

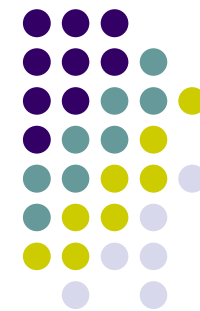
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 PCカーテンウォール地震被害調査報告

平成24年11月

一般社団法人プレコンシステム協会

PCSA

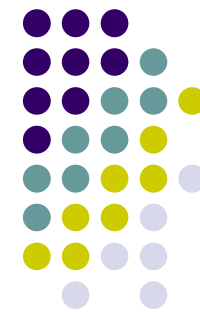
1 はじめに



PCSAでは過去に「昭和53年宮城県沖地震」「平成5年釧路沖地震」を初め、「平成7年兵庫県南部地震」「平成16年新潟県中越地震」「平成17年福岡県西方沖地震」など、震度6以上が観測された大地震時に、協会内に被害調査団を組織し、プレキャストコンクリート・カーテンウォールの被害状況を調査、その結果を「PCカーテンウォール被害調査報告書」としてまとめてきた。

本報では、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」における、プレキャストコンクリート・カーテンウォールの被害調査結果の概要について報告する。

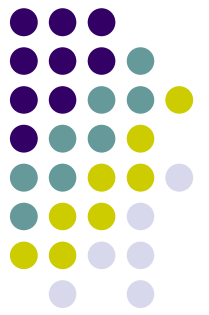
プレキャストコンクリート・カーテンウォールの 層間変位対応技術の変遷について



PC板を外壁面に採用する構法は、昭和40年代に入っ
て普及し始めた。

その初期においては、RC造の建物に採用される例も多
く、現在のような耐震性能は求められてはいなかった。

同じく昭和50年頃は、PCカーテンウォールの層間変
位を具体的に模す実大試験が行われ、そこで得られた
知見やデータをもとに、層間変位追従方式としてのス
ウェイ方式やロッキング方式が、一般的な知識として定
着していった。



そのような中で「昭和53年(1978年)宮城県
沖地震」が発生

同年10月、建設省告示第1622号による告示第109号の改正により、「プレキャストコンクリート板の帳壁は支持構造部分において可動とすること」という記述が追加され、帳壁としてのPCカーテンウォールの耐震性能が明記された。

また、翌年4月には日本建築センターより「帳壁耐震構法マニュアル」が発行され、他の非構造部材も含めた耐震性向上のための具体的方法が記述されることで、技術の一般への普及が図られた。

2 調査



2-1. 調査対象

震度6以上を観測した地域への施工実績について、協会々員各社に対し申告を要請した。実績の中には、過去のPCSA会員会社が施工した建物も存在したが、**極力情報の入手を試みた結果、209件の施工情報を入手した。**

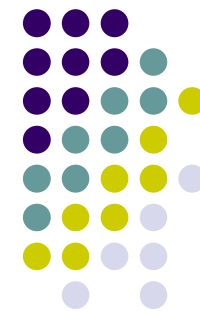
調査対象建物の選定

今回調査対象地域が広大となったため、すべての建物を調査することは困難と判断された。そこで**気象庁震度階が大きくかつPCカーテンウォールの採用例が多い都市部**を中心とし、**高層の建物**、あるいは**竣工時期が古く設計上の層間変位追従性が明確でないもの**などを調査対象とした。

【宮城県】(申告件数75件、調査対象物件47件)

近年100mを超える高層ビルが多数建設されている、仙台市内を中心に調査した。

市内には比較的古くからPCカーテンウォールを採用した建物が多く、過去には1978年、2005年に引き続き今回で三度目の大地震を経験したPC部材採用建物も存在する。



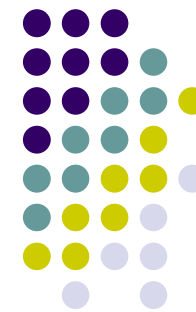
●仙台市内のPCカーテンウォールが採用された超高層建物の例



【福島県】(申告件数31件、調査対象物件15件)

