

各種作用の整理

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
地震作用 (澤田幹事私案)	最大級地震動 再現期間 年地震動	地表面波形(加速度・速度・変位) 地表面応答スペクトル(加速度・速度・変位) 地表面最大値(加速度・速度・変位) 工学基盤面波形(加速度・速度・変位) 工学基盤面応答スペクトル (加速度・速度・変位) 工学基盤面最大値(加速度・速度・変位) 地中最大値分布(加速度, 変位, ひずみ)	慣性力(震度による静的荷重) 動土圧・動水圧(静的荷重) 強制変位(相互作用ばねを介して) 工学基盤面波形(地盤-構造物系全体に対して)	最大変位, 最大応力, 最大ひずみ	K-NET, KiK-net 気象庁 87 型地震計記録 気象庁 90 型震度計記録
(中村幹事私案) (秋山幹事、北原幹事、澤田幹事、鈴木幹事、長尾幹事、中村幹事、梶田委員、野津委員)	<ul style="list-style-type: none"> 地震によって生じる地盤の震動(地震動) 地震によって生じる地盤の液状化や地盤の滑り破壊などの地盤変状 地表近傍に現れる地震断層運動に起因する地盤変状 	<地震動> ・地震動の最大振幅(PGA, PGV など) ・地震動の周波数特性(応答スペクトル, フーリエスペクトルなど) ・地震動の時刻歴波形 <地盤変状> ・液状化後の永久地盤変形, 地盤変形時の作用土圧 ・断層変位に起因する地盤変形	<ul style="list-style-type: none"> 等価静的解析 動的解析 	応力 ひずみ量 断面力 変位量など	

別資料有り
(H16/7/23)

各種作用の整理

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
風作用 (石原幹事、 勝地幹事、 川谷委員、 中山委員、 横山委員) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> H16/10/7 更新 別資料有り </div>	気象のうち、 おもに気圧差 によって生じる 空気の流れ	基本風速: U_{10} (10 分間平均, 高度 10m, 標準粗度) 他に, 風の静的・動的作用モデルを規定する風の特性値として以下のものがある。 風速の高さ方向分布 乱れ強さ 風速のパワースペクトル密度 風速の空間相関	1. 風荷重 (これは, 道示, 便覧にもある通常の風荷重(作用)の規定) $P = \frac{1}{2} \rho U_d^2 A_n C_D G$ ここで, P : 風荷重(N), ρ : 空気密度(1.2 kg/m ³), U_d : 設計基準風速(m/s), A_n : 投影面積(m ²), C_D : 抗力係数, G : ガスト応答係数である。 2. 静的空気力(定常空気力) (以下は, 動的作用を考えた時の作用モデルである) 風の3次元的作用を考えた時の静的空気力モデルは以下のように表される。 $D_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B C_D$ $L_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B C_L$ $M_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B^2 C_M$ ここで, B は代表長, C_D, C_L, C_M はそれぞれ抗力係数, 揚力係数, 空力モーメント係数である。 3. 変動空気力 風の時間変動作用に起因する変動空気力(ガスト空気力)モデルは以下のように表される。 $D_b = \frac{1}{2} \rho U_d B \left[2C_D \chi_D^u u + C_D' \chi_D^w w \right]$ $L_b = \frac{1}{2} \rho U_d B \left[2C_L \chi_L^u u + (C_L' + C_D) \chi_L^w w \right]$ $M_b = \frac{1}{2} \rho U_d B^2 \left[2C_M \chi_M^u u + (C_M' + C_D) \chi_M^w w \right]$ ここで, (')は風の迎角に対するそれぞれの係数の勾配であり, 通常迎角が0度での値を用いる。 χ_F ($F = D, L, \text{ or } M, r = u \text{ or } w$) は空力アドミッタンスで, 各風速成分の寄与する空気力成分ごとに定義される。また, u, w は風の主流, 鉛直方向の変動風速である。 4. 非定常(あるいは自励)空気力 風の作用の1つに, 構造物の運動に伴って生じる自励的作用がある。この自励的作用を表すモデルに非定常空気力があり, 以下のように表される。	静的な変形, 応力 風荷重を構造物に載荷して, 解析的に求める(4.1)あるいは(4.2), (3)の規定による)。あるいは, 風洞実験により求める。 動的な振動 風洞実験, あるいは風の作用モデルを用いて解析的に求める。解析的な手法としては, ガスト応答解析, フラッタ一解析などがある(4.4), (5)の規定による)。 ほかに, 道路橋耐風設計便覧では, 現象毎に以下の推定式を規定している。 渦励振 鉛直たわみ渦励振 発現風速(m/s): $U_{cvh} = 2.0 f_h B$ 最大振幅(m): $h_c = \frac{E_h E_{th}}{m_r \delta_h} B$ ねじれ渦励振 発現風速(m/s): $U_{cv\theta} = 1.33 f_\theta B$ 最大振幅(deg): $\theta_c = \frac{E_\theta E_{t\theta}}{I_{pr} \delta_\theta}$ ここで, f_h, f_θ はそれぞれたわみ, ねじれ固有振動数(Hz), B は桁幅(m), ρ は空気密度(kg/m ³)である。 m_r, I_{pr} はそれぞれ無次元質量, 無次元極慣性モーメントで以下のように与えられる。 $m_r = m / (\rho B^2)$ $I_{pr} = I_p / (\rho B^4)$ m, I_p は橋の単位長さあたりの質量(kg/m), 極慣性モーメント(kg・m)である。 また, 補正係数として $E_h = \frac{0.065 \beta_{ds}}{(B/d)}, E_\theta = \frac{17.16 \beta_{ds}}{(B/d)^3}$ である。 d は橋桁の有効高(m), β_{ds} は橋桁の形状に関する補正係数であり, 次のように与えられる。 $\beta_{ds} = \begin{cases} 2 & (\text{ブラケット長が有効高}d\text{の}1/4\text{以下でウェブが垂直}) \\ 1 & (\text{上記以外の場合}) \end{cases}$	道路橋示方書 道路橋耐風設計便覧 建築物荷重指針 風速マップ研究会報告(石原先生他, 風工学会誌) など

