

真空ガラス  
複層ガラス  
学校用ガラス  
防火ガラス  
防犯ガラス  
強化・倍強度  
合わせガラス  
特殊機能ガラス  
高透過ガラス  
熱線反射  
板ガラス  
装飾ガラス  
鏡・ガラス  
製品及び施工法  
音響・防音・シールド工事  
設計・施工・注意  
板ガラスの熱学性能

# 水槽ガラス施工法



製品のご採用にあたっては、「ガラスを安全に、大切にお使いいただくために」、各製品ごとの「設計上のご注意」、「施工上のご注意」等を十分にご理解のうえ、製品の選定、施工法をご検討ください。

お問い合わせ先

日本板硝子ディー・アンド・ジー・システム株式会社  
P.259

水とガラスを結びつけることは水圧に対する安全性と防水性の問題を解決することであり、各タイプの水槽ともこの点を十分に考慮してあります。

## ●特長

- 1 用途に応じた各種タイプの施工が可能です。
- 2 ガラスは用途、水圧、その他各種条件を考慮し、強化合わせガラス・合わせガラス(ラミペーン)などを選定しています。

## ●工事範囲

- 1 水槽用ガラス・シーリングおよび防水工事など。
- 2 工事範囲は打合わせにより、その都度決めることになります。

## ●設計上の留意点

### 1 安全性

- ・長期荷重である水圧によるガラスの疲労を考慮した耐水圧設計を行います。
- ・多数の人が集ったり、大容量の水を遮断している水族館の水槽、プールの監視窓、海中展望窓などの場合、ガラス強度が十分あったとしても、万一、他の外的要因の衝撃物やいたずらなどにより破損した場合は人的・物的に多大な損害を与える事故となるおそれがあります。したがって、十分な安全性を確保するために、原則として合わせガラスを用いることが必要であり、破損の際も残りのガラスで取り替え時まで水圧を保持できる仕様とします。

### 2 レンズ効果

- ・ガラスが強度上安全な仕様となっても、水圧により、たわみ限度を超すと、不安感を与えたり、レンズ効果により水槽内が歪んで見えることがあります。
- ・水圧によるガラスの発生たわみを計算により求めます。たわみ率はガラス短辺見付長さの1/200以下とします。

### 3 サッシの剛性と精度

ガラスの取り付け枠やサッシは剛性が十分でないとガラスのみこみ部までたわみ、計算より危険サイドとなります。したがって周辺サッシのたわみは水圧負荷時各辺長の1/500以下とします。

