

河川構造物の耐震性能照査指針
(国土交通省水管理・国土保全局治水課 令和6年3月29日)

V. 揚排水機場編

1. 総則

1.1 適用の範囲

本編は、揚排水機場の機場本体及び基礎の耐震性能の照査に適用する。

1.2 用語の定義

本編に用いる用語の定義は、次のとおりとする。

(1) 揚排水機場

ポンプによって河川又は水路の流水を河岸又は堤防を横断して取水又は排水するために、河岸又は堤防の付近に設けられる施設であって、ポンプ場とその付属施設（吸水槽又は吐出水槽、樋門等）の総称

(2) 機場本体

揚排水機場のうち、吸水槽、ポンプ室、地下ポンプ室、冷却水槽等からなる構造部分であり、頂版、側壁、底版等の部材から構成される

(3) 基礎

揚排水機場のうち、基礎より上部にある機場本体、機械設備、機場上屋等の荷重を地盤に伝える構造部分

(4) レベル1 地震動

揚排水機場の供用期間中に発生する確率が高い地震動

(5) レベル2 地震動

対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動

(6) レベル2-1地震動

レベル2 地震動のうち、プレート境界型の大規模な地震を想定した地震動

(7) レベル2-2地震動

レベル2 地震動のうち、内陸直下型地震を想定した地震動

(8) 耐震性能

地震中及び地震後に揚排水機場が具備すべき性能

(9) 限界状態

耐震性能を満足し得る機場本体及び基礎の限界の状態

(10) 液状化

地震動による間げき水圧の急激な上昇により、飽和した砂質土層がせん断強度を失うこと

(11) 耐震性能照査上の地盤種別

地震時における地盤の振動特性に応じて、工学的に分類する地盤の種別

- (12) 耐震性能照査上の地盤面
耐震性能の照査において地表面と仮定する面
- (13) 耐震性能照査上の基盤面
対象地点に共通する広がりを持ち、耐震性能の照査上、振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な土層の上面
- (14) 静的解析法
地震の影響を静的な荷重等に置き換えて構造物の応答値を算出する方法
- (15) 震度法
地震の影響を構造物の重量に水平震度を乗じた静的荷重等に置き換えて構造物の応答値を算出する静的解析の方法
- (16) 地震時保有水平耐力法
地震の影響を構造物の重量に水平震度を乗じた静的荷重等に置き換えるとともに、構造物の塑性域の耐力や変形能を考慮して応答値を算出する静的解析の方法
- (17) 応答変位法
地震時に地盤に生じる変位を主に考慮し、これを構造物に作用させることにより構造物の応答値を算出する静的解析の方法
- (18) 主要機械設備
ポンプ及びポンプを駆動する原動機、減速機等の機械設備
- (19) 流水方向
水平方向で、かつ機場本体に流入する河川水の上下流方向
- (20) 流水直角方向
水平方向で、かつ流水方向に対して直交する方向
- (21) 構造解析ブロック
機場本体及び基礎の構造解析を行う上で、機場本体及び基礎の構造を流水方向又は流水直角方向に分割したときの一単位
- (22) 層間変形角
機場本体の頂版や底版、床版等で区切られる各層間のせん断変形による変位量と高さの比

2. 基本方針

2.1 耐震性能の照査の基本

機場本体及び基礎の耐震性能の照査においては、揚排水機場の耐震性能及び耐震性能の照査に用いる地震動を適切に設定するとともに、適切な構造解析手法を用いるものとする。

2.2 照査に用いる地震動及び耐震性能

- (1) レベル1地震動は、揚排水機場の供用期間中に発生する確率が高い地震動とする。また、レベル2地震動は、対象地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動とする。ここで、レベル2地震動としては、レベル2-1地震動及びレベル2-2地震動の2種類を考慮するものとする。

