

# 土地改良事業設計指針「耐震設計」(案)

農村振興局

平成27年2月26日

農林水産省

# 目 次

## まえがき

第1章 一般事項 .....	1
1.1 指針の位置付け .....	1
1.2 用語の定義 .....	4
1.3 記号の定義 .....	7

第2章 基本方針 .....	18
2.1 設計一般 .....	18
2.2 耐震設計に用いる地震動 .....	24
2.3 施設の重要度区分 .....	35
2.4 保持すべき耐震性能 .....	46
2.5 部材の限界状態と照査の基本 .....	51

第3章 調査 .....	58
3.1 調査項目 .....	58
3.2 土質調査 .....	60

第4章 耐震設計における設計条件 .....	63
4.1 設計条件の設定 .....	63
4.1.1 設計条件として設定する事項 .....	63
4.2 耐震設計法に用いる諸係数及び設定事項 .....	64
4.2.1 地域別補正係数 .....	64
4.2.2 地盤種別 .....	66
4.2.3 固有周期 .....	69
4.2.4 耐震設計上の地盤面 .....	88
4.3 荷重 .....	91
4.3.1 慣性力 .....	92
4.3.2 地盤変位による外力 .....	92
4.3.3 地震時土圧 .....	93
4.3.4 地震時動水圧 .....	105
4.3.5 水面動搖 .....	110
4.3.6 荷重の組合せ .....	111

第5章 耐震設計手法 .....	113
5.1 耐震設計手法 .....	113
5.2 設計水平震度 .....	123
5.2.1 一般事項 .....	123

5.2.2 固有周期を考慮しない設計水平震度の算定方法	125
5.2.3 固有周期を考慮する設計水平震度の算定方法	129
5.2.4 固有周期と構造物特性係数を考慮する設計水平震度の算定方法	130
5.2.5 固有周期と構造物特性補正係数を考慮する設計水平震度の算定方法	133
5.3 震度法	136
5.3.1 一般事項	136
5.3.2 震度法(固有周期を考慮しない)	137
5.3.3 震度法(固有周期を考慮する)	139
5.3.4 震度法(固有周期と構造物特性係数を考慮する)	141
5.3.5 震度法における安定計算と部材の断面力計算	142
5.4 地震時保有水平耐力法	145
5.4.1 一般事項	145
5.4.2 水平耐力法による耐震計算の地震時保有基本	148
5.4.3 応力度一ひずみ曲線	152
5.4.4 曲げモーメントと曲率の関係	154
5.4.5 水平耐力、水平変位及び降伏剛性	155
5.4.6 せん断耐力	157
5.4.7 破壊形態の判定	158
5.4.8 地震時保有水平耐力	159
5.4.9 許容塑性率	159
5.4.10 地震時保有水平耐力法による安全性の判定	160
5.4.11 部材の非線形性を考慮した静的増分解析(プッシュオーバー解析)の流れ	161
5.5 応答変位法	179
5.5.1 一般事項	179
5.5.2 応答変位法における設計地震動(速度応答スペクトル、設計水平震度)	183
5.5.3 応答変位法における地盤の水平変位振幅	186
5.5.4 応答変位法による地震力の算定	187
5.5.5 応答変位法の照査内容	194
5.6 動的解析法	196
5.7 耐震性能の照査法(一般)	211
5.7.1 許容応力度法	212
5.7.2 限界状態設計法	213
5.8 各種構造物の重要度区分、耐震性能、耐震計算法の適用区分	222
第6章 液状化の検討	243
6.1 液状化一般	243
6.2 水平地盤における液状化判定	243
6.3 液状化の詳細な検討方法	250
6.4 流動化の検討	255
6.5 液状化地盤の対策	260
6.6 各構造物に適用する液状化検討法	264

第 7 章 耐震診断	268
7.1 耐震診断の目的	268
7.2 耐震診断の手順	268
7.3 耐震診断の方法	270
7.3.1 耐震診断の調査	270
7.3.2 一次診断(簡易診断)	273
7.3.3 二次診断(詳細診断)	274
7.4 耐震対策	281
7.5 整備方法	284
7.5.1 優先順位	284
7.5.2 補修・補強工法による整備	284
7.5.3 その他の方法による整備	290
7.6 耐震補強情報のデータベース構築	291

