

水槽ガラス 施工法

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、各タイプ的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。また、板厚が厚くなりガラスの青みが強くなるので高透過ガラスをおすすめします。

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。

- 製作精度の良好なものを用い、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

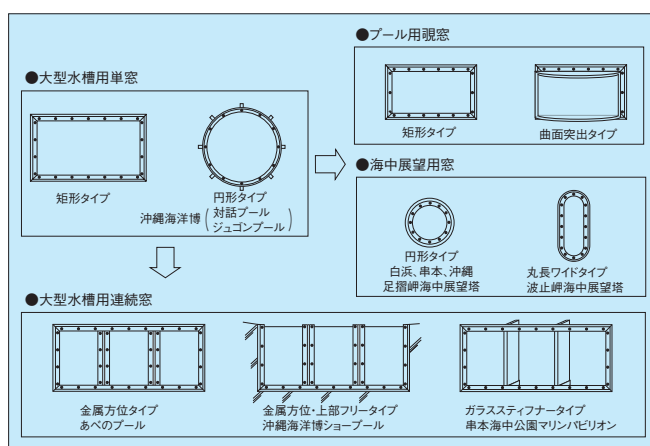
防水箇所とその標準材料

ガラス-ガラス/シリコン系シーリング材

ガラス-取り付け枠/シリコン系シーリング材

取り付け枠-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 σ_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 σ_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 σ_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 $\frac{\text{最大発生たわみ}}{\text{ガラス短辺見付長さ}} \leq 1/200$

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 S₂:疲労を見込む安全率
 S₁: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 σ_{ac}		エッジ σ_{ae}	
		N/mm ²	kgf/cm ²	N/mm ²	kgf/cm ²
フロント板ガラス	~8 N	9.8	100	6.9	70
	10~12 N	8.8	90	6.9	70
	15~19 N	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

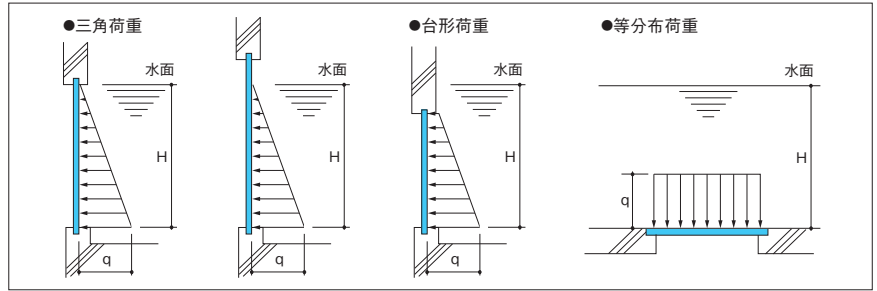
- 1 ガラス面の負荷圧力は垂直窓の場合、一定の傾きを持つ三角荷重、または台形荷重となり、底面の場合は等分布荷重となります。
- 2 静的な長期荷重として考えます。
- 3 波浪、潮流、地震その他による動水圧や、魚などの生体や岩石・流木などの衝撃力は必要に応じて個別に検討します。

4 荷重q

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

H: ガラス下端までの水深 m
 ρ: 液体密度 g/cm³

※SI単位の数値はkgf/c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桁としてください。
 水1.0 海水1.01~1.05
 ガソリン0.66~0.75 原油0.7~1.0



- 記号の説明 ※SI単位 | 内は従来単位
- <曲げ応力> σc : ガラス面中央部の最大発生曲げ応力 MPaまたはN/mm² | {kgf/cm²}
 - σe : ガラス辺中央部の最大発生曲げ応力 MPaまたはN/mm² | {kgf/cm²}
 - <たわみ> δc : ガラス面中央部の最大のたわみ mm | {cm}
 - δe : 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/mm² | {kgf/cm²}
 - <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 : 矩形の辺(円の場合は半径) mm | {cm}
 - b : 矩形の他辺 mm | {cm}
 - l : 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 7.16×10⁴ MPaまたはN/mm² | {7.3×10⁵ kgf/cm²}
 - β : ガラス辺比による応力係数
 - α : 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)

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 三角荷重・台形荷重を受ける四辺単純支持矩形板

●最大曲げ応力 ●最大たわみ

$$\sigma_c = \beta \frac{q \ell^2}{n t^2}$$

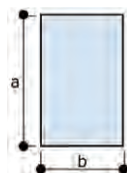
$$\delta_c = \alpha \frac{q \ell^4}{n E t^3}$$

