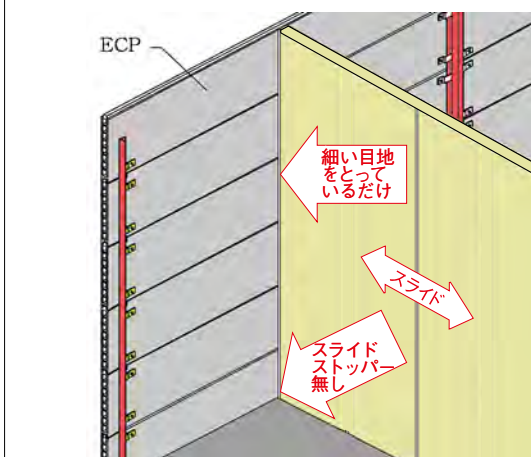
外壁横張り工法のECPの中央部6段に、短手クラックが発生しています。裏面を確認すると、間仕切壁の位置と一致しており、間仕切壁の衝突が原因と思われます。

外壁横張り工法のECPは、面外に変位が加わると構造体とともに傾きます。間仕切壁は、スライド変位する場が多いため、お互いの変位の差によりぶつかり合い、クラックが発生したものと思われます。

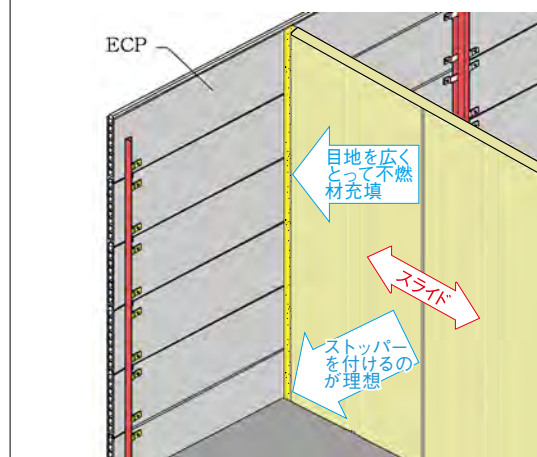
間仕切壁を設置する場合は、外壁ECPと十分な隙間を設けるか、ストッパー等を付ける必要があります。考え方は、前頁の天井材と同じです。

具体例
対策

[×不具合例]


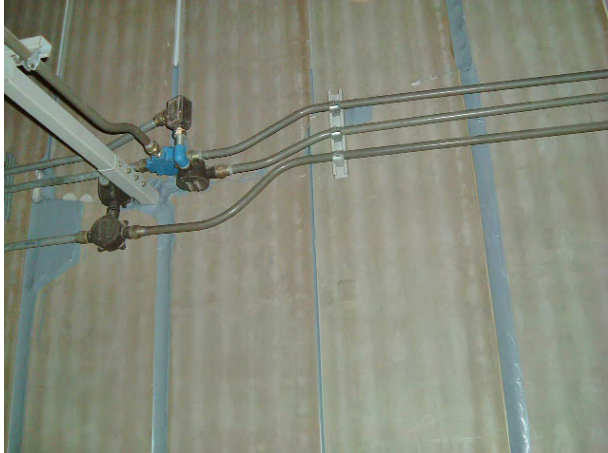
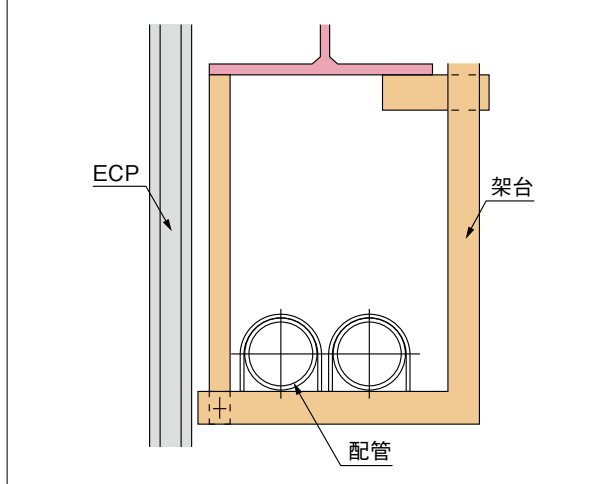
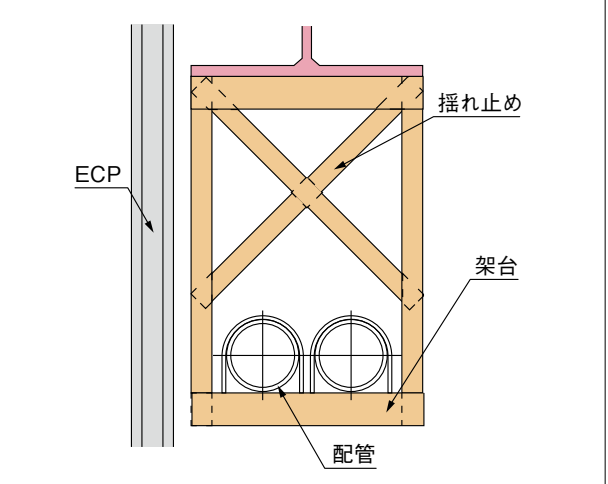


