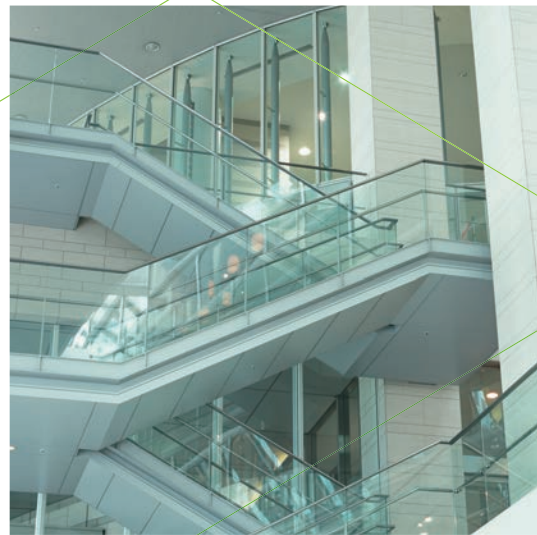


地震・台風・衝突による被害を防ぐ

「安全・安心ガラス設計施工指針 増補版」の手引き



一般財団法人 日本建築防災協会
機能ガラス普及推進協議会

はじめに

これまで、(一財)日本建築防災協会では、人体衝突時のガラス破壊による事故を未然に防止するための「改訂版 ガラスを用いた開口部の安全設計指針」(平成3年)、ガラススクリーンや防煙垂れ壁として使用されているガラスの地震時の安全性のための「鉄骨造建築物におけるガラススクリーン及びガラス防煙垂れ壁構法の設計・施工ガイドライン」(平成19年)、地震や台風・突風によるガラス破損を防ぎ安全を守るための「防災に必要なガラスのガイドライン」(平成21年)を発行してきました。

また平成23年2月には、ガラスの安全性について、日常時、地震時及び台風時等を含めて総合的に考え、これらを一冊にまとめた「安全・安心ガラス設計施工指針」を発行しました。この刊行に当たっては、上記の指針・ガイドラインには網羅されていなかった「DPG構法」「手すり」等の項目や法規も追加され、それぞれの構法ごとに再編集されたことにより設計者、施工者に使いやすい構成となりましたが、その後、平成23年3月に東北地方太平洋沖地震、平成24年5月につくば市竜巻、平成25年9月に越谷市・野田市竜巻と連続して大災害に見舞われ、ガラスも甚大な被害が発生しました。これらの大災害におけるガラス被害報告、及び京都大学防災研究所で実施された各種ガラスの飛来物衝撃試験結果(板硝子協会HPに動画を掲載www.itakyo.or.jp/)、などを新たに加えた【増補版】を平成26年9月に発行しました。

本書は、「安全・安心ガラス設計施工指針【増補版】」の内容をダイジェストでご紹介するものです。より詳しい内容を知りたい方は、ぜひ「安全・安心ガラス設計施工指針【増補版】」をご覧ください。

目次

★「安全・安心ガラスの設計施工指針【増補版】」該当ページ

概要		
1. 安全・安心ガラスの全体像	P2	★P1
安全・安心なガラスの選び方		
2. ガラスの種類と破損性状	P3	★P10
3. ガラスの種類ごとの注意点、その他の条件や外力等への対策	P4	★P17
4. ガラスを用いた開口部の安全設計指針	P5	★P24
5. 地震時に有効なガラスのガイドライン	P7	★P46
6. 強風時に有効なガラスのガイドライン	P10	★P55
構法別の設計・施工の注意点		
7. 構法ごとの注意点	P11	★P61
8. はめ込み構法の設計・施工ガイドライン 法規 (4辺単純支持構法、3辺単純支持構法、2辺単純支持構法)	P12	★P64
9. ガラススクリーン構法の設計・施工ガイドライン	P13	★P68
10. DPG構法等の設計・施工ガイドライン	P15	★P88
11. ガラス防煙垂れ壁構法の設計・施工ガイドライン	P16	★P91
部位別の設計・施工の注意点		
12. ガラスを用いた手すりの設計・施工ガイドライン	P17	★P95
13. 床板ガラスの設計・施工ガイドライン	P18	★P98
14. エレベータ、エレベータシャフトの設計・施工ガイドライン 法規	P18	★P99
15. 庇にガラスを用いる場合の注意事項	P18	★P106
16. トップライトにガラスを用いる場合の注意事項 法規	P19	★P101
17. 間仕切にガラス用いる場合の注意事項	P20	★P106
18. 無窓階に該当しない開口部構造の注意事項 法規	P21	★P106
19. メンテナンス時の注意	P23	★P109
安全性に関する別の考え方		
20. 安全性に関する別の考え方	P23	★P110
付録		
21. ISO 16932-2007「建築物のガラス—破壊的暴風に耐える安全ガラス—試験と分類」に準じた衝撃試験の結果 New	P24	★P255
22. 平成23年東北地方太平洋沖地震におけるガラス被害調査報告 New	P27	★P268
23. 竜巻によるガラス被害調査報告 New	P29	★P275

1

安全・安心ガラスの全体像 ★P1

本指針は、建築物におけるガラス部分の設計・施工に携わる設計者、施工者を対象に設計・施工の指針及び注意点等をまとめたものである。

建築物に用いられるガラスは、万一破損すると大きな被害に繋がる場合があり、ガラスの破損を防ぐには、さまざまな外力によってガラスに過大な応力・変形を生じないように設計・施工することが大前提となる。ただし万一の場合を考慮し、想定以上の応力・変形が生じてガラスが破損した場合に、破損したガラスが人に危害を加えることのないように設計・施工することも重要である。

ガラスの破損に繋がる可能性のあるものとして、日常の人体衝突等のほか、地震、強風等の自然災害によるものがある。地震の場合は、家具等の衝突や層間変位に伴う強制変形が想定され、強風の場合は、風で飛ばされた飛来物の衝突や風圧が想定される。



人体衝突による破壊



地震時の層間変位による破壊



地震時の家具の激突による破壊



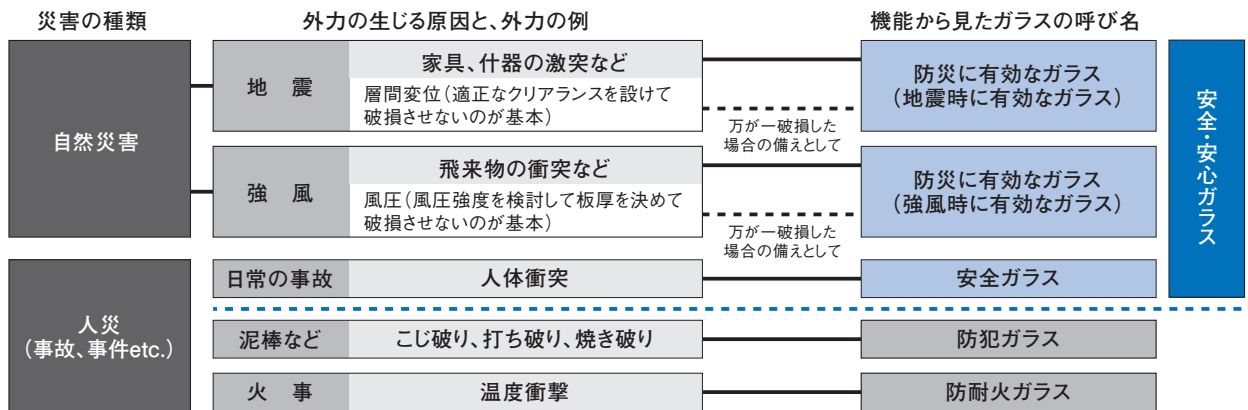
台風・強風の風圧による破壊



台風・強風時の飛来物による破壊

■防災の概念と分類

災害によってガラスに生じる外力と、それに対応できるガラス種類は以下のように整理される。



※他に防弾用、防爆用のガラスなどもある。
※防犯ガラスと防耐火ガラスについては、本書では主な対象としない

■自然災害によるガラスの被害事例



地震時の層間変形による破損
(東京大学/清家剛准教授提供)



宮古空港管制塔
(建築研究所提供)



地震により面ガラス、方立ガラスが共に破損し全面脱落
(自動車ショールーム/日経新聞朝刊より転載)

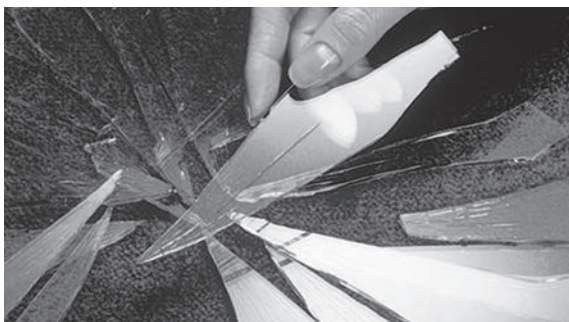
2

ガラスの種類と破損性状 ★P10

ガラスの破損要因としては、面内変形、風圧力、熱応力および衝撃力などが挙げられる。ガラスの安全性にもっとも関係するのは衝撃破損である。

●フロート板ガラス

衝撃物により破損脱落した時は、鋭利なガラス片が飛散し非常に危険である。衝撃物は貫通してしまう。



●網入り板ガラス

衝撃物によって破損した場合は、スチール製の網のためガラス片の飛散は少ないが、衝撃物は貫通してしまう。※エッジの防錆処理には十分な配慮が必要。サッシ枠の排水処理が重要。



●強化ガラス

衝撃により鋭利な傷等が内部の引張層に達した時や自然破損の場合は、瞬時に全面破損するが、ガラス片は小粒状となる。人体衝突時に大きなケガの発生を防ぐため安全ガラスと呼ばれる。



●合わせガラス

通常の合わせガラスは、2枚のガラスを特殊なフィルムで接着しているため、衝撃時にガラス片の飛散や貫通もほとんどない。



●倍強度ガラス

衝撃物により破損脱落した時は、フロート板ガラス同様鋭利なガラス片となる。



3

ガラス種類ごとの注意点、
その他の条件や外力等への対策 ★P17

■ガラス種類に特有の注意点

●フロート板ガラス

衝撃物により破損脱落した時は、鋭利な破片が生じ、大変危険である。そのため、建物の出入り口等で人体衝突が起こりやすい部位では、「ガラスを用いた開口部の安全設計指針」に準じた合わせガラスや強化ガラスを使用することを推奨している。

●強化ガラス

衝撃によってガラス片は小粒状となるが破片は脱落してしまうので、脱落による2次災害を防ぐ対策が必要になる。ガラスメーカーでは使用高さ(落下高さ3m以上)に応じて、合わせガラスによる脱落飛散防止などを推奨しているほか、出入り口や手すりなど使用部位に合わせた安全対策も重要になる。

