

サステナブルビル構造に適合するファサードパネル構法の提案

A PROPOSAL OF FACADE PANEL SYSTEM SUITABLE FOR THE SUSTAINABLE BUILDING STRUCTURE SYSTEM

竹田浩彰 — * 1 藤田正則 — * 2
 前田親範 — * 3 村井正敏 — * 4
 岩田 衛 — * 5

Hiroaki TAKEDA — * 1 Masanori FUJITA — * 2
 Chikanori MAEDA — * 3 Masatoshi MURAI — * 4
 Mamoru IWATA — * 5

キーワード：
 サステナブルビル, ファサード, 層間変形, カーテンウォール, ファスナー, マリオン

To reduce the global environment load, a sustainable building structure system (SBS), which is one of the damage control structures, has been researched and developed. However it is difficult for this system to apply conventional facade panels in case of a huge earthquake. In this study, the authors propose a new facade panel system that suits to large story deformation angle of the SBS. Basic performance of the proposed system is confirmed by experiments using scale-down model that have rotational pin and slipping connections.

Keywords:
 Sustainable building, Facade, Floor deformation, Curtain wall, Fastener, Marion

1. 序

地球環境負荷削減を目的に損傷制御構造の1つの形式であるサステナブルビル構造システム(以下、SBSと呼ぶ)が研究開発されてきた¹⁾(図1)。SBSの柱梁接合部は生じる曲げモーメントに応じて接合部の剛性が段階的に変化するメカニズムを有している(図2)。また、柱と梁の間に方杖状の座屈拘束ブレースを用い、地震エネルギーを吸収する要素としている(図3)。これにより、稀に起きる地震時に要求される剛性と極めて稀に起きる地震時に要求される変形性能を両立している。

しかしながら、極めて稀に起きる地震時のSBSの大変形に対し、一般的なファサードパネル(以下、従来構法と呼ぶ)は対応することが難しい。本研究では、SBSの挙動に適合するファサードパネルの新しい構法(以下、新構法と呼ぶ)の提案を行い、その基本的性能を把握するための確認実験を行う。

2. 現在のファサード

図4に従来構法の一般的な取り付け方の例を示す。従来構法では、ファサードは躯体の床スラブの先端や梁などに取付ける。この場合、躯体側とファサード側双方にファスナーをあらかじめ設置し、双方のファスナー同士を接続させ固定させる。この時、パネルをロックングやスライドといった機能により、構造躯体からの層間変形に追従させている。建築省告示(第1348号)では、ファサードに関して「高さ31mを超える建築物の場合はその帳壁が1/150の層間変形に対して脱落しないこと」と定めている²⁾。この基準を満たしていても、躯体の大変形が予想されるSBSの場合、ファサードパネルが層間変形の影響を完全に回避することは難しい。

