

地震による非構造部材の損傷の評価に関する研究 —乾式間仕切り壁と ALC 外壁を対象とした実大載荷実験を通して—

Study on Damage of Non-Structural Element Caused by Earthquake
—Through Actual Loading Test of Dry Partition Wall and ALC Exterior Wall—

学籍番号 47-186777
氏 名 八木 尚太朗 (Yagi, Shotaro)
指導教員 清家 剛 教授

1 序論

1. 1 研究の背景

地震により乾式間仕切り壁と ALC 外壁に発生する損傷には、軽微な場合と補修等の対応を必要とする場合がある。これは実際の地震の被害調査で判明している。また損傷を目視により短時間で診断できる場合と解体工事を経て診断できる場合があることも判明している。つまり地震後には補修等の何らかの対応が必要だが、短時間で容易に診断できない場合がある。応急危険度判定等の手法で短時間の安全確認が行われる避難所では、これは大きなリスクになる。

しかし、発生した損傷が、地震後に補修等の対応をどの程度必要とするか(以降「対応の必要性」とする)と、診断にどの程度の時間と手間がかかるか(以降「診断の難易度」とする)ということは、これまであまり検討されてこなかった。この結果、本来対応が必要な損傷の把握ができておらず、その後の対策もされていない可能性がある。

1. 2 研究の目的と方法

本研究では、乾式間仕切り壁と ALC 外壁を対象とし、地震後に補修等の対応が必要だが短時間で診断が難しい損傷などの把握と、今後の対策方法の考察を目的とした。

既往研究は損傷に関する詳細な情報が不十分であることを踏まえ、本研究ではまず実大載荷実験を行い、損傷の観察を行った。次に実験で観察された損傷の「対応の必要性」と「診断の難易度」の評価を行った。

2 実大載荷実験について

2. 1 実験の位置づけと概要

実際の地震では、乾式間仕切り壁は梁からの持ち出し部分や開口部周辺、ALC 外壁は開口部やその周辺などの特殊な部位に損傷が集中することが、被害調査で分かっている。また鉄骨造の建物等では、ごく稀に発生する地震時に、躯体が変形角 1/50 程度の大変形になることが判明している。

しかし、既往の実験では特殊な部位と躯体の大変形時の損傷の検証が不足している。

そこで本研究では、乾式間仕切り壁と ALC 外壁を対象とした、特殊な部位を含む試験体で、躯体の大変形時まで再現した実大載荷実験を行い、損傷の観察を行った。

乾式間仕切り壁の試験体では、平坦な壁と、梁からの持ち出し部分・扉枠等の特殊な部位が取り付けいた壁を鉄骨骨組みに取り付けた(図 1・写真 1)。ALC 外壁の試験体では、平坦な壁と、窓・扉の特殊な部位が取り付けいた壁を鉄骨骨組みに取り付けた

(写真2)。各試験体に対して、躯体の大変形時まで再現するため、変形角が正負方向に1/200, 1/100, 1/75, 1/50, 1/33となるよう一方から静的に载荷した。

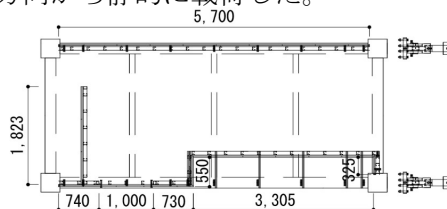


図1 乾式間仕切り壁の試験体平面図



写真1 乾式間仕切り壁の試験体外観



写真2 ALC外壁の試験体外観

2. 2 乾式間仕切り壁の損傷

表1に実験で観察された損傷とその時の層間変形角をまとめた。

平坦な壁では変形角1/50まで目立った損傷は生じなかったが、変形角1/33で石膏ボードが面外に変形したのち、脱落した。

梁からの持ち出し部分では、変形角1/75でランナーが開き、スタッドが脱落した。これは鉛直方向の壁が、2方向の力を受け、回転したことが原因だと考えられる(図2)。同箇所では壁間が開く等の損傷も生じた。

2. 3 ALC外壁の損傷

表2に実験で観察された損傷とその時の変形角をまとめた。

平坦な壁では変形角1/33に達した際も目

立った損傷は生じなかった。

窓と扉が取り付けいた壁では、変形角1/50以降に、開口部周辺のパネルにヒビが多数生じた。これはパネルが開口補強鋼材により拘束された結果、パネル間でロッキングの差や、ボルトからの応力が発生したことが原因と考えられる。

本実験では、窓と扉の開閉機能の確認も行った。結果を試験体の荷重変形曲線上にプロットしたものを、図3に示す。窓は変形角1/100以上、扉は変形角1/200以上で、開閉不良が生じやすいことが判明した。