●倍強度ガラス

倍強度ガラスは破損した時には、フロート板ガラスに近い割れ方をするため、垂直面に使用する場合は、フロート板ガラスと同様に単板での使用が可能である。ただし、より安全性の配慮が必要な場合は、建築用途や使用部位、周辺の状況に応じて、合わせガラスにするなど、落下防止処置を施すことを推奨する。

●合わせガラス

中間膜の種類、厚さによって、耐貫通性やガラスが割れた後の板としての保持力が異なり、さらに組み合わせるガラスによっても性能が変わるので、要求性能に応じて適切なガラス仕様を選定することが必要である。また、同じ厚さの単板ガラスと比べると耐風圧強度が低いので注意が必要になる。

●複層ガラス

2枚のガラスで出来ている複層ガラスは、風圧に対してはそれぞれ力を分担するが、物品の衝突では、単板の強度による場合もある。そのため人体衝突に対する安全性は、それぞれ複層ガラスを構成するガラスに付与することが必要になる。

◎飛散防止フィルム貼りガラス

飛散防止フィルムの性能を発揮するためには、フィルムを正しく施工することが重要であり、フィルムの貼り付けに関してはガラス寸法、納まりや保全計画に合わせた検討が必要である。また、フィルムの貼り付けの基本は内貼りとし、将来の貼り替えが容易であることを確認。やむをえず外貼りする場合は、必ず外貼り用フィルムを使用すること。

◎防犯ガラス

防犯合わせガラス、防犯合わせ複合ガラス、防犯フィルム貼りガラスについては官民合同会議で認定された仕様に従う。網入り板ガラスには防犯性能が期待できないので注意が必要である。

◎防耐火ガラス

防火設備用および特定防火設備用のガラスおよび1時間耐火間仕切壁用としてのガラスがある。網入板ガラス、網入型板ガラス、耐熱強化ガラスなど、それぞれの注意事項に沿った安全対策が求められる。

4 ガラスを用いた開口部の安全設計指針 ★P24

1. 指針が発行された経緯(S61年発行、H3年改訂版発行)

- ◎昭和50年代、住宅・学校等で人体衝突による事故多発
→ガラス開口部への人体衝突による障害事故防止が目的

2. 今回の改訂点

- ◎一部の用語を修正
- ◎ガラスの製造可能最大寸法の拡大によるガラス選定早見表の追記

3. 適用の対象についての考え方 ★P25 ~ 29

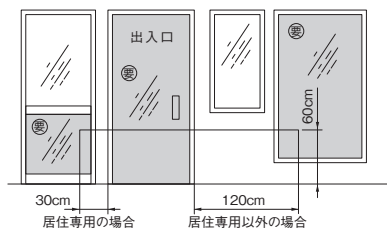
●適用対象となる建物の考え方

- ①緊要度が高く安全設計が求められるもの
(a)集会場などのロビー (b)百貨店、展示場等の通路、休憩所等 (c)学校、体育館等 (d)浴室等
- ②緊要度が①に次ぎ安全設計が望まれるもの
(a)事務所、店舗等の玄関周り等 (b)病院、ホテル、共同住宅等の共用部分 (c)病院、養老院等の居室 (d)住宅、共同住宅、ホテル等の居室

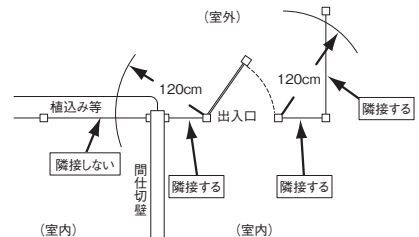
●対象となるガラス(短辺が45cm以上のもの)

- ①出入口のドア及びその隣接部
- ②その他

- ・居住専用部分：床面から30cm未満の高さに下辺があるガラス。
- ・その他の部分：床面から45cm未満の高さに下辺があるガラス但し、学校、体育館等や浴室、シャワー室等では床面から60cm未満の高さに下辺があるガラス。



解説図1 出入口のドア①、出入口のドア周辺②の例図
◎:安全設計を必要とするガラス



解説図2 間仕切り壁がある場合の隣接するガラス、隣接しないガラスの例

4. 設計用衝突力の設定 ★P31

- ◎人がガラスに衝突した時の衝突力を45kgのショットバッグの落下高さ置き換え。
- ◎人の衝突力は、年齢と歩行・走行・転倒などの行動によって異なる。

建物の用途別設計衝突力(45kgショットバッグの落下高さ)

建築物	開口部	出入口及びその隣接部※	その他の開口部	
①	(a) 集会場等のロビー等	120cm	75cm	
	(b) 百貨店、展示場等の通路、休憩所等			
	(c) 学校、体育館等	幼稚園等	30cm	30cm
		小中高等学校等	120cm	120cm
(d) 浴室等	75cm	75cm		
②	(a) 事務所、店舗等の玄関周り等	120cm	75cm	
	(b) 病院、ホテル、共同住宅等の共用部分			
	(c) 病院、養老院等の居室	75cm	75cm	
	(d) 住宅、共同住宅、ホテル等の居室	30cm	30cm	

※「出入口の隣接部」とは、出入口に隣接する部分のことで、居住専用部分にあっては出入口から30cm未満、その他の部分にあっては出入口から120cm未満の範囲にある部分とする。

5. ガラス選定・衝突防止設計

●安全なガラスの選定

割れないガラス	*板ガラス：無破壊強さ H_0 まで使用可 *合わせガラス、強化ガラス：無破壊強さ H_0 まで使用可
割れても安全なガラス	*Ⅱ-1類の合わせガラス：全破壊強さ H_1 まで使用可 *Ⅲ類の合わせガラス：平均破壊強さ \bar{H} まで使用可 *強化ガラス：著しく全破壊強さ H_1 を上回らない範囲で使用可

◎早見表による選定 ★付録 P116 ~ 150

◎計算式による算定 ★P34、P35 2-3-2-3 ガラスの耐衝撃計算

●衝突防止設計

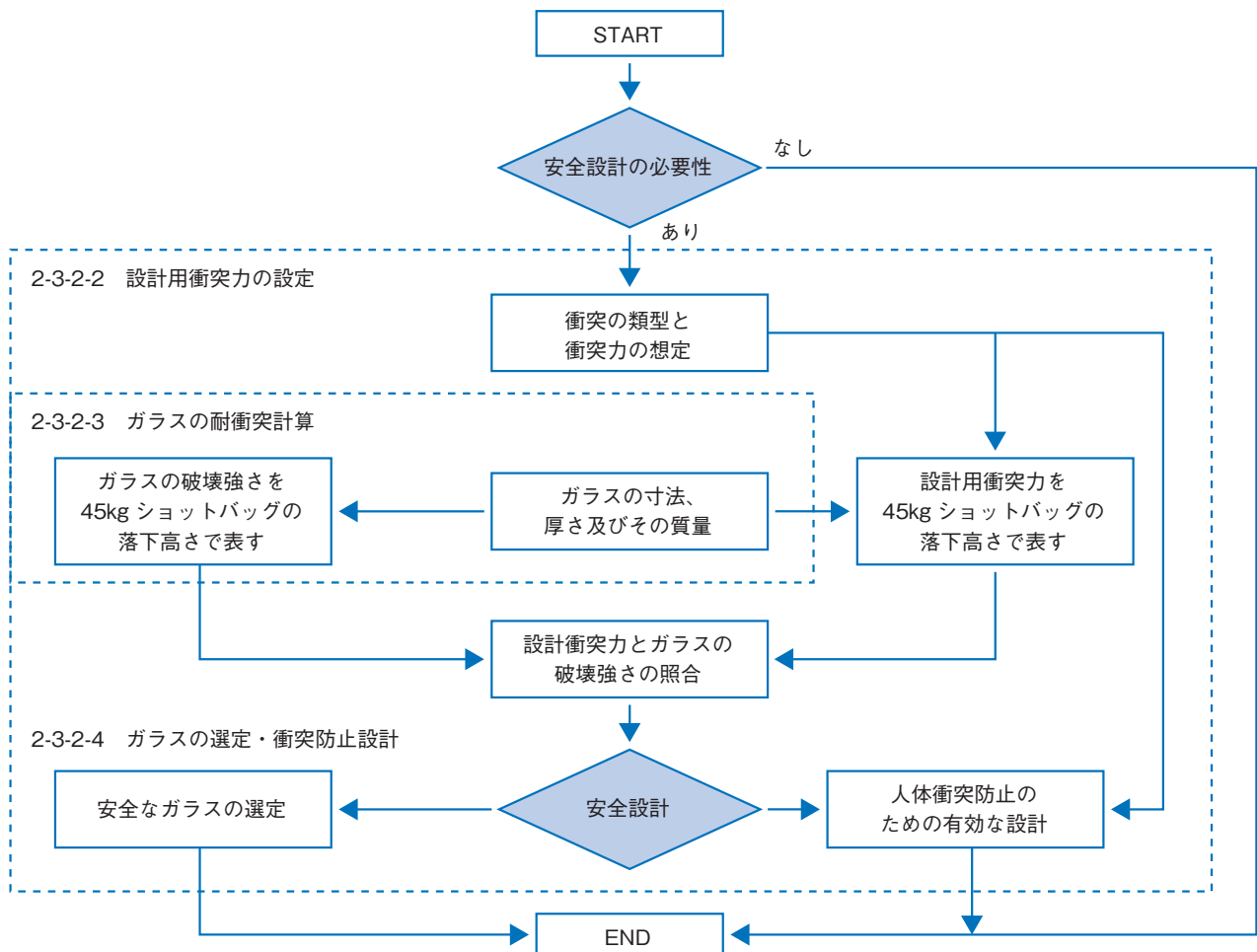
①面外方向の両側60cmの範囲に立ち入り防止の措置

②ガラスへの衝突を有効に防止しうる面格子、手摺り等の設置

*視覚へ訴える装飾的なものは安全なガラスを選定した上での付加措置であり単独では不十分。

6. まとめ(安全設計の方法) ★P30

ガラス開口部の人体衝突安全設計の手順の流れ図



5

地震時に有効なガラスのガイドライン ★P46

1. 原因の整理と対策 ★P46

●ガラス破損の原因の整理

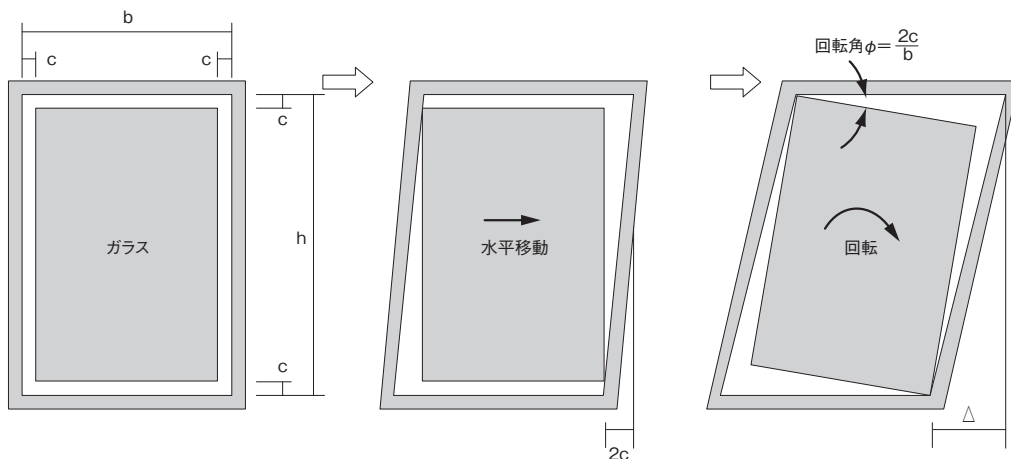
- 層間変位 → ガラスエッジクリアランスの設計
- 衝突物 → ガラスの種類を選択