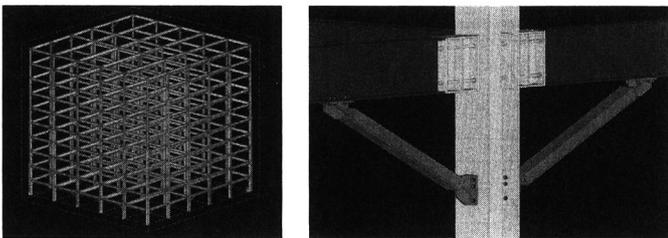


図1 サステナブルビル構造システム

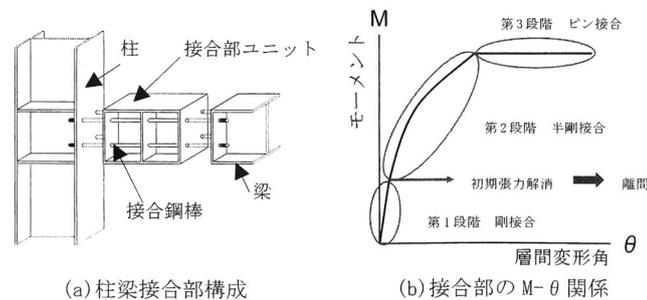


図2 サステナブルビル接合部

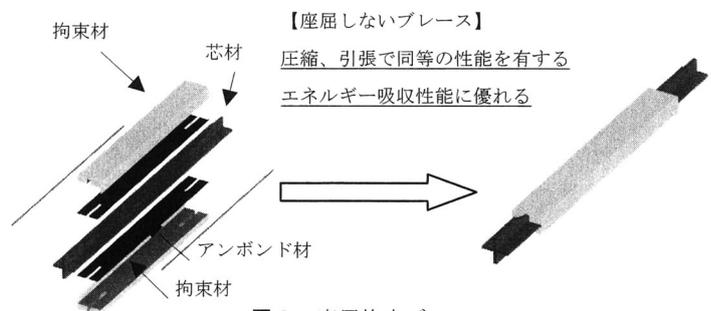


図3 座屈拘束ブレース

¹⁾ 神奈川大学工学研究科 大学院生
 (〒221-0802 神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1)
²⁾ 山口大学大学院理工学研究科 教授・博士(工学)
³⁾ 前田一級建築事務所 代表 一級建築士
⁴⁾ 神奈川大学工学部建築学科 主任技術員
⁵⁾ 神奈川大学工学部建築学科 教授・工博

¹⁾ Kanagawa Univ., M. Eng.
²⁾ Prof., Graduate School of Science and Engineering, Yamaguchi Univ., Dr. Eng.
³⁾ Maeda office
⁴⁾ Technician, Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ.
⁵⁾ Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., Kanagawa Univ., Dr. Eng.

3. 新構法の提案

3.1 新構法の概要

新構法として、回転ピン支持と滑り支持を有するファサードパネルを提案した。これにより、極めて稀に起きる地震時に構造躯体からパネルに伝わる層間変形の影響が回避できる。

従来構法では、パネルの周りが固定されているので、構造躯体からの変形の影響は避けられない。新構法を用いた場合の挙動の模式図を図5に示す。新構法では、パネルの左右中央2箇所に構造躯体の変形に対し回転できる回転ピン支持を設置する。これにより、パネルに変形が生じなくなる。さらに、ファサードパネルの上下間にローラーによる滑り支持を数箇所設置する。これは上下パネル間を安定させ、面外方向の荷重を負担する役割を持つ。

新構法では、以上2点の機構を用いてSBSの大変形に対応させる。新構法は、この2点の機構により、パネルの大きさに関係なくSBS建物に対応できると考えられる。

3.2 新構法の特長

1) ブロック架設

従来構法では、タワークレーンなどを用い、下地鉄骨とパネルを部材ごとに揚重階に吊上げる。この際、タワークレーンは部材数に応じ、何回か往復しなければならない。

新構法では、1スパン分のファサードパネルの枠組み内に、間柱とパネルを地上で組立て、一括で吊上げるブロック架設が可能となる。これにより、タワークレーンの使用回数を減らすことができ、さらに、地上で1スパン分のファサードを組み立てているので、高層部でパネルを取付ける作業時間を短縮できる。

2) アンカーの不具合回避

従来構法では、ファサードパネルを取り付けるためにあらかじめアンカーを構造躯体に設置し、そこにファスナーを取り付けてマリオンを吊下げる。アンカーは躯体工事と平行して取付ける先付けアンカーと、躯体工事完了後に取付ける後付けアンカーに分けられる。先付けアンカーは、後付けアンカーと比較すると強度的には有利である。しかし、床工事時にアンカーが躯体の鉄筋に当たらないように配置するため、正規の位置に付けられずに位置ずれや破損などの不具合を起こすことがある³⁾。

新構法では、アンカーを用いずにマリオンとファスナーを設置するので、上記の不具合を回避できる。

3) デザイン性の向上

パネルはコンテナ輸送しやすい幅に分割されてくる。従来構法では、分割されてきた位置にマリオンやサッシを配置しなければならず、縦線強調のデザインになってしまう。

新構法では、ファサードパネルの枠内のみならず、1層全てが層間変形の影響を回避する。したがって、従来構法では難しかった、複雑なデザインのファサードパネルが設置できる。

3.3 新構法の設計例

図6に新構法の設計例を示す。SBSの対象としたモデルである10層5スパンのチューブ構造¹⁾にセミダブルスキン形式でパネルを取り付ける。躯体鉄骨からハネ出し梁を出し、内側にガラスパネル、外側にルーバーパネルを設置する。その間は点検歩廊とする。回転ピン支持はハネ出し梁から出たマリオンに設置しているが、デザインによっては構造躯体内、躯体外側に取り付ける。