# 第1章 一般事項

## 1.1 指針の位置付け

本指針は、以下の土地改良施設に関する設計基準、指針類の内容にもとづき土地改良施設の耐震設計に関する一般的な事項を示したものである。

①農道橋、②水路橋、水管橋、③頭首工、④擁壁、⑤開水路、⑥ファームpond、⑦ため池、⑧パイプライン、⑨暗渠(ボックスカルバート)、⑩杭基礎、⑪ポンプ場(吸込、吐出し水槽)

### [解説]

#### (1) 背景及び経緯

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波により約2万1千haに及ぶ農地が流失・冠水等し、広範囲の農地において地盤沈下や液状化等が生じるなど、未曾有の被害となつた。これに対し、国は、「東日本大震災からの復興の基本方針」(平成23年7月29日 東日本大震災復興対策本部決定)及び「農業・農村の復興マスターplan」(平成23年8月26日農林水産省決定、平成25年5月29日改正。以下「復興マスターplan」という。)を策定し、国の総力を挙げて震災からの復旧及び将来を見据えた復興を進めることとしている。

このような状況を踏まえ、新たな土地改良長期計画(平成24年3月)では、「ハード・ソフト一体となった総合的な災害対策の推進による災害に強い農村社会の形成」を政策目標の1つに掲げ、近年の大規模地震等の多発する自然災害に対応して、農地・農業用施設の災害の防止による農業生産の維持及び農業経営の安定化を図るため、災害に対するリスク管理を行いつつ、大規模地震対策等の農地防災事業を推進している。

土地改良施設の耐震設計に関しては、昭和57年に土地改良事業設計指針「耐震設計」(農林水産省 構造改善局)を制定するとともに、平成16年3月には、平成7年1月17日の兵庫県南部地震(以下「兵庫県南部地震」という。)による被災の教訓を踏まえた「平成7年兵庫県南部地震 農地・農業用施設に係わる技術検討報告書」の提言などを取り入れて、従来の設計地震動よりも規模の大きな地震動(レベル2地震動)も考慮した耐震性について「土地改良施設 耐震設計の手引き(以下「手引き」という。)」を作成した。ただし、当時は、土地改良施設における耐震設計の実績が少なく、技術的に未解決な課題が多いなどの理由から、同書を「手引き」として位置付けた。「手引き」の作成後、頻発する大規模地震による被災経験(表-参1.1中 平成16年以降)や、各種事業における耐震設計や補強工法等の事例の蓄積により、土地改良事業計画設計基準「農道」(平成17年3月)、「ポンプ場」(平成18年3月)、「頭首工」(平成20年3月)、「パイプライン」(平成21年3月)、「水路工」(平成26年3月)等の各設計基準類に、「手引き」に準じた耐震設計の内容を盛り込んだ。

このような状況を踏まえ、今回、「手引き」の内容を基にして、昭和57年制定の土地改良事業設計指針「耐震設計」(農林水産省 構造改善局建設部)を改定することとした。

#### (2) 指針の運用

本指針は、土地改良施設の耐震設計に関する一般的な内容(総論)について定めたものである。

土地改良施設の耐震設計は、各施設の設計基準や設計指針によるものとし、本指針は、これらの考え方及び内容を横断的に比較できるように整理したものである。また、上記の各設計基準類

に明示されていない土地改良施設の耐震設計や既設構造物の耐震診断についても、本指針の適用条件を満足する範囲で準用できるものとして整理した。

(3) 主な改定の内容

本指針は、昭和57年制定の土地改良事業設計指針「耐震設計」を改定したものである。ただし、昭和57年当時からは30年以上が経過し、耐震設計に関しては、兵庫県南部地震以降、従来から考慮されてきた設計地震動（レベル1地震動）に加え、地震動強さの大きなレベル2地震動が導入されるなど、その考え方及び手法が大きく変っている状況を踏まえ、本指針の内容は、基本的に「手引き」に準じている（「手引き」の考え方は、下記の[参考]を参照）。