縦長・横長とも ℓ は短辺をとる

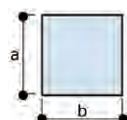
●β・α係数値

		ガラス辺比 b/a																	
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	3.0	4.0		5.0	
水深比 h/a	0.1	β	0.165	0.086	0.053	0.035	0.025	0.019	0.015	0.012	0.010	0.008	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	窓の上端より下部に 水面のある場合 三角荷重 a > H 	
		α	0.022	0.010	0.005	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002		0.002
	0.2	β	0.333	0.166	0.113	0.085	0.066	0.053	0.043	0.036	0.030	0.026	0.027	0.030	0.032	0.033	0.034		0.034
		α	0.062	0.030	0.017	0.010	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005	0.005		0.005
	0.3	β	0.430	0.260	0.165	0.124	0.102	0.085	0.072	0.061	0.053	0.046	0.051	0.057	0.063	0.068	0.069		0.069
		α	0.083	0.048	0.030	0.020	0.014	0.010	0.008	0.006	0.005	0.004	0.005	0.007	0.009	0.010	0.011		0.011
	0.4	β	0.489	0.333	0.231	0.165	0.130	0.113	0.098	0.086	0.075	0.067	0.076	0.087	0.099	0.109	0.111		0.112
		α	0.094	0.063	0.043	0.030	0.022	0.016	0.013	0.010	0.008	0.007	0.009	0.011	0.015	0.017	0.018		0.018
	0.5	β	0.529	0.388	0.287	0.215	0.165	0.134	0.120	0.107	0.096	0.086	0.101	0.119	0.138	0.154	0.158		0.159
		α	0.101	0.074	0.054	0.040	0.030	0.023	0.018	0.014	0.012	0.009	0.013	0.017	0.022	0.026	0.027		0.027
	0.6	β	0.557	0.430	0.333	0.260	0.205	0.165	0.137	0.125	0.114	0.104	0.125	0.150	0.177	0.201	0.207		0.208
		α	0.105	0.083	0.063	0.048	0.038	0.030	0.024	0.019	0.015	0.013	0.017	0.023	0.029	0.035	0.037		0.037
	0.7	β	0.579	0.463	0.371	0.299	0.242	0.198	0.162	0.140	0.129	0.119	0.146	0.179	0.216	0.247	0.255		0.257
		α	0.113	0.090	0.071	0.056	0.045	0.036	0.029	0.024	0.019	0.016	0.021	0.029	0.037	0.045	0.047		0.047
	0.8	β	0.595	0.489	0.403	0.333	0.275	0.228	0.189	0.157	0.143	0.133	0.166	0.206	0.252	0.291	0.301		0.304
		α	0.117	0.095	0.077	0.063	0.051	0.042	0.034	0.028	0.023	0.019	0.026	0.034	0.045	0.054	0.057		0.057
	0.9	β	0.609	0.511	0.430	0.362	0.304	0.256	0.214	0.179	0.154	0.145	0.183	0.231	0.285	0.331	0.343		0.347
		α	0.120	0.100	0.083	0.069	0.057	0.047	0.039	0.032	0.026	0.021	0.029	0.040	0.052	0.063	0.066		0.066
1.0	β	0.620	0.529	0.453	0.387	0.330	0.280	0.236	0.198	0.166	0.155	0.198	0.253	0.314	0.366	0.381	0.384		
	α	0.122	0.103	0.088	0.074	0.062	0.052	0.043	0.035	0.029	0.024	0.033	0.045	0.058	0.070	0.073	0.074		
1.2	β	0.637	0.557	0.489	0.428	0.370	0.317	0.270	0.227	0.191	0.172	0.222	0.287	0.360	0.422	0.438	0.443		
	α	0.126	0.109	0.095	0.082	0.070	0.059	0.049	0.041	0.034	0.028	0.038	0.052	0.068	0.082	0.086	0.087		
1.6	β	0.661	0.595	0.538	0.482	0.424	0.367	0.313	0.265	0.224	0.194	0.255	0.332	0.419	0.492	0.512	0.517		
	α	0.130	0.117	0.105	0.093	0.081	0.069	0.058	0.048	0.039	0.032	0.045	0.061	0.080	0.096	0.101	0.102		
2.0	β	0.676	0.620	0.570	0.517	0.458	0.398	0.340	0.289	0.243	0.209	0.275	0.360	0.455	0.535	0.557	0.563		
	α	0.133	0.122	0.112	0.100	0.088	0.075	0.063	0.052	0.043	0.035	0.049	0.066	0.087	0.105	0.110	0.111		
2.5	β	0.688	0.641	0.597	0.546	0.486	0.423	0.362	0.307	0.259	0.221	0.292	0.382	0.484	0.570	0.594	0.600		
	α	0.136	0.126	0.117	0.106	0.093	0.080	0.067	0.055	0.046	0.037	0.052	0.071	0.093	0.112	0.117	0.118		
3.0	β	0.697	0.656	0.617	0.567	0.505	0.440	0.377	0.320	0.270	0.229	0.303	0.398	0.504	0.594	0.618	0.624		
	α	0.138	0.129	0.121	0.110	0.097	0.083	0.069	0.058	0.047	0.039	0.054	0.074	0.096	0.116	0.122	0.123		

a > b (l = b)

