

3) - 5 構造部材・耐火被覆材・区画部材の相互作用が鋼構造物の高温時構造安定性に及ぼす影響

Influence of interactions among structural elements, fire protections and drywalls on structural stability at high temperatures

(研究期間 平成 20～22 年度)

防火研究グループ

Dept. of fire Engineering

鈴木淳一

Jun-ichi Suzuki

Structural stability of a building at a fire mainly depends on buckling behaviors of heated columns and redundancy of structures in regard to stress redistribution. The present design method of fire resistance of buildings is formulated on plastic theory of steel at high temperatures. Although safety factors in the design are not clear, the effects of structural redundancy of buildings would be implicitly included to a certain extent. Deformation of a structure of which stress redistribution is fully performed tends to become greater than the limitations that ordinal fire resistance tests have expected. Adherence properties of fire protections and performance of drywalls which comprise boundaries of a compartment have not been accumulated for an advanced fire resistance design. This study focused on the influence of interactions among structural elements, fire protections and drywalls on structural stability at high temperatures. Performance of these building elements with damage or large deformation was experimentally researched.

【研究目的および経過】

建築物の変形が過大になるとその損傷は、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¹⁾。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。そのため、仮に変形による耐力部材の損傷を一定程度以下に抑えたとしても、断熱部材が損傷を被ると、亀裂等によってその防耐火性能は低下する可能性がある。

建築物の耐火性能を総合的に論じるためには、断熱部材の耐損傷性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であるが、研究成果の蓄積が乏しいのが現状である。そこで本研究では、変形を被る区画部材、耐火被覆が施された鋼柱の耐火性能の実態を明らかにすることを目的としている。本研究においては、①面内せん断変形（強制変形）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載荷加熱実験を実施し、両部材の火災時の挙動、耐火性能を把握したので報告する。

【研究内容】

(1)地震被害を受けた乾式間仕切り壁の耐火性能²⁾

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、常温下で強制的に面内せ

ん変形を加えて、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。

(2)水平変形を受ける耐火被覆鋼柱の耐火性能³⁾

耐火被覆された柱の高温耐力実験では、に示す加熱・加力装置内に被覆鋼柱試験体(約 2m)を設置して、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把握する。試験体に用いる被覆材は、一般的な被覆材である吹き付けロックウール(RWS)、けい酸カルシウム板(CSB)およびロックウールフェルトによる巻き付け被覆材(RWW)を対象とした。被覆材とこれを取り付けられる鋼柱の相互作用を検討するため、鋼柱の載荷加熱実験および非載荷加熱実験を実施した。

【研究結果】

(1)地震被害を受けた乾式間仕切り壁の耐火性能

片面張り試験体では、強制変形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 1、2 に見るように、ステーブ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。ステーブルの留付け量を最適に設定すると、変形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。

両面張り間仕切壁においても、強制変形を受けると、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。

(2)水平変形を受ける耐火被覆鋼柱の耐火性能

載荷加熱実験後の試験体の状況を図 3 に示す。図に見るとおり鋼柱の座屈変形が生じている付近で被覆材の亀裂などが生じていることがわかる。各試験体の横軸時間に対する鋼材温度の変化は、水平変形が部材角 1/50 に達するまでの鋼材の温度上昇をみると、けい酸カルシウム板試験体(CSB1)を除き、顕著な温度上昇は確認されなかった。

図 4 は試験体の荷重-変形関係であり、図の横軸は試験体の鉛直変位、縦軸は基準強度に基づく降伏軸力比を示している。図中にある温度は、歪の大きい箇所の鋼材断面の平均値を示す。例えば CSB2 の鉛直変形 0~33 mm の間で、軸力が一度下がった後に上昇し、再度低下する現象がみとめられる。この際、柱の軸力が除荷されたことにより、座屈発生に伴って生じていた局所的な塑性変形から、一旦、柱全体が安定的に塑性化するモードに移行し、その後耐力が回復してから再度、局所的に塑性化したものと考えられる。座屈後の耐力劣化勾配は、被覆材の剥離や脱落の影響が温度上昇に関わるのが鉛直変位 5%以降のため、試験体によらずほぼ変わらないことが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 火災によって生じる熱応力が鋼架構の変形挙動に与える影響 その 1, 2 : 古山智史, 上野夕貴, 鈴木淳一, 鈴木弘之, 衣笠秀行, 日本建築学会学術講演梗概集, p.33-36, 2010
- 2) 水平変形を伴う耐火被覆鋼管柱の耐火性能 その 1~3 : 鈴木弘之, 鈴木淳一, 小寺賢, 大熊晃一路, 足立格, 伊藤卓, 日本建築学会学術講演梗概集, p.49-54, 2010
- 3) 損傷を被った間仕切壁の耐火性能に関する実験 その 1~3 : 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, p.145-150, 2011