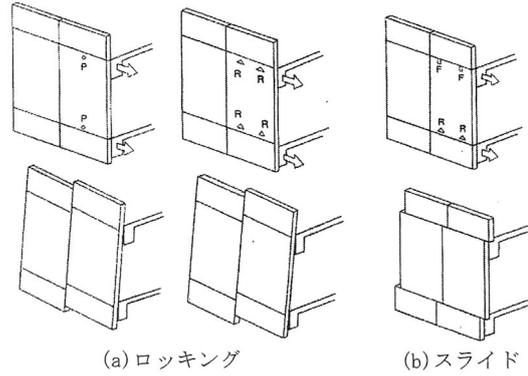


図4 一般的なパネルの取付け方法

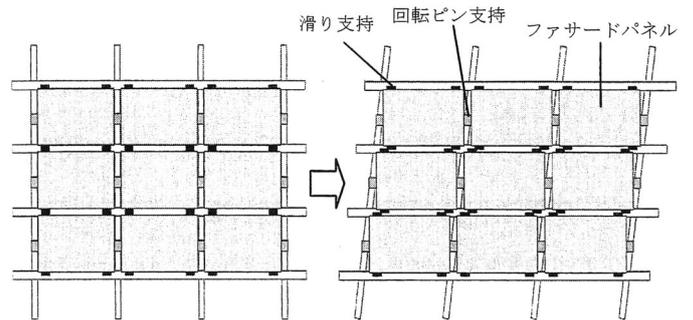
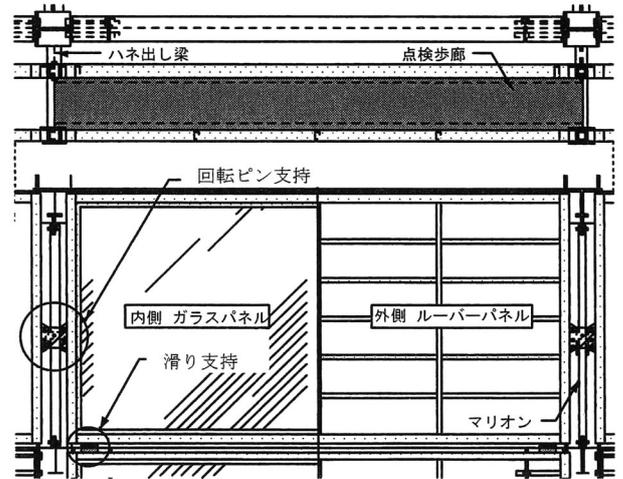
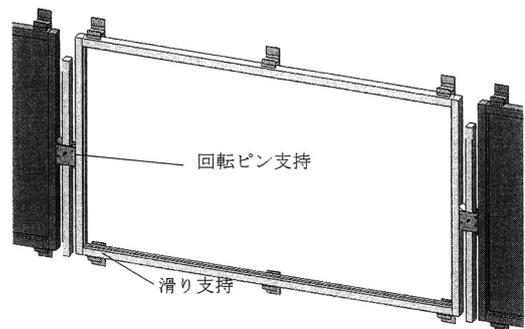


図5 新構法を用いた場合の挙動の模式図



(a) 新構法例



(b) 新構法イメージ

図6 新構法の設計例

1) 回転ピン仕口

図7に回転ピン支持の詳細を示す。構造躯体のハネ出し梁から出たマリオンに2枚のプレートで挟み込み、ピンボルトにより回転支持する。一般的な構法と同様にボルトの仮締め後、スロットホールとレベリングボルトでファスナーの位置を調整する。その後にボルトの本締めを行い、プレートを溶接し固定する。

2) 滑り仕口および滑りエアタイト

図8に滑り支持の詳細を示す。構造躯体とパネルにそれぞれ滑り仕口を設置する。パネルに取付ける滑り支持は、内部にテフロンコーティングを施す。面外方向にはピン支持、面内方向にはローラー支持でパネルの上下間に数箇所設置する。これにより、上下パネル間を安定させ面外方向の荷重を負担することができる。

