

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」

■ 研究成果概要報告書

研究課題	地震被害を被った鋼構造物の耐火性能	実施年度
		平成21年度
研究代表者	所属	筑波大学大学院 システム情報工学研究科
	氏名	鈴木 弘之

1. 研究の背景および目的

地震による建築物の損傷は、柱・梁などの耐力部材だけではなく、防耐火上の主要な要素である区画部材や耐火被覆材等の断熱部材にも及ぶ。火災時、熱に弱い耐力部材が自身の性能を発揮するためには断熱部材の健全性を必要とする。一方、変形追従性能に乏しい断熱部材がその性能を発揮するためには耐力部材の健全性を必要とする。それ故に、仮に地震による耐力部材の損傷を一定程度以下に抑えられたとしても、断熱部材が損傷を被ると、亀裂等によってその防火・耐火性能は低下してしまう。したがって、建築物の耐火性能を総合的に論じるためには、断熱部材の地震時における耐損傷性能と火災時の健全性の関係を定量的に把握することが必要不可欠といえる。

この点を踏まえ、本研究では、(1) 地震によって面内変形を被った乾式壁の加熱試験と、(2) 水平変形と加熱を同時に受ける被覆鋼柱の荷重加熱試験を、共にシリーズで行い、両部材の耐火性能の実態をそれぞれ明らかにしようとする。乾式間仕切り壁に対しては、スタッドの強化・ステープル釘打数増などの性能向上策を組み込んだ試験体を、図1に示す加力装置内に配して面内せん断試験を行った後、これを壁炉に投じて、損傷が耐火性能に及ぼす影響を調べる。一方、被覆鋼柱に対しては、図2に示す加熱・加力装置内に試験体を置いて、被覆材と鋼柱の相互作用を直接観察し、被覆材の変形追従能力・鋼材の温度上昇・鋼柱の崩壊モード・崩壊後の柱の残余耐力の間の関係を調べる。

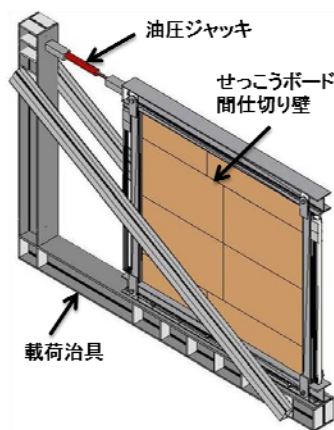


図1 面内せん断試験概要

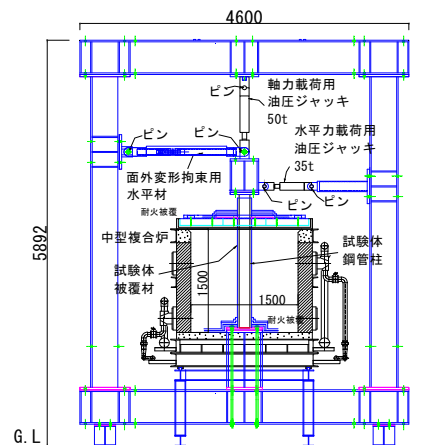


図2 柱の高温耐力試験の概要

2. 研究成果および考察（申請時の計画に対する達成度合いも含む）

(1) 地震被害を受けた乾式間仕切り壁の耐火性能

乾式間仕切り壁に対する実験では、標準的な方法およびせっこうボードの張付け方を改良した方法で施工した実大の乾式間仕切り壁を試験体(片面張り試験体, 両面張り試験体)とした。まず、常温下で面内に強制的にせん断変形を加えて、永久せん断角が残留するような損傷を与える。次に、この被災壁を大型壁炉に配し、標準加熱曲線に一致する推移で炉内温度を上昇させて壁を加熱した。以下は本研究によって得られた知見である。

片面張り試験体では、地震被害を受けることによって上張りせっこうボードと下張りせっこうボードとの接着性が低下する。そのため、耐火試験時には上張りせっこうボードは早期に脱落しやすくなって、その耐火性能は大幅に低下する。上張りせっこうボードの脱落を防止するには、図 3 に見るように、ステープルによる留め付け力を割増す方法が有効であること分かる。ボード間の接着性の低下が壁の耐火性能に及ぼす影響に比べると、せっこうボードに生ずるひび割れや亀裂が及ぼす影響は、それが貫通しない限り、小さい。ステープルの留付け量を最適に設定すると、地震時に適度なロッキングを起こすことで亀裂等の損傷を抑え、加熱時においても脱落を生じさせない性能を確保することが可能となる。

両面張り間仕切り壁においても、地震被害を受けると、その耐火性能は大幅に低下する。その主たる要因は 2 つある。1 つは上張ボードの早期脱落、もう 1 つは上張ボードの亀裂である。ひび割れを抑えるために上張ボードに強度を持たせ、面外座屈を防ぐために下地材の剛性を増すなどの工夫を施せば、片面張り試験体と同様に、この型の壁の耐火性能は大幅に改善されるはずであり、これを確認する実験をシリーズで行って、耐火性能改善のための方策の一端を明らかにしている。