(2) 揚排水機場の耐震性能は、次のとおりとする。

1) 耐震性能 1

地震によって揚排水機場としての健全性を損なわない性能

2) 耐震性能 2

地震中及び地震後においても、揚排水機場の持つ治水機能を保持する性能

3) 耐震性能 3

地震による損傷が限定的なものにとどまり、揚排水機場としての機能の回復が速やかに行い得る性能

(3) レベル 1 地震動に対しては、すべての揚排水機場について耐震性能 1 を確保するものとする。

(4) レベル 2 地震動に対しては、治水上重要な揚排水機場については耐震性能 2 を、また、それ以外の揚排水機場については耐震性能 3 を確保するものとする。

3. 地震の影響

機場本体及び基礎の耐震性能の照査においては、揚排水機場の構造特性や解析手法に応じて、次の(1)～(6)に示す地震の影響を考慮するものとする。

(1) 構造物の質量に起因する慣性力

(2) 地震時地盤変位及び地震時周面せん断力

(3) 地震時土圧

(4) 地震時動水圧

(5) 液状化の影響

(6) その他

4. 耐震性能の照査に用いる地震動

4.1 一般

レベル 1 地震動及びレベル 2 地震動は、それぞれ、4.2及び4.3の規定により設定するものとする。ただし、レベル 2 地震動については、対象地点周辺における過去の地震情報、活断層情報、プレート境界で発生する地震の情報、地下構造に関する情報、対象地点の地盤条件に関する情報、既往の強震記録等を考慮して対象地点における地震動を適切に推定できる場合には、その結果に基づいて設定してもよい。

4.2 レベル 1 地震動

(1) レベル 1 地震動は、(2)に規定する加速度応答スペクトルに基づいて設定するものとする。

(2) レベル 1 地震動の加速度応答スペクトルは、原則として、耐震性能照査上の地盤面において与えるものとし、式(4.2.1)により算出するものとする。

$$S=cZcDS_0\ldots\ldots\ldots (4.2.1)$$

ここに、

S ：レベル1地震動の加速度応答スペクトル（ 1cm/s^2 単位に丸める）

c_Z ：4.4に規定するレベル1地震動の地域別補正係数

c_D ：減衰定数別補正係数であり、構造物の減衰定数 h に応じて、式(4.2.2)により算出するものとする。

$$c_D = 1.5 / (40h + 1) + 0.5 \dots\dots\dots (4.2.2)$$

S_0 ：レベル1地震動の標準加速度応答スペクトル（ cm/s^2 ）であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 T に応じて表-4.2.1の値とする。

表-4.2.1 レベル1地震動の標準加速度応答スペクトル S_0

地盤種別	固有周期 $T(\text{s})$ に対する $S_0(\text{cm/s}^2)$		
I種	$T < 0.10$ $S_0 = 431T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 160$	$0.10 \leq T \leq 1.10$ $S_0 = 200$	$1.10 < T$ $S_0 = 220/T$
II種	$T < 0.20$ $S_0 = 427T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 200$	$0.20 \leq T \leq 1.30$ $S_0 = 250$	$1.30 < T$ $S_0 = 325/T$
III種	$T < 0.34$ $S_0 = 430T^{1/3}$ ただし、 $S_0 \geq 240$	$0.34 \leq T \leq 1.50$ $S_0 = 300$	$1.50 < T$ $S_0 = 450/T$

4.3 レベル2地震動

(1) レベル2地震動は、(2)に規定する加速度応答スペクトルに基づいて設定するものとする。

(2) レベル2地震動の加速度応答スペクトルは、原則として、耐震性能照査上の地盤面において与えるものとし、地震動の種別に応じて、それぞれ、式(4.3.1)及び式(4.3.2)により算出するものとする。

$$S_1 = c_{1Z} c_D S_{10} \dots\dots\dots (4.3.1)$$

$$S_2 = c_{2Z} c_D S_{20} \dots\dots\dots (4.3.2)$$

ここに、

S_1 ：レベル2-1地震動の加速度応答スペクトル（ 1cm/s^2 単位に丸める）

S_2 ：レベル2-2地震動の加速度応答スペクトル（ 1cm/s^2 単位に丸める）

c_{1Z} ：4.4に規定するレベル2-1地震動の地域別補正係数

c_{2Z} ：4.4に規定するレベル2-2地震動の地域別補正係数

c_D ：減衰定数別補正係数であり、構造物の減衰定数 h に応じて、式(4.2.2)により算出するものとする

S_{10} ：レベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル（ cm/s^2 ）であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 T に応じて表-4.3.1の値とする。

S_{20} ：レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル（ cm/s^2 ）であり、4.5に規定する地盤種別及び固有周期 T に応じて表-4.3.2の値とする。