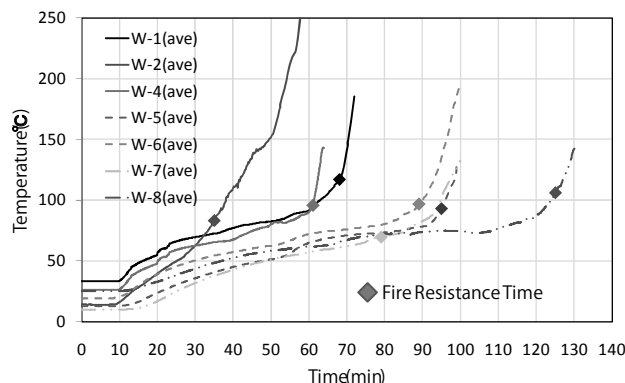


図 1 両面張り試験体裏面温度推移

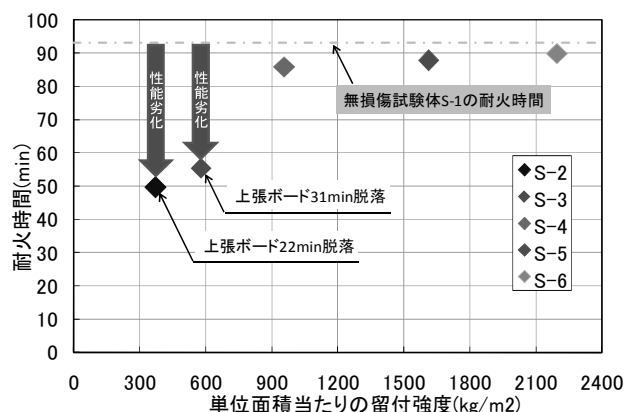


図 2 単位面積当たりの留付強度-耐火時間

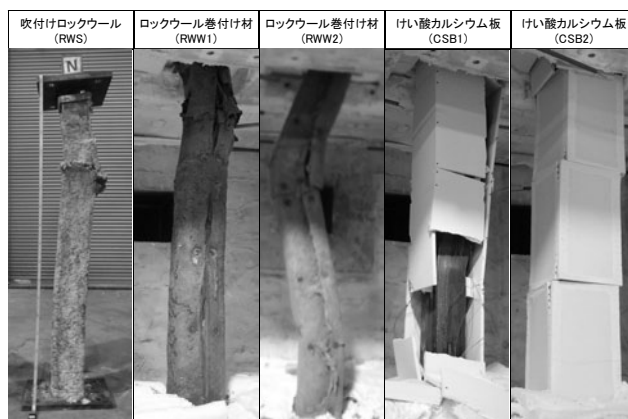


図 3 実験後の試験体写真

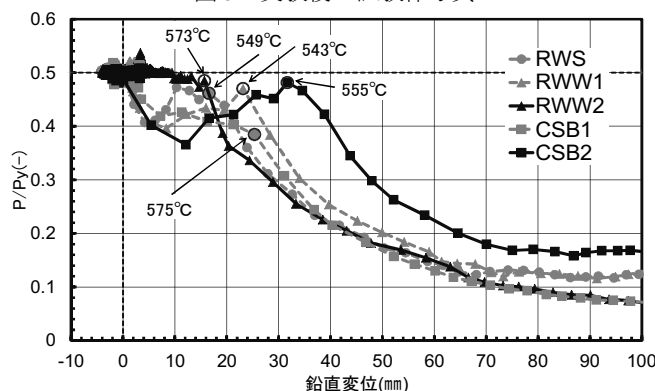


図 4 座屈後荷重変形関係