また、室内外の気密性を保つために、構造躯体外面とパネル内面の間に滑りエアタイトを設置し気密性を確保する。

4. 新構法の性能確認実験

建物の層間変形に追従する機能を持たない構法(以下、固定構法と呼ぶ)と新構法とを比較し、新構法ではパネルに変形が生じないことを確認する。図6に示した設計例の1/5縮尺モデルで、2層2スパンの構造躯体を製作する(図9)。構造躯体は、大変形時のSBSを再現するため柱梁接合部はピン接合とし、柱梁部材にモーメントが生じない。このことから、SBSは鋼構造であるが、実験には木製構造躯体を用いた。写真1にその全景を示す。パネルを、固定構法と新構法をそれぞれ取付け位置Aに設置し、構造躯体に変形を与え、挙動の違いを確認する。

4.1 試験体

図10にガラスパネルの形状詳細を示す。パネル枠は木で製作し、接合部を金具で補強する。パネル枠内に2mm厚のガラスをはめ込み、枠とガラスが直接接しないよう、1mmのクリアランスを確保し、直接接しないようにする。

新構法では左右2箇所回転ピン支持を設置し、マリオンとつなげる。写真2に回転ピン支持、滑り支持を示す。回転ピン支持は一つのパネルに左右に2箇所設置する。滑り支持は四隅に計4箇所設置し、固定構法では滑り支持を木製構造躯体の梁と固定する。

4.2 荷重計画および測定方法

アクチュエータを用いて柱頭部に変形を与える。SBSの挙動を想定し、正負交番漸増繰り返し荷重を層間変形角1/200、1/100、1/50で1回ずつ繰り返す。パネルの対角に巻き取り型電気式変位計を用いて対角変形量を測定する。また、図10に示すガラス4隅にひずみゲージを貼り付け、ガラスひずみを測定する。

固定構法では、パネル周りに設置した滑り支持をビスで固定することで、構造躯体の変形がパネルに直接伝わるようにし、新構法と比較できるようにした。

4.3 実験結果

図11にパネル対角変形量を示す。固定構法では変形量が最大4.9mm生じたが、新構法では最大0.4mmしか生じなかった。

図12にガラスひずみを示す。新構法は固定構法と比較して、4箇所全ての測定位置でガラスひずみにほとんど変化がなかった。これらの結果より、新構法ではパネルに変形が生じておらず、大地震時におけるSBSの層間変形にも対応できることが分かった。