●適用範囲

- 「地震時に有効なガラス」の選定に関わる事項を中心に扱っている。
- 基本的には全ての建築物に適用できるが、特に外壁面付近を人が通行したり、多数の人が使用するような建築物にあっては本ガイドラインを活用していただきたい。

2. 層間変位によるガラスの挙動 ★P46

●枠内部で、ガラスが移動・回転する



- サッシ枠に入ったガラスの回転の動きとクリアランスについては、次のJ.G.Bouwkamp(以下ブーカム)の計算式で確認できる。

ブーカムの式 ★P47

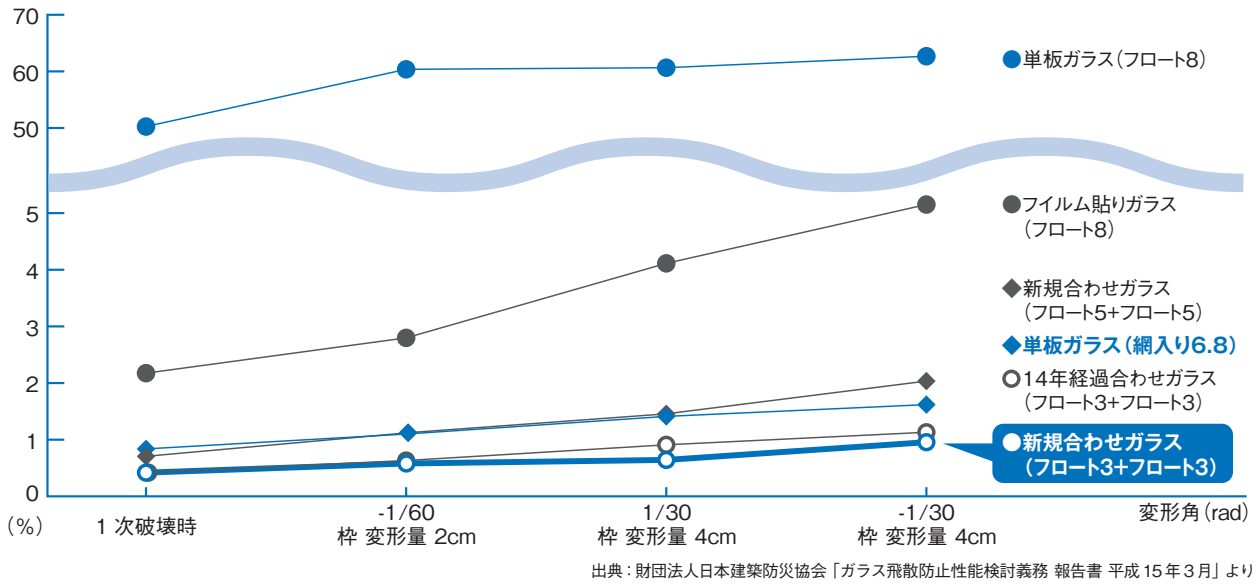
○ブーカムの式は、板ガラスがサッシ内で自由に移動・回転し、サッシの変形後その平行4辺形の対角線の短い方の長さが板ガラスの対角線の長さにならなくなったとき破壊に至るものとして、板ガラスとサッシが接触し、幾何学的にサッシの許容水平変形量を求めたものである。

○実際は板ガラスの下部にはセッティングブロックがあり、またシーリング材による拘束やサッシ自体の回転もあって、この理論式どおりというわけにはいかないのが現実であるが、弾性シーリング材を使用し、この式によるクリアランスをとれば、耐震上安全であることが実績によって確認されている。

$$\delta = C1 + C2 + (h/b) \times (C3 + C4)$$

- δ : サッシの変形量
- b : サッシ溝 内法幅
- h : サッシ溝 内法高さ
- C1、C2 : 左右のエッジクリアランス
- C3、C4 : 上下のエッジクリアランス

3. 層間変形によるガラスの飛散率 ★P48



4. 板ガラス面垂直方向の重量物衝撃試験 ★付録5 P253

●実験によるガラス破損状況の例

◎網入りガラス、単板ガラス (住宅想定)

FL5 (飛散量5107g)



PW6.8(飛散量2431g)



破損状況：大きく貫通 ガラスの大部分が飛散・脱落

5. 板ガラス面垂直方向の重量物衝撃試験 ★付録5 P253、P254

●実験によるガラス破損状況の例

◎単板+フィルム貼り、合わせ15mil品 (住宅想定)

FL5+film(飛散量110g)



FL3+15mil+FL3 (飛散量85g)



破損状況：加衝体先端が貫通 貫通部分以外の飛散・脱落は無し

6. 板ガラス面垂直方向の重量物衝撃試験 ★付録5 P254

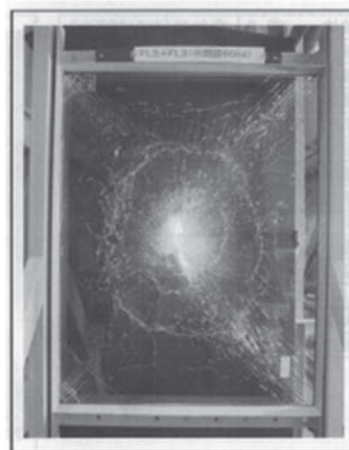
●実験によるガラス破損状況の例

◎合わせガラス30mil、60mil品 (住宅想定)

FL3+30mil+FL3 (飛散量20g)



FL3+60mil+FL3 (飛散量4g)



破損状況：加衝体の貫通無し、破片の飛散量少ない 30mil品：膜切れ有り 60mil品：膜切れ無し

7. まとめ(地震時に有効なガラスの選び方) ★P52

●地震時の衝突に対して有効なガラス

<より有効なガラス>

①合わせガラス(中間膜が30mil以上)

- ・ JIS R 3205 合わせガラスのうち、中間膜が30mil以上のもの。
- ・ 中間膜の厚い合わせガラスの方がより有効である。

<有効なガラス>

②合わせガラス(中間膜が15mil)

- ・ JIS R 3205 合わせガラスのうち、中間膜が15milのもの。

③飛散防止フィルム貼りガラス

- ・ JIS A 5759 建築窓ガラス用フィルムのうち、ガラス飛散防止フィルムを用いたもの。

6

強風時に有効なガラスのガイドライン ★P55

1. ガラス破損の原因の整理

●風圧 → 耐風圧計算によるガラス厚の設定

●飛来物 → ガラスの種類を選択

* 強風時に有効なガラスのガイドラインにおいては、強風時のガラス破損の原因と考え方、ガラスの選び方については、定性的な分析を行うに留めた。今後、定量的な分析を行い、ガイドラインの充実を図る。

2. まとめ(強風時に有効なガラスの選び方) ★P59

●ガラスの選び方

①新築の場合

(1) 合わせガラスを用いることが最も有効である、中間膜の厚さが厚い方がより有効である。

②改築の場合

(1) 合わせガラスに交換することが最も有効である。

(2) 防火性能が求められる場合には、その性能も付与されたガラスに交換する。

* 飛散防止フィルム貼りは強風時の被害軽減を目的としたものではない。

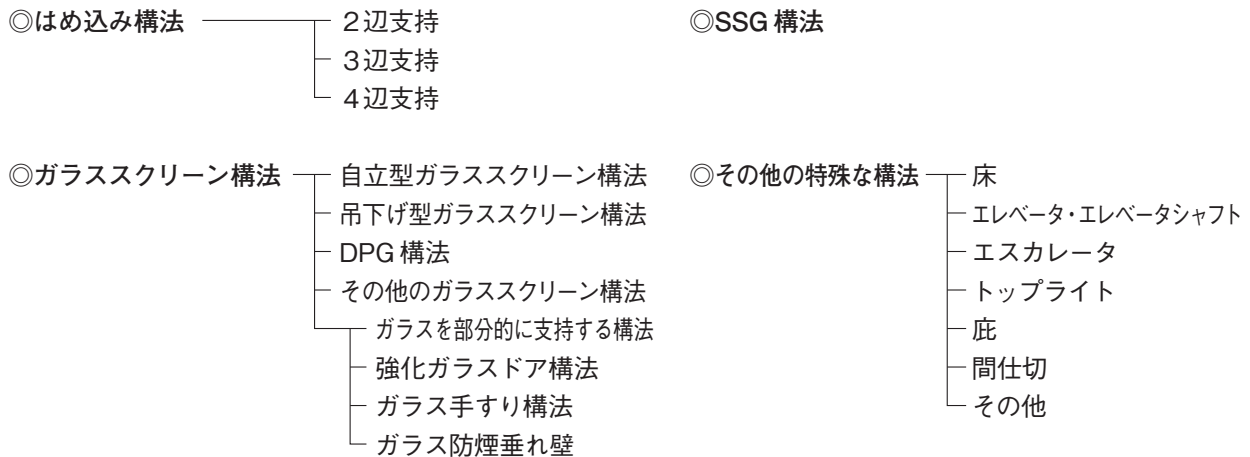
7

構法ごとの注意点 ★P61

1. 全体像 ★P61

● 構法の種類

＜構法を以下のように分類して注意点を記述＞



● ガラスにかかる外力の分類

◎全てのガラス

- ・地震時の建物変形による力
- ・地震による物品の衝突
- ・人体の衝突

◎外部に面するガラス

- ・風荷重、風による飛来物の衝突

◎水平面に用いられるガラス(床・トップライト・庇)