[○推奨例]



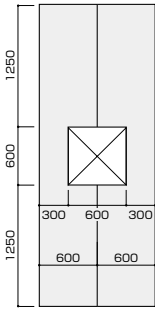
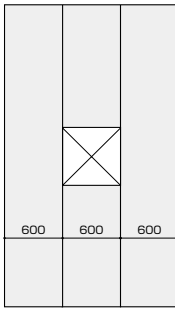
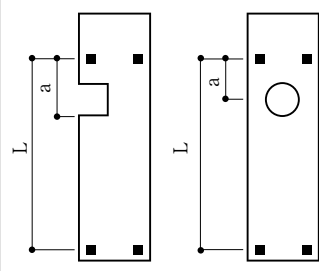


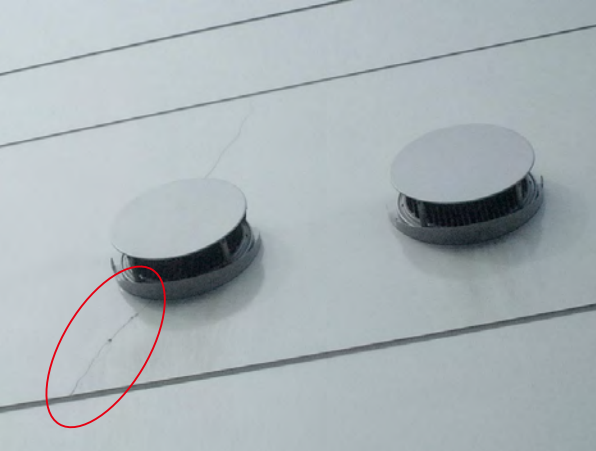
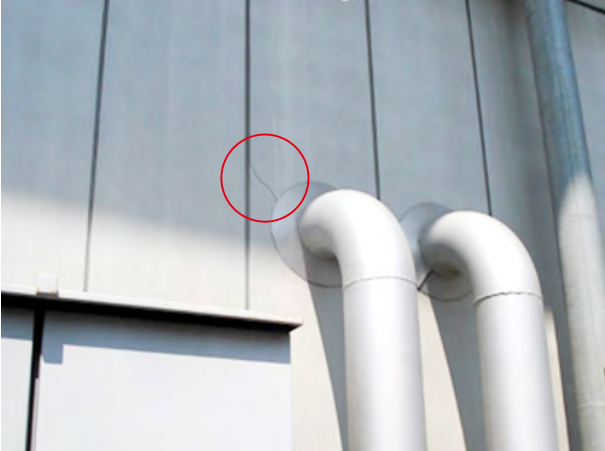
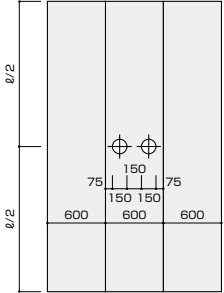
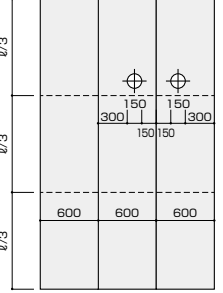
ポイント



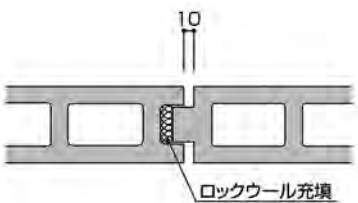
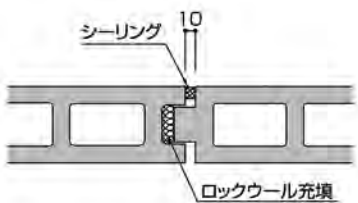
- ①間仕切壁とECPの間に、それぞれの変位量から算出した隙間を設ける。
- ②必要に応じて、間仕切壁にストッパー等を設置する。
- ③間仕切壁とECPを、取り付けまたは連結させないでください。

