

7 建築研究部

袖壁と腰壁が付帯する鉄筋コンクリート柱部材の耐震性能に関する研究

A study on Seismic Capacity of Reinforced Concrete Columns with Spandrel and Wing Walls

(研究期間 平成 23~24 年度)

建築研究部 基準認証システム研究室
Building Department
Standards and Accreditation System Division

研究官
Researcher

壁谷澤 寿一
Toshikazu KABEYASAWA

Structural tests and analyses were conducted in recent studies to evaluate the strengths and deformation capacity of reinforced concrete columns with wing walls. Most of the columns with wing walls in the existing and old reinforced concrete buildings generally have spandrel and hanging walls on the base and top, while evaluation method on the effects of spandrel walls on the effective column height has not yet been established. In this study, the columns with wing walls, spandrel walls and hanging walls were tested to evaluate the seismic performance of these members.

[研究目的及び経緯]

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において仙台市内の中高層鉄筋コンクリート造集合住宅では玄関周りの非構造壁にせん断ひび割れが生じて継続使用性が損なわれた被害事例が散見された。これらには旧耐震基準のみならず新耐震基準で設計された建物も数多く含まれている。柱部材に付帯する非構造壁の変形性能については2006年福岡県西方沖地震以降とくに注目されている課題であるが、一般的にはコンクリート端部断面の圧壊が先行するため、非常に小さな変形角から損傷することが既往の実験結果等でも指摘されている。したがって、現行の設計慣行ではこれらの耐力剛性評価が煩雑であることに加えて、架構の靱性を確保する必要があるため、柱に付帯するそで壁も構造スリットで切り離されて設計されるのが一般的となっている。

一方で、そで壁を有する柱梁部材は高い耐力および剛性を有するため、ごく稀に発生する地震に対して架構全体の損傷を低減させるには、むしろ非耐震壁を利用した強度型建物を指向した耐震設計が有効であると考える設計者も少なくない。そこで、近年では国土交通省の建築基準整備促進事業ではそで壁を有する柱のせん断強度および変形能力の評価方法について組織的な検討も行われている。しかしながら、これらの実験的検討は柱梁フレーム構造にそで壁を付与した鉄筋コンクリート造架構の剛性耐力評価を対象としており、腰壁と垂れ壁がある場合を対象としたものは少ない。既存建築物では非構造壁は開口率の大きな壁付架構として用いられているケースが多いため、そで壁付柱脚部には腰壁や垂れ壁が付帯しているのが一般的である。

そこで、本研究ではそで壁付柱部材にさらに腰壁と

垂れ壁がつく場合の曲げ性能について静的漸増荷重実験により検証した。また、実験結果を上下両端が加力梁のそで壁付柱部材の実験結果と比較し、剛域長さやヒンジ領域長さに関する考察を行った。

[研究内容]

1. そで壁腰壁付柱の荷重実験 (平成 23 年度)

平成 23 年度は鉄筋コンクリート造両側そで壁付柱試験体 2 体(No.1, No.2) および鉄筋コンクリート造そで壁および腰壁付柱試験体 2 体(No.3, No.4)を対象として正負交番繰り返し荷重を実施した。各試験体の配筋詳細を図-1 に示す。

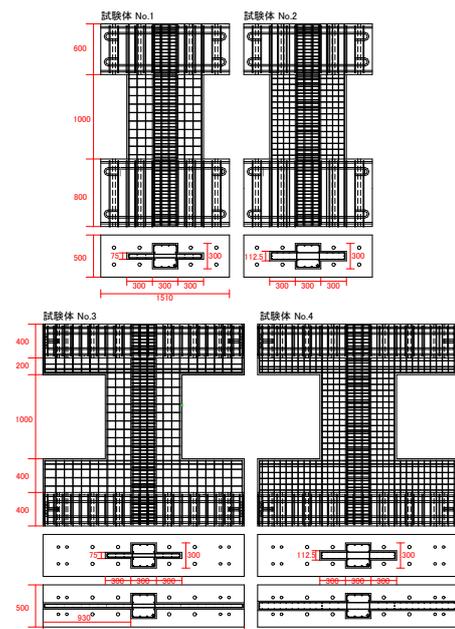


図-1 実験対象試験体

各試験体は 1/2 スケール縮小モデルであり、腰壁の有無および壁厚を設計パラメータとしている。柱断面 ($B \times D = 300 \times 300 \text{ mm}$)、そで壁付柱の内法長さ ($L=1000 \text{ mm}$)、壁張出長さ ($W=300 \text{ mm}$) はいずれも共通としている。そで壁および腰壁付柱試験体における腰壁高さは 400 mm 、垂壁高さは 200 mm である。薄型壁 (No.1, No.3) では壁厚は柱幅の $1/4$ とし、厚型壁 (No.2, No.4) では壁厚は柱幅の $3/8$ (薄型壁の壁厚の 1.5 倍) としている。また、柱に付帯する壁はそで壁および腰壁部分で同一厚さとし、柱幅の中央に接合させた。

載荷は変位制御の正負交番繰返しとした。いずれの試験体もせん断スパン長さ M/Q は 1200 mm とし、柱断面に対するコンクリート軸力比は 0.2 としている。水平力は両端ピン支承を有する 100 ton ジャッキ 2 台により伝達させ、軸力はピンローラー支承を有する 200 ton ジャッキにより伝達させた。腰壁の有無による最大耐力値の変化から柱曲げ終局耐力算定における剛域の設定方法について検討した。

2. そで壁腰壁付柱復元力の評価法開発 (平成 24 年度)

降伏点剛性算定時における剛域について高橋らが提案されている壁付鉄筋コンクリート部材の降伏点剛性低下率 α_y の評価方法を適用し、実験結果における腰壁の有無による降伏点剛性の比較から検討を行った。また、野村らの有限要素法による解析的検討から提案されている腰壁部分の剛域長さとの比較を行った。曲げ終局限界変形についてはそで壁つき柱部材については市之瀬らが提案している壁厚 2.5 倍のヒンジ領域長さを仮定することで限界変形角を推定する手法を提案しており、実験において区間計測しているそで壁端部変形を積分し、曲げ終局変形算定時に必要なヒンジ領域長さについて検討を行った。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. そで壁腰壁付柱の載荷実験

