

# ガラスファサードにおける4辺SSG構法の適用可能性について

Applied Possibility of 4 Sided Structural Sealant Glazing System on Glass Facade.

石井 久史\*1

## 1. 序

近年、建築のゼロエネルギー化に向けた取組みがなされている。特に公共施設や事務所ビルなどでは、ZEB (Zero Energy Building) に向けた政策が示され、各国は2016～2025年を目途に新築ビルにおいてゼロエネルギー化を目指すものとなっている(図-1)。ZEB化を進めるには、気密性・断熱性の向上や通風などパッシブの活用、空調設備機器における熱源の高効率化、照明や空調負荷の最適制御、創エネなど技術的施策は種々に考えられるが、ここでは、冷暖房負荷に大きな影響を与える可能性があるガラスファサード<sup>1)</sup>を対象としている。

ガラスファサードにおいて冷暖房負荷低減を図るには、夏期は日射遮蔽性を高め、冬期には断熱、中間期は必要に応じて通風を行うことが考えられる。これらを満たす方法として、ダブルスキンやエアフロー<sup>2)</sup>などが効果的であるが、実務上採用例が多いのはシングルスキンである。そのため、シングルスキンにおいて総合熱貫流率が低く冷暖房負荷低減に有効と考えられる簡便な方法として、SSG構法 (Structural Sealant Glazing System : 以下SSG) に着眼した。

SSGは、写真-1のように外観上フレームレス化が図られ平滑さが保たれる。SSGは、面ガラスと支持部材を構造シーラントにて接着接合することで荷重伝達する構法である(図-2)。既に自動車や鉄道車両に適用されているが、耐用年数の長い建築では、今まで慎重な対応が求められてきた。SSGは、構造接着耐久性だけに依存することから不安感が拭えず、また適用に際して条件<sup>4)</sup>が付されていることもあり、わが国において普及しているとは言い難い。しかしながら、諸外国ではすでに一般化されているため、本報ではSSGの基準・規格、事例、実証実験ならびに解析による検討などを踏まえながら、わが国における適用可能性について解説したい。



写真-1 SSG構法の適用事例 (左：フランス 右：英国)

	2010	2013	2016	2018	2019	2025	2030	2040	2050
US (DOE) Zero Energy	Government building					ZEB			
	New Commercial building					50% Reduce	ZEB		
	Renovation Commercial building					25% Reduce		50% Reduce	ZEB
UK Zero Carbon	New Residential	25% Reduce	44% Reduce	ZEH					
	Non Residential			School ZEB	Public ZEB	All Buildings Carbon Neutral			
JAPAN Zero Energy	New Detached Housing					ZEH		ZEH	
	New Public Building								Net zero energy buildings

図-1 ZEB化に向けたロードマップ<sup>3)</sup>

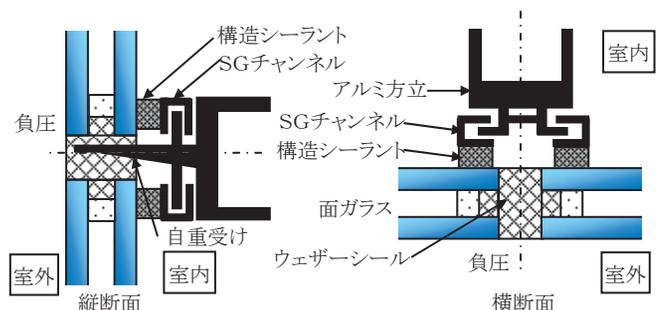


図-2 SSG構法詳細

\*1 ISHII Hisashi : 株式会社 LIXIL 総合研究所 主幹 博士 (工学)

## 2. SSG構法の概要と現状

### 2.1 形態と種類

SSGは、風荷重に対して構造シーラントを介してフレームへ荷重伝達する構法である。構造目的であるため、従来の4辺支持カーテンウォール（以下CW）と同様に4辺支持とみなすことが可能となる。図-3はSSGにおけるガラスの支持形態を示す。構造シーラントにより支持される辺数に応じて2辺・4辺SSGなどと呼称する。諸外国では4辺SSGの採用事例は多いが、わが国では4辺SSGの事例はほとんどなく、2辺SSGにおける実績が中心である。