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
			$D_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B \left[KP_1^* \frac{\dot{p}}{U} + KP_2^* \frac{B\dot{\alpha}}{U} + K^2 P_3^* \alpha + K^2 P_4^* \frac{p}{B} + KP_5^* \frac{\dot{h}}{U} + K^2 P_6^* \frac{\dot{h}}{U} \right]$ $L_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B \left[KH_1^* \frac{\dot{h}}{U} + KH_2^* \frac{B\dot{\alpha}}{U} + K^2 H_3^* \alpha + K^2 H_4^* \frac{h}{B} + KH_5^* \frac{\dot{p}}{U} + K^2 H_6^* \frac{\dot{p}}{U} \right]$ $M_m = \frac{1}{2} \rho U_d^2 B^2 \left[KA_1^* \frac{\dot{h}}{U} + KA_2^* \frac{B\dot{\alpha}}{U} + K^2 A_3^* \alpha + K^2 A_4^* \frac{h}{B} + KA_5^* \frac{\dot{p}}{U} + K^2 A_6^* \frac{\dot{p}}{U} \right]$ <p>ここで、$K(=\omega B/U)$は換算振動数、ωは構造の円振動数、p, h, αはそれぞれ構造の水平、鉛直、ねじれ変位、(\cdot)は時間微分を表す。また、P_i^*, H_i^*, A_i^* ($i=1-6$)は、非定常空気力係数と呼ばれる無次元係数であり、構造の変位あるいは速度に比例して生じる非定常空気力の程度を表す。</p>	<p>さらに、E_{th}, E_{t0}は、気流の乱れによる一様流中で観測された振動応答の低減係数であり、次のように与えられる。</p> $E_{th} = 1 - 15 \times \beta_t (B/d)^{1/2} \times I_u^2 \geq 0$ $E_{t0} = 1 - 20 \times \beta_t (B/d)^{1/2} \times I_u^2 \geq 0$ <p>β_tは橋桁の断面形状が六角形の場合には0、その他の場合には1とする。</p> <p>フラッター</p> <p>発現風速(m/s): $U_{cf} = 2.5 f_{\theta} B$</p> <p>ギャロッピング</p> <p>発現風速(m/s): $U_{cg} = 8 f_h B$ (地形が平坦な場合)</p> <p style="text-align: right;">$U_{cg} = 4 f_h B$ (地形の影響により吹き上げ風が吹く場合)</p>	

