

*設計荷重を低減する場合は安全審査が必要です。詳細は性能評定課までお問合わせ下さい。

2025 大阪・関西万博 期限付き建築物の設計荷重について（改訂）

改訂 2022. 9. 30 2022. 5. 25

（一財）日本建築総合試験所

1. 風荷重および地震荷重の再現期間

建物使用年数 T_s 年間にわたって再現期間 T_r 年の地震を受けない確率、非超過確率 P_s は

$$P_s = \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^{T_s} \tag{1}$$

と表される。ここで、建物の使用年数と地震動の再現期間について T_{s1}, T_{r1} と T_{s2}, T_{r2} の2つの組み合わせが同じ非超過確率をもつならば、

$$T_{r2} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T_{r1}}\right)^{T_{s1}/T_{s2}}} \tag{2}$$

なお、ここで $1/T_{r1}$ が1より十分に小さいとすれば、(2)式は $T_{r2} \approx T_{r1} \cdot T_{s2} / T_{s1}$ となる。

例えば、図1に示すように、 $T_{s2}=2$ 年使用建物について、 $T_{s1}=50$ 年使用建物の $T_{r1}=500$ 年期待値地震動と同じ非超過確率($P_s=0.90$)を与える地震動の再現期間 T_{r2} は20.5年(レベル2)となる。同じく $T_{s2}=2$ 年使用建物について、 $T_{s1}=50$ 年使用建物の再現期間 $T_{r1}=50$ 年の地震動と同じ非超過確率($P_s=0.36$)を与える地震動の再現期間 T_{r2} は2.5年(レベル1)と計算される。

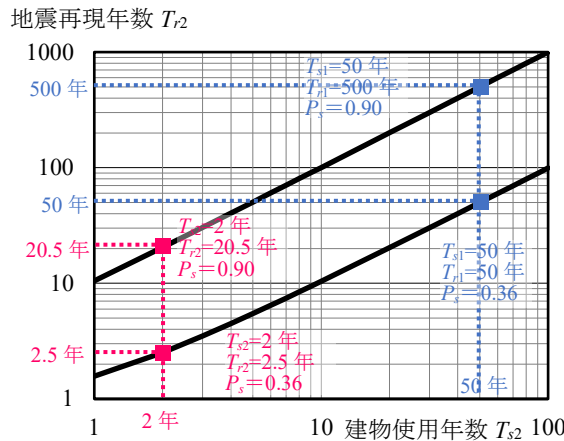


図1 非超過確率の等しい建物使用年数と地震動再現年数の関係

このように、再現期間の低減に伴って荷重値の低減も期待できるが、学会「期限付き建築物設計指針2013」によれば、「大雪や強風については事前予防措置が可能であるとして、設計荷重の低減を許容するが、地震については、事前予防措置が不可能であるとして、生命のリスクにかかわる安全限界に対しては設計荷重の低減を許容しない。但し極めて稀に発生する地震荷重について恒久建築物と同等の安全性を確保すれば、使用限界に対しては設計荷重の低減を許容する」とあるので、たとえ使用期間2年の建物であってもレベル2の地震荷重は低減できない。そこで、風荷重はレベル1, 2とも荷重低減を許容するが、地震荷重については、次の2案が考えられる。

案1：レベル2は恒久建物と同等として低減しない。

案2：レベル2の地震動について計算上の再現期間20.5年を5倍の100年に延長して、荷重低減を許容する。また変形制限などの設計クライテリアも使用期間を考慮して、倒壊しない条件で設定する。