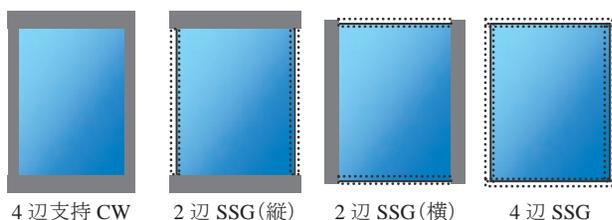


図-3 SSG構法の支持形態

SSGは、従来型CWに比べ室外側が平滑（図-4）になる特徴を有し、大きく2つに分類できる。1つはガラス方立構法やハブリッド方立<sup>1)</sup>のように方立ガラスと面ガラスが同一素材のガラスを用い、シリコンシーラントがケイ素由来の成分であることから良好な接着性が得られると考えられているガラス方立構法<sup>5)</sup>、もう1つは荷重伝達機構にアルミニウム合金（以下アルミ）製の型材を用いた異素材との接着によるSSGである。後者は、構造

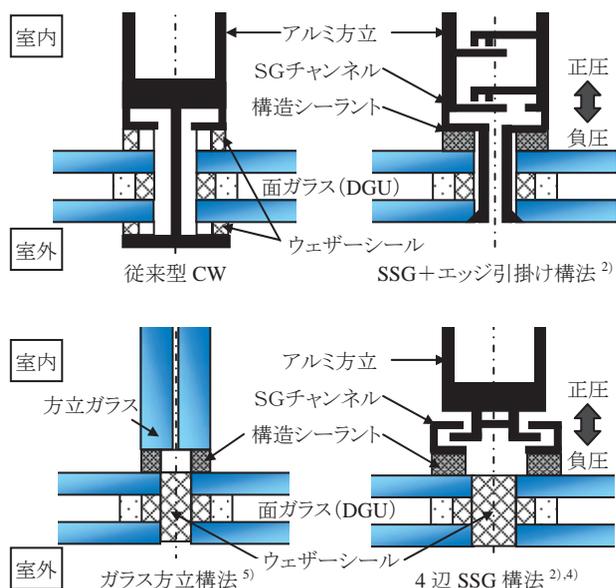


図-4 一般CWとSSG構法の詳細（横断面）

シーラントの被着体として皮膜や塗膜が施されたアルミ（図-4：SSG+エッジ引掛け構法も含む）を用いるため、ガラス方立構法と接着要件が異なる。また、このSSGは事務所ビルの基準部に適用され、主に低層部に用いられるガラス方立構法より対象面積が大きく熱的性能の向上に貢献できることも踏まえ、本報の対象とした。

### 2.2 要求性能への対応

CWの要求性能などにおいて、現時点での4辺SSGの対応可否状況を表-1に示す。従来のCWと比較すると概ね同様に扱えることがわかる。4辺SSGの最大の魅力は、ファサード面の平滑さによるデザイン性とメンテナンス性（汚れにくさ）の良さに加え、室外側フレームレスによる熱的性能の向上などが挙げられる。これらの利点は、構造接着耐久性などが担保されることで達成される。最近では、構造接着耐久性における実証事例として、20年以上実物件に適用された4辺SSGの構造耐力が初期値と同等という報告<sup>6)</sup>がある。また、わが国では馴染みは薄いですが、爆破などの衝撃に対しても効果的<sup>7)</sup>である。SSGは、その高い接着性能から爆風などの衝撃波に対し、ガラスがフレームから外れることを防ぎ、ガラス全体で吸収し減衰させる効果が期待できるとされている。

一方、注意を要する項目は2つある。1つは、防火耐火による遮炎性や延焼の恐れのある部分<sup>8)</sup>である。特に延焼の恐れのある部分の開口部では防火設備<sup>9)</sup>、スパンドレル部では4層構造が例示<sup>9)</sup>されており、SSG特有の平滑さは得られなくなる可能性がある。もう1つは、層間変位追従性であり構造シーラントに剪断力を与えない<sup>4)</sup>ことを前提としているため、フレーム部での追従機構付与など工夫を要する点である。これらの項目は、将来的に研究開発が進むことで解決されることを期待したい。

表-1 要求性能における4辺SSG構法の対応可否状況

要求性能	要求性能細目	SSG	CW
1 耐火性能・防火性能	防火設備、区画	△	○
2 常時の構造安全性能	自重による安全性	○	○
3 耐風圧性能	部材の安全性	○	○
4 耐震性能	慣性力、層間変位追従	○	○
5 耐温度性能	日射熱による変形	○	○
6 荷重の組合せ性能	長期、短期組合せ	○	○
7 水密性能	漏水防止	○	○
8 気密性能	漏気防止	○	○
9 遮音性能	透過損失	○	○
10 断熱性能	熱橋防止	○	○
11 結露防止性能	熱伝導率	○	○
12 構造信頼性能	構造接着耐久性	△	—
13 防爆性能	衝撃波吸収	○	×

### 2.3 ガラスの支持方法および保持機構

欧米諸国では、4辺SSGの採用実績が多い。その理由は、わが国と比較して環境条件や制度、保証などが異なるためと言われている。ここでは、諸外国の4辺SSGにおけるガラスの支持方法とフェールセーフとしてのガラスの保持機構について述べる。