表-4.3.1 レベル2-1地震動の標準加速度応答スペクトル S_{10}

地盤種別	固有周期 $T(s)$ に対する $S_{10}(cm/s^2)$		
I 種	$T \leq 0.16$ $S_{10}=2,579T^{1/3}$	$0.16 \leq T \leq 0.60$ $S_{10}=1,400$	$0.60 < T$ $S_{10}=840/T$
II 種	$T < 0.22$ $S_{10}=2,153T^{1/3}$	$0.22 \leq T \leq 0.90$ $S_{10}=1,300$	$0.90 < T$ $S_{10}=1,170/T$
III 種	$T < 0.34$ $S_{10}=1,719T^{1/3}$	$0.34 \leq T \leq 1.40$ $S_{10}=1,200$	$1.40 < T$ $S_{10}=1,680/T$

表-4.3.2 レベル2-2地震動の標準加速度応答スペクトル S_{20}

地盤種別	固有周期 $T(s)$ に対する $S_{20}(cm/s^2)$		
I 種	$T < 0.30$ $S_{20}=4,463T^{2/3}$	$0.30 \leq T \leq 0.70$ $S_{20}=2,000$	$0.70 < T$ $S_{20}=1,104/T^{5/3}$
II 種	$T < 0.40$ $S_{20}=3,224T^{2/3}$	$0.40 \leq T \leq 1.20$ $S_{20}=1,750$	$1.20 < T$ $S_{20}=2,371/T^{5/3}$
III 種	$T < 0.50$ $S_{20}=2,381T^{2/3}$	$0.50 \leq T \leq 1.50$ $S_{20}=1,500$	$1.50 < T$ $S_{20}=2,948/T^{5/3}$

4.4 地域別補正係数

地域別補正係数 c_Z 、 c_{1Z} 、 c_{2Z} は、地域区分に応じて表-4.4.1の値とする。ただし、対象地点が地域区分の境界線上にある場合は、係数の大きい方をとらなければならない。

表-4.4.1 地域別補正係数と地域区分

地域区分	地域別補正係数			対象地域
	c_Z	c_{1Z}	c_{2Z}	
A1	1.0	1.2	1.0	千葉県のうち館山市、木更津市、勝浦市、鴨川市、君津市、富津市、南房総市、夷隅郡、安房郡 神奈川県 山梨県のうち富士吉田市、都留市、大月市、上野原市、西八代郡、南巨摩郡、南都留郡 静岡県 愛知県のうち名古屋市、豊橋市、半田市、豊川市、津島市、刈谷市、西尾市、蒲郡市、常滑市、稲沢市、新城市、東海市、大府市、知多市、豊明市、田原市、愛西市、清須市、弥富市、あま市、海部郡、知多郡、額田郡、北設楽郡のうち東栄町 三重県（津市、松阪市、名張市、亀山市、いなべ市、伊賀市、三重郡菰野町を除く。） 和歌山県のうち新宮市、西牟婁郡、東牟婁郡 徳島県のうち那賀郡、海部郡
A2	1.0	1.0	1.0	A1、B1、B2、C 地域以外の地域
B1	0.85	1.2	0.85	愛媛県のうち宇和島市、北宇和郡、南宇和郡 高知県（B2 地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県のうち延岡市、日向市、児湯郡（西米良村及び木城町を除く。）、東臼杵郡のうち門川町
B2	0.85	1.0	0.85	北海道のうち札幌市、函館市、小樽市、室蘭市、北見市、夕張市、岩見沢市、網走市、苫小牧市、美唄市、芦別市、江別市、赤平市、三笠市、千歳市、滝川市、砂川市、歌志内市、深川市、富良野市、登別市、恵庭市、伊達市、北広島市、石狩市、北斗市、石狩郡、松前郡、上磯郡、亀田郡、茅部郡、二世郡、山越郡、檜山郡、爾志郡、奥尻郡、瀬棚郡、久遠郡、島牧郡、寿都郡、磯谷郡、虻田郡、岩内郡、古宇郡、積丹郡、古平郡、余市郡、空知郡、夕張郡、樺戸郡、雨竜郡、上川郡（上川総合振興局）のうち東神楽町、上川町、東川町及び美瑛町、勇払郡、網走郡、斜里郡、常呂郡、有珠郡、白老郡 青森県のうち青森市、弘前市、黒石市、五所川原市、むつ市、つがる市、平川市、東津軽郡、西津軽郡、中津軽郡、南津軽郡、北津軽郡、下北郡 秋田県、山形県 福島県のうち会津若松市、郡山市、白河市、須賀川市、喜多方市、岩瀬郡、南会津郡、耶麻郡、河沼郡、大沼郡、西白河郡 新潟県 富山県のうち魚津市、滑川市、黒部市、下新川郡 石川県のうち輪島市、珠洲市、鳳珠郡 鳥取県のうち米子市、倉吉市、境港市、東伯郡、西伯郡、日野郡 島根県、岡山県、広島県 徳島県のうち美馬市、三好市、美馬郡、三好郡 香川県のうち高松市、丸亀市、坂出市、善通寺市、観音寺市、三豊市、小豆郡、香川郡、綾歌郡、仲多度郡 愛媛県（B1 地域に掲げる地域を除く。） 高知県のうち長岡郡、土佐郡、吾川郡（いの町のうち旧伊野町の地区を除く。） 熊本県（C 地域に掲げる地域を除く。） 大分県（C 地域に掲げる地域を除く。） 宮崎県（B1 地域に掲げる地域を除く。）
C	0.7	0.8	0.7	北海道のうち旭川市、留萌市、稚内市、紋別市、士別市、名寄市、上川郡（上川総合振興局）のうち鷹栖町、当麻町、比布町、愛別町、和寒町、剣淵町及び下川町、中川郡（上川総合振興局）、増毛郡、留萌郡、苫前郡、天塩郡、宗谷郡、枝幸郡、礼文郡、利尻郡、紋別郡 山口県、福岡県、佐賀県、長崎県 熊本県のうち荒尾市、水俣市、玉名市、山鹿市、宇土市、上天草市、天草市、玉名郡、葦北郡、天草郡 大分県のうち中津市、豊後高田市、杵築市、宇佐市、国東市、東国東郡、速見郡 鹿児島県（奄美市及び大島郡を除く。） 沖縄県