震度が大きくRC造建物などにも大きな被害が見られた県南部には、プレキャストコンクリート・カーテンウォールを採用した建物が少なく、比較的採用例の多かった福島市、郡山市を中心に調査した。

●福島県内のPCカーテンウォールが採用された建物の例





【栃木県】(申告件数31件、調査対象物件18件)

比較的震度が大きかった宇都宮市とその近郊の建物を中心に調査を行った。市内には高層建物となる栃木県庁舎があり、宇都宮駅周辺は再開発事業などが行われ、プレキャストコンクリート・カーテンウォール採用建物も比較的多い。



- 宇都宮市内のPCカーテンウォールが採用された建物の例





【茨城県】(申告件数72件、調査対象物件41件)

PCカーテンウォールの採用例が多かった水戸市及びつくば市内を中心として調査した。水戸市内にはPCカーテンウォールを採用した高層ビルとして茨城県庁舎が施工され、またつくば市内には市街地の開発当初からPCカーテンウォールを採用した建物が多い。

●茨城県内のPCカーテンウォールが採用された建物の例





2-2. 調査方法

調査方法は、対象建物の目視観察により、

- ・部材の破損の有無
- ・付帯物の脱落・破損の有無
- ・目地通りの乱れ

などの確認を行った。確認の結果、明らかに異常が見られた建物については、当該会員会社に連絡し、必要な処置を依頼する事とした。

調査は、下記の各都市について行われた。

- ・茨城県水戸市及びその近郊、宮城県仙台市およびその近郊、福島県福島市、郡山市、栃木県宇都宮市及びその近郊、千葉県旭市

調査数は、会員から申告されたもの以外に調査の工程の中でPCカーテンウォールと思われた建物26件を加え、**合計147件**となった。

3 調査結果



3-1. 被害のパターンと発生件数

外観調査の被害のパターンを整理すると以下の**5つ**に分類できる。

① 部材の脱落

- a. 何らかの原因により取付け部分が損傷し、部材の脱落に至ったと思われるもの。

② 部材のずれ

- a. 施工誤差などと思われるもの
被害の対象からは外してよい現象。
- b. 残留変位と思われるもの
ファスナー一部分に当初からある“がたつき”による多少のずれが残留したと考えられるもの。耐震性能の低下には関わらない現象である。



- c. 詳細調査を要するもの
主にファスナー一部損傷の懸念がある面外方向に対する数mmを超える“ずれ”や、ファスナー部と思われる位置に大きなひび割れが確認されたものである。

③ 部材の挙動による破損

- a. 危険性のある比較的大きな欠け
部材間の衝突により生じた大きな角欠けなどの破片が落下することで、二次災害の可能性もあり早急な対策が必要と感じられたもの。
- b. 挙動時の軽微な角欠け
部材間の衝突による軽微な角欠けが確認されたもの。

④ 部材のひび割れ

- a. PCカーテンウォールのひび割れ
- b. 型枠兼用PC(PCF)のひび割れ

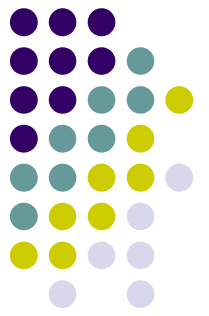
⑤ 異常なし



調査の結果を表1に示す。調査総数**147件**の中で全体の**88%**にあたる**130件**が「**外観調査では、特に注意すべき異常は無い**」と判断された。

被害状況	件数	詳細状況	件数	被害件数17件のうちの内訳(%)	左記のうち目立った被害の件数	左記のうち急を要するものの件数
① 部材の脱落	1	PC板の落下	1	6%	1	1
② 部材のずれ	5	残留変位と思われるもの	4	23%		
		詳細調査を要するもの	1	6%	1	1
③ 部材の破損	6	危険性のある比較的大きな欠け	2	12%	2	2
		拳動時の軽微な角欠け	4	23%	1	
④ 部材のひび割れ	5	PCカーテンウォール	0	0%		
		型枠兼用PC (PCF)	5	29%	1	
⑤異常なし	130					
調査数の総計	147	被害件数の総計	17	100%	6	4