1.1 最大耐力の検討

各試験体は計算上ではいずれも終局曲げ耐力と終局せん断耐力はほぼ等しいが、そで壁脚部で明らかな曲げ破壊が生じており、変断面部材のせん断強度算定式がせん断耐力を安全側に評価していることが確認された。また、壁厚の小さい試験体では腰壁がついた場合に最大耐力が小さくなり、部材全せいの約 0.2 倍程度の腰壁部分の可撓長さが認められた。これに対して壁厚の大きい試験体では腰壁の有無によらず概ね等しい最大耐力を示し、壁厚さにより腰壁つき柱部材の耐力剛域が変化する可能性を示唆した。

1.2 最大耐力時変形角の検討

最大耐力時変形角は厚型壁では腰壁がついた場合に

比べてやや大きくなった。最大耐力以降の応答性状については腰壁がついた試験体で若干緩やかな傾向があり、腰壁およびそで壁付柱の終局変形角はそで壁付柱に比べて $1/500(\text{rad})$ 程度大きな値を示した。

2. そで壁腰壁付柱復元力の評価法開発

2.1 剛性剛域の検討

そで壁付柱部材における剛性低下率は修正菅野式を用いることで評価可能であった。腰壁がついた場合は実験結果が計算降伏点剛性の 75% 程度であり、降伏点変形における腰壁部分の可撓長さは部材全せいの約 0.2 倍であることを明らかにした。

2.2 終局限界変形に関する検討

壁端部曲率を積分した終局限界変形は積分区間が長くなるほど増加し、壁厚 3 倍を超過するとから計測した曲げ回転変形角に漸近した。計算式における限界変形角は壁厚が薄い試験体では部材耐力に対する壁断面の寄与が小さく、実験結果を過小評価した。終局時コンクリート圧縮ひずみと曲げ断面解析における中立軸を用いた塑性回転角はヒンジ領域の大きさに関わらず終局限界変形をかなり安全側に評価していた。

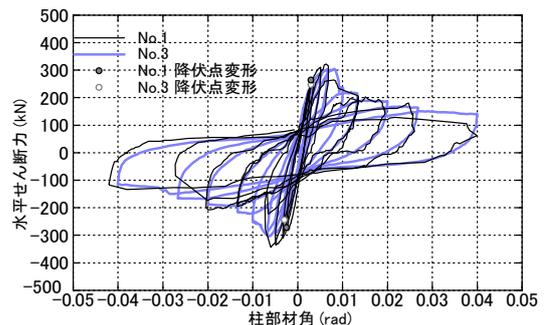


図-2 試験体荷重変形角関係 (No. 1 & No. 3)

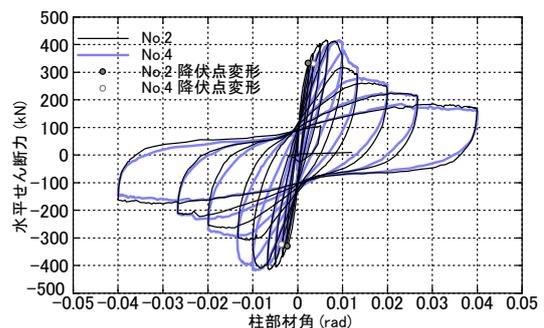


図-3 試験体荷重変形角関係 (No. 2 & No. 4)

[成果の活用]

本研究で得られた成果および知見については、今後、さらなる検証を行い、構造関係技術基準解説書等に反映されることで、鉄筋コンクリート造変断面部材の実務設計に対する一助になると考える。

建築物の使用時安全確保のための技術基準の再編及び認証システム等に関する研究

Research on a technical safety standards inside buildings in daily use and accreditation system

(研究期間 平成23～25年度)

建築研究部
建築研究部 基準認証システム研究室

建築品質研究官 棚野 博之
室 長 深井 敦夫
主任研究官 井上 波彦
主任研究官 岩田 善裕
研 究 官 横田 圭洋
室 長 足永 靖信
主任研究官 久保田 裕二

[研究目的及び経緯]

本研究は、建築基準法を中心とした建築物に関する技術基準について、国際整合化、技術開発の進展に対応するため、技術基準の階層化や、材料等の認定・認証システムについて検討する必要があることから、特に建築物の使用時の安全に関する規定である一般構造や設備分野について、諸外国における近年の技術基準、体系等の動向の整理や、国内の認証システムの運用状況を整理するとともに、これらを踏まえて、使用時の安全を確保するための新たな技術基準の再編・階層化や、認証システムについて検討を行うものである。

平成24年度は、一般構造・設備分野において、技術基準の階層化について、学識者を交えた議論を行い、建築物の部位別に要求性能を整理し、階層化及び性能規定化の素案の検討を行った。また、建物利用者及び設計者を対象とした一般構造規定に関する意識調査を行った。

基礎底面の滑動による地震入力逸散機構に関する研究

A study on Input Motion Dissipation System for Concrete Base Sliding

(研究期間 平成24年度～)

建築研究部 基準認証システム研究室

研 究 官 壁谷澤 寿一

[研究目的及び経緯]

本研究は、基礎すべり震動台実験結果にもとづいて入力逸散機構の解析モデル化手法を確立し、中低層の鉄筋コンクリート造建物に適用する実用化フェイルセーフ耐震機構を提案することを目的とする。

本年度は、鉄筋コンクリート造直接基礎と捨てコンクリート間のすべり面の摩擦挙動を模擬した試験体3体を製作し、正弦波を入力した加振実験を行い摩擦係数についての検討を行った。試験体パラメータはすべり面としており、プレキャストコンクリート、合わせ鋼板、鋼板間に潤滑剤として黒鉛粉末を挿入したものを対象とした。黒鉛粉末を挟んだ試験体は滑り面がコンクリートの試験体の平均摩擦係数である0.61から0.45まで低減した。試験体3体の実験結果においていずれも滑り面での相対速度が高くなることで摩擦係数が減少しうることを確認した。

木質構造住宅における外皮の構造・仕様とその評価に関する研究

Studies on the specification and evaluation of the exterior with wooden house.