4.5 耐震性能照査上の地盤種別

耐震性能照査上の地盤種別は、原則として、式(4.5.1)により算出する地盤の基本固有周期 T_G をもとに、表-4.5.1により区分するものとする。

$$T_G = 4 \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}} \cdots \cdots \cdots (4.5.1)$$

ここに、

T_G ：地盤の基本固有周期(s)

H_i ： i 番目の土層の厚さ(m)

V_{si} ： i 番目の土層の平均せん断弾性波速度(m/s)

i ：当該地盤が地表面から耐震性能照査上の基盤面まで n 層に区分されるときの地表面から i 番目の土層の番号

表-4.5.1 耐震性能照査上の地盤種別

地盤種別	地盤の基本固有周期 T_G (s)
I 種	$T_G < 0.2$
II 種	$0.2 \leq T_G < 0.6$
III 種	$0.6 \leq T_G$

4.6 耐震性能照査上の地盤面

耐震性能照査上の地盤面は、機場本体の周辺地盤の上面とする。

4.7 耐震性能照査上の基盤面

耐震性能照査上の基盤面は、対象地点周辺に広がりをもつ、工学的に十分堅固な土層の上面とするものとする。

5. 耐震性能の照査

5.1 一般

- (1) 機場本体及び基礎に対する耐震性能の照査にあたっては、地震動及び耐震性能に応じて、機場本体の限界状態を5.2の規定、基礎の限界状態を5.3の規定に従って適切に設定するものとする。
- (2) 機場本体及び基礎の耐震性能1の照査は、レベル1地震動によって生じる機場本体及び基礎の状態が、5.2(1)に規定する機場本体の限界状態1及び5.3(1)に規定する基礎の限界状態1を超えないことを照査することによって行う。
- (3) 機場本体及び基礎の耐震性能2の照査は、レベル2地震動によって生じる機場本体及び基礎の状態が、5.2(2)に規定する機場本体の限界状態2及び5.3(2)に規定する基礎の限界状態2を超えないことを照査することによって行う。
- (4) 機場本体及び基礎の耐震性能3の照査は、レベル2地震動によって生じる機場本体及び基礎の状態が、5.2(3)に規定する機場本体の限界状態3及び