・製作精度の良いものを用い、取り付け枠のひずみをガラスへ伝達させないようにしてください。

## 4 防水処理

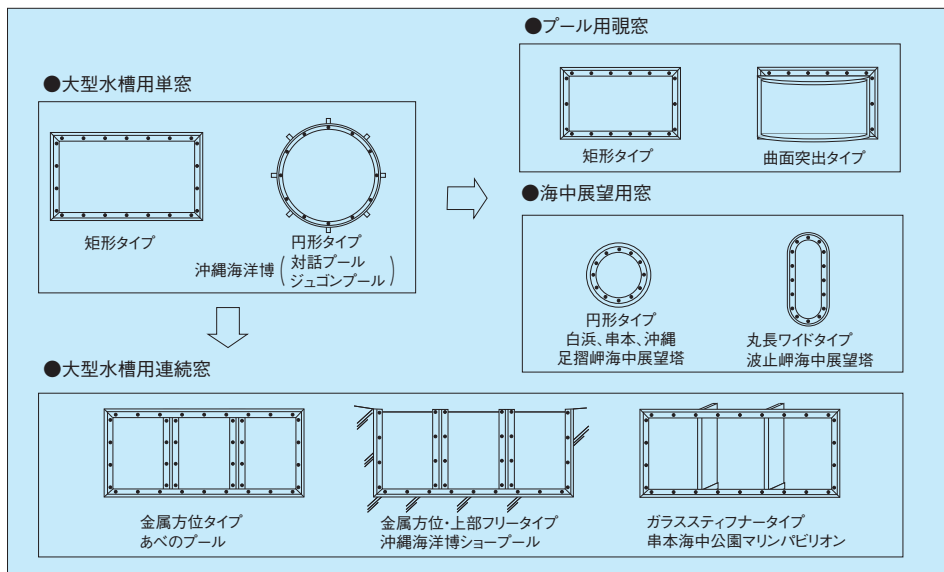
防水個所とその標準材料

ガラスーガラス/シリコン系シーリング材

ガラスー取り付け枠/シリコン系シーリング材

取り付け枠ー躯体/エポキシ樹脂

## ●強化合わせガラスの水槽・プール・海中展望塔の構成



## ●強度設計のポイント

水圧が負荷した状態で最大発生応力および最大発生たわみをTimoshenkoの微小変形理論式により求め、さらに用途・条件などを加味して、ガラス品種、厚さ、および合わせ枚数を決めます。

## ●用途・規模などによる計算法

用途・規模	計算法
① 水族館・海中展望塔など、万一の際、人身への危険性大なもの	最大発生応力 $\sigma \leq$ ガラスの長期許容応力 $\sigma_a$ を満足するガラスを求め、さらに同厚の単板ガラスを1枚加えた合わせガラスとする
② 中規模の水槽で、万一の際も人身への危険性の少ないもの	最初から合わせガラスの仕様で、最大発生応力 $\sigma \leq$ ガラスの長期許容応力 $\sigma_a$ を満足するガラスを求める
③ 容量の小さい水槽で、万一の際も人身への危険性の少ないもの	最大発生応力 $\sigma \leq$ ガラスの長期許容応力 $\sigma_a$ を満足すれば、単板ガラスの使用も可能
①②③ 共通許容たわみ	最終的に求めた仕様のガラスで計算した、たわみが限度以内のこと $\frac{\text{最大発生たわみ} \delta}{\text{ガラス短辺見付長さ} l} \leq 1/200$

## ●安全率と許容曲げ応力

### 1 安全率

品 種	安全率	$S=S_1 \times S_2$
フロント板ガラス		3~5
強化ガラス		3

S:総合安全率

S<sub>2</sub>:疲労を見込む安全率

S<sub>1</sub>:バラツキを見込む安全率

### 2 許容曲げ応力

品 種	項 目	長 期 許 容 応 力			
		面 内 $\sigma_{ac}$		エッジ $\sigma_{ae}$	
		N/mm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>
フロント板ガラス	~8ミリ	9.8	100	6.9	70
	10~12ミリ	8.8	90	6.9	70
	15~19ミリ	7.8	80	6.9	70
	強化ガラス*	73.5	750	68.6	700

※強化ガラスは水平強化製法の場合の数値

## ●水槽ガラス面の負荷圧力

1 ガラス面の負荷圧力は垂直窓の場合、一定の傾きを持つ三角荷重、または台形荷重となり、底面の場合は等分布荷重となります。

2 静的な長期荷重として考えます。

3 波浪、潮流、地震その他による動水圧や、魚などの生体や岩石・流木などの衝撃力は必要に応じ個別に検討します。

4 荷重  $q$

$$q = \frac{1}{10} \rho H \text{ kgf/cm}^2$$

※SI単位の数値はkgf/cm<sup>2</sup>で表示された値に0.0980665を乗じて3桁目を四捨五入し、有効数字2桁とってください。

H:ガラス下端までの水深 m  
 $\rho$ :液体密度 g/cm<sup>3</sup>  
 水1.0 海水1.01~1.05  
 ガソリン0.66~0.75 原油0.7~1.0