- ・人体・物品の積載荷重
- ・落雪

2. 風圧力の算定 ★P64、P65

● 平成12年建設省告示1458号に基づいて次のように行われる

* 告示1458号の詳細は★巻末付録9(P264)に示す。

$$W=q \times C_f$$

W：風圧力(単位：1平方メートルにつきニュートン)

q：次の式によって計算した平均速度圧(単位：1平方メートルにつきニュートン)

$$q=0.6 \times E_r^2 \times V_o^2$$

Er：平成12年建設省告示1454号第1第2項に規定する数値

Vo：平成12年建設省告示1454号第2に規定する基準風速の数値

Cf：屋根ふき材又は屋外に面する帳壁に対するピーク風力係数

* 告示は建物高さが13m以下の建物などについて適用を除外しているが、板硝子協会では除外対象への適用と風圧力の割り増しを推奨している。(★P65の表3-1参照)

8

はめ込み構法の設計・施工ガイドライン ★P64

法規

1. 4辺単純支持(枠付き)構法の耐風圧設計 ★P65、P66

- 平成12年建設省告示1458号に基づいて、次の式によって求められる許容耐力Pが設計風圧力Wを上回るようにガラスを選択する。

*告示1458号の詳細は★巻末付録9(P264)に示す。

$$P=300 \times k1 \times k2 \times (t+t^2/4) / A$$

P：ガラスの許容耐力(単位：1平方メートルにつきニュートン)

k1：ガラスの種類による数値(★P65の表参照)

k2：ガラスの構成による数値(★P66の表参照)

A：ガラスの見付面積(単位：平方メートル)

t：ガラスの厚さ(単位：ミリメートル)

2. 3辺単純支持、2辺単純支持(枠付き)構法の耐風圧設計 ★P66

- ◎平成12年建設省告示1458号は適用不可。
- ◎ガラスメーカーが提唱する強度計算式によってフリー辺中央の最大応力を計算。
- ◎許容応力を超えないようにガラスを選択。

$$\sigma_e = \beta \times W \times a^2 / t^2$$

σ_e ：発生応力(MPaまたはN/mm²)

β ：支持辺とフリー辺の比によってきまる係数(★P66の表参照)

W：風荷重(MPaまたはN/mm²)

a：フリー辺の長さ(mm)

b：単純支持された辺の長さ(mm)

t：ガラスの呼び板厚(mm)

*合わせガラスの場合は等価な単板ガラスの板厚を求めて計算(★P67参照)。

*複層ガラスの場合は各ガラスが分担する荷重を求めて計算(★P67参照)。

各種ガラスのエッジの短期許容応力(MPaまたはN/mm²)

	フロート板ガラス	網入・線入板ガラス	強化ガラス(水平強化)	倍強度ガラス
エッジの短期許容応力	17.7	9.8	79.4	35.3

3. 矩形以外の形状、点支持など構法の耐風圧設計 ★P67

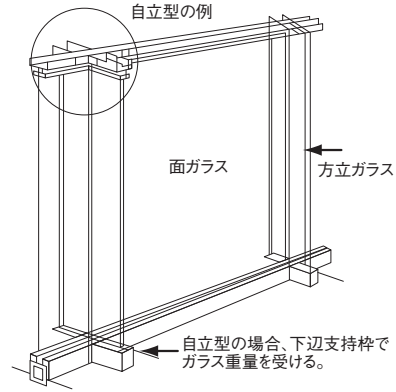
- 簡易に計算できる計算式はなし
- 有限要素法などによるシミュレーション計算によって安全性を確認

9

ガラススクリーン構法の設計・施工ガイドライン ★P68

1. ガラススクリーンとは ★P69

- ◎平商業施設などの低層部の開口部として用いられる。
- ◎床から天井までを大きなガラス面で構成することができ、開放的な開口部を作ることができる。
- ◎面ガラス、方立ガラス共に主として厚板のフロートガラスが用いられる。
- ◎耐震性は主に枠の設計による。

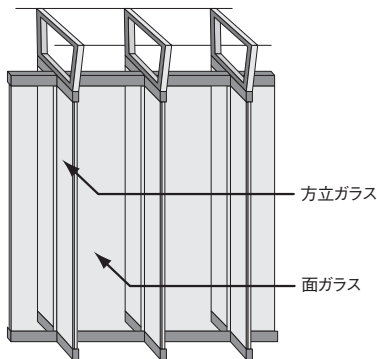


ガラススクリーン構法

●種類：

①自立型ガラススクリーン構法

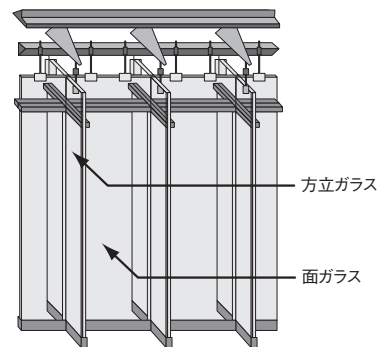
- ・ガラス自重を下枠で支える。寸法が比較的小さい場合。



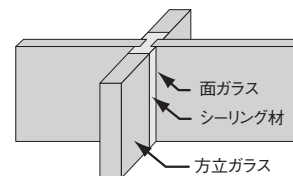
自立型ガラススクリーン構法
(両面ガラス方立タイプ)

②吊下げ型ガラススクリーン構法

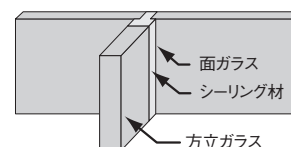
- ・ガラスを梁orスラブから吊下げ金具によって吊下げる。内部応力や透視像・反射像のひずみを小さくできる。



吊下げ型ガラススクリーン構法
(両面ガラス方立タイプ)



吊下げ型ガラススクリーン構法
(両側ガラス方立タイプ)



吊下げ型ガラススクリーン構法
(片側ガラス方立タイプ)

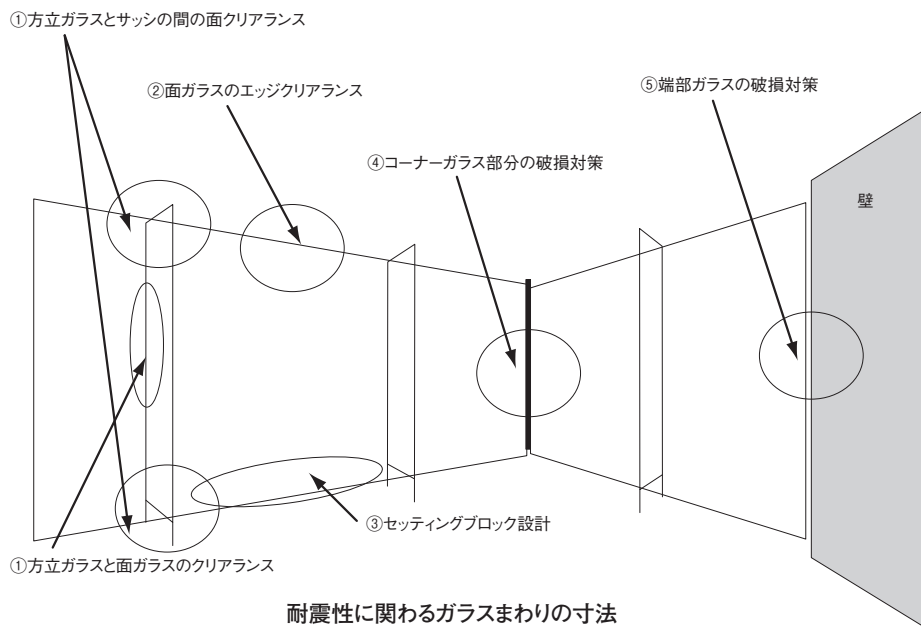
2. ガラススクリーンの設計 ★P72

●ガラススクリーンの耐震設計チェック表

ガラススクリーンの耐震設計チェック表

施工上の注意点	
<input type="checkbox"/> 層間変形角の設計値チェック	・構造体の変形を考える
<input type="checkbox"/> 構法の選択	・自立型ガラススクリーンまたは吊下げ型ガラススクリーン
<input type="checkbox"/> 方立ガラスの構成選択	・両側ガラス方立または片側ガラス方立
<input type="checkbox"/> ガラスの種別	・面ガラス…フロート板ガラス ・方立ガラス…フロート板ガラスまたは合わせガラス
<input type="checkbox"/> シーリング材の選択	・ガラス突合せ部…JIS A 5758 に規定されるタイプGのシリコン系シーリング材 ・ガラスと支持枠間…シリコン系シーリング材
<input type="checkbox"/> 耐震性を確保する上での重要な各部寸法の確保	①方立ガラスとサッシ間の面クリアランス ②面ガラス上辺のエッジクリアランス ③セッティングブロック設計（自立型の場合） ④コーナーガラス部分の破損対策 ⑤端部面ガラスの破損対策
<input type="checkbox"/> その他	・建築部位としての耐風圧性能

3. ガラススクリーンの耐震設計のチェックポイント ★P76、P77



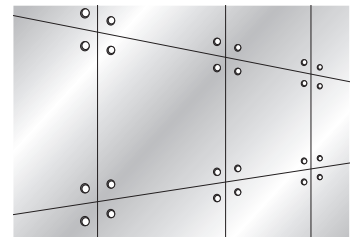
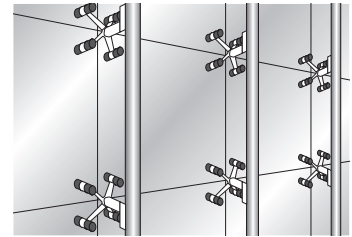
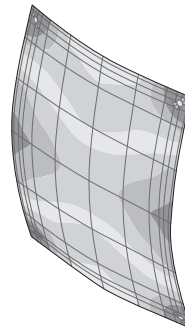
10

DPG構法等の設計・施工ガイドライン ★P88

1. DPG構法 ★P88～90

● 孔あけ強化ガラスを点支持金物で支持するフレームレス構法

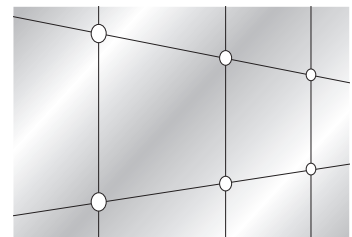
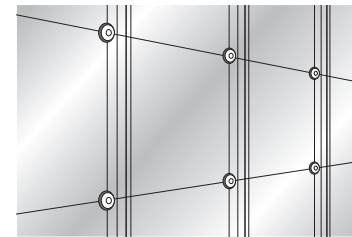
- 強化ガラスを使用(大サイズ化の傾向)。
- 突きつけ目地納まり。
- ガラス支持部に応力集中が発生 ⇒ FEM応力解析が必要。