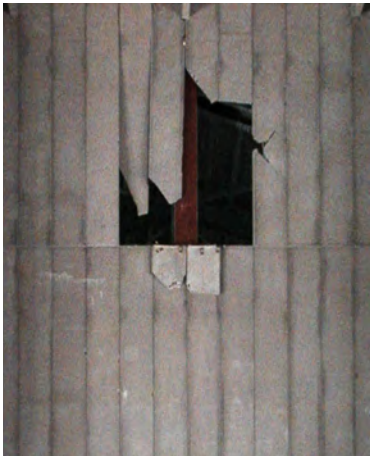

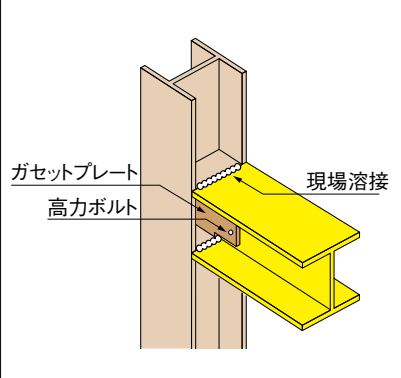
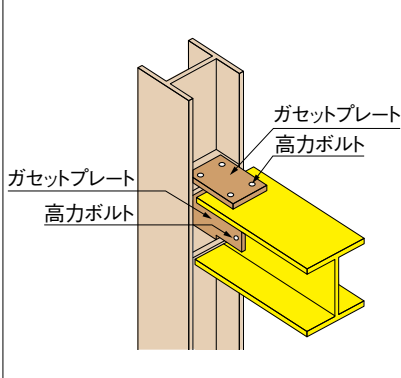
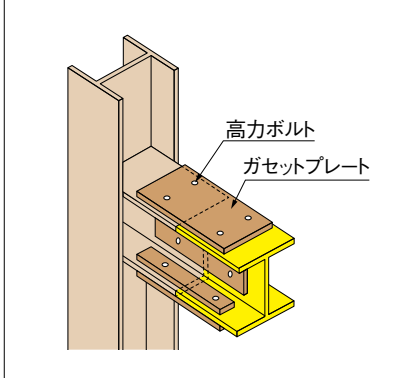
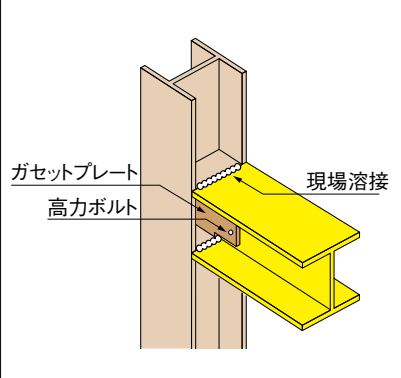
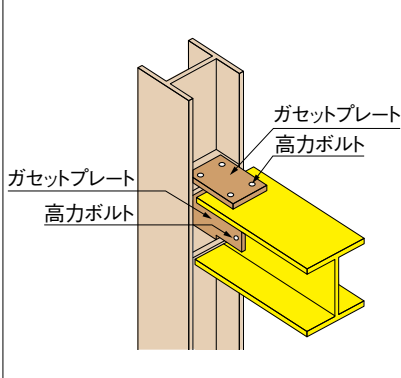
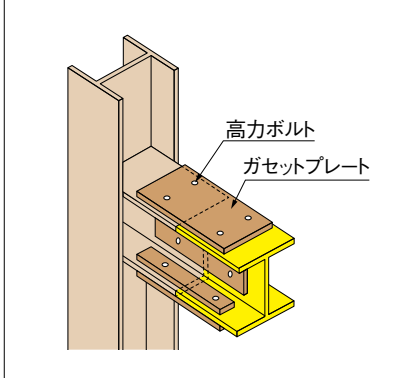
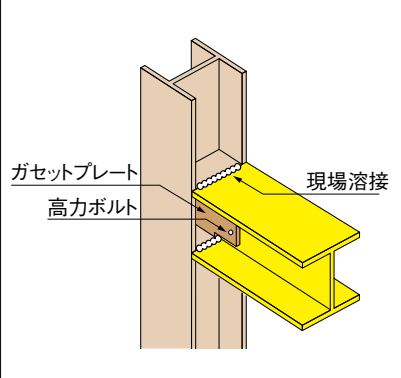
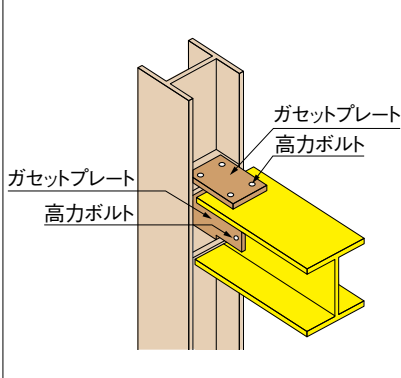
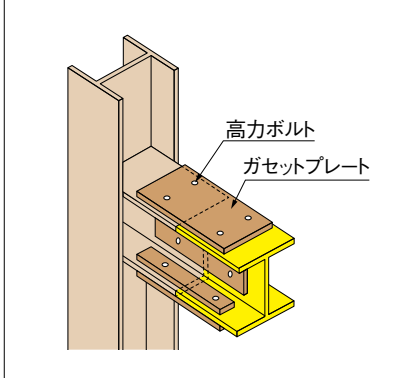
13	(2) 他部材の影響(配管架台の衝突による破損)	
事例	<p style="text-align: center;">新潟県中越地震(震度6弱地域)</p>  <p style="text-align: center;">配管吊り材が衝突した例</p>	<p style="text-align: center;">新潟県中越沖地震(震度6強地域)</p>  <p style="text-align: center;">配管吊り材が衝突した例</p>
	<p style="text-align: center;">原因推測</p> <p>ECP外壁縦張り工法のすぐ裏側に、構造体の梁から架台が下され、各種の配管を支えています。この架台がECPに衝突して破損しています。架台が長く垂れ下がっていたこと、配管が重かったことなどが原因と思われます。</p>	
対策	<p>配管類、または配管を支える架台は、揺れによるECPへの衝突回避を検討してください。 配管類は、外壁裏側に近接して取り付けられる場合が多いですが、ECPに取り付けていなくても、配管またはそれを支える架台が揺れてECPにぶつくと破損する場合があります。 吊り下げ距離が長い場合は、揺れ止めも設けてください。</p>	
	<p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold;">[×不具合例]</p>  <p style="text-align: center;">ECP</p> <p style="text-align: center;">架台</p> <p style="text-align: center;">配管</p>	<p style="text-align: center; color: blue; font-weight: bold;">[○推奨例]</p>  <p style="text-align: center;">ECP</p> <p style="text-align: center;">揺れ止め</p> <p style="text-align: center;">架台</p> <p style="text-align: center;">配管</p>
ポイント	<p>①配管類を支える架台は、揺れ止めを設ける。 ②配管および架台は、ECPに取り付けまたは連結させない。</p>	

