

2011年東北地方太平洋沖地震におけるRC系壁式構造物の地震被害
(その2) RC系壁式構造物の被災度区分判定

		正会員	○井上芳生 ¹⁾	正会員	時田伸二 ²⁾
		同	稲井栄一 ³⁾	同	飯塚正義 ⁴⁾
		同	佐々木隆浩 ⁵⁾	同	勅使川原正臣 ⁶⁾
地震被害	RC系壁式構造				
仙台市	2011年東北地方太平洋沖地震				
		公共賃貸住宅			
		被災度区分判定			

1. はじめに

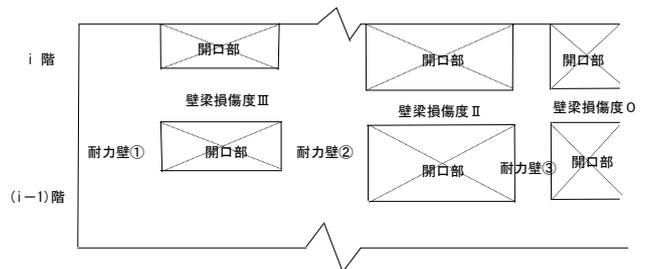
本報(その1)に示した仙台市内の公共賃貸住宅の被害調査¹⁾では、各種RC系壁式構造物において、壁梁の損傷やプレキャスト部材の接合部の損傷が観られた(図1参照)。一方、日本建築防災協会「鉄筋および鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被災度区分判定調査表」では、RC系壁式構造における壁梁の損傷の扱い方やプレキャスト部材の接合部の損傷度の判定方法が示されていない。そこで、本会壁式構造運営委員会では、WRC造、WPCa造、WPCa PS造、リブ付きパネル造に関する被災度区分判定の方法を上記の調査表に基に新たに定め、今回の地震の被害調査に用いた。本報(その2)では、これらの内容を報告する。

2. 上部構造の耐震性能残存率Rによる被災度区分判定

- ①構造躯体の調査は、最も被害の激しいと思われる階を選び、その階について行う。
- ②構造躯体やWPCa造、WPCa PS造、リブ付きパネル造のPCa接合部の損傷度(0、I、II、III、IV、V)の分類は、後出の表2を参考とする。
- ③WRC造の場合には、原則的に耐力壁(WPCa造、WPCa PS造、リブ付きパネル造の場合は、耐力壁とPCa接合部)に注目して判定する。耐力壁については、その

階の被害の大きい方向の耐力壁を対象とする。壁梁あるいは耐力壁・壁梁接合部の損傷度が耐力壁より大きい場合には下記による。

- ・耐力壁・壁梁接合部の損傷度を下階の耐力壁の損傷度とする。
- ・耐力壁・壁梁接合部の左右のいずれかに壁梁が接続する場合は、壁梁の損傷度を当該壁梁が接続する下階の耐力壁の損傷度とする(図2参照)。
- ・耐力壁・壁梁接合部の左右に壁梁が接続する場合は、左右の壁梁の損傷度の平均値(端数切上げ)をこれらの壁梁が接続する下階の耐力壁の損傷度とする(図2参照)。



- ・耐力壁①の損傷度 = (接続する上階の壁梁の損傷度III) ⇒ 損傷度III (接続する壁梁が1つの耐力壁)
- ・耐力壁②の損傷度 = (III + II) / 2 = 2.5 ⇒ 損傷度III (接続する壁梁が2つの耐力壁)
- ・耐力壁③の損傷度 = (II + 0) / 2 = I ⇒ 損傷度I (接続する壁梁が2つの耐力壁)

図2 壁梁の損傷度による耐力壁の損傷度の判定



図1 各種RC系壁式構造物の壁梁および接合部の損傷

- ⑤上部構造の被災度の判定は、各損傷度の耐力壁の長さや枚数、PCa接合部個数に基づいて算定される耐震性能残存率Rにより行う(表1参照、表1は日本建築防災協会「鉄筋および鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の被災度区分判定調査表」を一部修正)。
- ⑥旧耐震規準のリブ付パネル造について