(研究期間 平成24～26年度)

建築研究部 構造基準研究室

室 長 小豆畑 達哉
主任研究官 宮村 雅史

[研究目的及び経緯]

木質構造住宅の外皮（屋根、外壁、バルコニー等）は、耐久性、耐火性、耐震性、審美性等を左右する重要な部位であるが、不適切な外皮の設計・施工により、下地材・躯体材・接合部材等の劣化が進み、これらの諸性能を低下させることがある。木材や木質材料を腐朽させる主な要因は、外装材まわりからの雨水浸入や壁内結露、通気・換気量不足となるが、近年の木造住宅は、高気密化されていることが多く、適切に通気・換気的设计及び施工がされていない場合、雨水浸入及び結露した滞留水が外部に放出されにくい仕様のため、早期に著しい劣化が生じている事故事例が繰り返し生じており、平成 21 年 10 月に施行された住宅瑕疵担保履行法の円滑な運用に支障をきたすことが危惧されている。

本研究では、外装材まわりからの雨水浸入や壁内結露を防ぐと共に、下地や躯体に含まれた水分を通気及び換気により屋外へ排出させるメカニズムや対応策について検討・分析するため、屋根及び外壁を対象として、防水性能試験や雨水の浸入後を想定した下地材の乾燥試験などを実施し、各種材料の基本特性を把握した。また、粘土瓦屋根や軽量セメント板による屋根を対象として、強風雨下の雨水浸入試験を実施した。さらに、気密性の高い次世代省エネルギーに準拠した試験家屋を対象にして、屋根にアスファルト系下葺材と透湿系下葺材を施し、高含水率となった野地の乾燥状況を測定・観察する実験を開始した。

建築実務の円滑化に資する構造計算プログラムの技術基準に関する研究

Research on technical guideline for structural calculation computer program to streamline building engineering design process

(研究期間 平成 22～25 年度)

建築研究部 構造基準研究室

室 長 小豆畑 達哉
研 究 官 諏訪田 晴彦
主任研究官 井上 波彦
主任研究官 岩田 善裕

建築研究部 基準認証システム研究室

[研究目的及び経緯]

平成 19 年の建築基準法改正により、プログラムの大臣認定制度が創設され、構造計算書の偽装防止の徹底とともにプログラムによる構造計算の信頼性の確保が図られることとなった。一方、従前より、異なるプログラム間で構造計算の結果にばらつきが見られることが指摘されている。これは、現行の建築基準法令にはプログラムにおける個別のモデル化等の詳細までは標準化されていないため、プログラムにより異なるモデル化方法等が採用されている場合があること等を大きな要因としている。こうした状況は、大臣認定制度の制定後も変わりはない。これらプログラム間でのばらつき等が時として有意な差として現れる場合も考えられるため、建築確認審査では、認定プログラムを使用した構造計算であっても、慎重な取扱いが必要となっている。そこで本研究では、計算結果のばらつきを抑えるため、プログラムが従うべき構造計算の技術基準原案を作成し、建築構造のモデル化等を詳細に定めること等について検討を行う。本年度は、昨年度までの事例解析に基づきモデル化等があいまいとなっている構造として特定した 2 次壁(腰壁、垂れ壁等)付きの RC 造フレームの特性を抽出し、これを反映させた構造実験用試験体を設計、作成した。実験とその結果の分析は次年度の課題とする。

外装材の耐震安全性の評価手法・基準に関する研究

Research on Earthquake – Resistant safety of Evaluation Technique and Standard for the Face of External Wall.

(研究期間 平成 24～26 年度)

建築研究部
建築研究部 構造基準研究室
住宅研究部 住宅ストック高度化研究室

建築品質研究官 棚野 博之
主任研究官 根本 かおり
室 長 眞方山 美穂

〔研究目的及び経緯〕

既存建物ストックの増加により、経年劣化により外壁にひび割れや剥離等が生じ外装材が落下する可能性のある建物が増加しており、人的被害を含めた潜在危険性の増加が懸念されている。また、東日本大震災や中越沖地震のように大きな地震が頻発している一方で、外装材に関する耐震安全性を考慮した信頼できる技術基準が少ない。すなわち、剥落防止技術や健全性評価方法の整備が急務である。本研究ではこうした背景をふまえ、剥落事故が生じると人命等に甚大な被害を及ぼすRC造・SRC造建物のタイル張りやモルタル塗り等の湿式仕上げ外装材を対象として、工法ごと材料ごとに地震による剥落の生じやすさを簡便な方法で評価する方法を検討する。あわせて鉄筋及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物等の応急危険度調査判定マニュアルのうち、落下危険物・転倒危険物に関する危険度について調査法等見直しのための検討を行う。

本年度は、東日本大震災による被害を中心に、被災した建物の外装材に適用された補修・改修工法の把握をアンケート調査等で情報収集した。また、応急危険度判定を行った判定者に対して、調査・診断に関する情報をヒアリング等で収集・整理した。さらに、外装材の耐震安全性の評価のため、湿式外装材は工法や材料が多様多様にあることから工法や材料ごとの初期状態の剥離抵抗性等の物性試験を行いその違いを実験により検討し整理した。補修・改修工事に関する情報収集の結果からは、選択される補修・改修工法は次の大規模修繕工事をふまえて実施されているが、再度地震が起こった場合の剥落防止対策については情報が少なく対応が遅れていることが分かった。

地震動情報の高度化に対応した建築物の耐震性能評価技術の開発

Development of Building Seismic Performance Evaluation Technologies in Response to the Advance of Earthquake Motion Information.