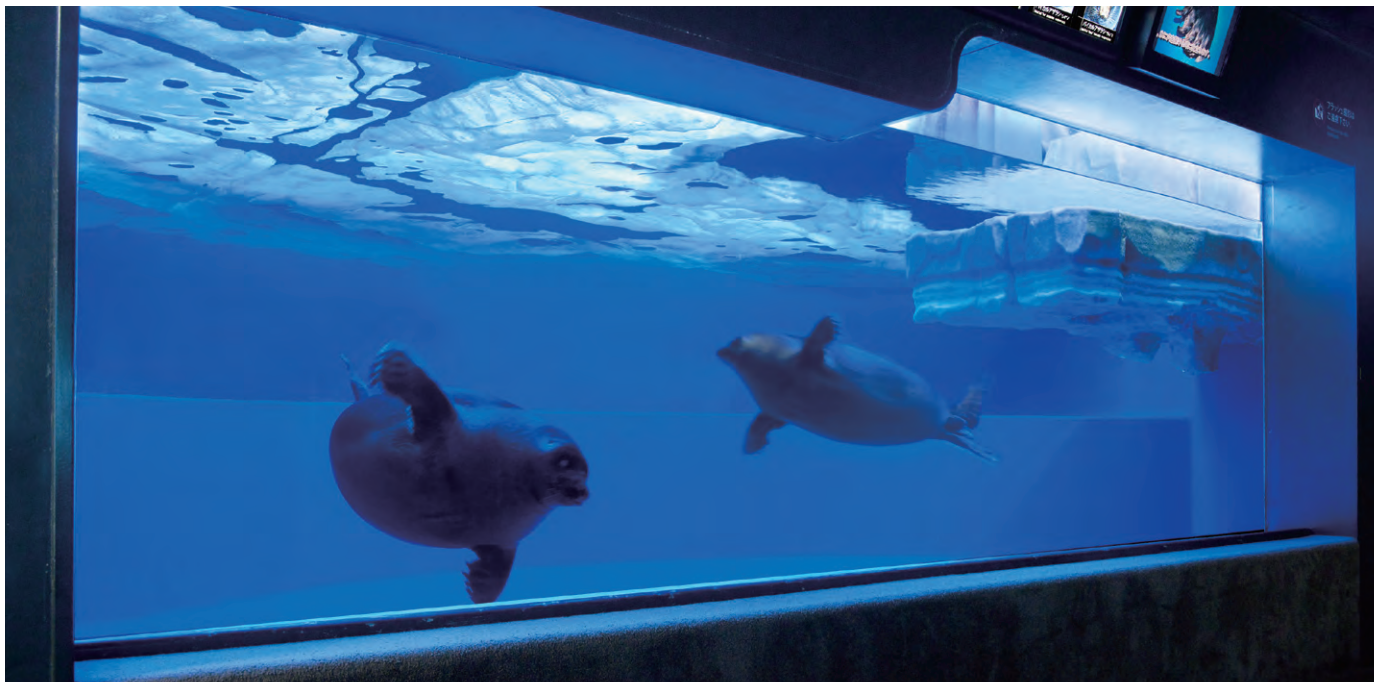


a = b (l = a, b)



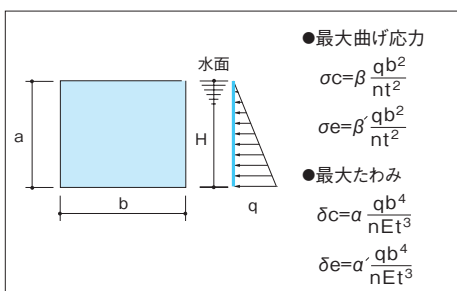
a < b (l = a)