<p>14</p>	<p>(2)他部材の影響(ダクトの揺れによる破損)</p>	
<p>事例</p>	<p>新潟県中越地震(震度6弱地域)</p>  <p>ダクト外側</p>	<p>新潟県中越地震(震度6強地域)</p>  <p>ダクト内側</p>
<p>原因推測</p>	<p>ダクトが外壁のECPを貫通し、雨仕舞のためにECPと連結されていました。地震時に、吊り下げられたダクトが振動をしたため、ECPに内外への力が加わり破壊したものと思われます。</p>	
<p>対策</p>	<p>ダクトがECPを貫通する場合は、雨避け水切りなどでECPに連結しないでください。 ダクトは重量物で揺れやすいため、ECPと連結すると揺れが伝わり破損する場合があります。ダクトが屋外の煙突などにつながる場合に限らず、室内だけの場合もダクトをECPに取り付けず、外壁のECPとは十分な隙間を開けて、ダクトが揺れてもECPに揺れが伝わらない雨仕舞いを行ってください。 また、ダクト内が高温になる場合は、熱がECPに伝わらないように断熱してください。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="231 1310 837 1377" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【×不具合例】 ダクトによりECPを面外に拘束している。</p> </div> <div data-bbox="853 1310 1460 1377" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>【○推奨例】 ECPとダクトは一体化させない。</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="231 1377 837 1937">  </div> <div data-bbox="853 1377 1460 1937">  </div> </div> <p>①ダクト類はECPに取り付けず、ECPとは十分な隙間を開ける。 ②ダクトが揺れても、ECPに伝わらない納まりにする。</p>	
<p>ポイント</p>		