(研究期間 平成 22～25 年度)

建築研究部
建築研究部 構造基準研究室

建築研究部 基準認証システム研究室

部 長 向井 昭義
室 長 小豆畑 達哉
主任研究官 新井 洋
主任研究官 井上 波彦
主任研究官 岩田 善裕

〔研究目的及び経緯〕

近年の地震観測網の整備や地震学の進展に伴い、任意地点での地震動の特性が詳細に解明されつつある。観測又は予測された地震動の中には、現在の耐震設計で想定している設計用地震力のレベルを上回るものも少なくない。一方、建築物に作用する地震力は、地表面上の地震動がそのまま建築物に入力すると見なした場合より、かなり低減される場合のあることが知られている。建築物の耐震性能を適切に評価するには、地震動をより精度良く予測することに加え、このような「地震動」と「地震力」との関係を見極めることが不可欠であると言える。そのため、本研究では、建築物の地震観測記録を収集、分析して「地震動」と「地震力」との関係を明らかにし、地震動情報の高度化に対応したより合理的な建築物の耐震性能評価技術の開発に取り組む。昨年度は、東北地方太平洋沖地震の記録を含む、超高層 20 棟、中低層 33 棟の建築物内外同時観測記録を収集した。その上で、本年度は特に中低層建築物を対象に、詳細なシミュレーションを実施しつつ、地盤と構造物との相互作用効果が建築物の地震応答に与える影響を、地盤又は構造物がやや非線形化した場合も含め、地震記録に基づき分析した。杭基礎の場合には、根入れが浅く、あまり入力損失が見込めない場合でも、地盤ばねの変形が卓越し上部構造が剛体的な挙動を示すことにより、基礎固定の場合より、地震応答が低減される場合があることを明らかにした。

建築物の防排煙規定の合理化に関する基礎的研究

Fundamental Study on rationalization of Smoke Control Standard of building

(研究期間 平成 22～24 年度)

建築研究部
Building Department
防火基準研究室
Fire Standards Division

室長	成瀬 友宏
Head	Tomohiro NARUSE
主任研究官	仁井 大策
Senior Researcher	Daisaku NII
研究官	山名 俊男
Researcher	Toshio YAMANA
研究官	五頭 辰紀
Researcher	Tatsuhiko GOTO

About forty years have passed, since the regulation of the Building Standard Law of Japan relating to the smoke control in case of fire was established. They are based on specification and have been demanded to be revised to reasonable ones to be able to adopt new technology. This research has been done to solve the present problems concerning duct and flow volume of the mechanical ventilation and to be able to newly established smoke control system. As the result, we proposed new method to evaluate insulation performance of smoke duct and new pressure control method to control flow volume using differential pressure dumper. And we classified present smoke control system depending on its objective and recomposed it.

〔研究目的及び経緯〕

建築物の防排煙に関する規定では、排煙設備や防煙区画、防火設備の遮煙性等種々の対策を要求しているが、制定後既に40年あまりが過ぎ、新たな知見や新技術を取り入れた合理的な規定とすることが求められている。特に規定内容が、建築形態や空間特性によらず画一的な仕様で決められており、目指すべき機能要件や要求性能の安全水準が明確ではない。本研究では、室用途に応じた防排煙規定の合理的なあり方を調査することを目的としている。

本研究では、排煙設備の中でも機械排煙方式に関する規定について着目し、排煙風道と排煙風量に関する規定の問題点と改善策を、また新たに開発された煙制御方式を取り入れるための、現行防排煙規定の枠組の再構築案についての検討を行った。

〔研究内容〕

- (1) 機械排煙における排煙風道の規定について¹⁾
- (2) 機械排煙における排煙風量の規定について
- (3) 現行防排煙規定の枠組の再構築案

〔研究成果〕

- (1) 機械排煙における排煙風道の規定について

現行の排煙風道の基準は、建築基準法施行令第126条の3第七号に、「排煙風道は、第115条第1項第三号に定める構造とし、・・・」と規定され、令第115条第1項第三号の「煙突」の基準を引用している。

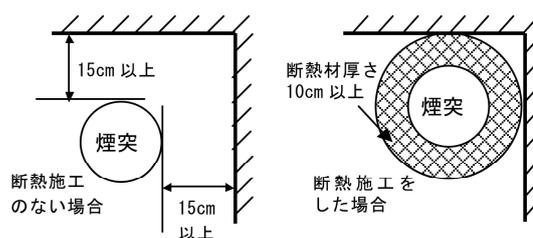


図1 令第115条第1項第三号による基準

しかし図1に示すように、この基準では風道の廻りとの離隔距離や断熱被覆材の厚さなどが厳しすぎることから、現状の設計では風道が防火区画を貫通する部分に防火ダンパーを設け、風道内を高温の気流が通過する時は流れを遮断することによって、風道の基準は大幅に緩和されたものとなっている。しかし、平成21年9月に改正された昭和44年建設省告示第1728号の

加圧防排煙方式における空気逃し口にあたる排煙風道には、この防火ダンパーを設けることが出来ないこととなった。このため、空気逃し口に当たる排煙風道は、現行の煙突の基準に準拠しなければならないという状況が生じている。

本来、排煙風道に求められる防火上の要件は以下の様なものである。

- 1) 風道を介して煙が他区画へ伝播しない。
- 2) 風道の脱落によって、他区画へ延焼しない。
- 3) 高温ガスが風道を通ることによって、風道外被の温度上昇により他区画へ延焼しないことの3点にある。

したがって、排煙風道に関する規定も上記要件を満たせば良いことになる。このため、1) への対処方法としては、排煙風道の場合、火災区画の煙は風道を経由して他の風道内へも拡大するが、火災区域以外の排煙口は全て閉鎖させることにより、煙に拠る他の区画への影響を防止できる。2) および3) への対処方法としては、排煙風道自体の耐火性能及び断熱性能を評価するために、風道自体の加熱試験を実施することが必要である。国内では試験法が無いので試験法として考えられるのは、ISO の試験法 ISO6944(Fire containment-Elements of building construction - Part 1: Ventilation ducts)が参考になる。本試験を実施して、風道の脱落防止に必要な材厚の選定や、また風道内に高温ガスを導き、火災区画以外の風道外皮の被覆材温度が周辺の可燃物に着火が起こるほどの上昇が起こらないような断熱対策を選定することになる。

(2) 機械排煙における排煙風量の規定について

排煙設備の機械排煙方式における排煙風量の基準は、建築基準法施行令第 126 条の 3 第九号に「排煙機は、・・・1 分間に、120 m³以上で、床面積 1 m²につき 1 m³以上の空気を排出する能力を有するもの」と排煙機の性能の排煙風量を常温時で作動させると、排煙風量が多すぎるため、居室内の圧力が大きく減少して、室に設けられている扉が室外に開かないという障害が生じる場合がある。これは本来火災時の膨張した高温の煙を排煙するための基準風量を常温時に作動したことに起因している。規定の内容は、排煙機の性能であり、常に居室の排煙風量をこの風量で求めているものではない。したがって機械排煙においては、常温時の作動に対して室内圧力の減少を防止する対策を、常に計画することが必要である。具体的な対策方法としては、圧力差に応じて外気導入空気量を調整することの出来