## ●強度計算式

ガラス形状、支持条件、荷重形態に応じて計算式を選定します。

### 1 窓の上端と水面が一致する場合

(1) 三角荷重を受ける四辺単純支持矩形板

●最大曲げ応力  
 $\sigma_c = \beta \frac{q \ell^2}{n t^2}$

●最大たわみ  
 $\delta_c = \alpha \frac{q \ell^4}{n E t^3}$

縦長・横長とも  $\ell$  は短辺をとる

(2) 三角荷重を受ける全周単純支持円形板

●最大曲げ応力  
 $\sigma_c = 0.643 \frac{q a^2}{n t^2}$

●最大たわみ  
 $\delta_c = 0.384 \frac{q a^4}{n E t^3}$

aは半径をとる

### 2 窓の上端より上部に水面のある場合

(3) 台形荷重を受ける四辺単純支持矩形板

●最大曲げ応力  
 $\sigma_c = \beta \frac{q \ell^2}{n t^2}$

●最大たわみ  
 $\delta_c = \alpha \frac{q \ell^4}{n E t^3}$

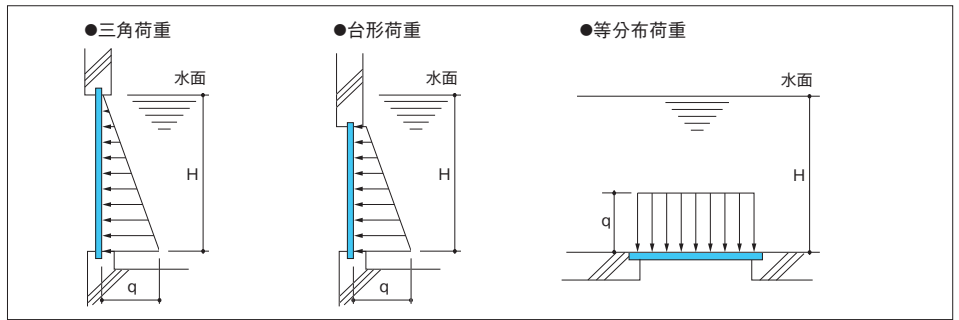
縦長・横長とも  $\ell$  は短辺をとる  
 H/a > 3の場合は水槽底面の計算式(5)による

(4) 台形荷重を受ける全周単純支持円形板

●最大曲げ応力  
 $\sigma_c = \beta \frac{q a^2}{n t^2}$

●最大たわみ  
 $\delta_c = \alpha \frac{q a^4}{n E t^3}$

aは半径をとる



■記号の説明 ※SI単位 | |内は従来単位

<曲げ応力>	$\sigma_c$ :ガラス面中央部の最大発生曲げ応力	MPaまたはN/mm <sup>2</sup>	{kgf/cm <sup>2</sup> }
	$\sigma_e$ :ガラス辺中央部の最大発生曲げ応力	MPaまたはN/mm <sup>2</sup>	{kgf/cm <sup>2</sup> }
<たわみ>	$\delta_c$ :ガラス面中央部の最大のたわみ	mm	{cm}
	$\delta_e$ :ガラス辺中央部の最大のたわみ	mm	{cm}
<荷重>	$q$ :水圧荷重(ガラス下端の水圧)	MPaまたはN/mm <sup>2</sup>	{kgf/cm <sup>2</sup> }
<ガラス構成>	$n$ :合わせガラスを構成するガラス枚数 (ただし、同厚ガラスを用いるものとする。単板時はn=1)		
<寸法>	$a$ :矩形の一边(円の場合は半径)	mm	{cm}
	$b$ :矩形の他辺	mm	{cm}
	$\ell$ :指定する辺の長さ	mm	{cm}
	$t$ :ガラス厚さ	mm	{cm}
<係数>	$E$ :ガラスのヤング率	$7.16 \times 10^4$ MPaまたはN/mm <sup>2</sup>	{ $7.3 \times 10^5$ kgf/cm <sup>2</sup> }

$\beta$ :ガラス辺比による応力係数  
 $\alpha$ :ガラス辺比によるたわみ係数  
 (板ガラスのポアソン比は0.23とする)