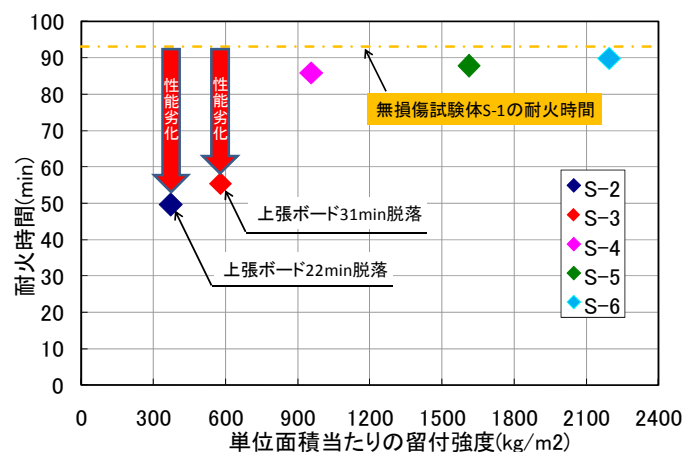


図 3 単位面積当たりの留付強度と耐火時間（片面張り試験体）

(2) 耐火被覆柱の高温耐力実験

耐火被覆された柱の高温耐力実験では、一般的な被覆材である吹き付けロックウール、けい酸カルシウム板およびロックウールフェルトによる巻き付け被覆材を対象とした。被

覆材とこれが取り付けられる鋼柱の相互作用を検討するため、鋼柱(約 2m)の荷重加熱実験と非荷重加熱実験を実施した。以下は得られた実験結果の一例である。

図 4~6 に幅厚比 25 の試験体 (□150x100x6) の荷重加熱実験終了後の写真および荷重、非荷重加熱実験時における試験体の鋼材温度を示す。まず、被覆材の損傷と鋼材の変形を観察すると、全ての被覆材において局部座屈等で歪が大きく生じた高さ位置で、被覆材が損傷していることがわかる。吹き付けロックウールとロックウール巻付け材で被覆した試験体における被覆材は、鋼の歪の大きい個所近傍のみの損傷に止まっているが、けい酸カルシウム板ではその歪が板全体の損傷に影響を及ぼしている。また、図より、加熱時における鋼材温度も被覆材の損傷に大きく依存していることが分かる。すなわち、吹き付けロックウールとロックウール巻付け材で被覆した試験体では、座屈変形発生時点における被覆材の損傷は僅かに止まったため、鋼材温度は、荷重・非荷重加熱実験の両場合について同程度である。一方、けい酸カルシウム板では、座屈に至る前においても、変形角が増すにつれて鋼材温度の上昇が早くなるばかりでなく、座屈時には板が広範囲にわたり脱落するために鋼材温度が著しく上昇する。以上、材料・工法により耐火被覆材の火災時変形追従性能は大きく異なり、座屈後の急激な耐力劣化を防ぐためには被覆方法などの改善等を行う必要のあることが明らかとなっている。