5.3(3)に規定する基礎の限界状態3を超えないことを照査することによって行う。

(5) 機場本体及び基礎の応答値を算出するための構造解析は5.6の規定によるものとする。

5.2 機場本体の限界状態

機場本体の限界状態1～3は、(1)～(3)のとおりとする。

- (1) 機場本体の限界状態1は、原則として、機場本体の力学特性が弾性域を超えない限界の状態とする。
- (2) 機場本体の限界状態2は、機場本体を構成する各部材に生じる損傷及び変位が揚排水を妨げず、かつ修復を容易に行い得る限界の状態とする。
- (3) 機場本体の限界状態3は、機場本体を構成する各部材に生じる損傷等の修復を容易に行い得る限界の状態とする。

5.3 基礎の限界状態

基礎の限界状態1～3は、(1)～(3)のとおりとする。

- (1) 基礎の限界状態1は、原則として、基礎の力学特性が弾性域を超えない限界の状態とする。
- (2) 基礎の限界状態2は、基礎の損傷が揚排水を妨げず、かつ修復を容易に行い得る限界の状態とする。
- (3) 基礎の限界状態3は、基礎の損傷が基礎の修復を容易に行い得る限界の状態とする。

5.4 レベル1地震動に対する耐震性能の照査

5.4.1 レベル1地震動に対する機場本体の照査

レベル1地震動に対して機場本体が限界状態1を超えないことの照査として、機場本体を構成する各部材に生じる応力度が許容応力度を超えないことを照査する。

5.4.2 レベル1地震動に対する基礎の照査

レベル1地震動に対して基礎が限界状態1を超えないことの照査として、基礎が次の1)～3)の全てを満たすことを標準とする。

- 1) 基礎を構成する各部材に生じる応力度が許容応力度を超えないこと。
- 2) 基礎が支持、転倒、滑動及び液状化に伴う浮上がりに対して安定であること。
- 3) 基礎の変位が許容変位を超えないこと。このとき、許容変位は、揚排水機場の健全性を保持するように、機場本体から決まる変位を考慮して定める。

5.5 レベル2地震動に対する耐震性能の照査

5.5.1 レベル2地震動に対する機場本体の照査

(1) 機場本体の限界状態2を超えないことの照査

レベル2地震動に対して機場本体が限界状態2を超えないことの照査として、機場本体が次の1)～4)の全てを満足することを標準とする。

- 1) 機場本体に生じる変位が、ポンプの軸継手の芯ずれ及び面振れから決まる機場本体の変位の制限値を超えないこと。このとき、機場本体の変位の制限値は、地震中及び地震後において機場本体に生じた変位が揚排水を妨げない範囲を考慮して定める。
 - 2) 機場本体を構成する各部材のうち、主要機械設備が設置されている部材に生じる曲率が降伏曲率を超えないこと。
 - 3) 機場本体に生じる層間変形角が層間変形角の制限値を超えないこと。このとき、層間変形角の制限値は、機場本体に生じた損傷の修復を容易に行い得る範囲を考慮して定める。
 - 4) 機場本体を構成する各部材に生じるせん断力がせん断耐力を超えないこと。
- (2) 機場本体の限界状態 3 を超えないことの照査
- レベル 2 地震動に対して機場本体が限界状態 3 を超えないことの照査として、機場本体が次の 1)～4) の全てを満足することを標準とする。
- 1) 機場本体に生じる変位が、ポンプの軸継手の芯ずれ及び面振れから決まる機場本体の変位の制限値を超えないこと。このとき、機場本体の変位の制限値は、地震中及び地震後において機場本体に生じる変位が主要機械設備の修復を容易に行い得る程度に抑えられる範囲を考慮して定める。
 - 2) 機場本体を構成する各部材のうち、主要機械設備が設置されている部材に生じる曲率塑性率が曲率塑性率の制限値を超えないこと。
 - 3) 機場本体に生じる層間変形角が層間変形角の制限値を超えないこと。このとき、層間変形角の制限値は、機場本体に生じた損傷の修復を容易に行い得る範囲を考慮して定める。
 - 4) 機場本体を構成する各部材に生じるせん断力がせん断耐力を超えないこと。