2. ガラスを部分的に支持する構法 ★P88～90

● ガラスエッジを表裏から支持部材で挟み込む構法

- ガラス仕様はフロート板ガラス、強化ガラス、倍強度ガラス等が可能(大サイズ化の傾向)。
- 突きつけ目地納まり。
- ガラス支持部に応力集中が発生 ⇒ FEM応力解析が必要。



3. メンテナンス時の注意 ★P189

- 破損時の脱落飛散防止策を必ずとる。
- 定期的なメンテナンスを実施する。
- ガラス交換作業を考慮した補助設備を設置する。
- ガラス交換に日数を要する事への配慮。

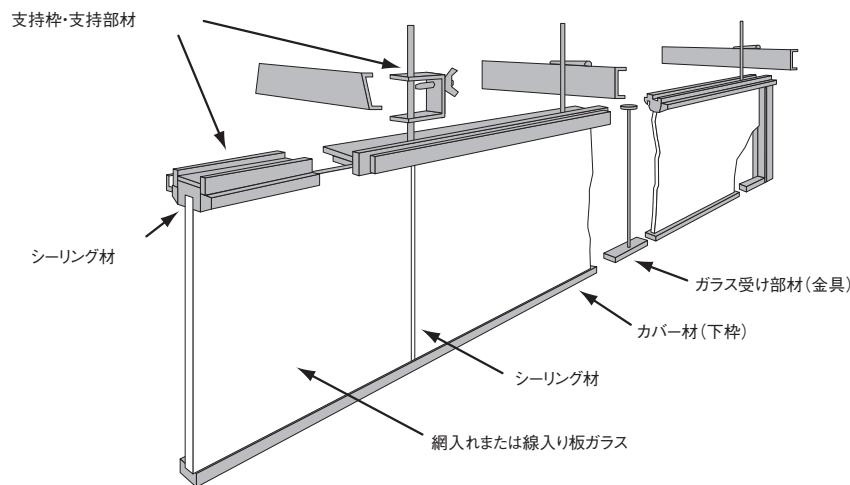
11

ガラス防煙垂れ壁構法の設計・施工ガイドライン ★P91

1. ガラス防煙垂れ壁とは ★P92、P93

●ガラス防煙垂れ壁の特徴

- ◎ガラス下端に脱落防止の金物を有し、万一割れてもガラスが脱落しにくい。
- ◎地震の揺れによる柱・壁と垂れ壁とのずれを吸収する構造を有する。
- ◎ガラス下端にガラスの支持金物がないものは、ガラス破損時にはガラス片が容易に落下する危険があるので使用しない。



ガラス防煙垂れ壁

●ガラス端部と壁・柱等との取合い部の納まり

- ◎クリアランスを十分とることを基本とし、以下の種類がある。
 - ・中空のガスケットを緩衝材として取り付ける。
 - ・緩衝材を内蔵したアルミ枠を取り付ける。
 - ・シリコーン系シーリング材で納める。

●使用されるガラス

- ◎一般的に、網入りガラスまたは線入りガラスが用いられている。

2. ガラス防煙垂れ壁の設計 ★P95

●設計上の注意点

- ◎一定の耐震性が確保されているガラス防煙垂れ壁システムを採用すること。これによらない場合は、これらと同程度の耐震性を有する設計とすること。
- ◎ガラスが破損した場合のことを考慮し、ガラス落下防止用の下枠等があるものを採用すること。
- ◎ガラスは、ガラス厚6.8mmの網入りガラスまたは線入りガラスを用いること。
- ◎ガラス端部と壁・柱などとの取合い部のクリアランスを十分にとり、ガラス端部に緩衝材等が設けられていること。

12

ガラスを用いた手すりの設計・施工ガイドライン ★P95

1. ガラス手すりの種類 ★P96

● ガラス自立手すり

◎下部枠にガラスを深くのみ込ませ、ガラスと枠の間に充填材を配置し自立させ、ガラスを片持ちとして成立させた納まり。

● 枠内の面材としてガラスを使用する手すり

◎金属材料等により支柱及び周囲枠を構成し、その枠内にガラスをはめ込む納まり。

2. ガラス手すりの荷重条件 ★P96

● ガラス手すりに作用する外荷重

◎ガラス手すりでは、人が手すりを押した場合の強度検討が必要となる。

◎ガラス手すりを室外で使用する場合は、風圧に対しても強度検討を行う必要がある。

● 強度検討に用いる荷重条件

◎人が押した場合の荷重条件：一般的には、下記の文献等の荷重条件が用いられる。

・(一財)ベターリビングによる優良部品基準

・「手摺の安全性に関する自主基準及び研究報告(2011年2月1日)」(日本金属工事業協同組合・技術検討委員会)

※下記「日本金属工事業協同組合の基準」表参照

・「住まいの安全学」(宇野秀隆・直井秀雄著、講談社、1976年11月)

◎風荷重については、別途設計風圧を設定し、ガラスの板種及び板厚を検討する必要がある。

● 日本金属工事業協同組合の基準

グレード	建物の適用用途の参考例 (目安)	荷重 N/m(kgf/m)	手摺に掛かる水平荷重例	備考
0	柵(安全通路柵、敷地境界柵等)	—(—)	(荷重は掛からない)	面外荷重は掛からない「柵」
1	個人住宅 (廊下、バルコニー)	735(75)	4人で寄りかかる(前)	手摺の最低基準
			4人で寄りかかる(後)	
2	共同住宅の共用廊下、 避難階段	980(100)	1人で力一杯押す	一般的な荷重
3		1225(125)	4人走ってばらばらにぶつかる	避難行為にかかわる荷重
4		1470(150)	1人で力一杯揺り動かす	BL墜落防止手摺基準(1)相当
			4人横並びで力一杯押す	
5	商業施設・公共施設の通路、 共同住宅共用部、学校、大 規模オフィスビル避難経路 等	1960(200)	4人で10m走って同時にぶつかる	BL基準の中間の値
			4人横並びで同時に力一杯押す	
6		2940(300)	8人で押しくら饅頭状態で押す	BL墜落防止手摺基準(2)相当
			20人以上で押しくら饅頭状態で押す	
7		2940超(300超)	(それ以上)	さらに大きな荷重が掛かる用途

(参考資料：「手摺の安全性に関する自主基準及び研究報告」日本金属工事業協同組合・技術検討委員会、平成23年2月1日)

13

床板ガラスの設計・施工ガイドライン ★P98

■床 ★P98

●床板ガラス強度検討

- 強度、たわみは応力計算(集中荷重)が必要。
- 一般的には強化合わせガラス仕様となる。
 - ・破損時の安全性確保、破損後の使用条件により3枚合わせガラス仕様となる事もある。

●その他の検討事項

- ガラス表面のノンスリップ加工。
 - ・エッチング、ガラスフリット溶着、ノンスリップテープ貼付。
- エッジカバー処理。
- 視野制御。

14

エレベータ、エレベータシャフトの設計・施工ガイドライン ★P99

法規

■エレベータ、エレベータシャフト ★P99、P100

●かご、シャフトの壁材、出入り口の戸、床材等の性能基準

- 『平成20年12月9日国土交通省告示』(第1446号、第1454号、第1455号等)。
- ①強度：任意の 5cm^2 に 300N が作用した時
 - イ.1.5mmを超える変形が生じないこと。
 - ロ.塑性変形が生じないこと(参考：この数値は、EN81-1(1998)と同等)。
- ②飛散防止性
 - 合わせガラス、又は同等以上の飛散防止性が必要。

15

庇にガラスを用いる場合の注意事項 ★P106

■ガラス庇の設計時の注意点 ★P106

- 庇は落下衝突等により破損するとガラス破片が落下する危険があるため、合わせガラスを推奨する。
- 庇に作用する風荷重については、建築基準法等にないため、個別に検討する必要がある。
- 外壁や屋根からの落雪が庇に落ちる場所にはガラス庇を設けないことが原則である。
- 設計上庇を設けたい場合は、屋根や外壁等に融雪装置を設けたり、庇の上にグレーディングを設けて雪が直撃しない設計が必要である。
- DPG構法等でサイズが大きくなるとたわみが問題となる場合がある。

16

トップライトにガラスを用いる場合の
注意事項 ★P101

法規

1. トップライトに関する注意点 ★P101

●安全安心のための注意点①

- 作用する荷重の種類が多く長期に作用する荷重もある。→ それぞれ検討
- 踏み抜き事故防止のため、乗らせない構造と、人が乗らない前提でも合わせガラスの採用を推奨。
- 耐火30分が要求される箇所では、網入り板ガラスが原則。

●安全安心のための注意点②

- 熱割れを起こす危険性が高いので事前の計算による確認が必要。
- 特に網入りガラスの場合は納まり検討(水が滞留しない構造が必要)と、エッジの防錆処理が重要。
- 建物からの落雪やつららについては個別に検討。

2. トップライトのガラスに作用する荷重 ★P102

●トップライトに作用する荷重は、一般に以下の荷重が考えられる

- 風荷重(短期荷重)。
- 積雪荷重(長期荷重)。
- 自重(長期荷重)。
- これらが同時に作用する組合せ荷重として、下表中の①～④のケースを比較して、最も厳しい条件での算定を推奨(板硝子協会推奨)。

組合せ荷重における板硝子協会推奨基準

想定状態	組合せ荷重	長・短期の見方
①暴風時(正圧)	正の風荷重+自重	短期荷重
②暴風時(負圧)	負の風荷重-自重	短期荷重
③積雪時	積雪荷重+自重	長期荷重
④積雪時+暴風時(正圧)	正の風荷重+自重+積雪荷重×0.35	短期荷重

3. トップライトにおける4辺単純支持、3辺単純支持、2辺単純支持された矩形ガラスの強度検討方法 ★P102、P103

- 4辺単純支持でも複合荷重なので平成12年建設省告示1458号は適用不可。
- ガラスメーカーが提唱する強度計算式によって面中央またはフリー辺中央の最大応力を計算。
- 短期荷重は短期許容応力、長期荷重は長期許容応力を超えないようにガラスを選択。

$$\sigma_e = \beta \times W \times a^2 / t^2$$

σ_e : 発生応力(MPaまたはN/mm²)

β : 支持辺とフリー辺の比によってきまる係数(★P103の表参照)