図-5には、4辺SSGの支持方法や保持機構に関する欧州のガイドライン<sup>10)</sup>を示し、図-6には著者が現地で確認した4辺SSGにおけるガラスの支持方法と保持機構の実施例を示す。図-5中Type IとIIは、自重を機械的に支持し風荷重は構造シーラントで支持したものである。Type IIIとIVは、自重も風荷重も構造シーラントで支持したものである。4辺SSGは構造接着ゆえ、何らかの理由で接着不良などが生じた際にガラスの落下を一時的に防ぐ必要があり、そのために保持機構を設けることが想定される。Type IとIIIには、メカニカルリテンション(機械的保持)が設けられている。

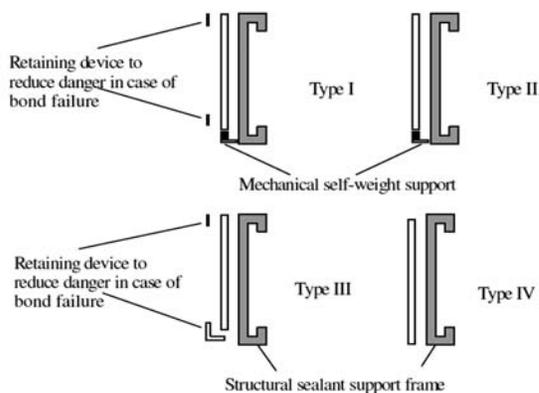


図-5 4辺SSG構法の支持方法等に関する欧州ガイドライン<sup>10)</sup>

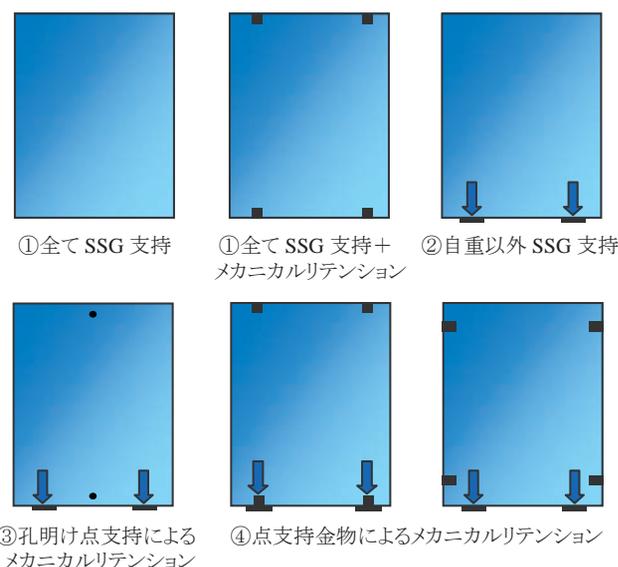


図-6 4辺SSGのガラス支持方法および保持機構例



写真-2 ①全てSSG支持(ドイツ 8m以下に適用)



写真-3 ②自重以外SSG支持(英国)



写真-4 ③孔明け点支持によるメカニカルリテンション(ドイツ)

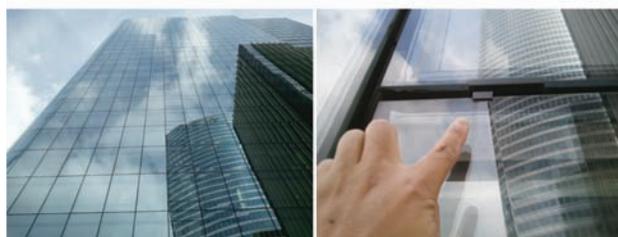


写真-5 ④点支持金物によるメカニカルリテンション(フランス)

図-6には、図-5のガイドラインのように、自重と風荷重を構造シーラントで支持するもの(図-6 ①、写真-2)と金物で支持するもの(図-6 ②~④、写真-3~5)がある。図中①の一部と③、④は、メカニカルリテンションを設けた例である。メカニカルリテンションは、大きく分けて2種類存在する。1つはDPG構法<sup>2)</sup>のようにガラスに孔明け加工を施して金物保持する方法(写真-4)であり、もう1つはガラスに孔明けせず小さな点支持金物でガラスを保持する方法(写真-5)である。どちらも構造シーラントの不良時には、局所的にガラスの主応力が高くなるため、FEMによる解析を行いガラスの検討を行う必要がある。

また、孔明けタイプは強化ガラスを採用する必要があるため、自然破損<sup>1)</sup>に対するフェールセーフも併せて必

要となる。具体的施策として、合わせ加工や飛散防止フィルム貼りが想定されるが、飛散防止フィルムは経年劣化による貼り替えを要するため、設計には一定の配慮が必要である。