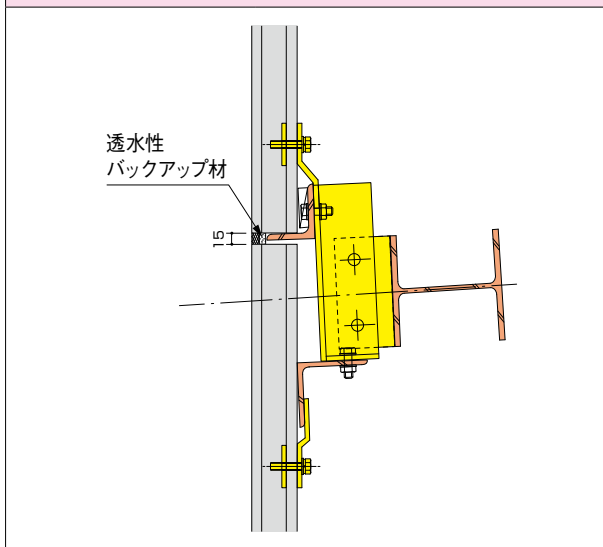
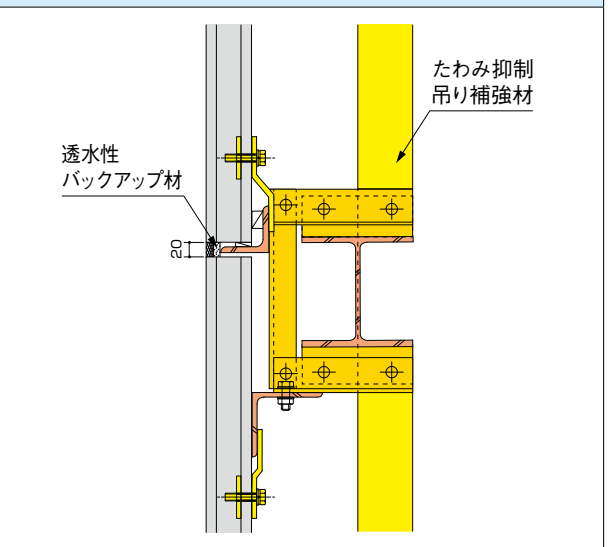
15		(3)地震力増大(欠き込みによるクラック)	
事例	東北地方太平洋沖地震(震度6弱地域)	熊本地震(震度6弱地域)	
	 <p style="text-align: center;">設備開口のクラック例</p>	 <p style="text-align: center;">出入口のクラック例</p>	
原因推測	<p>開口部の欠き込み部分で、隅部分からクラックが発生した例です。大地震後の調査で、必ず見掛ける不具合事例です。これらの例は、欠き込み等を行った場合の強度計算を行うと不可です。</p> <p>『建築工事監理指針』などでは、やむを得ず欠き込み等を行う場合の上限寸法が記載されていますが、これを安全寸法と誤解して強度検討を行わずに採用した事例と思われます。</p>		
対策	<p>欠き込みは、極力無くしてください。やむを得ず欠き込みを行う場合は、必ず欠損部を考慮した強度計算を行い、安全を確認してください。公的仕様書などに記載してある限度寸法は、これを守れば安全な寸法ではなく、強度計算を行ったうえに、さらに守ってもらいたい寸法です。</p>		
具体例	<div style="background-color: #fce4ec; padding: 5px; border: 1px solid #ccc;">[×不具合例]</div> 	<div style="background-color: #e1f5fe; padding: 5px; border: 1px solid #ccc;">[○推奨例]</div> 	
	欠損部を考慮した強度計算		
			$\sigma_b < \sigma_y \cdot c$ $\sigma_b = M/Z, M = \omega \cdot a(L-a) / 2 \text{より、}$ $\sigma_b = \omega \cdot a(L-a) / (2Z)$
			<p>σ_b: 発生曲げ応力度 (N/cm²)</p> <p>σ_y: パネルの短期許容曲げ応力度 (パネル曲げ強度の1/2) (N/cm²)</p> <p>C: パネルの欠損部応力集中係数(0.6)</p> <p>ω: 単位長さ当たりの荷重 (N/cm)</p> <p>L: パネルの支持スパン (cm)</p> <p>a: 支持点から孔あけまでの距離 (cm)</p> <p>Z: 孔あけによる断面欠損部の断面係数 (cm³)</p>
ポイント	<p>①欠き込みが極力無くなるよう、割り付けを工夫する。</p> <p>②欠き込みを行う場合は、必ず欠損を考慮した強度計算を行い、安全を確認する。</p> <p>③強度上安全であっても、仕様書等に記載の限度寸法を守る。</p>		

16		(3)地震力増大(配管用丸孔によるクラック)	
事例	<p>東北地方太平洋沖地震(震度6強地域)</p>  <p>横張り工法でのクラック例</p>	<p>熊本地震(震度6弱地域)</p>  <p>縦張り工法でのクラック例</p>	
	<p>原因推測</p> <p>配管用丸孔部分で、短手クラックが発生した例です。前頁の欠き込み同様に、大地震後の調査で必ず見掛ける不具合事例で、強度計算不足が主な原因です。</p>		
対策	<p>丸孔を開孔する場合も、欠き込み同様に、強度計算して限度寸法を守ってください。 丸孔は、欠き込みや角孔に比べれば、クラック発生の可能性は少ないですが、これも強度計算を行ったうえで、限度寸法も守る必要があります。また、丸孔を連続して開ける場合は、丸孔の間隔を150mm以上確保してください。</p>		
	<p>【×不具合例】</p> 	<p>【○推奨例】</p> 	
<p>ポイント</p> <ul style="list-style-type: none"> ①孔開けを行う場合は、必ず欠損を考慮した強度計算を行い、安全を確認する。 ②強度上安全であっても、仕様書等に記載の限度寸法を守る。 ③強度上不可の場合は、位置をECPの支持点に近づけると可能になる場合がある。 			