5.5.2 レベル 2 地震動に対する基礎の照査

- (1) 基礎の限界状態 2 を超えないことの照査
- レベル 2 地震動に対して基礎が限界状態 2 を超えないことの照査として、次の 1) 及び 2) を満足することを標準とする。
- 1) 基礎全体としての塑性率が塑性率の制限値を超えないこと。このとき、塑性率の制限値は、揚排水を妨げず、かつ修復を容易に行い得る状態にとどめるよう設定する。
 - 2) 基礎を構成する各部材に生じるせん断力がせん断耐力を超えないこと。
- (2) 基礎の限界状態 3 を超えないことの照査
- レベル 2 地震動に対して基礎が限界状態 3 を超えないことの照査として、(1) を満足することを標準とする。

5.6 構造解析

- (1) 機場本体及び基礎の構造解析にあたっては、流水方向及び流水直角方向に対する地震の影響を考慮する。ただし、機場本体又は基礎に対していずれか一方のみが支配的な影響を及ぼす場合は、その方向に対してのみ地震の影響を考慮すればよい。
- (2) 機場本体及び基礎の構造解析にあたっては、部材の耐荷機構及び三次元的な配置を適切に考慮するものとする。ただし、機場本体を構成する各部材の耐荷機構等を適切に考慮した上で機場本体及び基礎を適切な位置で複数の構造

解析ブロックに分割し、分割した構造解析ブロックについて構造解析を行う場合は、この規定を満足するものとみなしてよい。

- (3) 機場本体及び基礎の構造解析は、揚排水機場の特性、機場本体及び基礎の限界状態等に応じて、適切な方法に基づいて行うものとする。ただし、地震時の挙動が複雑ではない揚排水機場に対しては、6. の規定に基づき静的解析法によって機場本体及び基礎の応答値を算出すれば、本規定を満足するとみなしてよい。

6. 静的解析法による機場本体及び基礎の応答値の算出

6.1 一般

- (1) 静的解析法によって機場本体及び基礎の応答値を算出する場合の構造解析手法は6.2の規定によるものとする。
- (2) 静的解析法による機場本体及び基礎の応答値の算出にあたっては、6.3の規定により荷重を算出する。
- (3) 液状化の可能性がある場合には6.4の規定によりその影響を考慮するものとする。

6.2 構造解析手法

- (1) 静的解析法による機場本体及び基礎の応答値の算出にあたっては、揚排水機場の特性並びに機場本体及び基礎の限界状態に応じて、震度法、地震時保有水平耐力法、応答変位法等から適切な方法を選択するものとする。
- (2) 1)、2) の静的解析法を用いる場合は、(1)の規定を満足するとみなしてよい。
 - 1) レベル1地震動に対する機場本体及び基礎の構造解析手法として、震度法又は応答変位法を用いることを標準とする。
 - 2) レベル2地震動に対する機場本体及び基礎の構造解析手法として、応答変位法を用いることを標準とする。ただし、直接基礎構造の揚排水機場の場合、機場本体及び基礎の構造解析手法として地震時保有水平耐力法を用いてもよい。

6.3 静的解析法を適用する場合の荷重の算出方法

6.3.1 一般

- (1) 6.2(1)に規定する静的解析法のそれぞれに対し、3. に規定する地震の影響を適切に考慮するものとする。震度法又は地震時保有水平耐力法により機場本体及び基礎の応答値を算出する場合には、地震の影響を、構造物の質量に起因する慣性力、地震時土圧、地震時動水圧として考慮する。応答変位法により機場本体及び基礎の応答値を算出する場合には、地震の影響を、構造物の質量に起因する慣性力、地震時地盤変位及び地震時周面せん断力、地震時動水圧として考慮する。
- (2) 構造物の質量に起因する慣性力、地震時地盤変位及び地震時周面せん断力、地震時土圧並びに地震時動水圧は、それぞれ、6.3.2、6.3.3、6.3.4及び6.3.5の規定により算出するものとする。また、液状化の影響は6.4の規定に