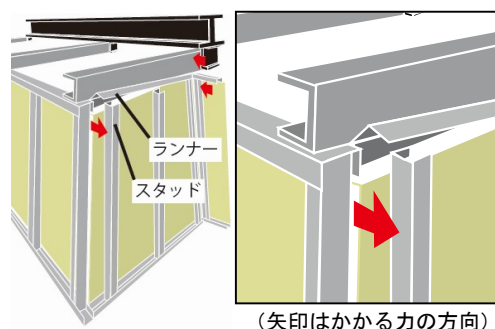


図2 梁からの持ち出し部分で観察された挙動

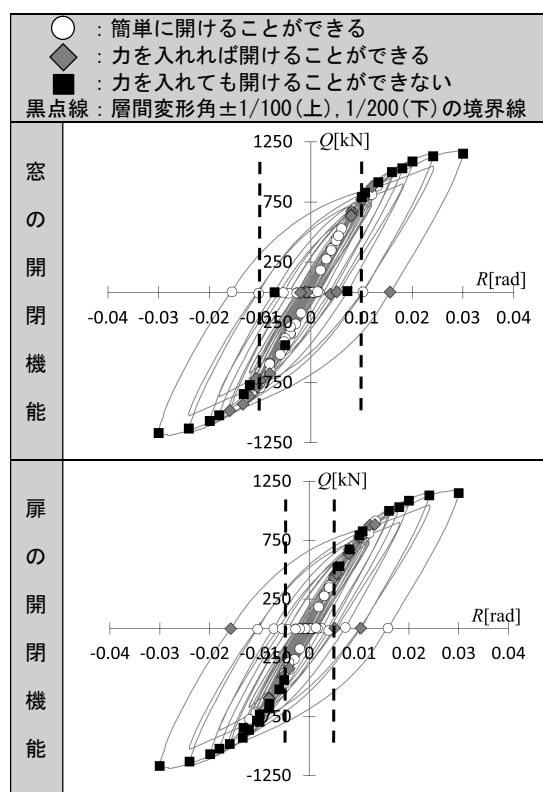


図3 窓と開閉機能の確認結果

表 1 乾式間仕切り壁の損傷

変形角	観察された損傷
1/400	ランナー端部の歪、上張りボードのヒビ、折れ、シールの切れ、下張りボードのヒビ、折れ
1/200	ボードの目地の浮き、スタッドの水平移動、スタッドの軽微な歪
1/100	ランナーの軽微な開き、上張りボードのロッキング
1/75	持ち出し部分のランナーの開き、壁間の隙間の開き、ビス穴からのヒビ、ビス穴の広がり、スペーサーの外れ、下部ランナーを留めるビスの抜け
1/50	上張りボードの面外への変形、スタッド同士を留めるビスの抜け
1/33	上張りボードの脱落、天井下地の接合部の破断

表 2 ALC 外壁の損傷

変形角	観察された損傷
1/200	モルタルのヒビ、パネル底面の損傷
1/75	パネルの室内側のヒビ
1/50	扉の開閉機能の低下、ガラスのヒビ、開口補強鋼材の溶接の切れ、定規アングルの溶接の切れ、パネルの室外側のヒビ、パネル目地のシールの切れ
1/33	窓枠の破断、扉枠の破断、ガラスのシールの切れ、窓の開閉機能の低下

3 実験で生じた損傷の評価

乾式間仕切り壁と ALC 外壁の実大載荷実験で観察された様々な損傷の「対応の必要性」と「診断の難易度」の評価を行った。

3. 1 損傷の「対応の必要性」の評価

損傷が部材の性能に及ぼす影響について考察し、「対応の必要性」の評価をした。

乾式間仕切り壁では、変形角 1/75 で観察された梁からの持ち出し部分のランナーの開きが、壁の耐力を大きく低下させると考えられる。変形角 1/75 で観察された壁間の開きが、耐火性を著しく低下させると考えられる。ALC 外壁では、変形角 1/33 で観察されたパネル外側のヒビにより、破片が脱落する可能性が高いと考えられる。窓は変形角 1/33 後の除荷時、扉は変形角 1/50 後の除荷時に、躯体の残留変形によって、開閉不良が生じやすくなったと考えられる。

これらの損傷は、耐震性や防火性の低下、避難のしやすさを低下させるため、余震や火事が地震後に発生した場合、人的被害を

生じさせると考えられる。よって、避難所等でも補修や使用禁止にするなどの対応が必要な損傷である。以上より「対応の必要性」を「高」と評価した。

ボード、パネルのヒビや溶接の切れ、シールの切れなどは、余震や火事が発生しても人的被害に直結しないと考えられる。そのため、避難所等で早急な対応の必要はない。しかし、建物の性能を元に戻すためには補修などの対応が必要である。以上より、「対応の必要性」を「中」と評価した。