W : 組合せ荷重(MPaまたはN/mm²)

a : フリー辺の長さ(mm)

b : 単純支持された辺の長さ(mm)

t : ガラスの呼び板厚(mm)

*合わせガラスの場合は等価な単板ガラスの板厚を求めて計算(★P103参照)

*複層ガラスの場合は各ガラスが分担する荷重を求めて計算(★P103参照)

*各ガラスのエッジ及び面内の短期、長期の短期許容応力(MPaまたはN/mm²)は表3-18(★P103)参照。

4. 積雪荷重の算定 ★P104、P105

- 積雪荷重は建築基準法施行令86条及び平成12年建設省告示1455号に基づいて次の式で求める。

$$W_s = \mu b \times w \times d \times 100$$

W_s : 積雪荷重(単位1平方メートルにつきニュートン)

μb : 屋根形状係数

屋根に雪止めがある場合は1.0

屋根に雪止めがない場合で勾配が60度以下の場合は $\sqrt{\text{COS}(1.5 \cdot \theta)}$

w : 単位積雪荷重(単位:積雪量1センチメートルごとに1平方メートルにつき20ニュートン)

d : 垂直積雪深さ(単位:メートル)

次の式によって計算した数値

$$d = \alpha \times I_s + \beta \times r_s + \gamma$$

I_s : 区域の標準的な標高(単位:メートル)

r_s : 区域の標準的な海率

α 、 β 、 γ : 区域に応じて別途定められる係数(★付録9参照)

*法規によって求められた積雪深さに再現期間の考え方に基づいた係数を乗じて割り増す場合がある。(★P105の表参照)

5. ガラス自重の算定 ★P105

- 自重によりガラス面に垂直に作用する力 W_g は、ガラスの呼び厚さ(ミリ)に対して、次の式により求める。

$$W_g = 24.5 \times t \times \text{COS} \theta$$

W_g : ガラス面に垂直に作用する自重(N/m²)

t : ガラスの呼び厚さ(ミリ)、合わせガラス及び複層ガラスにおいてはそれぞれ構成するガラスの呼び厚さの合計(ミリ)

θ : トップライトのガラスの傾斜角(度)

17

間仕切にガラス用いる場合の注意事項 ★P106

■間仕切 ★P106

- 安全に対する考え方

◎人体衝突を想定する時 ⇒ 合わせガラスを推奨

①「ガラスを用いた開口部の安全設計指針」を採用

②応力計算(集中荷重)を採用「3-8:エレベータかご、シャフト」の性能基準に準拠

・強度:任意の5cm²に300Nが作用した時

イ.15mmを超える変形が生じないこと ロ.塑性変形が生じないこと

・飛散防止性:合わせガラス、又は同等以上の飛散防止性が必要

◎地震時の家具、事務機等の衝突を想定する時 ⇒ 飛散防止フィルム貼りも有効

18

無窓階に該当しない開口部構造の注意事項 ★P106

法規

■無窓階の取扱いとならない開口部構造 ★P107、P108

●無窓階とは

◎無窓階とは、建築物の地上階のうち、総務省令で定める避難上又は消火活動上有効な開口部を有していない階のことを指す(消防法施行令第10条第1項第5号)。

●無窓階の取扱いとならない開口部構造

◎避難上又は消火活動上、外部から開放し、または破壊することにより進入できる開口部構造が必要となる(消防法施行規則第5条の2第2項第3号)。

●無窓階の取扱いとならないガラス種類

◎ガラスの種類による無窓階の取扱いは管轄の消防等によって異なるので確認が必要である。

●総務省消防庁における合わせガラスの無窓階判定

ガラス開口部の種類		開口部の条件	無窓階判定(省令第5条の2)	
			足場有り	足場無し
普通板ガラス	厚さ6mm程度まで	引き違い戸	○	○
		F I X	○	○
網入板ガラス	厚さ6.8mm程度まで	引き違い戸	△	△
		F I X	×	×
	厚さ10mm程度まで	引き違い戸	△	×
		F I X	×	×
合わせガラス	フロート板ガラス6mm以下+PVB(ポリビニルブチラール) 30mil(膜厚0.76ミリ)以下+フロート板ガラス6mm以下	引き違い戸	△	△
		F I X	×	×
	網入板ガラス6.8mm以下+PVB(ポリビニルブチラール) 30mil(膜厚0.76ミリ)以下+フロート板ガラス5mm以下	引き違い戸	△	△
		F I X	×	×
	フロート板ガラス5mm以下+PVB(ポリビニルブチラール) 60mil(膜厚1.52ミリ)以下+フロート板ガラス5mm以下	引き違い戸	△	×
		F I X	×	×
	網入板ガラス6.8mm以下+PVB(ポリビニルブチラール) 60mil(膜厚1.52ミリ)以下+フロート板ガラス6mm以下	引き違い戸	△	×
		F I X	×	×
フロート板ガラス3mm以下+PVB(ポリビニルブチラール) 60mil(膜厚1.52ミリ)以下+型板ガラス4mm以下	引き違い戸	△	×	
	F I X	×	×	
複層ガラス	材料板ガラスの厚さ：外側3mm、内側3mm 材料板ガラスの厚さ：外側5mm、内側3mm	引き違い戸	○	○
		F I X	○	○

〔備考〕

- 1 「足場有り」とは、避難階又はバルコニー、屋外広場等破壊作業ができる足場が設けられているもの。ここでいうバルコニーとは、建基政令第126条の7第5号に規定する構造以上のもの。
- 2 「引き違い戸」とは、片開き、開き戸を含め、通常は部屋内から開放することができ、かつ当該ガラスを一部破壊することにより外部から開放することができるもの。
- 3 「FIX」とは、はめ殺し窓等をいう。
- 4 ガラスは、それぞれJISに規定するもの

〔凡例〕

- ： 省令第5条の2第2項第3号後段に規定する開口部として取り扱うことができる
- △： ガラスを一部破壊し、外部から開放できる部分(引き違い戸の場合おおむね1/2の面積で算定する。)を省令第5条の2第2項第3号後段に規定する開口部として取り扱うことができる。
- ×

●東京消防庁における無窓階の取扱い基準(平成24年4月1日より運用)

ガラス開口部の種類		開口部の条件		無窓階判定(省令第5条の2)			
				足場有り	足場無し		
					窓ガラス用フィルムなし	窓ガラス用フィルムA	窓ガラス用フィルムB
普通板ガラス フロート板ガラス 磨き板ガラス 型板ガラス 熱線吸収板ガラス 熱線反射ガラス	厚さ8ミリ以下 (厚さが6ミリを超えるものは、ガラスの大きさが概ね2㎡以下かつガラスの天端の高さが、設置されている階の床から2m以下のものに限る。)	引き違い	○	○	○	△	
		FIX	○	○	○	×	
網入板ガラス 線入板ガラス	厚さ6.8ミリ以下	引き違い	△	△	△	△	
		FIX	×	×	×	×	
	厚さ10ミリ以下	引き違い	△	×	×	×	
		FIX	×	×	×	×	
強化ガラス 耐熱板ガラス	厚さ5ミリ以下	引き違い	○	○	○	△	
		FIX	○	○	○	×	
合わせガラス	フロート板ガラス6.0ミリ以下+PVB(ポリビニルブチラール)30mil(膜厚0.76mm)以下+フロート板ガラス6.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×	
		FIX	×	×	×	×	
	網入板ガラス6.8ミリ以下+PVB(ポリビニルブチラール)30mil(膜厚0.76mm)以下+フロート板ガラス5.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×	
		FIX	×	×	×	×	
	フロート板ガラス5.0ミリ以下+PVB(ポリビニルブチラール)60mil(膜厚1.52mm)以下+フロート板ガラス5.0ミリ以下	引き違い	△	×	×	×	
		FIX	×	×	×	×	
	網入板ガラス6.8ミリ以下+PVB(ポリビニルブチラール)60mil(膜厚1.52mm)以下+フロート板ガラス6.0ミリ以下	引き違い	△	×	×	×	
		FIX	×	×	×	×	
	フロート板ガラス3.0ミリ以下+PVB(ポリビニルブチラール)60mil(膜厚1.52mm)以下+型板ガラス4.0ミリ以下	引き違い	△	×	×	×	
		FIX	×	×	×	×	
	フロート板ガラス6.0ミリ以下+EVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)中間膜0.4mm以下+PETフィルム0.13mm以下+EVA中間膜0.4mm以下+フロート板ガラス6.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×	
		FIX	×	×	×	×	
フロート板ガラス6.0ミリ以下+EVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)中間膜0.8mm以下+フロート板ガラス6.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×		
	FIX	×	×	×	×		
網入板ガラス6.8ミリ以下+EVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)中間膜0.4mm以下+PETフィルム0.13mm以下+EVA中間膜0.4mm以下+フロート板ガラス5.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×		
	FIX	×	×	×	×		
網入板ガラス6.8ミリ以下+EVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)中間膜0.8mm以下+フロート板ガラス5.0ミリ以下	引き違い	△	△	△	×		
	FIX	×	×	×	×		
倍強度ガラス	—	引き違い	×	×	×	×	
		FIX	×	×	×	×	
複層ガラス	構成するガラスごとに本表(網入板ガラス及び線入板ガラス(窓ガラス用フィルムを貼付したものを含む)は、厚さ6.8ミリ以下のものに限る。)により評価し、全体の判断を行う。						

〔備考〕

- ガラスの厚さの単位は、日本工業規格(JIS)において用いられる「呼び厚さ」の「ミリ」を用いる。
- 「足場有り」とは、避難階又はバルコニー(建基政令第126条の7第5号に規定する構造以上のもの)、屋上広場等破壊作業のできる足場が設けられているもの
- 「引き違い」とは引き違い窓、片開き戸、開き戸等、通常は部屋から開放することができ、かつ、当該ガラスを一部破壊することにより外部から開放することができるもの
- 「FIX」とは、はめ殺し窓をいう。
- 合わせガラス及び倍強度ガラスは、それぞれJIS R 3205及びJIS R 3222に規定するもの
- 「窓ガラス用フィルムなし」は、ポリエチレンテレフタレート(以下「PET」という)製窓ガラス用フィルム(JIS A 5759に規定するもの。以下同じ。)等を貼付していないガラスをいう。
- 「窓ガラス用フィルムA」は、次のものをいう。
 - PET製窓ガラス用フィルムのうち、多積層(引裂強度を強くすることを目的として数十枚のフィルムを重ねて作られたフィルムをいう。以下同じ。)以外で、基材の厚さが100μm以下のもの(内貼り用、外貼り用は問わない)を貼付したガラス
 - 塩化ビニル製窓ガラス用フィルムのうち、基材の厚さが400μm以下のもの(内貼り用、外貼り用は問わない)を貼付したガラス
 - 低放射ガラス(通称Low-E膜付きガラス)(金属又は酸化金属で構成された薄膜を施した低放射ガラスであること)。
- 「窓ガラス用フィルムB」は、次のものをいう。
 - PET製窓ガラス用フィルムのうち、多積層以外で、基材の厚さが100μmを超え400μm以下のもの(内貼り用、外貼り用は問わない)を貼付したガラス
 - PET製窓ガラス用フィルムのうち、多積層で、基材の厚さが100μm以下のもの(内貼り用、外貼り用は問わない)を貼付したガラス
- 「足場有り」欄の判定は、窓ガラス用フィルムの有無にかかわらず、すべて(窓ガラス用フィルムなし、窓ガラス用フィルムA、窓ガラス用フィルムB)同じ判定であること。
- 合わせガラスに用いるEVA(エチレン酢酸ビニル共重合体)中間膜は株式会社ブリヂストン製のものに限る。