リブ付パネル造の量産公営住宅は旧耐震規準において耐力壁をキャンティレバーとして設計されており、垂れ壁がなくても鉛直荷重の支持が可能になるように計画されているが、建物の耐震性能には垂れ壁は壁梁として寄与することを考慮し、損傷度判定においては垂れ壁を壁梁とみなして被災度区分判定を行うこととした。

表1 構造部材の損傷度調査結果（各種R C系壁式構造）

※（ ）内にそれぞれの耐力壁数や耐力壁長を記入し合計を計算する。

	耐力壁破壊型の耐力壁	壁梁破壊型の耐力壁	壁梁・耐力壁接合部破壊型の耐力壁	水平接合部破壊型のPCa耐力壁	鉛直接合部破壊型のPCa耐力壁	合計
総部材数	() + () + () + () + () = ()					
調査部材数	() ^① + () ^② + () ^③ + () ^④ + () ^⑤ = ()					
	①×1 + ②×1 + ③×1 + ④×1 + ⑤×1 = ()					= A _{org}
損傷度0	() + () + () + () + () = ()					= A ₀
損傷度I	()×0.95 + ()×0.95 + ()×0.95 + ()×0.95 + ()×0.95 = ()					= A ₁
損傷度II	()×0.6 + ()×0.6 + ()×0.6 + ()×0.6 + ()×0.6 = ()					= A ₂
損傷度III	()×0.3 + ()×0.3 + ()×0.3 + ()×0.3 + ()×0.3 = ()					= A ₃
損傷度IV	()×0 + ()×0 + ()×0 + ()×0 + ()×0 = 0					= A ₄
損傷度V	()×0 + ()×0 + ()×0 + ()×0 + ()×0 = 0					= A ₅

耐震性能残存率 R

$$R = \frac{\sum A_j}{A_{org}} \times 100 = \left(\frac{\quad}{\quad} \right) \times 100 = (\quad)$$

$$\sum A_j = A_0 + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = (\quad)$$