図-7には、ガラス自重（長期）と負圧時風荷重（短期）を支持するのに必要な支持方法（メカニカルリテンションは含まない）について、著者が現地で確認したのものも含め想定して示す。ガラスは、IGU (Insulating Glass Unit) を対象としている。荷重伝達は、厳密には防水目的のウェザーシールのような弾性接続部位でも生じるが、ここでは、主要伝達部位とした。図中矢印は、作用荷重方向を示しており、青色が圧縮、黄色が引張、赤色が剪断である。

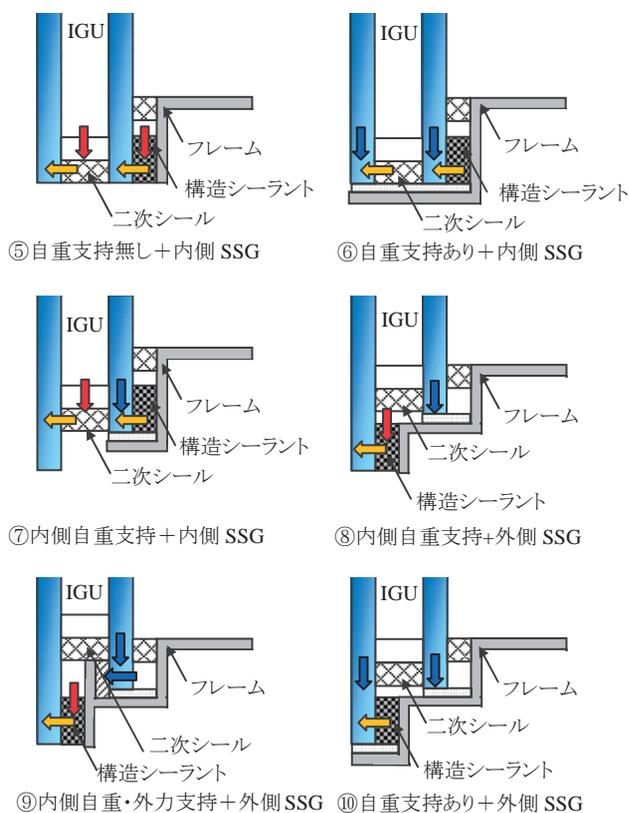


図-7 IGUにおいて想定される4辺SSGの支持方法

4辺SSGにおいてIGUを用いた場合の荷重伝達方法は、以下の2つに集約される。1つはIGUの内側ガラスと支持フレームの間に構造シーラントを設けて内側ガラスで荷重を伝達するもの、もう1つは外側ガラスと支持フレームの間に構造シーラントを設けて外側ガラスで荷重伝達する方法である。図-7に示す⑤～⑦はIGUの内側ガラスで荷重伝達するため、IGUの二次シールも構造シーラントとなる。この場合、IGUの二次シールは自重を支持さ

れている⑥を除き、構造シーラント（二次シールも含む）で自重による剪断と負圧時風荷重による引張を受けるため、構造シーラントだけで荷重を負担する厳しい支持形態となる。特に⑤は、全てを接着に依存することになり、最も厳しい状態となる。

一方、IGUの外側ガラスに構造シーラントを設けた⑧～⑩は、外側ガラスで風荷重の伝達を行うため、ガラスの力学的条件は不利となる（ドイツで適用）。⑧は外側ガラスの自重とIGUが負担する風荷重に対し構造シーラントで伝達するため、外側ガラスで荷重伝達するものの中では最も厳しい形態となるが、同様に⑨は内側ガラスが負圧時風荷重を負担するため、⑧と比べてガラスの力学的条件は有利に働く。また、⑥と⑩は風荷重の対処だけを考慮すればよく、メカニカルリテンションを設けることで欧州ではType Iに分類され、さらに安全性が高められる。⑤～⑩以外として、ガラスエッジの一部を削り金物を差込み保持する構法<sup>11)</sup>もあるが、強化ガラスとなるため自然破損の恐れが残る。

表-2には、各国の4辺SSGを欧州ガイドライン<sup>10)</sup>に示された4つのTypeに分類した場合、図-6、7に示した支持方法および保持機構①～⑩が、どのTypeに該当するのかを著者が現地で確認した結果を踏まえながら参考例として示す。

表から、諸外国では面外方向にフェールセーフ機構のないType IIが多用されているが、わが国で適用するには、フェールセーフ機構を設けたType Iが望ましいと考える。