〔凡例〕

- ：省令第5条の2第2項第3号後段に規定する開口部として取り扱うことができる。
- △：ガラスの一部を破壊し、外部から開放できる部分(引き違い窓の場合概ね1/2の面積で算定する。)を省令第5条の2第2項第3号後段に規定する開口部として取り扱うことができる。
- ×

19

メンテナンス時の注意 ★P109

■メンテナンス時の注意点 ★P109

- ◎日頃の点検が重要なので、施主や建物管理者に周知する必要がある。
- ◎大型のガラスや複層ガラス等、重量の重いガラスは、取替え作業が大がかりになる可能性があるため、設計時にメンテナンスの事を十分検討しておく必要がある。
- ◎ガラスを水平又は傾斜使いする場合は、原則としてクリーニング時にガラスに乗らなくてすむ設計が必要である。
- ◎ガラスをトップライトに使用の場合は、取替え作業に制約が増えることが多いため、設計時にメンテナンスの事を十分検討しておく必要がある。
- ◎保守点検が日常的にできない箇所にガラスが使用される場合は、合わせガラスを推奨する。
- ◎万一、ガラスが破損した場合にガラスが脱落し、人がケガをする恐れがある部位では、合わせガラスを推奨する。
- ◎ガラススクリーン構法やSSG構法等で構造シールを用いる場合は、シール耐久性を考慮したメンテナンスの検討が必要である。
- ◎ガラスが破損した際の飛散防止対策としてガラスに飛散防止フィルムを貼る場合には、フィルムの耐用年数を考慮し、適宜、貼り替えを行う必要がある。

20

安全性に関する別の考え方 ★P110

■安全に対する別の考え方 ★P110

- 設計条件に対して、ガラスが破損・脱落しない対策を採用することが重要である。しかし、想定を超えた事象が生じた場合に、被害が起こったとしても、それを最小限に留めるというフェイルセーフの考え方がある。
- フェイルセーフの考え方が適用される建物は、より高い安全性を求められるものであり、その適否は設計時に個別に判断されるものである。
- フェイルセーフの考え方を適用した場合の対策
 - ①割れたガラスが人に当たらないようにする
 - ・外壁が人の殆ど入らない植え込み等に面する
 - ・落下物が庇等により有効に防止される
 - ②人がガラスに当たらないようにする
 - ・ガラスに注意喚起マーク等を貼る
 - ③ガラスが割れないようにする
 - ・腰壁を高くするか、窓際に手摺を設ける。
 - ・家具の固定
 - ・ガラスがあることが分かる設計
 - ・トップライトに人が載らないようにする設計
 - ④割れてから落下までの時間を長くする
 - ・割れても落ちる時間をかかるとする(合わせガラス、フィルム貼りガラス等の採用)

■はじめに

台風や突風などの強風時の飛来物による被害が、近年、各地で発生している。風で吹き飛ばされた瓦などの屋根葺き材、破壊された建築物などの破片の飛来物が窓ガラスに衝突し、ガラスを破壊すると大きい開口が生じ、そこから風が吹き込み、室内の圧力が上昇し過大な圧力が作用することにより、被害が拡大するという報告が多くなされている。

国際標準機構(ISO)は建築物のガラスを対象とした試験規格ISO 16932-2007「建築物のガラス—破壊的暴風に耐える安全ガラス—試験と分類」1)を策定しており、京都大学防災研究所で各種ガラスの試験を実施したので結果を報告する。

■試験方法(ISO 16932-2007)

飛来物の衝撃に対するガラスの抵抗力は解析的に求めることができないとされており、飛来物を模擬した加撃体(ミサイルと呼ばれる) A～Eの5種類を用いた試験によって決定される。加撃タイプAから加撃タイプEになるに従い、より大きな衝撃力をもつ飛来物を想定している。(表1)ガラスに求められる飛来物耐衝撃性能は、加撃体の貫通を許さないことと、大きい開口が生じないことで評価される。

ISO 16932-2007 の試験手順では、初めに衝撃性能試験を行い、加撃体が貫通した場合は不合格、部分的な損傷に収まった場合は繰り返し圧力载荷試験を行うこととなっている。

ガラス試験体サイズは幅90cm、高さ110cmに定められている。

ISO規格に準じた試験装置の概要を図1に示す。

なお、わが国では瓦の飛来物による被害が多く見られるが、その衝撃力は加撃体Bと加撃体Cの間にあると想定している。(“瓦相当”として表1に追記)

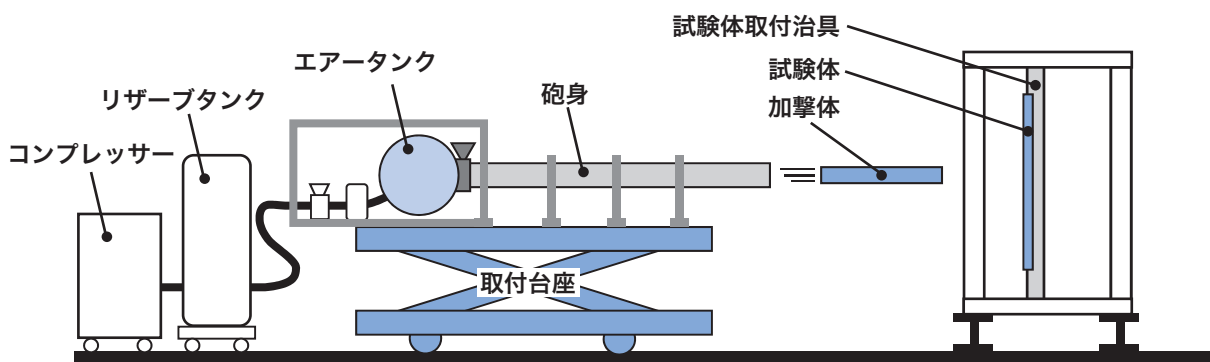


図1 衝撃試験装置

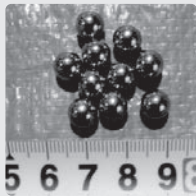
表1 試験に用いる加撃体

タイプ	材質(質量、寸法)	衝撃速度
A	2g±0.1g / 個・鋼球10個	39.7m/s(±1%)
B	2.05±0.1kg・2×4 木材	12.2m/s(±2%)
瓦相当*	3.0±0.1kg・2×4 木材	15.3m/s(±2%)
C	4.1±0.1kg・2×4 木材	15.3m/s(±2%)
D	4.1±0.1kg・2×4 木材	24.4m/s(±1%)
E	6.8±0.1kg・2×4 木材	22.4m/s(±2%)

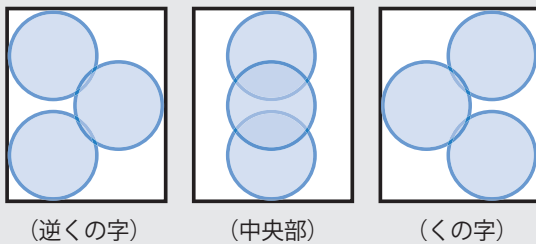
* ISO 16932-2007 で規定されている A、B、C、D、E の5つのタイプに“瓦相当”を付加

A【鋼球】

小石が飛んでくることを想定

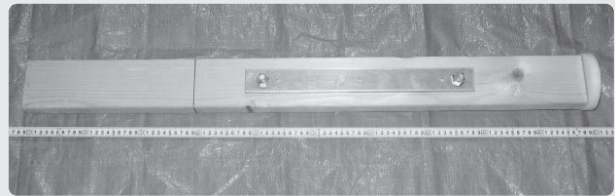


加撃位置

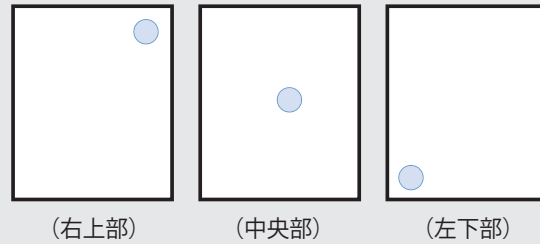


B~E【木片】

木片が飛んでくることを想定



加撃位置



この加撃体は表2に示す建築物の防御レベルと強風ゾーンごとに建築物のガラスが設置される高さによって選定される。ガラスの設置高さによって加撃体のタイプが異なるのは、軽い飛来物が高いところまで飛翔するのに対し、重い飛来物は高くまで飛翔せず低いところで建築物に衝突するという被害観察結果から決められている。

表2 階級分けのための試験に要求されるミサイル

防御レベル	レベル1		レベル2		レベル3		レベル4	
	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10
アセンブリ高さm	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10	>10	≤10
強風ゾーン1	N	N	A	B	C	C	C	D
強風ゾーン2	N	N	A	B	C	C	C	D
強風ゾーン3	A	B	A	C	C	D	D	E
強風ゾーン4	A	B	B	C	C	D	D	E

備考：・A、B、C、D、およびEは表1で定義される適用可能なミサイルを引用する。Nは試験が要求されないことを意味する。
 ・強風ゾーン1は $32 \leq V_{10} < 35\text{m/s}$ 、強風ゾーン2は $35 \leq V_{10} < 38\text{m/s}$ 、強風ゾーン3は $38 \leq V_{10} < 41\text{m/s}$ 、強風ゾーン4は $41 \leq V_{10}$ 、 V_{10} は10分間平均風速で、わが国の基準風速に換算した。
 ・防御レベルは、建築物の重要性によって決まる。重要性の低い建築物はレベル1、通常の建築物はレベル2、大規模建築物はレベル3、重要な建築物ではレベル4を選択する。