表2 構造躯体やWPCa造・WPCaPS造のPCa接合部およびリブ付きパネル造（量産公営住宅）の接合部の損傷度

損傷度	WRC造構造躯体（耐力壁、壁梁、耐力壁・壁梁接合部） （日本建築防災協会の構造躯体と同様）	WPCa接合部（建築研究振興協会、損傷度V加筆） 上記以外の部分は左欄（WRC造）による	WPCaPS造耐力壁水平接合部（プレハブ建築協会提案） 上記以外の部分は左欄（WPCa接合部）による	リブ付きパネル造（量産公営住宅）の接合部（プレハブ建築協会提案）	
				水平接合部（耐力壁の上下）	鉛直接合部（耐力壁・たれ壁・腰壁、耐力壁-耐力壁・柱材）
I	近寄らないと見えにくい程度のひび割れが発生（ひび割れ幅0.2mm以下）	PCa接合部に近寄らないと見えにくい程度のひび割れまたは目開きが発生（幅0.2mm以下）。接合鋼板位置の詰めモルタルの浮きまたは落下（注2）	耐力壁水平接合部に近寄らないと見えにくい程度のひび割れまたは目開きが発生（幅0.2mm以下）	壁脚部への軽微なひび割れまたは目開きが発生（幅0.2mm以下）	耐力壁、たれ壁の境界部にひび割れが発生（ひび割れ幅0.2mm以下）
II	肉眼ではっきり見える程度のひび割れが発生（ひび割れ幅0.2~1mm程度）	PCa接合部に肉眼ではっきり見える程度のひび割れまたは目開きが発生（幅0.2~1mm程度）	耐力壁水平接合部に肉眼ではっきり見える程度のひび割れまたは目開きが発生（幅0.2~1mm程度）	壁脚部から450mmの範囲でのひび割れ発生（ひび割れ幅0.2~1mm）	耐力壁、たれ壁の境界部にひび割れ発生（ひび割れ幅0.2~1mm）
III	比較的大きなひび割れが生じているが、コンクリートの剥落は極くわずかである（ひび割れ幅1~2mm程度）。	PCa接合部の接合筋または接合鋼板が見える程度のひび割れまたは目開き発生（幅約1~5mm）	耐力壁水平接合部に比較的大きなひび割れまたは目開きが発生（幅約1~5mm）	（アンカーボルトの降伏）壁脚部の下より180mm部分（厚さ120mm部分）への縦ひび割れの増加（ひび割れ幅1~2mm）	耐力壁、たれ壁の境界部にひび割れ発生（ひび割れ幅1~2mm）
IV	大きなひび割れ（2mmを超える）が多数発生し、コンクリートの剥落も激しく鉄筋がかなり露出している。	コンクリートを手でたたくと、コンクリートが落下し、接合筋または接合鋼板が部分的または全部見えるような破壊が発生。	耐力壁水平接合部に大きなひび割れまたは目開きが発生（幅約5mm以上）	壁脚部のアンカーボルト部分に放射状にひび割れが発生。また、せん断ひび割れも多数発生している。	耐力壁やたれ壁の厚い部分と薄い部分の境界部が割裂破壊。鉄筋が見える程のコンクリートの剥落
V	鉄筋が曲がり、内部のコンクリートも崩れ落ち、一見して耐力壁に高さ方向や水平方向の変形が生じていることが分かるもの。沈下や傾斜が見られるのが特色。鉄筋の破断が生じている場合もある。	損傷度IVに加え、接合筋の曲がりや破断、PCa鉛直接合部の大きな目開きや水平接合部のずれが発生している。	屋上PC鋼棒定着位置の膨らみ、壁脚PC鋼棒継手位置の膨らみなど、PC鋼棒の破断を示す痕跡がある。または、損傷度IVに加え、耐力壁のPC鋼棒またはシースが見える。	壁脚部の圧壊（壁板単体での鉛直荷重支持能力の喪失）	たれ壁の上下を横断する境界部のひび割れ。主筋が露出する程のひび割れ

注1：用語

ひび割れ：一体のコンクリートの部分に生じたもの（PCa部材では部材内部または幅の広い接合部中で生じたもの）

目開き：PCa部材相互またはPCa部材と現場打ちコンクリート（モルタル）との境界面に生じたもの

注2：詰めモルタルについて

WPCa造、WPCaPS造に用いられている鋼板接合では、鋼板相互を溶接した後、接合作業のために設けているPCa部材の欠き込み部に詰めモルタルを充填している。このモルタルは耐久性確保の観点から必要であるが、構造耐力上は重要ではない。したがって、この部分の詰めモルタルがPCa部材から浮いたり、または落下したりしても構造耐力上の損傷度は小さい。

3. まとめ

本報(その2)では、今回の地震において本会壁式構造運営委員会が行った地震被害調査に用いた「WRC造、WPCa造、WPCaPS造およびリブ付きパネル造に関する被災度区分判定」の方法を示した。本方法により、耐力壁のほか、壁梁、耐力壁・壁梁接合部の損傷の影響、およびプレキャスト部材の接合部の損傷を取り入れた被災度区分判定が行える。
 <参考文献> 1) 日本建築学会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報，2011.7

- 1) (株)UR リンケージ
- 2) (独)都市再生機構
- 3) 山口大学大学院・博士(工学)
- 4) (社)プレハブ建築協会
- 5) レスコハウス(株)
- 6) 名古屋大学大学院・工学博士

- 1) Urban Renaissance Linkage Co. Ltd.
- 2) Urban Renaissance Agency
- 3) Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi University, Dr. Eng.
- 4) Japan Prefabricated Construction Suppliers & Manufacturers Association
- 5) RESCOHOUSE Corporation
- 6) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Dr. Eng.