本指針における「手引き」からの主な改定の内容や留意点は、以下のとおりである。

- ア) 「手引き」の作成以降、各施設の設計基準や設計指針の改定が進んだことから、その内容との整合を図るとともに、各施設の詳細な耐震設計法については、重複する内容は省略し、不足する内容を追加した。
- イ) 設計基準や設計指針との整合を図りつつ、可能な範囲で性能照査型設計の設計体系を考慮した構成に編成した（下記(4)参照）。
- ウ) 施設の一般的な要求性能（使用性、復旧性、安全性）の観点から、土地改良施設の耐震性能（3段階）を明確に定義した。
- エ) レベル2地震動に対する耐震設計をより合理的に行うために、構造物全体の耐震性能を確保するための限界状態を構成部材の重要性に応じて設定するという考え方が橋梁や水道の設計指針で用いられている。そのため、本指針では、「2.5 部材の限界状態と照査の基本」として、それらの設計指針を参考とし、各施設の主要構成要素について、耐震性能と構造部材ごとの損傷度との対応を示した。
- オ) 膨大な数の土地改良施設のストックに対する耐震性能の確保が急務とされている現状を踏まえ、既設構造物の耐震診断に関する内容の充実を図った。
- カ) 東北地方太平洋沖地震（平成23年）等では、液状化による被害が多数見られたことから、液状化に対する検討方法及び対策工に関する内容の充実を図った。

(4) 本指針の構成

本指針は、性能照査型設計の考え方を取り入れた構成とした。図-1.1.1に耐震設計の階層化モデルを示す。各階層レベルと本指針の構成との対応状況を表-1.1.1に示す。1章では、指針の目的と用語の定義を示し、2章では、耐震設計の基本方針を示すとともに、重要度、耐震性能、設計地震動及び限界状態について記述した。3章以降は、検証方法や適合みなし仕様を示し、個別の状況に応じて適切な方法を適用できる内容を記述した。