#### ● $\beta \cdot \alpha$ 係数値

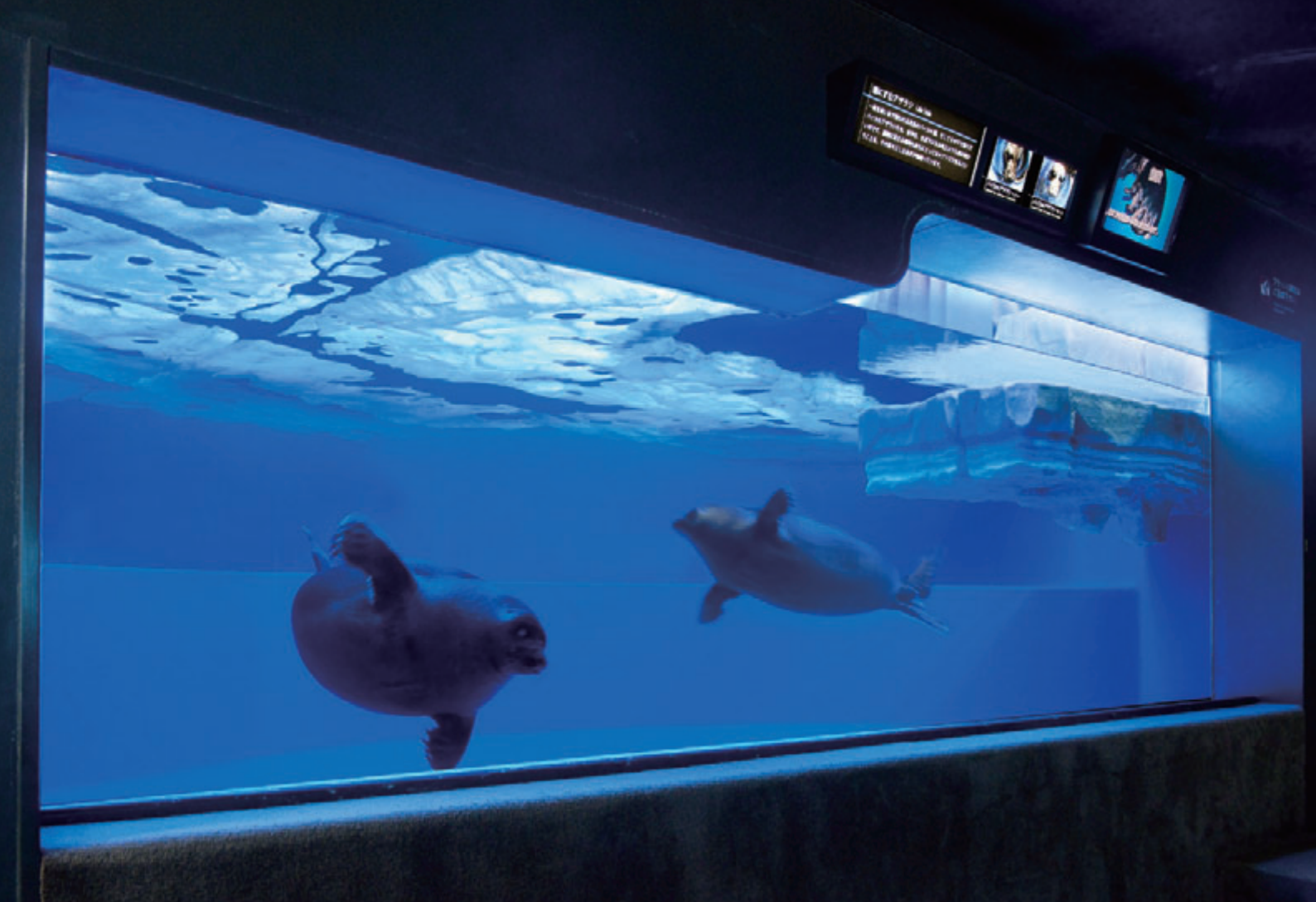
b/a	0.3	0.5	0.7	0.85	1	1.2	1.5	2	3	4	5	$\infty$
$\beta$	0.465	0.330	0.236	0.181	0.156	0.198	0.253	0.314	0.367	0.381	0.385	0.386
$\alpha$	0.089	0.062	0.043	0.032	0.024	0.033	0.045	0.058	0.070	0.074	0.074	0.075