表1 被害調査結果一覧



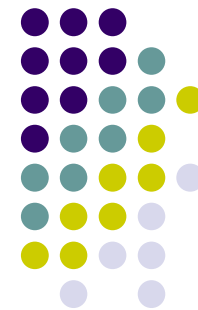
「何らかの異常が感じられた」**17件**のうち、ごく軽微なものを除いた目立った被害例は**6件**であった。
この中で、

- ①部材の脱落1件
- ②部材のずれのうち詳細調査を要するもの1件
- ③部材の破損のうち危険性のある比較的大きな欠け2件

の計**4件**については、余震などによる二次被害の可能性が懸念され、早急な対応が求められた。

後にこれらについては、調査及び改修などの対応が済んでいることを確認している。

残り**13件**については、対応への緊急性は無いものと判断した。



3-2. 代表的な被害の概要と原因の推定

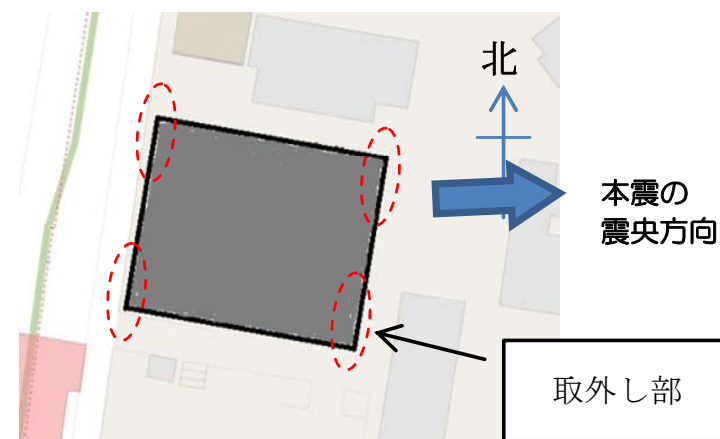
3.2.1 部材の脱落の例

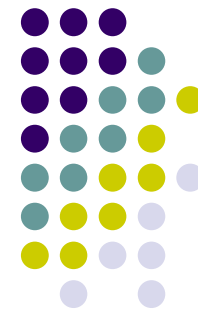
8階建ての4面にPC板が採用された建物。東西面に取り付けられた層間に取り付いたPCパネルが1枚脱落し、残った部材は取り外された。