る差圧ダンパーを用いることであり、設置場所として、以下の様な方法が考えられる。

- 1) 当該各室の室内と外気間との間に設ける。
- 2) 排煙風道主ダクトにバイパスダクトとして設ける。

(3) 現行防排煙規定の枠組の再構築案

現行の排煙設備の基準は、適用対象となる空間ごとに規定が存在し、一般居室には令 126 条の 2 で、特別避難階段の付室には令 123 条第 3 項第一号によることとされており、同じ排煙設備という名称であってもその内容は異なったものとなっている。ところで火災時の煙制御の目的は、以下の 2 つの機能と考えられる。

- 1) 居室など煙発生室で発生した煙の拡散、降下、濃度上昇を抑制する。
- 2) 付室などの安全域への煙浸入防止と、浸入した煙の拡散、降下、濃度上昇を抑制する。

現行の排煙設備の規定は、上記の 2 つの機能が明確に区別されていないため、過去の大臣特認等で開発された階段加圧防煙方式など、新たな煙制御方式を取り入れる場合に不都合が生じている。このような問題を解決するには、図 2 に示すように 2 つの煙制御の目的に合わせた設備名を定義し(煙排出設備と煙防護設備など) 夫々の設備の下に現行の排煙方式や、新たな煙制御方式を取り入れるようにする。

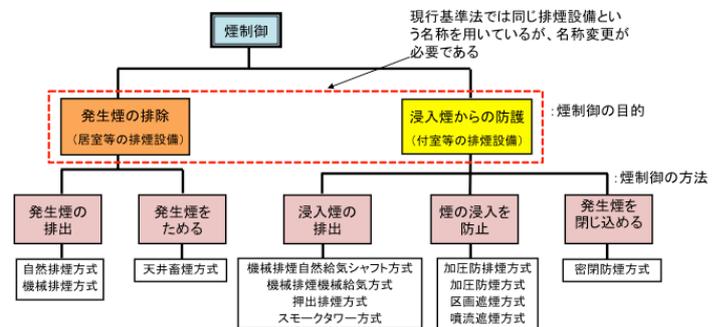


図 2 煙制御方式を基にした防排煙規定の再構築案

【成果の発表】

所内イントラによる情報の提供・学会発表等。

【成果の活用】

・基礎重点課題「火災時における排煙風道と防火設備の機能確保技術に関する研究」H23～25)にて、これらの対策技術等の効果について検討中である。

・省内委員会等における参考資料とする。

【参考文献】

- 1) 山名、排煙風道の断熱性能に関する検討、日本建築学会学術講演概要集 2012 年 9 月

火災時における排煙風道と防火設備の機能確保技術に関する研究

Research on the technique to retain the function of smoke duct and fire damper in fire

(研究期間 平成 23～25 年度)

建築研究部 防火基準研究室

室 長	成瀬 友宏
主任研究官	仁井 大策
研 究 官	山名 俊男
研 究 官	五頭 辰紀

【研究目的及び経緯】

平成 21 年 9 月 15 日に昭和 44 年建設省告示第 1728 号が改正され、加圧防排煙方式が採用できるようになったが、現行排煙風道の基準については、煙突の基準（令第 115 条第 1 項第三号）を引用するなど基準が未整備なままとっており、必要な性能を確認する為の試験方法および断熱仕様などを明確にすることが求められている。また、その他にも排煙風道が防火区画を貫通する場合、防火ダンパーが設置されるが防火ダンパー自体には遮熱性が無いこと、さらに加圧および排煙に伴うファン作動時での扉開放障害を防止する圧力制御技術などの検討が必要である。

平成 24 年度は、排煙風道の断熱性能の確保に関する試験として、風道外被への断熱被覆による方法では、被覆材の比重及び被覆材の取り付け方法の違いによるものと、またバイパスダクトを用いた外気希釈混合の方法によるものを実施した。その結果、加熱温度と被覆材および外気希釈混合による断熱性能の関係が確かめられた。

その他の試験として、機械排煙時の扉開放障害を防止するため、差圧ダンパーによる圧力制御の性能を確認した。

建物火災時における避難安全性能の算定法と目標水準に関する研究

Research on calculation method of egress safety performance and objective criteria in building fire

(研究期間 平成 24～26 年度)

建築研究部 防火基準研究室

室 長	成瀬 友宏
主任研究官	仁井 大策
研 究 官	山名 俊男
研 究 官	五頭 辰紀

【研究目的及び経緯】

建築基準法（以下、基準法という。）における防火・避難規定では、過去に多数の死者を出した火災事例等を踏まえて、大規模火災を制限し、火災時の被害を低減させるための改正が重ねられてきた。これにより、建築物には火災被害を一定程度低減させる性能が担保されてきた。基準法は最低水準を定めるとはいうものの、仕様規定を満足することで達成できる建築物の火災安全性能の水準は明確に示されておらず、基準法を拠り所に設計された建築物であっても死傷者を出す火災が発生しているのが現状である。

また、2000 年に基準法の防火関連規定が改正され、建築物の火災安全設計に性能規定が導入され、避難安全検証法が告示として示された。避難行動及び煙流動の簡易な予測を行った上で、一部の仕様規定を適用除外とすることができるようになった。しかし、検証法では一つの火災シナリオ（火災の拡大と設備の作動についての想定条件）に対して避難安全性を確かめているだけであり、想定外の火災シナリオに対しては安全性が担保されない危険性がある。

以上のような問題を解決するため、本課題では建築物の避難安全性能を定量的に算定し、基準法により達成できる安全性の水準について検討することを目的とし、本年度は統一尺度として工学的火災リスク（事象の生起確率とその事象における被害の大きさの積の総和）を用いた避難安全性能の算定法のフレームワークについて検討した。火災リスク算定法において考慮すべき建物条件、火災条件等を抽出するため、過去の火災事例について死傷者が発生した事例を中心に統計データを整理するとともに、建築防火対策と死傷者発生状況の関係について整理した。また、火災リスク算定法におけるサブモデルの充実を図るため、燃焼性状並びに避難性状のモデリング見直しのための実験計画を立案した。