17		(3)地震力増大(1段積み間仕切壁の破損)	
事例	熊本地震(震度6強地域)	新潟県中越沖地震(震度6強地域)	
	 <p style="text-align: center;">Vパッキングを起点に凹部の破損が発生</p>	 <p style="text-align: center;">凹部の破損が進行して横割れが発生</p>	
原因推測	<p>いずれの建物の間仕切壁も5m近い長さのECPを採用しており、目地はシーリング材を充填しない「空目地」にしています。この状態で面外方向に水平地震力を受けたために、各ECPがそれぞれ挙動して凹凸目地でぶつかり合い、凹部が順次破損して、最終的に横割れにつながったと思われます。</p>		
具体例	<p>間仕切壁は風圧力を受けないので、長尺で使用する場合があります。また、防水性を必要とせず、耐火構造にはシーリングの指定が無いことから、目地シーリングを省略する場合があります。このような長尺・目地シーリング無しの間仕切壁が水平地震力を受けると、上記のような不具合が発生する場合があります。</p> <p>振れ止めパッキングが入っているパネル中央部付近で破損していることから、逆算すると、ここに自重の約2倍の集中荷重が加わったこととなります。そのため、設計用水平地震力は1.0Gに固守せず、ECPの剛性も考慮して設定することが望ましいと言えます。</p> <p>また、長尺で使用する場合は、ECPが凹凸目地でぶつかり合うのを緩和させるために、目地には片面または両面にシーリング材を充填してください。</p> <p>これで不具合を完全に防げる訳ではありませんが、軽減できるものと思われます。</p>		
対策	[×不具合例]	[○推奨例]	
			
ポイント	<p>①想定する地震力により、パネル長さを短尺化することが望ましい。</p> <p>②振れ止めパッキングは、バランス良く設置する。</p> <p>③目地には、必ずシーリング材を充填する。</p>		

18		(3)地震力増大(2段積み間仕切壁の破損)							
事例	新潟県中越地震(震度6弱地域)	2021福島県沖地震(震度6弱地域)							
	 <p style="text-align: center;">2段積み間仕切壁の上段で破損・脱落</p>	 <p style="text-align: center;">2段積み間仕切壁の下段で破損</p>							
原因推測	<p>1段積み間仕切壁(P24)同様に、5m近い長さのE C P採用と「空目地」が原因と思われます。破損部分が留め付け部ではないことから、E C Pの長尺・空目地の原因に、中間梁の脆弱さによる振幅が加わったものと思われれます。</p>								
具体対策	<p>1段積み間仕切壁(P24)同様に、短尺品採用が望ましい、目地には必ずシーリング材を充填する、などの対策が必要です。</p> <p>中間梁の影響も無視はできませんので、十分な剛性(断面性能)を確保する必要があります。断面係数は下記の考え方で算出し、H形鋼の場合は向き(縦・横使い)の検討も必要です。中間梁とE C Pの距離を狭くすることも大切です。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>◇鉛直方向の断面係数は、E C Pと梁の自重に対して長期許容曲げ応力度を元に算出する。断面2次モーメントは、下段のE C Pの層間変位を阻害しないたわみ量を元に算出する。</p> <p>◇水平方向の断面係数は、自重・鉛直地震力・水平地震力の合計に対して短期許容曲げ応力度を元に算出する。</p> </div> <p>また、中間梁端部の柱と接合するガセットプレートには、ねじれモーメントによる過大な応力集中が生じる場合があるため、下図のような配慮が必要です。</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #FFC0CB; text-align: center;">[×不具合例]</th> <th colspan="2" style="background-color: #ADD8E6; text-align: center;">[○推奨例]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">現場溶接</p> </td> <td style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">ガセットプレート 高力ボルト</p> </td> <td style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">高力ボルト ガセットプレート</p> </td> </tr> </tbody> </table>			[×不具合例]	[○推奨例]		 <p style="text-align: center;">現場溶接</p>	 <p style="text-align: center;">ガセットプレート 高力ボルト</p>	 <p style="text-align: center;">高力ボルト ガセットプレート</p>
[×不具合例]	[○推奨例]								
 <p style="text-align: center;">現場溶接</p>	 <p style="text-align: center;">ガセットプレート 高力ボルト</p>	 <p style="text-align: center;">高力ボルト ガセットプレート</p>							
ポイント	<p>①想定する地震力により、パネル長さを短尺化することが望ましい。</p> <p>②振れ止めパッキングはバランス良く配置して、目地には必ずシーリング材を充填する。</p> <p>③中間梁は十分な剛性のもを選び、H形鋼の場合は向き(縦・横使い)も検討する。</p> <p>④中間梁が回転しないように、E C Pとの距離を狭めて端部の接続は剛にする。</p>								