基づいて考慮するものとする。

6.3.2 慣性力

慣性力は、構造物の重量に6.3.6又は6.3.7に規定する水平震度を乗じることで算出する。

6.3.3 地震時地盤変位及び地震時周面せん断力

地震時地盤変位及び地震時周面せん断力は、地震時の地盤の応答特性を考慮して算出するものとする。

6.3.4 地震時土圧

地震時土圧は、6.3.6又は6.3.7に規定する水平震度を用いて、構造物の形状、土質条件、地盤の動的挙動等を考慮して、適切に設定するものとする。

6.3.5 地震時動水圧

地震時動水圧は、水位、構造物の形状及び地震時の応答等を考慮して、適切に設定するものとする。

6.3.6 レベル1地震動の水平震度

レベル1地震動の水平震度は、式(6.3.1)により算出する地盤面における水平震度 k_{hg} を用いるものとする。

$$k_{hg}=c_z \cdot c_U \cdot k_{hg0} \dots\dots\dots (6.3.1)$$

ここに、

k_{hg} ：レベル1地震動の地盤面における水平震度（小数点以下2けたに丸める）

k_{hg0} ：レベル1地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.16、0.20、0.24とする。

c_z ：4.4に規定するレベル1地震動の地域別補正係数

c_U ：水平震度の深さ方向の低減係数で、式(6.3.2)により算出する。

$$c_U=1-0.015z \quad (\leq 1.0) \quad \dots\dots\dots (6.3.2)$$

z ：耐震性能照査上の地盤面からの深さ（m）

6.3.7 レベル2地震動の水平震度

レベル2地震動の水平震度は、(1)及び(2)の規定により算出するものとする。

(1) レベル2-1地震動の水平震度

レベル2-1地震動の水平震度は、式(6.3.3)により算出する地盤面における水平震度 k_{h1g} を用いるものとする。

$$k_{h1g} = c_{1Z} \cdot c_U \cdot k_{h1g0} \dots \dots \dots (6.3.3)$$

ここに、

k_{h1g} ：レベル2-1地震動の地盤面における水平震度（小数点以下2けたに丸める）

k_{h1g0} ：レベル2-1地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.50、0.45、0.40とする。

c_{1Z} ：4.4に規定するレベル2-1地震動の地域別補正係数

c_U ：水平震度の深さ方向の低減係数で、式（6.3.2）により算出する。

（2）レベル2-2地震動の水平震度

レベル2-2地震動の水平震度は、式（6.3.4）により算出する地盤面における水平震度 k_{h2g} を用いるものとする。

$$k_{h2g} = c_{2Z} \cdot c_U \cdot k_{h2g0} \dots \dots \dots (6.3.4)$$

ここに、

k_{h2g} ：レベル2-2地震動の地盤面における水平震度（小数点以下2けたに丸める）

k_{h2g0} ：レベル2-2地震動の地盤面における水平震度の標準値で、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対して、それぞれ、0.80、0.70、0.60とする。

c_{2Z} ：4.4に規定するレベル2-2地震動の地域別補正係数

c_U ：水平震度の深さ方向の低減係数で、式（6.3.2）により算出する。

6.4 液状化の影響

6.4.1 一般

機場本体及び基礎の応答値の算出においては、土層の液状化の判定を6.4.2の規定により行う。液状化の判定を行う必要がある土層が存在する場合には構造形式等に応じて適切に液状化の影響を考慮するものとし、少なくとも、6.4.3の規定により、浮上がりが生じないことを照査するものとする。

6.4.2 液状化の判定

（1）液状化の判定を行う必要がある土層

沖積層の土層で次の3条件すべてに該当する場合には、（2）によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ、現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率 FC が35%以下の土層、又は、 FC が35%を超えても塑性指数 IP が15以下の土層
- 3) 50%粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層

（2）液状化の判定

（1）により液状化の判定を行う必要がある土層に対しては、液状化に対する抵抗率 F_L を式（6.4.1）により算出し、この値が1.0以下の土層については液状化するとみなすものとする。

$$\begin{aligned}
F_L &= R/L \dots\dots\dots (6.4.1) \\
R &= c_W R_L \dots\dots\dots (6.4.2) \\
L &= r_d k_{hgL} \sigma_v / \sigma'_v \dots\dots\dots (6.4.3) \\
r_d &= 1.0 - 0.015x \dots\dots\dots (6.4.4) \\
k_{hgL} &= c_z k_{hgL0} \dots\dots\dots (6.4.5) \\
\sigma_v &= \gamma_1 h_w + \gamma_2 (x - h_w) \dots\dots\dots (6.4.6) \\
\sigma'_v &= \gamma'_1 h_w + \gamma'_2 (x - h_w) \dots\dots\dots (6.4.7) \\
&\quad (\text{レベル1地震動及びレベル2-1地震動の場合}) \\
c_W &= 1.0 \dots\dots\dots (6.4.8) \\
&\quad (\text{レベル2-2地震動の場合}) \\
c_W &= \begin{cases} 3.3R_L + 0.67 & (0.1 < R_L \leq 0.4) \end{cases} \dots\dots\dots (6.4.9)
\end{aligned}$$