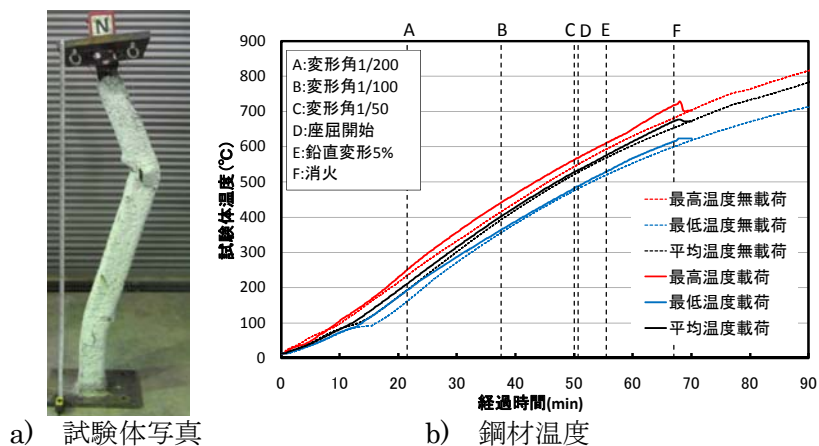


図 4 吹き付けロックウール

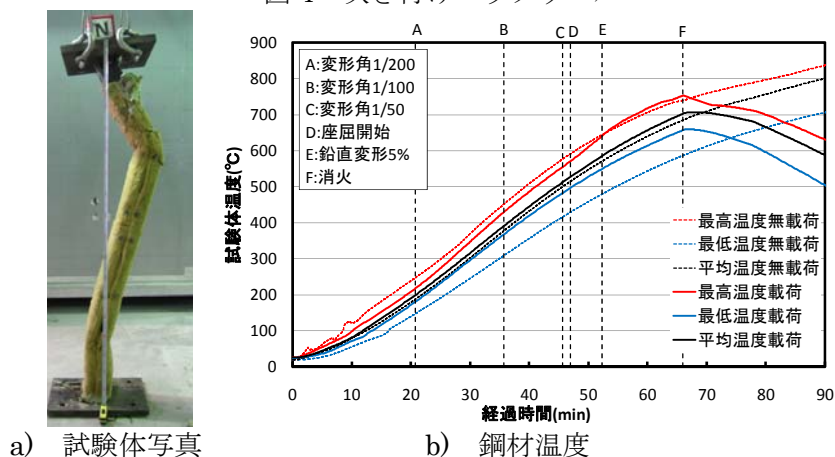
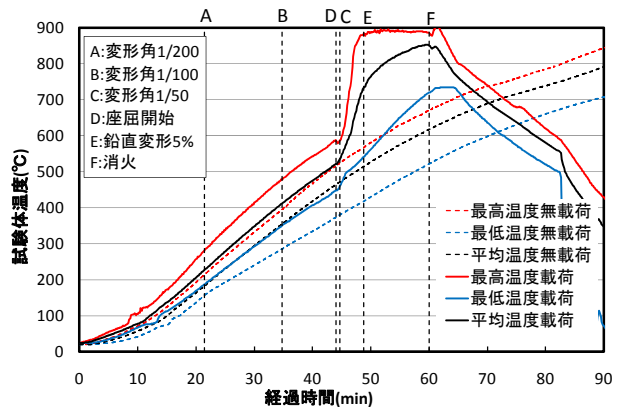


図 5 ロックウールフェルト巻付け材



a) 試験体写真



b) 鋼材温度

図6 けい酸カルシウム板

3. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅 費		人 件 費	
事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)	事 項	金額(千円)
実験消耗品費(熱電対)	499.8				
計	499.8	計		計	

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

一般的な防火区画として乾式間仕切り壁の地震後の耐火性能について、面内せん断実験時の試験体の損傷モードや耐火性能の劣化度の把握、性能改善方法の提案を行うことができた。しかし、両面張り間仕切り壁については、片面張り間仕切り壁に比べて面内せん断実験時に多様な損傷モードが発生することが確認されており、メカニズムの解明には、追補的な実験が必要となるため、本研究を継続課題として申請し追加実験を行う予定である。

本年度実施した耐火被覆された柱の高温耐力実験では、断面形状を長方形に限定した柱の挙動を把握した。継続課題では、より一般的に用いられる正方形断面について追加実験を行い、耐火被覆の追従性を把握するとともに、変形追従性を向上する工法などについても検討する予定である。

本研究のそもそもの目的は、耐力部材・断熱部材の一方の損傷が他方の性能に影響を及ぼすという相互作用が、架構の崩壊温度をどれほど低下させるかを明らかにすることである。本研究はそのための第一歩の試みであり、成果をより一般の知見とするためには、まだまだ検討ケースが不足する。今後検討すべき課題を挙げると次の通りである。

1. 間仕切り壁と構造体（柱・梁、床等）との取り合い部、開口部を含む間仕切り壁などの性能は別途検討する必要がある。
2. 間仕切り壁と構造体の相互作用に対して、本研究では地震後火災時の性能を検討している。一方、地震後でなくても火災時における架構の変形は小さくなく、このとき、防火区画は健全性を維持できるかという根本的な問題の解決は残されたままである。
3. 被覆材と鋼部材の相互作用について、本研究では、柱のみを対象とする。これ以外の部材、すなわち、被覆鋼梁材や被覆された柱・梁接合部近傍個所などの相互作用問題も、順次、明らかにして行かなければならない。

鋼構造耐火研究にとって、何れのテーマも、重要性・必要性・緊急性の高い課題である。

5. 成果の公表状況（学会への発表，学術誌への投稿等を記述，予定も含む）

- (1) 水平変形を伴う耐火被覆鋼管柱の耐火性能 その1：実験概要，鈴木弘之，鈴木淳一，小寺賢，足立格，大熊晃一路，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)
- (2) 水平変形を伴う耐火被覆鋼管柱の耐火性能 その2：試験体概要・実験結果，足立格，鈴木淳一，鈴木弘之，小寺賢，大熊晃一路，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)
- (3) 水平変形を伴う耐火被覆鋼管柱の耐火性能（その3：実験考察），小寺賢，鈴木淳一，鈴木弘之，足立格，大熊晃一路，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)
- (4) 損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験 その1 実験概要，鈴木淳一，市原嵩紘，伊藤卓，鈴木弘之，大宮喜文，小寺賢，大熊晃一路，足立格，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)
- (5) 損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験 その2 面内せん断実験，伊藤卓，市原嵩紘，鈴木淳一，鈴木弘之，大宮喜文，小寺賢，大熊晃一路，足立格，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)
- (6) 損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験 その3 加熱実験，市原嵩紘，鈴木淳一，伊藤卓，鈴木弘之，大宮喜文，小寺賢，大熊晃一路，足立格，日本建築学会学術講演梗概集（北陸），2010.9(予定)

※上記5に記載された成果公表については，別刷1部を研究事務課まで提出願います。
※本成果報告概要書と併せて，研究報告書を提出頂いても構いません。（フォーマットは問いません。）