2. 風荷重および地震荷重の再現期間低減係数

2.1 風荷重

設計風速は観測記録の極値分布解析により計算されており、基準法、学会荷重指針などとの対応は図2のようにまとめられる。

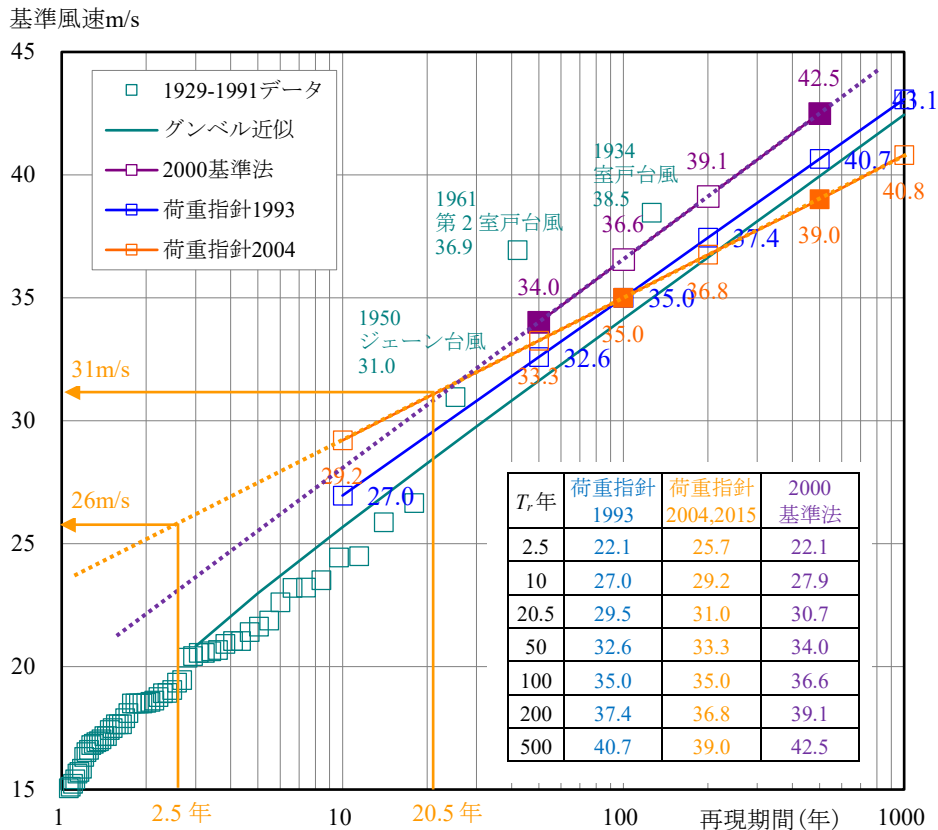


図2 基本風速(大阪 粗度区分II 地上10m)

2004年、2015年の荷重指針による設計用再現期間 t_R 年の再現期間換算係数は、500年期待値 U_{500} と基本風速 U_0 (=100年期待値 U_{100}) の比

$$\lambda_U = \frac{U_{500}}{U_0} \quad (3)$$

を用いて

$$k_{RW} = 0.63(\lambda_U - 1)\ln t_R - 2.9\lambda_U + 3.9 \quad (4)$$

と与えられる。基準法の設計風速比 λ_U を $U_{500}/U_0 = U_{500}/U_{100} = 1.25U_{50}/1.07U_{50} = 1.168$ とすれば

$$k_{RW} = 0.106\ln t_R + 0.513 \quad (5)$$

図2の基準法の外挿から、使用期間2年の設計風速として、20.5年(レベル2)が31m/s(=0.833×1.07×34)、2.5年(レベル1)が22m/s(=0.610×1.07×34)となる。

再現期間が短い場合を安全側に評価するため、2004年(2015年)の荷重指針のデータを用いると、 $\lambda_U = U_{500}/U_0 = U_{500}/U_{100} = 39/35 = 1.114$ から

$$k_{RW} = 0.0718\ln t_R + 0.669 \quad (6)$$

図2の2004年(2015年)の荷重指針の外挿から、使用期間2年の設計風速として、20.5年(レベル2)が31m/s(=0.886×35)、2.5年(レベル1)が26m/s(=0.735×35)となる。

2.2 地震荷重

使用期間 L と安全係数 r_E に応じて低減された標準層せん断力係数 $C_0(r_E L)$ は、再現期間 100 年の地震動に対する標準せん断力係数 C_{100} 、再現期間 500 年の最大水平加速度 a_{500} と再現期間 100 年の最大水平加速度 a_{100} を用いて次式で表される。

$$C_0(r_E L) = \left(\frac{r_E L}{100} \right)^\kappa C_{100} \quad (7)$$

$$\kappa = \frac{\ln a_{500} - \ln a_{100}}{\ln 500 - \ln 100} = 0.62 \ln \frac{a_{500}}{a_{100}} \quad (8)$$

すなわち、 κ は再現期間(年超過確率)と地動最大加速度で表される地震ハザード曲線(両対数軸)の 100 年期待値と 500 年期待値を結ぶ勾配を表す。

荷重指針 1993,2004,2015 のデータを用いて κ を計算すると、表 1 のようになる。また、500 年期待値あるいは 100 年期待値に対する低減係数を図 3 に示す。