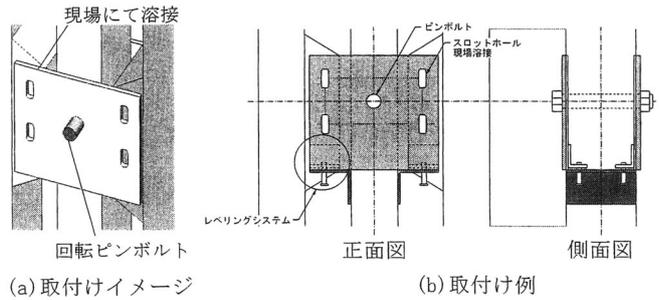


図7 回転ピン支持

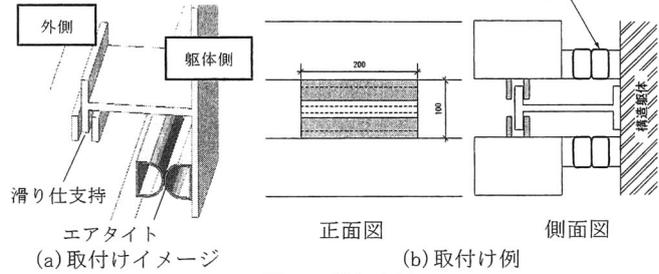


図8 滑り支持

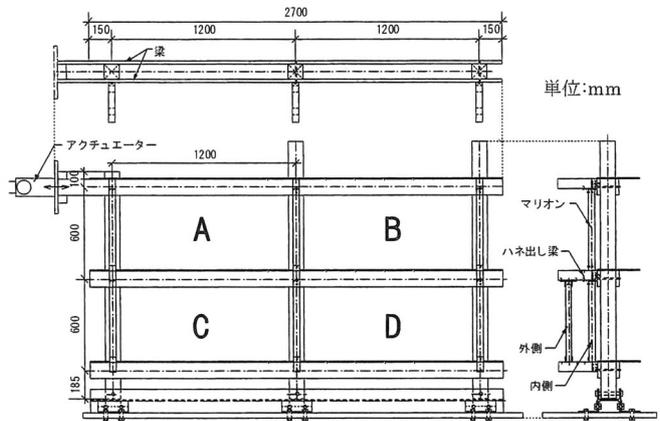


図9 木製構造躯体

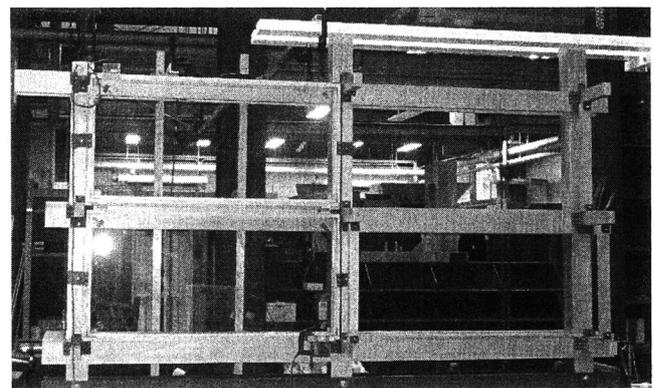
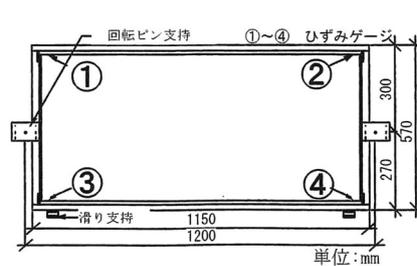


写真1 試験装置



※ 番号は歪ゲージ。対角方向に配置する。

図10 ガラスパネル形状

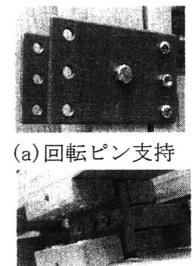


写真2 機構形状

5. 新構法の変形実験

木製構造躯体に新構法を用いて左右、上下、前後間でパネル同士が影響しあわないことを確認する。

5.1 試験体

表 1 に試験体取り付け位置を示す。試験体 1 と試験体 2 では性能確認実験と同様のガラスパネルを用いる。試験体 3 では内側にガラスパネル、外側に同じ寸法のルーバーパネルを取り付ける(写真 3)。

5.2 载荷計画および測定方法

性能確認実験の結果より、新構法ではパネルに変形が生じないことが分かっている。ここでは、層間変形角 1/50 を 1 回繰り返して、双方のパネルが影響しあわないことを確認する。性能確認実験と同様にパネルの対角変形量とガラスひずみを測定する。また、滑り支持は目視により設計通り機能するかを観察する。

5.3 実験結果

試験体 1 から試験体 3 のガラスひずみを図 13~図 15 に示す。いずれの試験体でも、ガラスひずみに大きな変化はなく、パネルの対角変形量にもほとんど問題は見られなかった。従って、パネルを 2 枚取り付けただけの場合でも、パネル同士に影響しないと推測できる。

試験体 2 の滑り支持では、上下間のパネルを拘束することなく機能し、パネルの面外への移動も抑制している(写真 4)。また、試験体 3 よりルーバーパネルを用いた場合も挙動に違いがないことを確認した。以上から、パネル同士はお互いに影響しあう事はなく、層間変形に追従する。

6. 結

本論では、サステナブルビル構造に適合するファサードパネル構法について検討を行った結果、下記のことが明らかになった。

- 1) SBS に適合する新構法として、回転ピン支持と滑り支持を有するファサードパネルを提案した。
- 2) 実験により、新構法は構造躯体からの層間変形の影響を回避することを確認した。また、目視により滑り支持が設計通り機能することが分かった。
- 3) 本論は SBS 接合部を有する SBS について検討を行った。今後の展開として、新構法は通常の接合部を持つ一般構造にも適用できる可能性を有し、実験を行いその解明に努めたい。