施工年は昭和40年代と想像され、昭和53年の告示改正前の建物と推測されることから、帳壁としての十分な層間変位追従性能を保有していなかった可能性が考えられた。

その後、当該の外装は金属系パネルに改修された。

→次頁参照





●改修後の状況

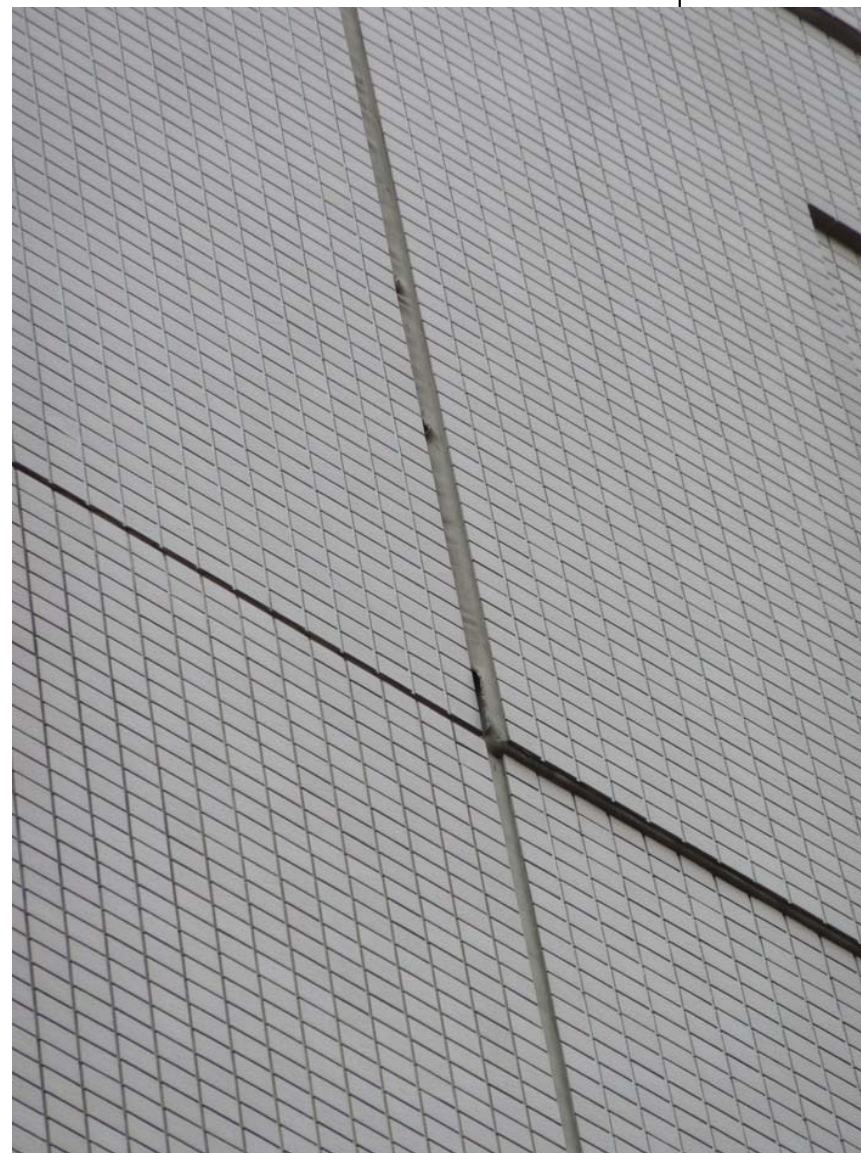


3.2.2 部材のずれ(詳細調査を要するもの)の例

建設地は茨城県で、本震クラス(M7.0以上)の大きな余震に度々襲われている。

本件は鉄骨造、地上12階の建物で、西面の一部縦列の各階のパネルの下端が、面外方向へ飛び出す形で目地ずれを起こしているのが確認された。

一般に面外方向に目地ずれを生じていた場合、取り付け金物が大きく変形しているか、若しくは取り付け金物周辺のコンクリートが破損している可能性が考えられる。

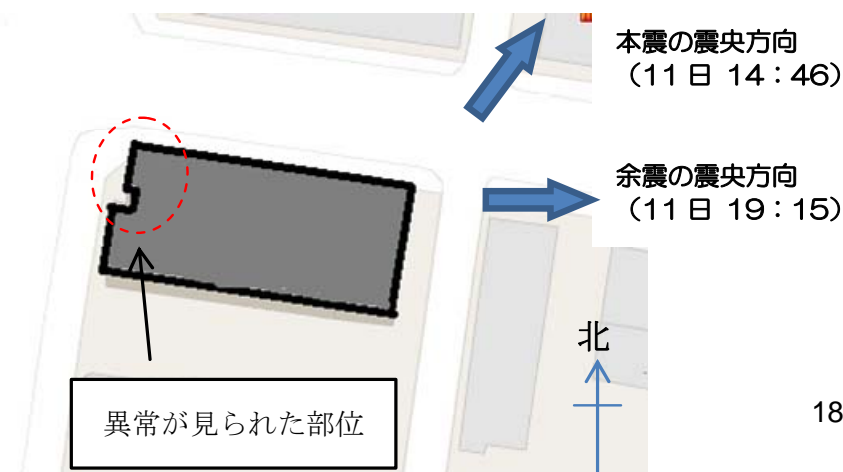


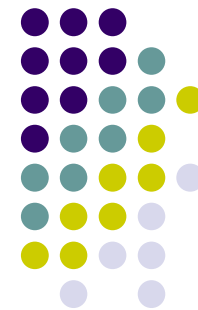


本例では「兵庫県南部地震」でも見られたファスナー部コンクリートの破損を伴う大きなずれであると推測された。建物の形状から想定される損傷原因として、過去の被害例でも見られた