表-2 各国における4辺SSGの実施状況<sup>\*1</sup>例一覧

Type 国名	基準・規格等	ETAG002			
		Type I	Type II	Type III	Type IV
日本 <sup>*2</sup>	BCS	- <sup>*3</sup>	②,⑥	- <sup>*3</sup>	- <sup>*3</sup>
米国	ASTM	-	②,⑥	-	①,⑤
英国	BS	-	②,⑥	-	-
ドイツ	ETAG	③,⑥,⑧	- <sup>*3</sup>	-	①,⑦,⑨ <sup>*4</sup>
フランス	DIBT	③,④,⑥,⑩	-	-	-
ベルギー	CSTB	-	②,⑥,⑩	-	-
オランダ	SECO	-	②,⑥	-	-
中国	GB, JGJ	-	②,⑥	-	-

\*1:各国の状況の一部は資料編に示す \*2:単板ガラス使用

\*3:-印は現地で確認ができなかった \*4:建築高さ8m以下に適用

### 3. SSG構法の熱的性能

#### 3.1 熱伝導解析

CWは、ガラス部の面積が大きくフレーム部の面積は小さいが、フレーム部からの熱損失は意外に無視できない。すなわち、ガラスの熱的性能だけを高めたとしても

熱伝導率の高いアルミフレーム部が外部側に露出している限り、ヒートブリッジの影響を受け続ける。それを防ぐ有効な手立ての1つに4辺SSGがある。ここでは、4辺SSGの熱的性能について数値解析により定量化を試みた<sup>6)</sup>。

### 3.2 解析方法および条件

解析は、境界要素法 (BEM) による2次元定常熱伝導解析 (汎用プログラムMARCを使用) とした。ガラスファサードの熱的性能は熱貫流率により評価しているため、従来のCWと4辺SSGの熱貫流率を算定し比較する。ガラスファサードの熱貫流率は、ガラス部、フレーム部、ガラスがフレームにのみ込んでいるガラス端部の3要素を考慮した式(1)にて算定できる。そこで、二次元定常熱伝導解析で得た通過熱量 (各素材の熱伝導率や見付面積に依存) から開口部全体の総合熱貫流率  $U_{value}$  (W/m<sup>2</sup>K) を算定した。ここで、 $A$ は面積 (m<sup>2</sup>)、 $U$ は熱貫流率 (W/m<sup>2</sup>K)、 $l$ は見付幅 (m)、 $\psi$ は線熱貫流率 (W/mK)、 $P$ は3次元熱流部の点熱貫流率 (W/K)、添字の  $g$  はガラス、 $f$  はフレームである。また、解析条件は冬期を想定し、太陽光による影響は考慮していない。本解析条件を表-3に示す。

$$U = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi + \sum P}{\sum A_g + \sum A_f} \dots\dots\dots(1)$$

表-3 解析条件

CW 部材寸法	従来型 CW	4 辺 SSG
方立見付 1 (mm)	55	0
無目見付 1 (mm)	55	0
熱的条件	室内側	室外側
温度 (°C)	20	0
表面熱伝達率 (W/m <sup>2</sup> K)	8.3	23.3
ガラスの性能構成種類	FL 単板	Low-E 複層
熱貫流率 $U_{value}$ (W/m <sup>2</sup> K)	5.9	1.8
サイズ 1600×2700 (mm)	15	10+A12+10

### 3.3 解析結果

総合熱貫流率  $U_{value}$  (W/m<sup>2</sup>K) と削減効果を表-4に示す。表中、ガラス別効果は透明フロート (FL) 単板に対するLow-Eでの削減率、構法別効果はCWに対するSSGでの削減率、網掛部はCW+単板に対するSSG+Low-Eでの削減率を表す。解析結果から、SSG+Low-Eの  $U_{value}$  が最も低く、CW+単板に比べ削減率は6割弱であった。図-8、9には解析結果の温度コンターを示す。4辺SSGの熱損失抑制効果が見て取れる。

表-4 熱伝導解析による総合熱貫流率  $U_{value}$  の結果と削減効果

	従来型CW	4 辺 SSG	構法別効果
FL 単板	6.65 W/m <sup>2</sup> K	5.95 W/m <sup>2</sup> K	-10.5%
Low-E 複層	3.55 W/m <sup>2</sup> K	2.79 W/m <sup>2</sup> K	-21.4%
ガラス別効果	-46.6%	-53.1%	-58.1%