謝辞

研究を進めるにあたり古川聡美氏(神奈川大学学部生)にご協力いただきました。深く感謝いたします。

本研究にあたって、トステム財団からトステム建材産業振興財団平成 21 年度助成研究として援助をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 島有希子、古川純也、加藤貴志、岩田衛:サステナブルビル構造システムの設計法の提案、日本建築学会構造系論文集、第 640 号 pp.1179-1185.2009.6
- 2) 建築工事標準仕様書・解説 JASS14 カーテンウォール工事:日本建築学会、P52、2006.4
- 3) カーテンウォールってなんだらう:社団法人 日本カーテンウォール工業会、P115、1995.4

表 1 試験体の取り付け位置

	取り付け位置	備考
試験体 1	A・B	横レベルで設置する。
試験体 2	A・C	上下間に滑り仕口を設置する。
試験体 3	C	ダブルスキン形式で設置する。

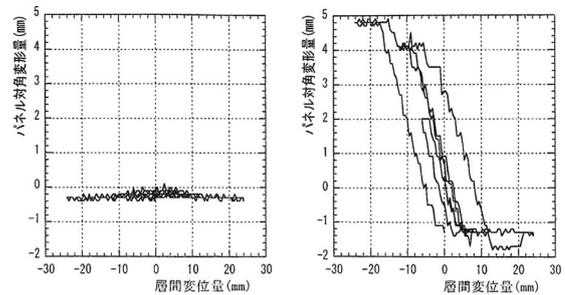


図 11 ガラスパネルの対角変形

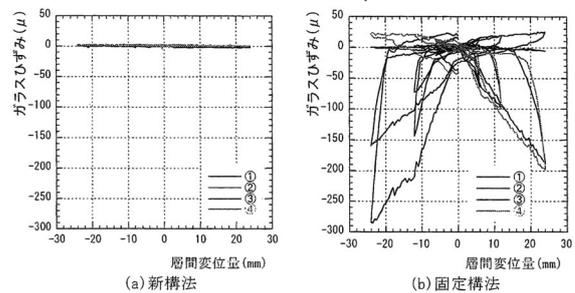


図 12 ガラスパネルひずみ

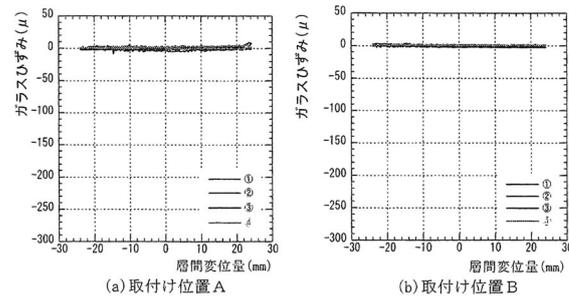


図 13 試験体 1 のガラスひずみ

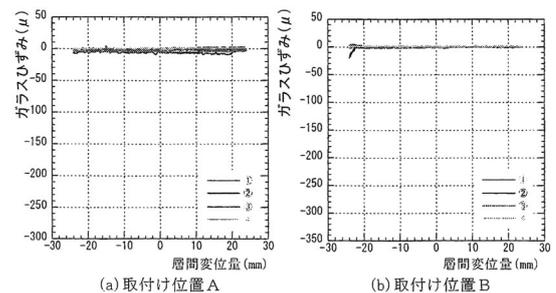


図 14 試験体 2 のガラスひずみ

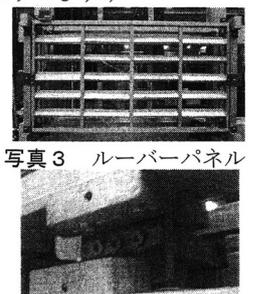
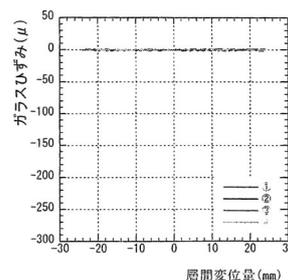


写真 3 ルーバーパネル



図 15 試験体 3 のガラスひずみ 写真 4 滑り支持(1/50 時)

[2011 年 10 月 20 日原稿受理 2011 年 12 月 13 日採用決定]