19	<h3>(3)地震力増大(間柱脆弱による斜めクラック)</h3>	
事例	<p style="text-align: center;">熊本地震(震度6弱地域)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">斜めにクラック発生</p>	
	<p>原因推測</p> <p>ECP横張り工法の塀で、斜めのクラックが発生しました。ECPを支える間柱の、剛性不足が原因と思われます。間柱の大きさが強度計算上問題ない場合でも、ECP両側で間柱が異なる動きをした場合は、ECPにひねりの変位が加わり、写真に見られるような構造的なクラックが発生する場合があります。類似の不具合は、屋上目隠し壁でも見られます。</p>	
対策	<p>工作物の壁を支える間柱は、通常の強度・たわみ計算結果以上の剛性を確保してください。</p> <p>屋上目隠し壁を支える間柱は、躯体鉄骨以外の鉄骨として、片持ち梁の計算をして部材が決定されます。横張り工法のECP両端の間柱が、大きさが異なることによりたわみ量が異なる場合や、内外の異なる方向にたわんだ場合は、ECPがひねられて破損する場合があります。</p> <p>間柱の大きさを計算結果より大きくする、頭つなぎを設けて異なるたわみを防止する、などの措置が必要です。</p>	
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>[×不具合例] 間柱が自由にたわむ。</p>  </div> <div style="width: 48%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>[○推奨例] 間柱が一体化される。</p>  </div> </div>	
ポイント	<ol style="list-style-type: none"> ①工作物の間柱は、通常の強度・たわみ計算結果以上の剛性が必要。 ②ECPの両側の間柱は、原則同じ大きさにする。 ③必要に応じて、頭つなぎを設ける。 	

20	(3)地震力増大(胴縁脆弱による留付部クラック)	
事例	熊本地震(震度6弱地域)	
	 <p style="text-align: center;">外側</p>	 <p style="text-align: center;">内側</p>
原因推測	<p>ECP縦張り工法の胴縁部分で、留付部クラックが発生しています。胴縁の設計は、風圧とECPの自重に対して強度とたわみで大きさを決めますが、ECPの自重の影響による胴縁の回転までは考慮していません。胴縁とともに下地鋼材も回転し、その結果Zクリップに常時引き抜き力が加わり、留付部に微クラックが入っていたのが、地震で顕在化したと思われます。</p>	
	<p>胴縁は、躯体鉄骨以外の鉄骨として、単純梁の計算をして部材が決定されます。一般的には、横向きH形鋼が採用されますが、H形鋼の外側にECPの自重が垂直に加わることから、H形鋼と下地鋼材が回転します。これにより、Zクリップに常時引き抜き力が加わることになり、大地震の影響が無くても、留付部クラックが発生する場合があります。大地震の際には顕著に発生します。</p> <p>H形鋼の自重によるたわみと、回転による下がりにより、上部パネルが下部パネルに接触しないよう、剛性のある鋼材を選んでください。</p>	
具体対策	<p>【×不具合例】 鉛直たわみが大きい鉄骨からの持ち出しが大きい。</p>	<p>【○推奨例】 たわみ制御吊り補強材付。</p>
	 <p>透水性バックアップ材</p>	 <p>透水性バックアップ材</p> <p>たわみ抑制吊り補強材</p>
ポイント	<p>①鉛直荷重に対して十分な剛性のある鋼材を選ぶ。 ②パネルと胴縁を近接させる納まりを選ぶ。 ③胴縁と柱の連結部分は、簡易なボルト接合だけにしない。 ④中間にたわみ抑制吊り補強材を設けることが望ましい。</p>	