各種作用の整理

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
固定作用(死荷重)					
車両重量の作用(活荷重) (白木副委員長、佐藤幹事長、川谷委員、金委員、斉藤委員、横山委員) <div style="border: 1px dashed black; padding: 2px; width: fit-content;">別資料有り (H16/7/23)</div>	<ul style="list-style-type: none"> 自動車車両(自動車) 鉄道車両 重機・施工機械 航空機 	<ul style="list-style-type: none"> 質量 輪、クローラー、アウトリガーの寸法(幅, 長さ, 軸距, トレッド幅) 載荷数(連行、並列) . 	<ul style="list-style-type: none"> TL荷重モデル(T荷重・L荷重) 列車荷重モデル 航空機荷重モデル(LA荷重) 荷重連行載荷モデル(モンテカルロシミュレーション) 載荷範囲(影響線載荷モデル) (群集荷重) 	<ul style="list-style-type: none"> 応力 変形 断面力 振動 応力頻度 ... 	<ul style="list-style-type: none"> 各種基準類(道示、JR標準etc) 国総研(土研)資料 研究論文
雪作用					
温度作用	太陽からの日射の影響を含む地表における構造物周辺の放射、対流、伝導による熱の移動。	当該構造物表面の熱流束(単位面積を流れるエネルギー(熱流)量) q $q = q_s + q_a + q_r + q_c$ q_s : 日射による放射熱量 q_a : 大気や地表からの放射熱量 q_r : 表面から周囲への再放射熱量 q_c : 大気による対流熱伝達	構造物の温度分布は熱伝導解析により求めることができる。 $-\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$ ρ : 密度 c : 比熱 T : ある時刻(t)の任意地点での温度 λ : 熱伝導率 境界面 $q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}$ ここに、nは境界上での外向法線である。	1) 変形 2) 拘束や非線形温度分布がある場合にはひずみ、応力	気象観測データ

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
波浪および流体 による作用 (長尾幹事 港 研)	気象による影響のうち、気圧差 が与える力学的影響 潮汐による影響 海底地盤の揺れによる影響	波高 周期 流速(潮流, 吹送流, 海浜流)	波高時刻歴 波力算定モデル(合田式など) 流圧力算定モデル(モリソン式など)	応力 ひずみ量 断面力 変位量など	水理公式集(土木学会) 港湾の施設の技術上の基準・同 解説(日本港湾協会) 海岸基準・同解説(近刊)
<p>注: このフォーマットでは分かりにくいかもしれませんが, 以下のようになっています. なお本資料は港湾空港技術研究所・下迫室長の協力の下作成しました.</p>					
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 20px;">別資料有り (H16/10/7)</div> </div>					
地盤作用 (鈴木幹事、塚 本委員) 参考文献: 道路橋示方書 (1996) 「改訂 基礎構 造物/地中構 造物[土木設 計の要点]」 鹿島出版会、 鹿島建設土木 設計本部編 (1998)	常時土圧	土の単位重量: (以下のように分類しそれぞれ値を明示 地盤: 自然地盤/盛土 土質: 砂・砂れき/砂質土/粘性土) 粘性土の粘着力 $c: c = qu/2$ (一軸圧縮強度) $c = (0.6 \sim 1.0)N(tf/m^2)$ 砂のせん断抵抗角 : 下限値として $= 15 + (15N) 45^\circ$ (ただし $N > 5$) 以上、道路橋示方書(1996) 道路橋示方書(1996)では、静止土圧係数の推 定方法をとくに見つけられない。	クーロンの土圧公式(主働土圧/受働土圧) (道路橋示方書(1996)) 静止土圧	常時土圧(可動壁) 常時土圧(固定壁)	
	常時、地震時、暴風時の地盤反 力	鉛直地盤反力係数・水平地盤反力係数 常時/地震時/暴風時、基礎形式に分けて 推定方法を定義 以上、道路橋示方書(1996)	震度法 地震時保有水平耐力法	断面力、地盤反力度および変位 (基礎: 杭基礎・ケーソン基 礎・鋼管矢板基礎・地中連続壁 基礎)	
	地震時の液状化による地盤の流 動力	液状化層・上部非液状化層の土の単位体積重量 受働土圧係数 K_p (常時) 以上、道路橋示方書(1996)	液状化指数・水際線からの距離に関する補正を 考慮した簡易解析法	水平流動力(液状化判定がなさ れた地盤内の基礎)	