建築物の居住性、省エネルギー性に関する基礎的研究

Basic Research on indoor environment and energy conservation

(研究期間 平成 22～24 年度)

建築研究部 環境・設備基準研究室
Environment and Equipment Standards Division
Building Department

室長	足永 靖信
Head	Yasunobu ASHIE
主任研究官	倉山 千春
Senior Researcher	Chiharu KURAYAMA
主任研究官	久保田 裕二
Senior Researcher	Yuji KUBOTA
主任研究官	西澤 繁毅
Senior Researcher	Shigeki NISHIZAWA

This research aims to clarify the fundamental characteristics of built environment and equipment to make a technical assist in the building standards. The research results include 1) Evaluation of thermal performance of opening, 2) Evaluation of energy saving effect of cross ventilation for residential buildings.

【研究目的及び経緯】

住宅・建築物の利用に伴う CO₂ 排出量は日本全体の約 3 分の 1 を占めており、一層の CO₂ 排出量削減の取り組みが求められている。本研究は、省エネルギー対策など建築物の室内環境及び建築設備に関する社会的要請に対応し、技術的課題を解決するための検討や、建築基準法、品確法、省エネ法等に基づく技術的基準や性能評価法の検討に資するための基礎的・基盤的研究を実施し、知見の蓄積を行うものである。

【研究内容】

1. 開口部の熱的性能に関する検討

住宅の開口部の熱的性能を明らかにするため、ソーラーシミュレータ(日射を人工的に照射して開口部の熱的性能を計測する装置)を用いて開口部の断熱・遮熱性に関する実験を実施した。

日射調整フィルムを貼り付けたガラス5種とロールスクリーンの有無の組み合わせ条件下で、開口部の熱貫流率(U-value)と日射熱取得率(G-value)の計測を行いデータを取りまとめた(図-1はフィルムの種類毎にロールスクリーンの有無が日射熱取得率に及ぼす影響を示した1例)。これらの実験結果は、窓の熱的評価プログラム「WindEye((社)リビングアメニティ協会)」に、追加した G-value 計算機能の検証データとして活用されている。

窓の熱的性能に関しては、G-value の測定法についての ISO がなく、今回取得したデータをもとに試験法について原案を作成し、国外の大学・研究機関と連携

して共同提案を行うべく調整を行っている。

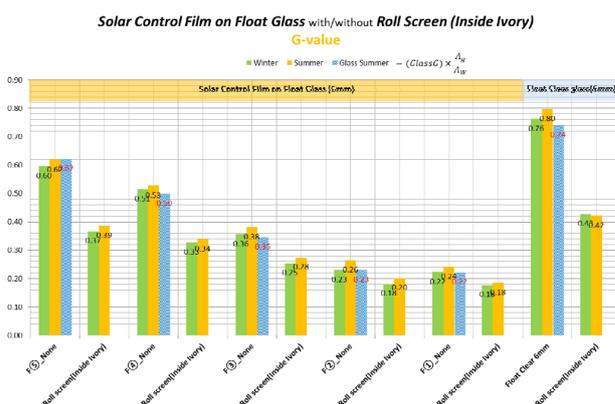


図-1 実験により得られた日射熱取得率の結果の1例

2. 通風の省エネルギー効果評価法に関する検討

平成 21 年の住宅事業建築主の判断基準(以下事業主基準)で導入されていた一次エネルギー消費量による評価法が、平成 24 年度の低炭素建築物の認定基準ならびに平成 25 年改訂の住宅省エネルギー基準(以下改訂省エネ基準等)で拡張して導入され、通風の冷房負荷削減効果の評価法についても拡張と見直しを行ってきた。変更した大きな点は以下になる。

- 1) 開放可能部の面積比の分母にあたる居室面積を通風経路が通過する居室の合計値に変更した。
- 2) 評価の水準を 3 水準にし、開放可能部の面積比を計算式で評価可能とした。
- 3) 共同住宅住戸への対応
- 4) 通風経路が同一開口部、同一空間を複数通過する場

合の評価方法の追加

2)については、事業主基準では5回/h相当以上にあたる通風量を確保できるかを閾として通風確保の措置の有無のみを判断していたのに対し、改訂省エネ基準等では、「措置なし」「措置あり(5回/h相当以上)」「措置あり(20回/h相当以上)」の3水準に変更するとともに、通風経路上に位置する開口部の開放可能部の面積比から計算式により判別することをできるようにしている。

2.1 共同住宅住戸への対応

事業主基準では戸建住宅のみが対象であったが、住宅省エネルギー基準等では共同住宅も評価対象となる。そこで、既往の共同住宅の風圧係数データを使用して、共同住宅住戸において通風の駆動力となる風圧係数差の検討を行った。

幅(W)30m×奥行(D)12.5m×高さ30mの長方形平面の共同住宅(10階建、1フロアに4住戸)について、単独条件、同形状建物が隣接する条件(隣棟間隔1D)について、住戸位置(妻側、中央側、階別)毎に対面間経路、隅角間経路(妻側住戸の主開口面と妻側開口間)における風圧係数差を検討した(図-2)。

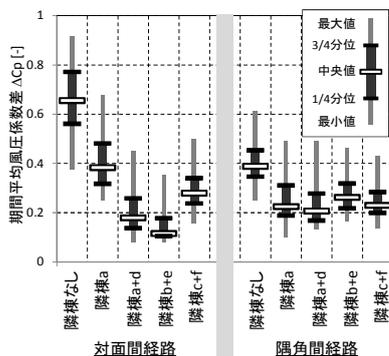


図-2 共同住宅住戸の期間平均風圧係数差

ここでの隣棟があるケースは、隣棟間距離が極端に短いケースであるため、実際の状況より風圧差の確保が厳しい条件になっていると考えられることから、共同住宅住戸の期間平均風圧係数差の値としては、1棟が隣接している条件(隣棟a)での対面間経路の下位1/4分位値の0.3程度を妥当として選定している。