ここに、

F_L ：液状化に対する抵抗率

R ：動的せん断強度比

L ：地震時せん断応力比

c_W ：地震動特性による補正係数

R_L ：繰返し三軸強度比で、(3)の規定により求める。

r_d ：地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数

k_{hgL} ：液状化の判定に用いる地盤面の水平震度

c_z ：地域別補正係数で、4.4に規定する c_z 、 c_{1Z} 、又は c_{2Z} とする。

k_{hgL0} ：液状化の判定に用いる地盤面の水平震度の標準値で、表-6.4.1に規定する値

σ_v ：全上載圧(kN/m²)

σ'_v ：有効上載圧(kN/m²)

x ：地表面からの深さ(m)

γ_1 ：地下水位以浅の土の単位体積重量(kN/m³)

γ_2 ：地下水位以深の土の単位体積重量(kN/m³)

γ'_2 ：地下水位以深の土の有効単位体積重量(kN/m³)

h_w ：地下水位の深さ(m)

沖積層の土層については、液状化が生じると判定される土層を特定するために、液状化の判定を行うものとする。

液状化の判定に用いる地盤面の水平震度は、地震動のタイプと地盤種別に応じて、表-6.4.1の標準値に地域別補正係数を乗じた値を用いるものとする。

表-6.4.1 液状化の判定に用いる地盤面の水平震度の標準値 k_{hgL0}

地盤種別	レベル 1 地震動	レベル2-1地震動	レベル2-2地震動
I 種	0.12	0.50	0.80
II 種	0.15	0.45	0.70
III 種	0.18	0.40	0.60

(3) 繰返し三軸強度比

繰返し三軸強度比 R_L は式 (6.4.10) により算出するものとする。

$$R_L = \begin{cases} 0.0882\sqrt{(0.85N_a + 2.1)/1.7} & (N_a < 14) \dots\dots\dots (6.4.10) \\ 0.0882\sqrt{N_a/1.7} + 1.6 \times 10^{-6} \cdot (N_a - 14)^{4.5} & (14 \leq N_a) \end{cases}$$

$$N_1 = 170N / (\sigma'_{vb} + 70) \dots\dots\dots (6.4.11)$$

ここに、

R_L : 繰返し三軸強度比

N_a : 粒度の影響を考慮した補正 N 値で、50%粒径 D_{50} に応じて式 (6.4.12) 又は式 (6.4.13) により算出する

N_1 : 有効上載圧100kN/m²相当に換算した N 値

σ'_{vb} : 標準貫入試験を行ったときの有効上載圧 (kN/m²)

【 $D_{50} < 2$ mmの場合】

$$N_a = c_{FC}(N_1 + 2.47) - 2.47 \dots\dots\dots (6.4.12)$$

$$c_{FC} = \begin{cases} 1 & (0\% \leq FC < 10\%) \\ (FC + 20)/30 & (10\% \leq FC < 40\%) \dots\dots\dots (6.4.13) \\ (FC - 16)/12 & (40\% \leq FC) \end{cases}$$

【 $D_{50} \geq 2$ mmの場合】

$$N_a = \{1 - 0.36 \log_{10}(D_{50}/2)\} N_1 \dots\dots\dots (6.4.14)$$

N : 標準貫入試験から得られる N 値

c_{FC} : 細粒分含有率による N 値の補正係数

FC : 細粒分含有率 (%) (粒径75 μ m以下の土粒子の通過質量百分率)

D_{50} : 50%粒径 (mm)

6.4.3 液状化による浮上がりの照査

6.4.2の規定により液状化の判定を行う必要がある土層がある場合は、機場本体に作用する過剰間隙水圧に伴う揚圧力を考慮した上で浮上がりの照査を行うものとする。