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
衝撃作用 (榎谷委員、香月幹事、梶田委員)	落石, 雪崩, 崩土など主に自然作用を原因とする衝突現象により生じる衝撃力	落石に対して 質量, 衝突速度, 衝突角度, 緩衝材の特性値(ラメ定数) 崩土, 雪崩に対して 速度, 単位体積質量, 衝突角度	1. 落石 緩衝材が砂の場合の作用力モデル2種を示す. ・静的弾性接触理論に基づいた作用モデル $P = 1.620m^{\frac{2}{3}}\lambda^{\frac{2}{3}}v^{\frac{6}{5}}$ ここに、 m : 落石質量、 v : 落石の衝突速度である。緩衝材厚 T が落石の代表径 D (球とすれば直径) より小さい場合は、上記の荷重 P に割り増し係数 $\alpha = 1.046\left(\frac{T}{D}\right)^{-0.58} \square \left(\frac{T}{D}\right)^{-0.5}$ を考慮する。 ・実験結果の基づく作用モデル $P = \beta_0 m \frac{v}{T}$ ここに、 m : 落石質量、 v : 落石の衝突速度、 β_0 : 敷砂の影響を表す係数、 T : 伝達衝撃力の作用時間である。 T と β_0 は落下高さ H 、敷砂厚 h で表される。 2. 崩土 $P = \rho_s V^2 A \sin^2 \alpha$ ここに、 ρ_s は崩土の単位体積質量、 V は崩土の衝突速度、 A は崩土の作用投影面積、 α は衝突角度である。 3. 雪崩 崩土とほぼ類似の式で作用を表現する。密度、衝突速度、積雪厚、衝突角度が因子である。	伝達衝撃力(圧力) 断面力 応力 変形	落石対策便覧(日本道路協会, 2000) 道路防雪便覧(日本道路協会, 1990) 落石対策便覧に関する参考資料 落石シミュレーション手法の調査研究資料(日本道路協会, 2002) ロックシェットの耐衝撃設計(土木学会, 構造工学シリーズ8, 1998)

作用種類 (執筆担当)	現象(仮名)	作用因子(仮名)	作用(モデル)	作用効果	利用可能性のある データベース、資料
環境作用 (下村幹事、松島委員、三島幹事)	中性化	二酸化炭素濃度(ほとんど一定), 乾湿条件, 温度, 日射条件	環境作用(乾湿)の程度を表す係数	中性化深さ	凍害危険度マップ 使用骨材の産地とASRの危険性の関係に関するデータベース
	塩害(塩分侵入による鉄筋腐食)	飛来塩分量(年間), 温度, 乾湿条件	表面塩分量	鋼材位置における塩化物イオン濃度	
	凍害(凍結融解作用)	乾湿条件, 温度(年間凍結回数)	気象条件と構造物の露出条件より定まる相対動弾性係数の最小限界値	相対動弾性係数	
	化学的侵食	酸の濃度	下水道施設であるかどうか, 温泉に近いかどうか	劣化深さ	
	アルカリ骨材反応	乾湿条件, 温度, 日射条件		ひび割れ状況, 膨張量	
	水密性	水頭差(水圧)		透水量	
	耐火性 施工段階におけるひび割れ		温度(経時変化), 日射条件, 風, 湿度	モデル化された外部温度, 熱伝達率	