・吹抜け部や階段室のまわりなど、**躯体の剛性が低くなる部位**で、変形が大きくなる傾向が影響した可能性も考えられた。

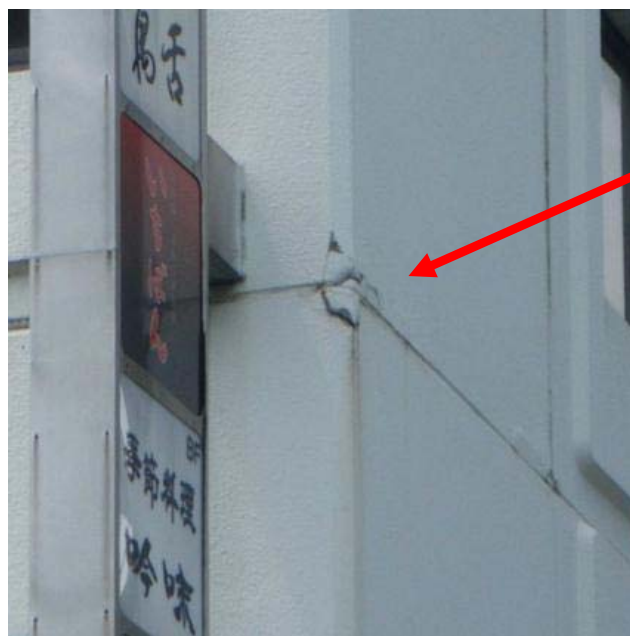
後に本建物は改修が施され、健全な状態に修復されている。





3.2.3 部材の破損のうち、危険性のある比較的大きな欠けの例

本件は、PCSA会員による施工実績報告はなかったが、外壁面の形状とその損傷状況からPC板と判断した。建物は9階建てのホテルで、昭和49年(1974年)に竣工し37年が経過している。





近接のK-net観測網では、震度6強の揺れと1800galを超える加速度が記録され、大きな層間変位が生じたことにより、確認されたような損傷が発生したものと推測する。

また本件も、昭和53年の告示改正以前の建物である事から、拳動を吸収する目地幅は現在とは異なって細く、10～15mm程度と思われる。この事も「欠け」の発生の大きな要因になったと思われる。



その後の改修中の状況



3.2.4 部材の挙動による破損(挙動時の軽微な欠け)の例

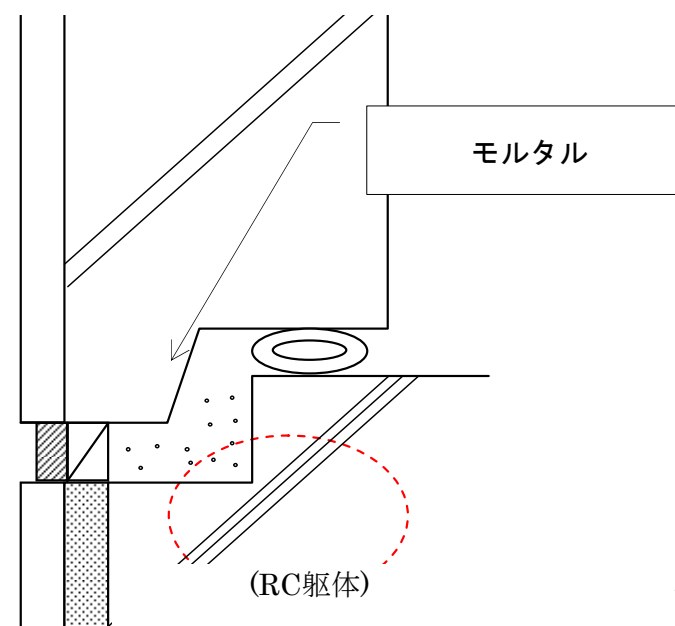
本物件は、平成16年(2004年)に竣工したS造地上9階、塔屋1階の建物である。