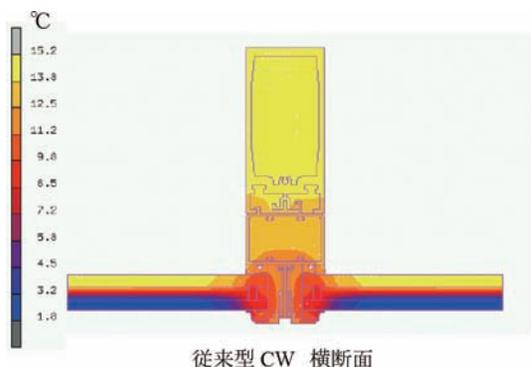


図-8 従来型CW (4辺フレーム支持) の2次元熱伝導解析結果例

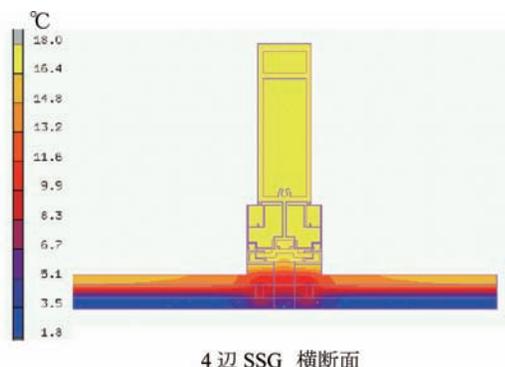


図-9 4辺SSG構法の2次元熱伝導解析結果例

## 4. SSG構法の構造信頼性

### 4.1 構造接着耐久性

SSGの採用にあたって最も気になる項目が構造接着耐久性である。構造接着耐久性は、光、熱、水などのアタックと応力振幅疲労による要因が複合的に作用するため予測することは簡単ではない。ここでは、20年以上実物件に適用された4辺SSGの構造接着耐久性に関する実験を報告した文献<sup>6)</sup>について紹介する。

### 4.2 実験方法および条件

本実験は、竣工当時の試験結果（初期）と20年間実物件に適用されたものとを比較している。実験対象建築物は千葉県船橋市に位置し、1991年に竣工後、20年間企業のショールームとして使用されてきた（写真-6）。構造は鉄骨造3階建、建物高さは14.5m、4辺SSG-CWは東側に面している。CWユニットは、風荷重の大きい最上部近傍から取出し、図-10に示す位置から試験体を採取した。この試験体にて引張実験を実施し、過去の試験結果（BM）と比較することで、構造接着耐久性の確認を行った。



写真-6 実験対象建築物に適用された4辺SSG-CW

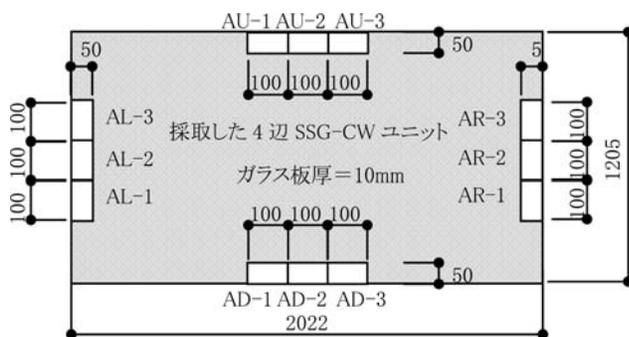


図-10 4辺SSG-CWユニットにおける試験体採取位置

比較対象となる過去の試験結果は、1991年当初に実物件と同種の構造シーラントで引張試験を実施したものである。パラメータはプライマーの有無、バフの有無、初期と劣化（温水）であり、N数3としている。JIS A 1439に準じて養生した後、JIS A 1439に従い引張試験を実施した。試験結果から、プライマーありバフなしの初

期と劣化における各々の試験結果の平均値をBM初期平均、BM劣化平均とした。また、素材試験は同素材のカタログ値を用いている。

### 4.3 実験結果

実験結果から、試験体製作時の接着不良であったAU-1を除き、試験体は全て凝集破断し健全であった（写真-7）。図-11には、実物件から採取した試験体の引張実験結果を示す。図中縦軸は引張応力度 $\sigma_t$ 、横軸はひずみ $\epsilon$ である。最大耐力はBM劣化平均より高い値を示している。試験体は約50%ひずみ時に最大耐力に達し、素材試験の結果と比較しても経年による硬化で2倍ほど高い剛性を示した。以上から、本実験では20年を経過しても構造耐力はBM初期と概ね変わらず、剛性は素材試験に比べて硬化上昇したが、健全であることが確認された。20年間適用した際のデータが得られたことで、4辺SSG構法の適用に向けた取組みが今後さらに進んでいくものと考えている。