表 1 6 都市における工学的基盤上での最大加速度と勾配 κ

荷重 指針	都市	加速度(m/s ²)		勾配 κ	荷重 指針	都市	加速度(m/s ²)		勾配 κ	荷重 指針	都市	加速度(m/s ²)		勾配 κ
		100 年	500 年				100 年	500 年				100 年	500 年	
1995 地震カタ ログ+金 井の距離 減衰式+ フレシェ 分布	札幌	0.55	1.31	0.539	2004 活断層+ 歴史地震 +安中・矢 代の距離 減衰+フ レシェ分 布	札幌	0.83	2.03	0.556	2015 BPT 分布	札幌	0.97	1.73	0.359
	仙台	1.12	2.67	0.540		仙台	1.62	3.42	0.464		仙台	2.98	4.48	0.253
	東京	2.29	5.46	0.540		東京	1.89	3.41	0.367		東京	2.95	4.32	0.237
	名古屋	1.77	4.22	0.540		名古屋	2.09	3.86	0.381		名古屋	4.5	6.95	0.270
	大阪	1.92	4.58	0.540		大阪	1.91	3.78	0.424		大阪	3.26	5.28	0.300
	福岡	0.68	1.62	0.539		福岡	0.64	1.43	0.500		福岡	0.95	1.76	0.383
				平均		0.540			平均		0.449			平均

500年期待値に対する比

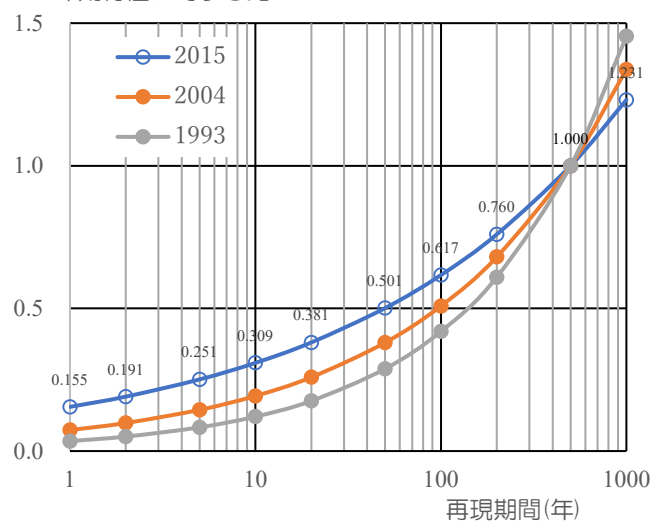


図 3 500 年期待値に対する低減率(大阪)

2015年荷重指針より再現期間換算のための冪指数として0.3を採用すれば、使用期間2年建物のレベル2の低減として、現行の地震再現期間を500年として、

・再現年数20年： $(20.5/500)^{0.3}=0.38$

・余裕を持たせて再現期間100年： $(100/500)^{0.3}=0.62$ 、 $C_0=1.0 \times 0.62=0.62 \rightarrow 0.6$ となる。

レベル1の低減として、現行の地震再現期間を50年として、

・再現年数2年： $(2.5/50)^{0.3}=0.40$ 、 $C_0=0.2 \times 0.40=0.080 \rightarrow$ レベル2の1/5として $0.6 \times 1/5=0.12$ となる。

3. まとめ

3.1 再現期間

使用期間50年の建築物における、再現期間50年の荷重(レベル1)、再現期間500年の荷重(レベル2)に対する非超過確率を同じくする、使用期間2年の建築物における荷重の再現期間は、それぞれ2.5年(レベル1)、20.5年(レベル2)となる。

3.2 風荷重

大阪における使用期間2年の建築物の設計風速を、26m/s(レベル1：再現期間2.5年)、31m/s(レベル2：再現期間20.5年)とする。

地震荷重と同様に風荷重についてもレベル1、レベル2を検討する。

但し、台風等によって設計荷重を超える風荷重に対しての対処措置をあらかじめ検討しておくこと。

3.3 地震荷重(レベル1)

地震荷重については風と異なり事前予測や措置ができないことを鑑み、レベル2の再現期間を20.5年から100年に増大すれば、地震荷重は $C_0=0.6$ (レベル2)となる。従って、大阪における使用期間2年の建築物の地震荷重(レベル1)はその1/5である $C_0=0.12$ とする。

3.4 地震荷重(レベル2)

・再現期間を考慮すると3.3節の地震荷重となるが、人命尊重の観点から、レベル2について荷重低減を行わず、限界変形時において現行法相当の耐力を有することを確認する。

但し、限界変形時の耐力は、脆性破壊部材があったとしても、脱落の危険がなく、軸力保持機能を有していることが確認できれば、脆性破壊部材を除いた耐力としてもよい。また、限界変形は建物の変形特性により定めてよい。

・特殊な材料を構造体に使用する場合は、水平せん断力係数の上限を0.60として、その特性に応じて地震荷重を設定する。

・基礎については、直ちに倒壊につながる可能性が低いことから3.3節に提示する荷重、およびレベル2を $C_0=0.60$ にて検討を行ってもよい。

但し、アスペクト比4.0を超える場合は、現行法に従い水平せん断力係数0.30にて転倒しないことを確認する。

以上