乾式間仕切り壁の下地等の内装材に覆われた部材に生じた微小な損傷などは、意匠性を含め性能を低下させないと考えられる。これらは地震後に補修などの対応をしなくとも問題が無いと考えられるため、「対応の必要性」を「低」と評価した。

3. 2 損傷の「診断の難易度」の評価

損傷が生じた場所に着目し、「診断の難易度」の評価をした。

乾式間仕切り壁の下地とボードの下地側や、ALC 外壁の下地とパネルの室内側に生じた損傷は、目視で確認するために内装材等の解体工事が必要であるため、「診断の難易度」を「難」と評価した。

乾式間仕切り壁のボードの表側や、ALC 外壁のパネルの室外側に生じた部分的な損傷は、目視で確認できるが、高所での詳細な調査などが必要なため、早急に発見することは困難である。そのため、「診断の難易度」を「中」と評価した。

乾式間仕切り壁のボード全体や、ALC 外壁の開口部の損傷は発見しやすく、簡易な応急危険度判定でも診断できると考えられる。そのため、「診断の難易度」を「易」と評価した。

3. 4 損傷の評価結果

実験で観察された損傷の「対応の必要性」と「診断の難易度」の評価した結果を、表3にまとめた。なお、変形角が 1/100 までと、大変形の 1/50、1/33 で観察された損傷は区別できるよう表記している。

まず、「対応の必要性」について、変形角 1/100 では「高」の損傷は生じなかった。ALC 外壁については「中」の損傷も生じなかった。変形角 1/50 のときに「中」の損傷が急増し、変形角 1/33 で「高」の損傷も急増した。上張りボードやパネル室外側の損傷は、変形角の増加に応じて「対応の必要性」が高くなった。

変形角 1/50 未満で生じた持ち出し部分のランナーの開きは、地震後に補修等の対応が必要だが短時間で診断できない損傷である。この損傷の対策として、ランナー周辺の部材の強度を上げるなど壁が回転しない

設計方法の確立や、ランナーの変形を検出できるセンサの開発などが挙げられる。

また、「対応の必要性」が「高」、「診断の難易度」が「中」「低」の損傷は、地震後に補修等の対応が必要であり、目視で診断可能である。応急危険度判定のマニュアルに対応方法を記載するなどの対策が望ましい。

4 本研究の成果と今後の課題

本研究では、乾式間仕切り壁と ALC 外壁を対象として、特殊な部位と躯体の大変形時の損傷を考慮できる実大載荷実験を行い、損傷の観察を行った。損傷の「対応の必要性」と「診断の難易度」の評価により、乾式間仕切り壁の梁からの持ち出し部のランナーの開きについて、地震後に補修等の対応が必要だが短時間で診断ができないことなどを把握できた。更に今後の対策方法について考察できた。今後は要素実験等による対策方法の具体的な検討が必要である。

表3 対応の必要性と診断の難易度に基づいて損傷を評価した結果

凡例 ・：変形角 1/100 までに観察された損傷 ○：変形角 1/50 で観察された損傷 ●：変形角 1/33 で観察された損傷			
乾式間仕切り壁の損傷の「対応の必要性」			
		高	中
「診断の難易度」	難	○持ち出し部のランナーの開き	<ul style="list-style-type: none"> ・下張りボードのヒビ、折れ ○下部ランナーを留めるビスの抜け ○ランナー端部の歪 ○ビス穴からのボードのヒビ、ビス穴の広がり ○スタッド同士を留めるビスの抜け ●天井下地の接合部の破断
	中	●上張りボードのロッキング	<ul style="list-style-type: none"> ・ボードの目地の浮き ・シールの切れ ○上張りボードのロッキング ○上張りボードのヒビ、折れ ○上張りボードの面外変形
	易	<ul style="list-style-type: none"> ○壁間の隙間の開き ●上張りボードの面外変形 ●上張りボードの脱落 	
ALC 外壁の損傷の「対応の必要性」			
		高	中
「診断の難易度」	難		<ul style="list-style-type: none"> ○開口補強鋼材の溶接の切れ ○定規アングルの振れ止めの溶接の切れ ○パネル室内側のヒビ
	中	●パネル室外側のヒビ	<ul style="list-style-type: none"> ○パネル室外側のヒビ ●パネル目地のシールの切れ
	易	<ul style="list-style-type: none"> ○ガラスのヒビ ○扉の開閉機能の低下 ●窓の開閉機能の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ●ガラスのシールの切れ ●窓枠の破断 ●扉枠の破断