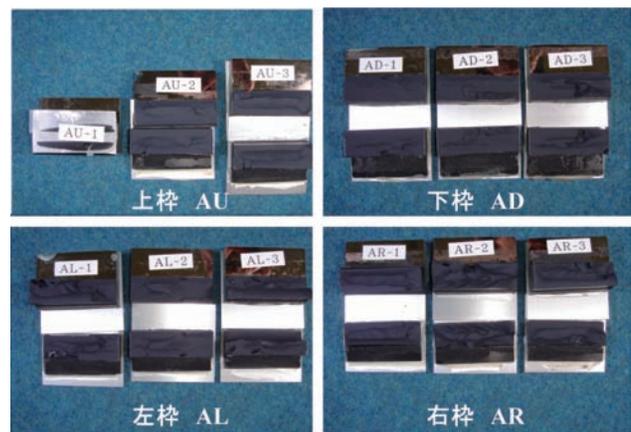


写真-7 20年間実物件に適用された試験体の引張実験後状況

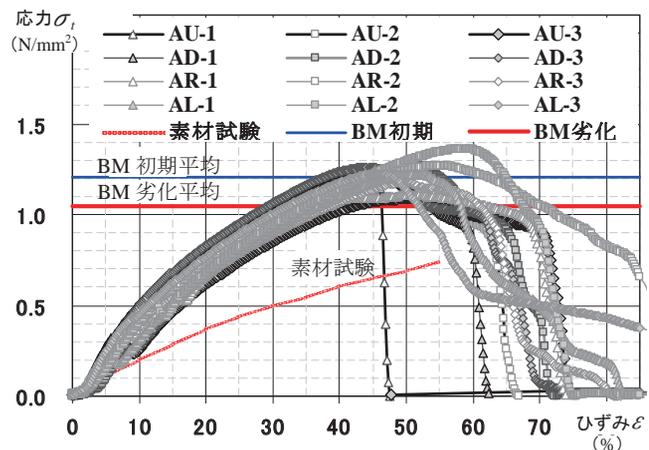


図-11 20年間実物件に適用された試験体の引張実験結果

## 5. SSG構法の適用可能性

### 5.1 適用される構造シーラント

構造シーラントは、シリコンシーラントであり、その物性から中、高、超高モジュラスに分類される。中モジュラスは、変形性が高く許容応力は小さいため、ここでは対象外とする。硬化機構区分は、反応硬化2成分形と湿気硬化1成分形に分類され、硬化反応区分は脱アルコール形である（表-5）。

本報が対象とする構造シーラントは工場施工が一般的であるが、SSGは構法の種類や設計思想により適宜使い分けられている。例えば、本報では対象外のガラス方立構法の場合、必然的に現場施工となるため、コスト的に湿気硬化1成分形が適用されるが、大規模プロジェクトでは工程上の理由から反応硬化2成分形とすることがある。また、一般的に4辺SSGのCWは、写真-8に示すように乾式工法として工場施工される（反応硬化2成分形が多い）が、欧州ではCWの構造シーラントを現場施工することもある。写真-9は、現場での硬化養生状態を示すものである。SSGの現場施工は低層部が中心で、状況に応じて使い分けしていると推察される。

ここで、設計に必要な構造シーラントの設計許容応力と設計剪断変形率、引張接着性などを表-5に示す。超高モジュラスと高モジュラスの違いは剛性と設計剪断変形率であるが、設計許容応力は0.14 N/mm<sup>2</sup>と双方で違いはなく、剪断変形には設計的配慮が必要となる。

表-5 構造シーラントの機械的性質と許容応力度等一覧

項目	超高モジュラス <sup>4)</sup>	高モジュラス <sup>4),5)</sup>		
M50 <sup>※7</sup> N/mm <sup>2</sup>	0.88~0.95	0.49	0.45	0.49
Tmax <sup>※8</sup> N/mm <sup>2</sup>	1.02~1.15	1.08	1.72	1.87
E <sub>max</sub> <sup>※9</sup> %	70~80	200	454	490
設計許容応力 N/mm <sup>2</sup>	0.14			
設計剪断 変形率%	M1 <sup>※5</sup>	5	15	30
	M2 <sup>※6</sup>	10	20	60
硬化機構区分	反応硬化2成分形		湿気硬化1成分形	
硬化反応区分	脱アルコール形			

※5：温度ムーブメント ※6：風、地震などのムーブメント

※7：50%引張応力 ※8：最大引張応力 ※9：最大荷重時の伸び



写真-8 4辺SSGによる乾式ユニットCW (左：米国 右：英国)



写真-9 4辺SSGの現場施工による仮固定養生例 (オランダ)

### 5.2 適用要件

文献<sup>4)</sup>では、4辺SSGを適用する場合、対象総面積が100m<sup>2</sup>以下の小規模なものに限って検討することになっており、適用部位も1~2階と低層部を中心にガラス面積1m<sup>2</sup>/枚程度と想定されている。また、採用壁の前面に庭等を設置することで、万が一ガラスが脱落しても人に危害が加わらないように配慮されている。文献<sup>4)</sup>は安全面に対してもよく考慮されており基本的な思想は踏襲する必要がある。