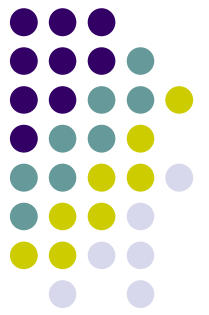
1階のロッキング方式の壁PC板が、幅木躯体と取合う部位において、PC板の破損が複数個所で確認された。

原因は、躯体取合部水平目地部分は、本来可動性を確保すべきところ、この事例では躯体後張りタイルのモルタルが詰められていたためと推測され、地震による面外方向の挙動時に拘束され破損したものと考えられる。



(PCa版)





このような部材の最下端が破損する現象は、脱落に至る損傷ではないが、他にも同様な位置でのひび割れなどが複数件確認された。

PCメーカーにとって施工範囲外となる、このような後工程の施工確認は現実的には難しいと言える。

改めて、最低限作図上で納まりを明記すると共に後工程への申し送りを確実に行うことが必要と考える。

4 考察

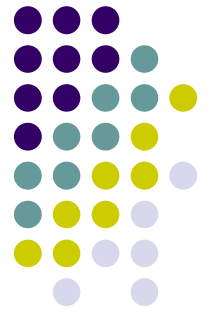


「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」において、宮城県から千葉県に至る広範囲の**147件**のPCカーテンウォール採用案件を調査した結果、目立った被害例としては、以下の**6件**であった。

- ・PC板の脱落（仙台市内で**1件**）
- ・ひび割れの発生（仙台市内で**1件**）
- ・面外方向への目地ずれ（水戸市内で**1件**）
- ・角欠け（仙台、水戸、つくばの各市内で各1件、計**3件**）

冒頭において、昭和50年頃から層間変位追従方式としてのスウェイ方式やロッキング方式が、一般的な知識として定着していったことを述べたが、当時 PCカーテンウォールの採用は都市部での計画が中心であり、地方まで含めて技術レベルや考え方が十分に浸透していたとは言い難い。

今回、PCSA会員会社の施工によらない建物での1枚の脱落が確認された



層間変位追従機構上の要因と合せて、当時**設計用水平方向震度も $k=0.3\sim 0.5$** で設定されることが多かったため、それらがファスナー一周りの破損に繋がったことも推測できる。

会員会社の実績案件から選定した調査対象建物**121件**のうち、**昭和53年(1978年)以前に施工されたものは19件**であった。そのうち1件については、部材の挙動による角欠けなどが確認されたが、他は特に異常は確認されていない。結論としては今回の被害の原因は躯体や施工の状況との関連が深いものと考えられ、**現在の設計手法上で早急に検討しなければならない課題は特に生じていない**と考えられる。

5 おわりに



今回の地震の被害状況と、「兵庫県南部地震」の際に得られた教訓も鑑み、今後のPCカーテンウォールをより優れたものとするための設計の方向性について以下にまとめる。

- ・PCカーテンウォールと、1階のパネルの足元での**躯体取り合い**、あるいは**EXP.J周り**、**内装材**などに対して、**層間変位時の挙動を十分に考慮**した設計と施工管理が必要である。
- ・エレベーターコアや階段室まわりなど、**躯体の剛性が他の部分と異なる構造**へPC板が取り付けられると、**地震時の変形が大きくなり**、外壁被害が発生し易いため、取付け方法などに留意する。
- ・ファスナー部の検討の際に、出来るだけコンクリート側を壊さない、アンカー金物との剛性バランスに配慮した設計を行うことが望ましく、**フェイルセーフ的な考え方が必要**である。
- ・地震後の、特に**ファスナー周りの室内側からの点検**が容易にできるように設計しておくことは、被災後の早期の安全確保の観点²⁵からも今後の重要な課題と言える。