#### ● $\beta \cdot \alpha$ 係数値

H/a	b/a	0.3	0.5	0.7	0.85	1	1.2	1.5	2	3	4	5
1.2	$\beta$	0.497	0.370	0.269	0.209	0.172	0.223	0.287	0.360	0.422	0.439	0.443
	$\alpha$	0.095	0.070	0.049	0.037	0.028	0.038	0.052	0.068	0.082	0.086	0.087
1.6	$\beta$	0.538	0.424	0.313	0.244	0.195	0.255	0.332	0.419	0.492	0.512	0.517
	$\alpha$	0.105	0.081	0.058	0.043	0.032	0.045	0.061	0.080	0.096	0.101	0.102
2	$\beta$	0.571	0.458	0.340	0.265	0.209	0.275	0.360	0.455	0.535	0.557	0.563
	$\alpha$	0.112	0.088	0.063	0.047	0.035	0.049	0.066	0.087	0.105	0.110	0.111
2.5	$\beta$	0.599	0.486	0.362	0.282	0.221	0.292	0.382	0.484	0.571	0.594	0.600
	$\alpha$	0.117	0.093	0.067	0.050	0.037	0.052	0.071	0.093	0.112	0.117	0.118
3	$\beta$	0.618	0.505	0.377	0.294	0.229	0.303	0.398	0.504	0.595	0.619	0.625
	$\alpha$	0.121	0.097	0.069	0.052	0.039	0.054	0.074	0.096	0.116	0.122	0.123

#### ● $\beta \cdot \alpha$ 係数値

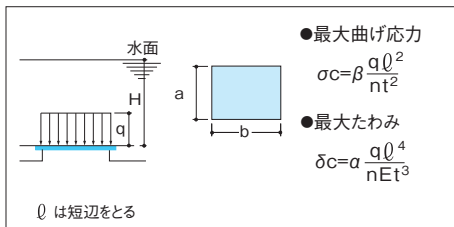
H/2a	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	3	4	6	10	$\infty$
$\beta$	0.645	0.732	0.796	0.845	0.884	0.916	1.013	1.062	1.111	1.151	1.211
$\alpha$	0.380	0.442	0.487	0.520	0.546	0.567	0.630	0.661	0.693	0.718	0.755



●サンシャイン水族館(東京)  
設計:三菱地所設計、大成建設  
施工:大成建設東京支店

### 3 水槽底面および圧力函の視察の場合

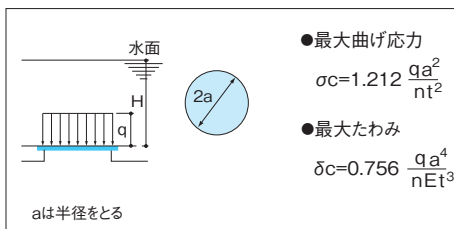
(5) 等分布荷重を受ける四辺単純支持矩形板



● $\beta \cdot \alpha$ 係数値

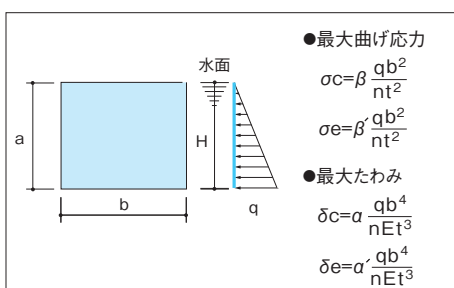
b/a	1	1.2	1.5	2	3	4	5
$\beta$	0.272	0.362	0.476	0.603	0.711	0.740	0.748
$\alpha$	0.047	0.065	0.088	0.116	0.139	0.146	0.148