しかしながら、わが国において4辺SSGを一般化していくには、前述の設計的配慮<sup>4)</sup>だけでは現実的に難しい。そのため、構造接着耐久性における不安要素を積極的に解消していくことも一方では必要となる。その要素として挙げられるのは、構造接着耐久性における実証、構造接着耐久性評価法の確立、構造シーラントの荷重伝達機構の単純化、フェールセーフやメンテナンス性などの4つであろう。

まず、構造接着耐久性の実証については、一例として本報で紹介した文献<sup>6)</sup>があり、今後は可能な限りこのようなデータを集めていく必要がある。2つ目は評価法であるが、実証データをベースに現状行われている評価法を踏まえながら新たな評価予測法を構築し、劣化予測に基づいた設計やメンテナンス計画が立てられるようにする必要がある。3つ目は設計的配慮としてガラス自重は支持部材で受け、層間変位時に生ずる剪断力は構造シーラントに与えないディテールの工夫、風荷重のみ構造シーラントによって負担する簡明な荷重伝達機構とする必要がある。4つ目はフェールセーフについてメカニカルリテンションを設け、SSGユニットごとの取替えが容易なディテール、もしくは現場で応急処置的な構造シーラントの施工が可能となるサステナブルなディテールを提供することが要件となるだろう。これらの対応ができれば、わが国における4辺SSG構法の適用可能性は、今後さらに高まるものと考えられる。

## 6. 結

本報では、ガラスファサードにおける4辺SSG構法について、諸外国の事例を交えながら、わが国における適用可能性について解説した。4辺SSGを適用するには、構造接着耐久性の実証とその評価法を明確にし、構造シーラントの役割を単純化させること、フェールセーフ機構を設けながら維持管理に配慮する必要がある。現状は様々な課題があるが、その一方で熱的性能の向上やデザイン性、メンテナンス性など便益があることも事実である。それらを踏まえながら適用に向けた取組みを継続していくことが肝要と考える。

### 【参考文献】

- 1) 石井久史：「ガラスファサードの設計法について－構造材料の側面から－」GBRC 2012年1月号 (Vol.37 No.1), p2-p16, 2012年1月
- 2) 石井久史：「ガラスファサードの形態と構成方法について－環境的側面と構造的側面から－」GBRC 2011年1月号 (Vol.36 No.1), p12-p23, 2011年1月
- 3) Hisashi ISHII：「A Study on Structural Properties of 4 Sided Structural Sealant Glazing System - Applied to Glass Facade for Over 20 Years-」World Adhesive and Sealant Conference 2012 Paris France, Sep.2012
- 4) 建築業協会：「SSG構法の採用にあたって」, 1993年10月
- 5) 日本建築学会：「ガラス方立構法技術指針(案)」, 2011年1月
- 6) 石井久史：「ガラスファサードに適用される4辺SSG構法に関する研究」, 安全工学シンポジウム2012講演予稿集p530-p533, 2012年7月
- 7) Kenneth Yarosh, Andreas Wolf, and Sigurd Sitte：「Evaluation of Silicone Sealants at High Movement Rates Relevant to Bomb Mitigating Window and Curtain wall Design」, Journal of ASTM International, Vol. 6, No. 2, Mar. 2009
- 8) 国土交通省住宅局建築指導課：「国住指第619号 カーテンウォールの構造方法について (技術的助言)」, 2010年5月
- 9) カーテンウォール防火・開口部協会：「カーテンウォールの構造方法について (技術的助言) について」, 2010年7月
- 10) ETAG002：「GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL FOR STRUCTURAL SEALANT GLAZING KITS (SSGK)」 Part 1：SUPPORTED AND UNSUPPORTED SYSTEMS, p34 -p114, July 2009
- 11) Deutsches Institut für Bautechnik：「European Technical Approval ETA-10/0362-VARIO」, Nov.2010

### 【執筆者】



\*1 石井久史  
(ISHII Hisashi)

## 資料編

諸外国における4辺SSG構法の実施事例を、参考資料として写真-10～写真-15に示す。



写真-10 米国の事例



写真-11 ベルギーの事例



写真-12 フランスの事例

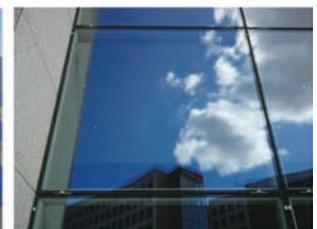


写真-13 英国の事例



写真-14 オランダの事例



写真-15 ドイツの事例