2.2 同一開口部・空間に複数の通風経路がある場合の評価方法

事業主基準では、戸建住宅が対象ということで、通風経路が同一開口部、同一空間を複数通過する場合の評価を行わないこととしていたが、共同住宅住戸では、図-3のような外部に面した両面に複数の居室があり、

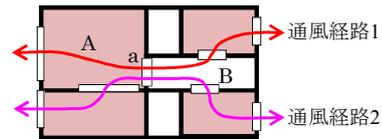


図-3 複数の通風経路が重複する場合の例

その間を単一の廊下でつなぐプランが一般的に見られる。このようなプランにおいては通常、換気回路網計算が必要とされるが、本評価法では簡便な計算のみで評価できるように以下の条件下で評価できることとした。

- 複数の通風経路両端に位置する外部に面した開口部二面がそれぞれ同一の方位に面していること。
- 複数の経路が通過する開口部においては開放可能な部分の面積を経路数に応じて按分して対応する。
- 複数の経路が通過する居室の換気回数は通過する経路毎に算定された換気回数合計値とする。

以上の評価法を戸建住宅1階に適用し、同一条件での換気回路網計算結果と比較した(図-4)ところ、誤差が出るケースもあるが、本評価法の閾値が5回/h、20回/hと差異が大きいことから、多少の誤差は許容できると考える。

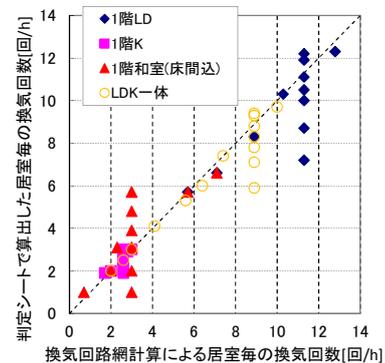


図-4 簡易評価法と換気回路網の算定結果の比較

[研究成果]

主な研究成果を以下に示す。

1. 開口部の熱的性能に関する検討

ソーラーシミュレータによる実測で得られた開口部の熱貫流率と日射取得率のデータ蓄積

2. 通風の省エネルギー効果評価法に関する検討

改訂省エネ基準等における通風評価手法の確立

[成果の活用]

本研究で得られた建築物の省エネルギー対策に関する知見は、技術的基準や性能評価法の検討に用いられる。

低炭素・水素エネルギー活用社会に向けた都市システム技術の開発

Research on urban system towards low carbon society using hydrogen energy

(研究期間 平成 21～24 年度)

建築研究部 Building Department 防火基準研究室 Fire Standards Division	部長 Director 室長 Head 主任研究官 Senior Researcher 室長 Head 主任研究官 Senior Researcher 主任研究官 Senior Researcher 主任研究官 Senior Researcher	向井 昭義 Akiyoshi MUKAI 成瀬 友宏 Tomohiro NARUSE 仁井 大策 Daisaku NII 足永 靖信 Yasunobu ASHIE 久保田 裕二 Yuuji KUBOTA 西澤 繁毅 Shigeki NISHIZAWA 三木 保弘 Yasuhiro MIKI 三浦 尚志 Naoshi MIURA 柴田 好之 Yoshiyuki SHIBATA 鍵屋 浩司 Kouji KAGIYA
環境・設備基準研究室 Environment and Equipment Standards Division		
住宅研究部 住環境計画研究室 Housing Department Housing Environment Division		
都市研究部 Urban Planning Department 都市開発研究室 Urban Development Division		

Energy saving of buildings is very important issue in Japan, because the carbon-dioxide emissions from buildings form 31.5% of whole our country, and its amount is getting larger and larger. Recently, hydrogen is expected as a new energy source which can replace fossil fuel, and the establishment of hydrogen and fuel-cell technology becomes a national subject of Japan.

This research carried out various examination towards the carbon dioxide reduction by the urban system using hydrogen such as safe technology of hydrogen in a city, the efficient utilization of hydrogen in building site, development of evaluation method of urban systems from view point of carbon-dioxide emission and economy.

[研究目的及び経緯]

業務部門及び家庭部門からの二酸化炭素 (CO₂) 排出量は我が国全体の 31.5% (2005 年度) を占めるとともに、その増加率は他部門に比べても著しく、1990 年度比で 40.5% に達している。

一方、化石燃料に代わるエネルギー媒体として有望視されている水素及び燃料電池技術を活用した都市エネルギーシステムの確立が、温暖化対策としても、同分野で国際競争力を確保するためにも、国家的な課題として位置づけられている。

本研究では、①都市で水素を安全に利用するための配管敷設等の技術体系を整備し、②建築側のエネルギー

需要を削減するための負荷削減、高効率機器の活用方法を検討し、③都市エネルギーシステム評価プログラムによる CO₂ 排出量、化石燃料依存度、経済性の解析を行うことで、化石燃料に依存しないエネルギー媒体である水素を用いた都市エネルギーシステムの実現に向けた検討を行った。

[研究内容]

1. 都市で水素を安全に利用するための配管敷設等の技術体系に関する検討

水素配管を敷設した建物等空間の安全性に関する検討を行うための前提条件及びインフラとして想定される外力に関する検討を行い、それらに対応するため

の実験的な検証や、実験できないものに関しては数値シミュレーションによる検証を行った。

2. 建築側のエネルギー需要を削減するための負荷削減に関する検討

水素利用に関しては、純水素駆動の燃料電池を想定し、当該燃料電池から電気とともに排出される熱の利用方法について検討を行った。また、廃熱利用に関しては、ガス改質型高温水蒸気の場合についても検討し、既存のガスエンジンコジェネとの比較を行うことにより、現状から見た水素社会を定性的に検討を行った。

3. 都市エネルギーシステム評価プログラムによる CO2 排出量、化石燃料依存度、経済性の分析

様々な地域におけるエネルギー消費に関する実態調査を行うとともに、既往の自然エネルギー賦存量調査を行った。

さらに「低炭素都市評価システム」を開発し、都市域における CO2 排出量を定量的に評価し、水素を導入した場合にどの程度 CO2 削減に効果があるかを検証するとともにその費用対効果も推計した。

[研究成果]