(6) 等分布荷重を受ける全周単純支持円形板



### 4 窓の上端と水面が一致する場合で上端辺フリー

(7) 三角荷重を受ける三辺単純支持矩形板



● $\beta \cdot \alpha$ 係数値

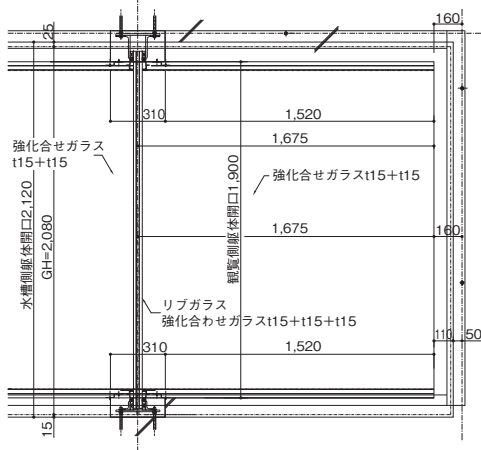
発生部位	b/a	0.5	0.68	1	1.5	2
面最大部	$\beta$	0.336	0.267	0.198	0.157	0.115
	$\alpha$	0.064	0.050	0.040	0.033	0.025
フリー辺中央部	$\beta'$	0.156	0.187	0.194	0.157	0.115
	$\alpha'$	0.032	0.039	0.040	0.033	0.025