参考資料

- ① 『平成23年東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）』（国土技術政策総合研究所、建築研究所）
- ② 『官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説 令和3年版』（公共建築協会）
- ③ 『公共建築工事標準仕様書（建築工事編）令和4年版』（公共建築協会）
- ④ 『建築工事監理指針 令和4年版』（公共建築協会）
- ⑤ 『大規模空間を持つ建築物の天井の崩落対策について（技術的助言）』（平成15年国土交通省住宅局）
- ⑥ 『東日本大震災合同調査報告書 建築編 6 非構造部材』（東日本大震災合同調査報告書編集委員会）
- ⑦ 『非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領』（日本建築学会）
- ⑧ 『建築工事標準仕様書・同解説 JASS27 乾式外壁工事』（日本建築学会）
- ⑨ 『建築工事標準仕様書・同解説 JASS14 カーテンウォール工事』（日本建築学会）
- ⑩ 『建築工事標準仕様書・同解説 JASS21 ALCパネル工事』（日本建築学会）※第4版と第5版
- ⑪ 『天井等の非構造材の落下事故防止ガイドライン』（日本建築学会）
- ⑫ 『設計者のための見落としてはならない非構造部材』（日本建築構造技術者協会）
- ⑬ 『鉄骨建築内外装構法図集第三版』（日本鉄鋼連盟）
- ⑭ 『建築用エキスパンションジョイントの手引』（日本エキスパンションジョイント工業会）
- ⑮ 『システム天井新耐震基準』（ロックウール工業会）
- ⑯ 『ECP施工標準仕様書（第7-2版）』（ECP協会）
- ⑰ 『建材試験情報2012年1月号』（建材試験センター）
- ⑱ 『建築技術2017年4月号』（建築技術）

正会員

本社所在地

製品名

株式会社 **ノザワ**

〒650-0035
神戸市中央区浪花町15番地
TEL 078-333-4111 FAX 078-393-7019
<http://www.nozawa-kobe.co.jp>

アスロック

アイカテック 建材株式会社

〒176-0012
東京都練馬区豊玉北6丁目5番15号
TEL 03-5912-0740 FAX 03-5912-0750
<http://www.aica-tech.co.jp/>

メース

賛助会員

株式会社 タケチ	〒160-0023	東京都新宿区西新宿1丁目23番3号	TEL 03-3343-1351 FAX 03-3340-5050
株式会社 日本ラバテック	〒532-0011	大阪市淀川区西中島3丁目9番13号	TEL 06-6886-0431 FAX 06-6886-0430
早川ゴム株式会社	〒135-0031	東京都江東区佐賀1丁目16番10号	TEL 03-3642-9430 FAX 03-3643-6288
ホッティーマー株式会社	〒131-0032	東京都墨田区東向島4丁目43番8号	TEL 03-3614-4100 FAX 03-3614-4162
青山鋼業株式会社	〒344-0122	埼玉県春日部市下柳880番	TEL 048-745-2141 FAX 048-745-2004
株式会社 建庄	〒279-0025	千葉県浦安市鉄鋼通2丁目1番3号	TEL 047-306-5611 FAX 047-306-5612
株式会社 後藤商店	〒454-0954	名古屋市中川区江松5丁目103番地	TEL 052-303-2551 FAX 052-303-6954
サンコーテクノ株式会社	〒270-0163	千葉県流山市南流山3丁目10番16号	TEL 04-7157-8181 FAX 04-7157-8787
新栄商事株式会社	〒982-0012	仙台市太白区長町南2丁目10番21号	TEL 022-249-1601 FAX 022-246-1298
株式会社 スタック	〒110-0015	東京都台東区東上野1丁目7番13号	TEL 03-5807-2800 FAX 03-5807-2801
株式会社 日東	〒135-0062	東京都江東区東雲2丁目11番6号	TEL 03-3527-7101 FAX 03-3527-7121
初穂商事株式会社	〒455-0855	名古屋市港区藤前3丁目201番地	TEL 052-303-5612 FAX 052-303-5402
有限会社 ベストファスナー	〒675-0045	兵庫県加古川市西神吉町岸42-1	TEL 079-434-5550 FAX 079-434-5556
丸仁産業株式会社	〒522-0026	滋賀県彦根市大堀町440番	TEL 0749-24-1017 FAX 0749-24-5041
村上工業株式会社	〒111-0053	東京都台東区浅草橋4丁目10番8号	TEL 03-5860-2151 FAX 03-5821-2061

押出成形セメント板協会事務局 (ECP協会事務局)

〒650-0035
神戸市中央区浪花町15番地(株式会社ノザワ内)
TEL 090-5628-4835 E-mail ecp-kyoukai@docomo.ne.jp
<http://www.ecp-kyoukai.jp/>



このパンフレットは、環境にやさしい植物油インキを使用しています。

第1版 2016.06 IP
第2版 2019.05 IP
第3版 2023.05 IP