主な研究成果の概要を以下に示す。

1. 都市で水素を安全に利用するための配管敷設等の技術体系に関する検討

- ①水素漏洩に関して、パイプシャフト及び居室等で水素が漏洩した場合における、水素の拡散性状に関する数値シミュレーションを実施し検証した。
- ②地震外力に関して、土中から建物に入る部分等を実物大の土槽に再現し加振実験を行い、健全性が保たれることを検証した。
- ③火災外力に関して、各種ガス管を実際に加熱し、一定時間内に管内ガスの漏れ性状に関する実験を行い検証した。
- ④水素ガスを都市域に導入するために、水素ガスインフラを設計・施工するために必要となる留意事項を整理し、つくば市の共同溝に実際に水素配管を設置し公開実験を行った。

2. 建築側のエネルギー需要を削減するための負荷削減に関する検討

- ①水素を利用するためのデバイスとして燃料電池を想定し、燃料電池の開発状況や燃料電池から発生する廃熱を利用するための技術開発動向について、有力各社や大学等にアンケート調査を実施し、住宅及び業務用建築に燃料電池を導入する場合の燃料電池のタイプ別にメリット・デメリットを整理した。
- ②燃料電池を様々な検証用設計プログラムに導入し、設計段階における効果を定量的に分析し、その低炭

素化の効果を検証した。

- ③開発動向から将来的に導入されるであろう「スマート水素住宅」を提案するとともに、その省 CO2 効果を数値で提示し、未来都市に関するひとつの提案を提示した。

3. 都市エネルギーシステム評価プログラムによる CO2 排出量、化石燃料依存度、経済性の分析

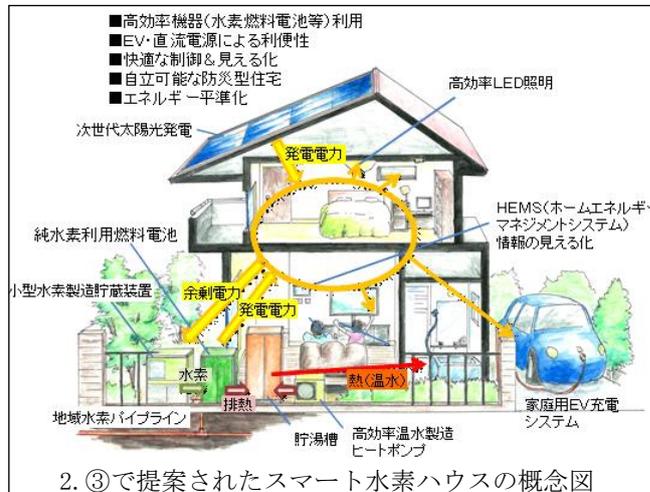
- ①自然エネルギー賦存量の実態調査を行い、データベースを整備した。また、そのデータベースを国土地理院の GIS を利用したインターフェースによって広く活用できるよう、情報提供 HP を整備した。
- ②建物単独の空調熱負荷計算では、建物から都市域に排出される熱収支は無視されていたが、これを街区単位で計算できるモデルを開発するとともに、建物廃熱と都市域の温度変化を連成計算させるシステムを開発した。
- ③①②を利用した都市のエネルギー消費量評価システムを開発するとともに、水素を利用するデバイスを導入した場合の CO2 消費量の変動を定量的に分析した。また CO2 削減コストに関する検討も行った。

[成果の発表]

- ①学会における論文発表。(H24 は空衛学会で発表済)
- ②つくば市の共同溝を利用した水素利用実験を公開

[成果の活用]

- ①まちづくりや都市開発におけるツールの一つとして利用してもらうよう働きかける予定。
- ②自然エネルギー賦存量データベースを設計者が利用できるよう HP 上で公開予定。
- ③本プロジェクトで開発した水素配管システムと水素ガス検知システムの特許を HP 上で公開予定。



開発目標である CO2 の 50%削減を大幅に上回る約 64%削減可能と試算された。

建築物の熱負荷削減に資する外皮等設計・評価手法に関する研究

Research on reduction of heat loads considering thermal characteristics of building envelopes

(研究期間 平成 23～25 年度)

建築研究部 環境・設備基準研究室

室長	足永 靖信
主任研究官	倉山 千春
主任研究官	西澤 繁毅
主任研究官	三木 保弘
主任研究官	三浦 尚志

住宅研究部 住環境計画研究室

[研究目的及び経緯]

本研究は、建築物の負荷に関わる、外皮、開口部などの躯体や、日射遮蔽、外気冷房等の設備と建築の双方に関わる設計・評価技術の開発を行うことを目的とする。

今年度は、開口部、屋根面、外気冷房の各技術に関して以下の検討を実施した。代表的開口部材及び日射遮蔽部材の組み合わせを対象とした日射侵入率の評価における開口部サイズの影響を整理した。建物の屋根面に保水性建材を適用した際の室内熱負荷の影響に関して数値計算を行った。外気冷房制御を導入した場合の空調システムの実運転データの計測データを分析し、省エネルギー設計手法の技術的課題を整理した。

再生可能エネルギーに着目した建築物への新技術導入に関する研究

Research on introduction of new technologies for buildings with a focus on the renewable energy

(研究期間 平成 23～25 年度)

建築研究部 環境・設備基準研究室

室長	足永 靖信
主任研究官	久保田 裕二
主任研究官	西澤 繁毅

[研究目的及び経緯]

オフィス等の省エネルギー基準は、建物躯体の性能（断熱、遮熱等）と設備の性能（空調機器の効率等）から構成されているが、更なる省エネルギーを推進するためには、再生可能エネルギーの導入技術の確立が必要である。本研究は、太陽光や地中熱などの再生可能エネルギーに着目し、これらを効率良く建築物に導入するため、実証実験に基づいて省エネルギー効果を明らかにすることを目的とする。

今年度は、外界の気象条件、土壌の各種物性の非線形性、地下水位を考慮して地中の熱水分移動を非定常で年間計算するプログラムを作成するとともに、建物の空調負荷の変動に対応して地中熱の蓄採熱量を設定して、年間の地中温度変動の数値計算を実施した。今後、省エネ評価の枠組みの検討を行い、外界気象と地中温度応答、埋設管の特性と循環パターンを設定、地中熱ヒートポンプの熱源性能を適切に組み合わせた評価方法の開発を行う。