●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

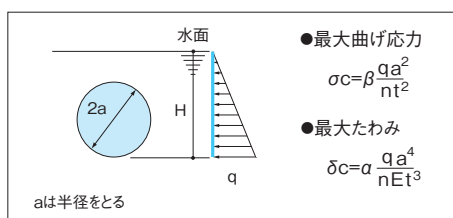
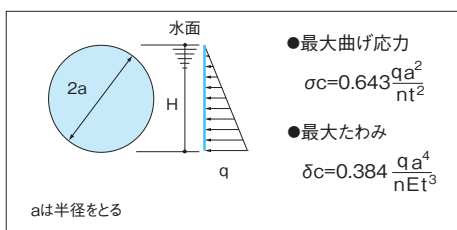
2 三角荷重を受ける三辺単純支持矩形板 (上端フリー)



●β・α係数値

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

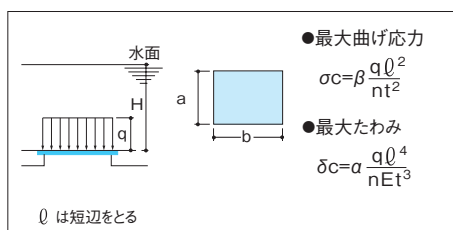
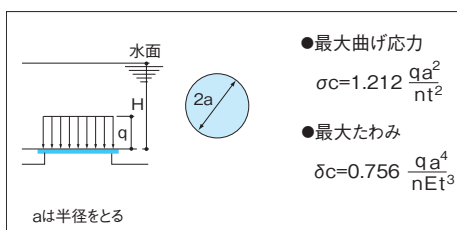
3 三角荷重・台形荷重を受ける全周単純支持円形板



●β・α係数値

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

4 等分布荷重を受ける四辺単純支持矩形板・全周単純支持円形板



●β・α係数値

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

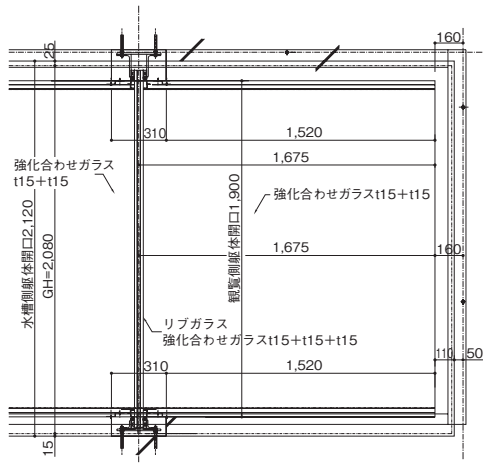
水槽ガラス施工法 DETAIL

サンシャイン水族館

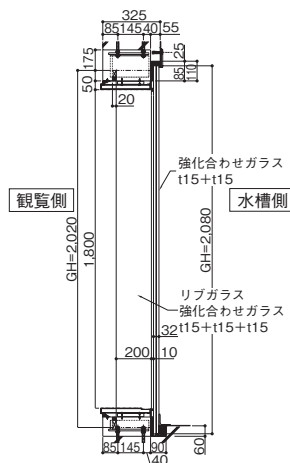


●サンシャイン水族館(東京)
 設計:三菱地所設計、大成建設
 施工:大成建設東京支店

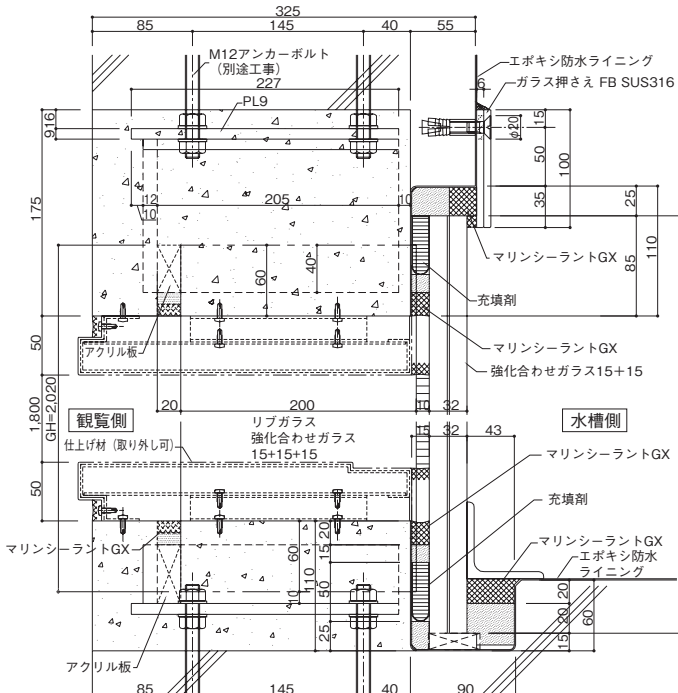
▼姿図/立面



▼姿図/断面



▼縦断面/ガラス面



▼横断面/ステイナー部