試験結果

ISO 規格に準じて、わが国の一般的な強風ゾーン1(東京、大阪などの設計基準風速34m/sの地域)を想定して、普通フロート板ガラス、網入りガラス、強化ガラス、フィルム貼りガラスおよび合わせガラスの実験を行った。その結果を表3にまとめたが、合わせガラスの優位性が改めて確認された。

板硝子協会のホームページwww.itakyo.or.jp/ に動画が掲載されているので参照願いたい。

表3 各種ガラスの衝撃試験結果

ガラス 品種	合わせガラス					フィルム貼りガラス										強化ガラス				網入 板ガラス		フロート板ガラス					
	FL5+90mil+FL5	FL5+60mil+FL5	FL5+30mil+FL5	FL3+60mil+FL3	FL3+30mil+FL3	全面貼り					部分貼り					厚さ (ミリ)				厚さ (ミリ)		厚さ (ミリ)					
						ガラス厚 (ミリ)	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	10	8	6	5	10	6.8	12	10	8	6
加撃 タイプ						450	350	100	50	450	350	100	450	350	100	50	10	8	6	5	10	6.8	12	10	8	6	5
A	○	○	○	○	○	(○)	(○)	(○)	×	○	○	(○)	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
B	○	○	○	○	×	(○)	(○)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
互相当	○	○	×	○	×	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
C	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		

ISO 規格合否判定 合格：○ 不合格：×

- ・(○) は予想判定結果であり、ISO で規定された圧力载荷試験を行っていないため、最終的な判定結果が異なる可能性がある。
- ・フィルム貼りガラスの「部分貼り」とは、フィルムがガラス全面に貼られておらず、サッシ等のフレーム内に収められていない状態。ガラス施工後にフィルムを貼ることを想定し、約2ミリの隙間がある。
- ・フィルム貼りガラスの「全面貼り」とは、フィルムをサッシ等のフレーム内にしっかり収め、ガラス全面に貼られた状態。

加撃体Bの時の各種ガラス破損状況



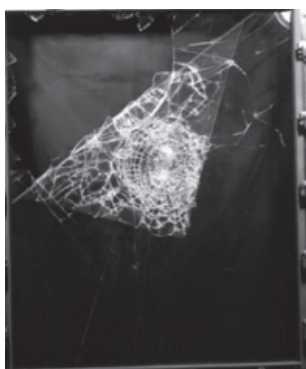
フロート板ガラス5ミリ



網入り板ガラス6.8ミリ



強化ガラス5ミリ



フロートガラス5ミリ+フィルム350µm



合わせガラス FL5+30mil+FL5

【合格】

■地震の概況

平成23年(2011年)3月11日14時46分ごろ、三陸沖を震源地とする海溝型大地震(マグニチュード9.0)が発生し、東北地方を中心に広い地域で有感となった。震度は宮城県栗原市で最大震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県28市町村で震度6強が報告された。マグニチュード7を超える大きな余震も、本震から1時間以内に3回、4月に2回、の計5回も発生した。本震の地震動は東日本全域で6分以上継続し、長い揺れとして体感されたこと、長周期地震動は10分以上にわたって観測されたこと、などが報告されている。

地震の揺れによる建物被害に限ると、構造的な被害は比較的少なかったが、外装、天井などの非構造部材の被害は甚大であった。

■非構造部材の被害(ガラス被害を除く)

外装材・帳壁の被害としては、外壁タイルの脱落、ラスモルタル外壁の損傷・脱落、ALCパネルの損傷・脱落、開口部のガラス破損・窓サッシの障子脱落破損などが確認された。

内装材の被害は、屋内運動場、屋内プール、郊外型大型店舗などの天井の落下被害事例が多数確認されている。首都圏においても天井落下の被害が散見された。



写真1 タイル剥落



写真2 ALCパネル脱落



写真3 天井板落下

学校施設の非構造部材被害については、「学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力会議」の報告書によると、調査対象5県の公立学校の屋内運動場1,538棟を調査した結果、窓ガラスの被害件数は206棟であった。上部構造がS造、下部構造がRC造で構成された屋内運動場で障子ごと脱落した被害が多かった。原因として、図1に例示するように、鉄骨架構と窓面のある外壁が離れて設置された屋内運動場で外壁が剛性の低い軒梁などに接合されたような場合に、張間方向の応答に伴い軒梁先端が大きく上下方向に変形したことが考えられると報告されている。

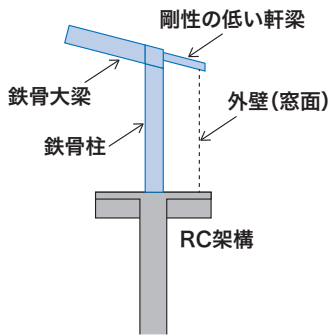


図1 障子ごと脱落した屋内運動場の例¹

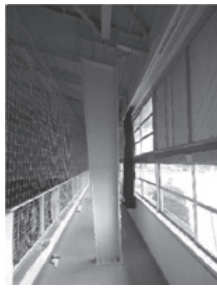


写真4 横連窓が窓枠ごと脱落¹

*1 出典：文部科学省・学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究報告書

■ ガラスの被害

ガラスの被害は、都市型ビル建築では非常に少なく、古い建築物の硬化性パテどめされたガラスや郊外型店舗建築のガラスクリーン構法、及び防煙垂れ壁の中、耐震性の低いタイプに集中している。また、学校の屋内運動場の横連窓の窓ガラス破損事例も多数報告されている。一方『DPG構法』など、新しい構法の被害事例はほとんど報告がされていない。

ガラススクリーンの面ガラスが破損脱落し鋭利なガラス破片が歩道に散乱したため、帰宅の妨げになった事例も報告されている。



写真5 ガラススクリーン破損



写真6 ガラススクリーン破損



写真7 特殊構法(破損なし)

防煙垂れ壁は天井下地材と連結しているため、天井材が破損・落下するとともに破損・落下する事例が多くあった。破損個所は、柱や壁周り、防煙垂れ壁コーナー部に集中している。

防煙垂れ壁も兵庫県南部地震以後、耐震性、及び損傷時のガラス破片の脱落防止性を向上させた商品が標準仕様となってきたが、今回被害にあったのは、ほとんどが耐震性向上前の旧タイプであった。但し旧タイプであっても、下枠カバーが設置されているものは、ガラスは破損しているが脱落は免れているものが多くあった。



写真8 柱周りガラス破損脱落



写真9 ガラス下部の移動

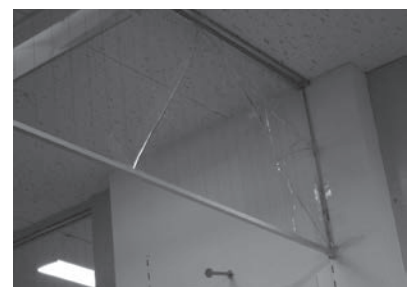


写真10 下枠カバーにより脱落なし

*写真は板硝子協会調査報告書(未公開)より抜粋

■竜巻の状況

平成24年5月6日13時頃、茨城県つくば市の北条地区および筑波北部工業団地を中心に竜巻による建築物の被害が発生した。

気象庁はこの竜巻の強さをフジタスケールF3であると発表している。

平成25年9月2日14時頃、埼玉県越谷市、北葛飾郡松伏町、及び千葉県野田市で竜巻による建築物の被害が発生した。

気象庁はこの竜巻の強さをフジタスケールF2であると発表している。

■建物などの被害状況

平成24、25年と連続して、住宅街において竜巻による甚大な被害が発生した。

戸建住宅に於いては、在来軸組工法の木造住宅の倒壊、小屋組の損壊、屋根ふき材の脱落・飛散、外装材や開口部ガラスの破損脱落、及び内装材の破損などが確認された。

木造住宅以外でも、小規模鉄骨造、鉄筋コンクリート造の集合住宅、鉄筋コンクリート造の校舎、主架構は鉄筋コンクリート造で屋根は鋼製立体トラスの体育館、鉄骨造の幼稚園、木造の児童福祉施設などの文教施設にも同様の被害事例が散見された。

建物以外では、電柱やフェンスの倒壊、樹木の倒壊などが散見された。



写真1 木造建築物



写真2 鉄筋コンクリート造 集合住宅



写真3 体育館屋根、内部の被害状況



写真4 電柱の倒壊



写真5 外壁の飛来物による衝突痕



写真6 飛散した折板

■ ガラスの被害状況

強風、及び飛来物の衝突により一部のガラスが破損脱落すると、室内の圧力が上昇することにより、他のガラスや内装材、天井材、場合により屋根材まで破損被害が拡大したと推測される事例が散見された。

破損脱落・飛散したガラス破片は鋭利な形状のため、室内、室外共に大変危険な状況となる。後片付けする際にも危険が伴うため、細心の注意が必要で、迅速な対応が困難な状況が散見された。

避難所としての機能も求められる、校舎・体育館がフロートガラス、網入板ガラスの破損脱落のため当面使用不可とせざるを得ない事態となっている例や、救急活動拠点の機能が求められる病院などの窓ガラスの破損脱落事例も報告されている。

一方 合わせガラスを使用していたため、ガラスは破損したものの、貫通・脱落は生じなかった事例も報告されている。



写真7 学校校舎の窓ガラス破損脱落



写真8 体育館窓ガラスの破損



写真9 カーテンウォールのガラス破損脱落

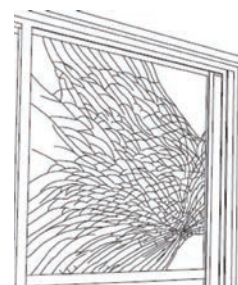


写真10 飛来物による破損
(網入板ガラス)



写真11 幼稚園窓合わせガラスの破損
(破損はしているが貫通・脱落はない)

*国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所
「建築物被害(速報)平成25年9月4日」より抜粋



災害時にガラスが破損した時、ガラスの取り換えは直ぐにはできず、復旧にはかなりの日数がかかることが予想される。建築グレードや用途にもよるが、このような場合も想定し、ガラスが破損しても、貫通・脱落がなく、ガラス破片による怪我防止だけではなく、ガラスを交換するまでの間、居室内活動に支障が生じる可能性が少ない『合わせガラス』を選択する事を推奨する。

一般財団法人 日本建築防災協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-3-20 虎ノ門YHKビル3F

Tel. 03-5512-6451 Fax. 03-5512-6455

<http://www.kenchiku-bosai.or.jp>

機能ガラス普及推進協議会

〒108-0074 東京都港区高輪1-3-13 NBF高輪ビル4F

Tel. 03-6450-3926 Fax. 03-6450-3928 (連絡先: 板硝子協会)

<http://www.glass-town.com>