# 水槽ガラス施工法 DETAIL

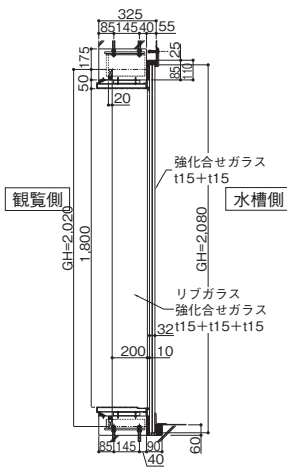
サンシャイン水族館



▼姿図/立面

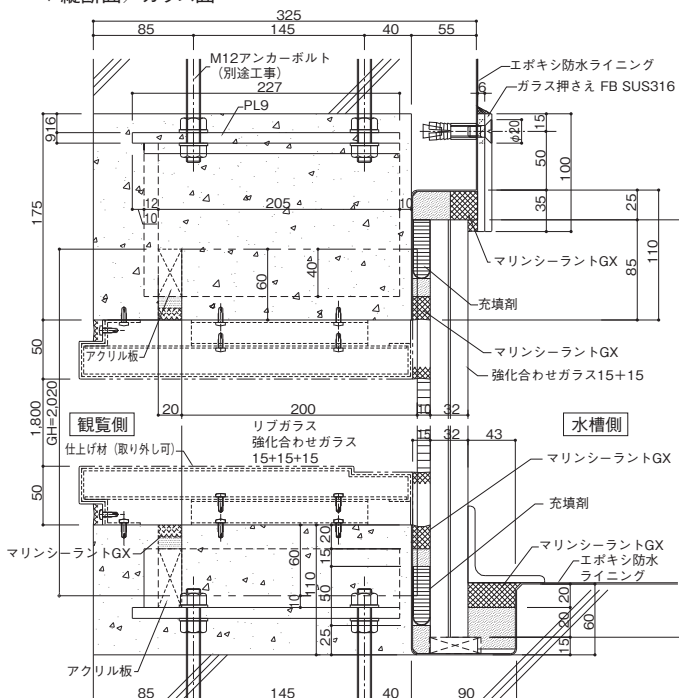


▼姿図/断面

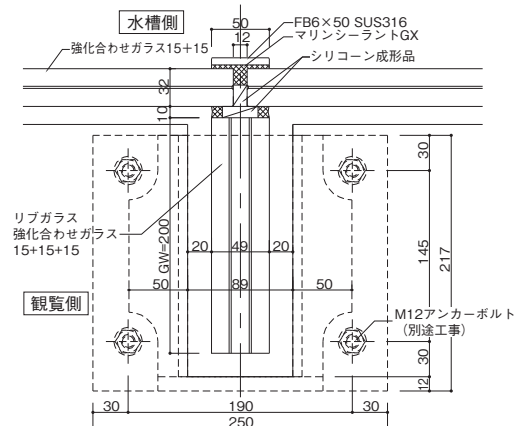


●サンシャイン水族館(東京)  
設計:三菱地所設計、大成建設  
施工:大成建設東京支店

▼縦断面/ガラス面

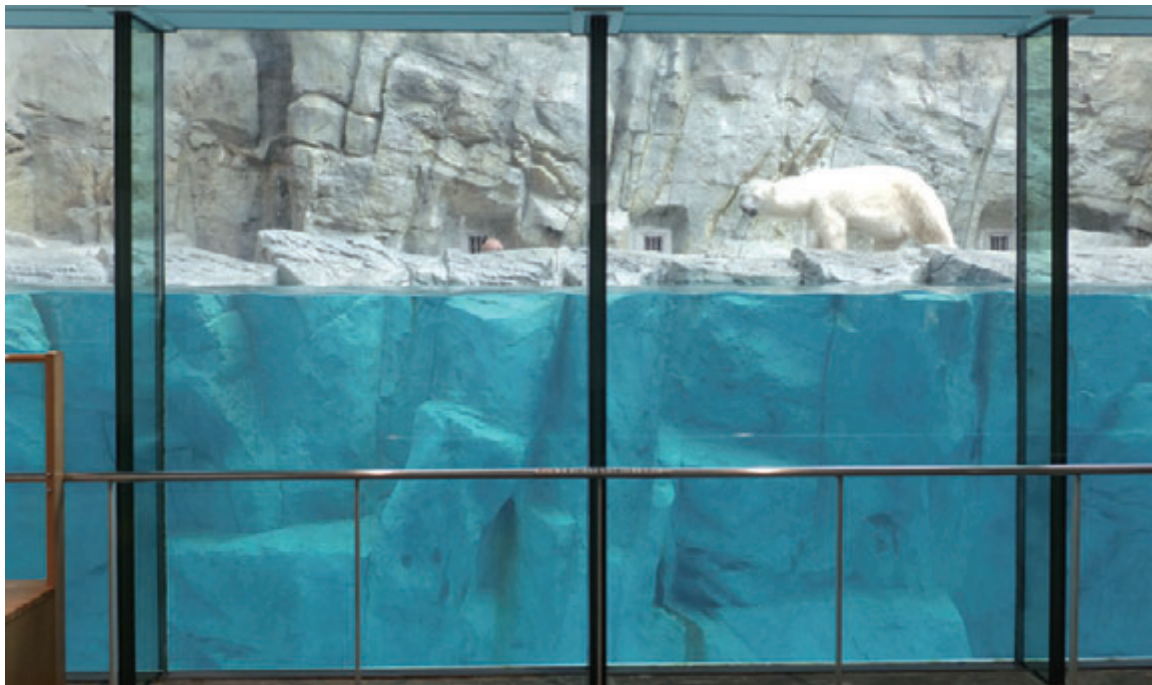


▼横断面/スティフナー部



真空ガラス  
複層ガラス  
学校用ガラス  
防火ガラス  
防犯ガラス  
強化・倍強度  
合わせガラス  
特殊機能ガラス  
高透過ガラス  
熱吸・熱線反射  
板ガラス  
装飾ガラス  
鏡・防曇  
製品及び施工法  
音響・防音・シールド工事  
設計・施工・使用上の注意  
板ガラスの光学的性能・熱的性能  
製品一覽

真空ガラス  
 複層ガラス  
 学校用ガラス  
 防火ガラス  
 防犯ガラス  
 ガラス強化・倍強度  
 合わせガラス  
 特殊機能ガラス  
 高透過ガラス  
 ガラス熱吸・熱線反射  
 板ガラス  
 装飾ガラス  
 カラーガラス  
 鏡  
 板ガラス応用製品及び施工法  
 シールド工事  
 音響・防音  
 設計・施工・使用上の注意  
 板ガラスの光学性能・熱的性能  
 製品一覧



●男鹿水族館GAO（秋田）  
 設計：(株)大建設  
 施工：清水建設



●仙台うみの杜水族館（宮城）  
 設計：(株)大建設  
 施工：大成・橋本店特定建設工事共同企業体