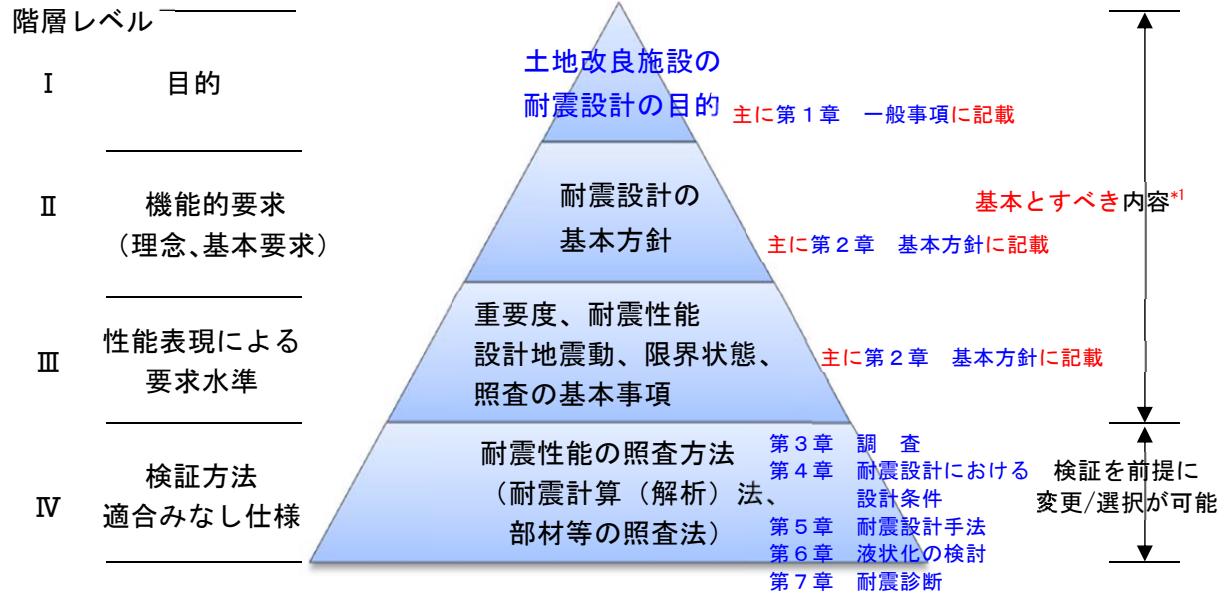


図-1.1.1 土地改良施設の耐震設計の階層化モデル

\*1 各施設の設計基準、設計指針における記述内容の整合をとるため、「遵守すべき」という表現ではなく、”基本とすべき”としている。

表-1.1.1 性能照査型設計の観点を踏まえた耐震設計指針の構成

階層レベル	規定する内容		本指針における記述のポイント
基本とすべき事項	I 目的	設計コード（基準）の社会的目的	・土地改良施設の耐震設計の目的 (背景、経緯) (主に1章に記載)
	II 機能的 要求	目的を実現するための機能的 要求	・耐震設計の考え方、基本方針 (主に2章に記載)
	III 性能表現 による要 求水準	機能的 要求を実現するための要 求水準や検証方法の原則	・重要度、耐震性能、設計地震動、限界状態、 照査の基本事項 (主に2章に記載) ※各設計基準との整合
検証を前提 に変更/選 択が可能	IV 検証方 法・適合 みなし仕 様	具体的な個々の検証方法や検証を 満足する具体的な「解」	・調査方法 (3章) ・設計条件 (4章) ・耐震計算手法 (5章) ・液状化の検討 (6章) ・既設構造物の耐震診断 (7章)

## 1.2 用語の定義

本指針に用いる用語の定義は、以下のとおりとする。

- (1) 液状化 : 飽和した砂質地盤が、地震動による間隙水圧の急激な上昇により、せん断強度を失うこと。
- (2) 応答スペクトル :
  - ① 加速度応答スペクトル
  - ② 速度応答スペクトル
  - ③ 変位応答スペクトル
 : 特定の地震動時刻歴を受ける、任意の固有周期と減衰率をもつ1自由度振動系の最大応答値を定義したグラフ。通常減衰率を一定として固有周期に対して最大応答値をプロットする。対象とする応答値が加速度か速度か、変位かによって加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル、変位応答スペクトルがある。
- (3) 応答変位法 : 地下埋設管のような地中構造物の耐震設計手法で、地震により地盤内に生じる応答量（地盤変位や加速度、せん断力など）を構造物モデルに静的荷重として与えることによって構造物の応答を求める耐震計算法をいう。
- (4) 下部構造 : 上部構造からの荷重を基礎地盤に伝達する構造部分で、橋台、橋脚及びそれらの基礎構造をいう。
- (5) 慣性力 : 地震動により物体の質量に比例して生じる力で、その大きさは質量に地震加速度を乗じて得られるものである。（地震慣性力）
- (6) 許容応力度 : 許容応力度法において、構造物の安全性を確保するために設定される部材断面に発生する応力度の許容値である。
- (7) 許容応力度法 : 部材は弾性変形をするという仮定に基づき、弾性理論によって算定された部材の応力度が許容応力度以下であることを検証して部材の安全を確かめる設計法である。
- (8) 許容塑性率 : 地震時保有水平耐力法 ((14) 参照)において、構造物の損傷を制限するため設けた塑性変形量を制約する割合。改訂道路橋示方書では耐震性能2、あるいは耐震性能3に応じて  $\mu_{a2}$ 、 $\mu_{a3}$  の二つが定義されている。（道路橋示方書耐震設計編 平成24年版）
- (9) 限界状態設計法  
(性能照査型設計法に包含) : 性能照査型設計法では、一般に構造物の安全性に対する要求性能において3種類の、使用性に対する要求性能において5種類の限界状態を想定している。設計した構造物が想定した限界状態に至らない照査をする設計法。性能照査は適切に設けた照査指標の限界値と応答値の比較で行なう。代表的に安全性の限界状態には断面破壊、疲労破壊、変位変形・メカニズムの限界状態がある。
- (10) 構造物系 : 構造物本体及びその支持地盤の総称。
- (11) 固有周期 : どのような構造物も質量と剛性（たわみ性）を有している。この二つと支持条件から力学的に定まる、固有振動型（振動モード、(22) 参照）と、これに対応する振動周期（単位は時間）とが定義できる。この振動周期のことを言う。一般には無数の振動型と固有周期が定義されるが、周期の大きさ順に整理され（次数という）、現実の応答に支配的なのは通常次数の低いものである。

- (12) 地震応答：地震力に起因した構造物系のあらゆる部分における変位、速度、加速度、応力、断面力等の物理量。
- (13) 地震荷重：耐震計算法において用いられる工学的に評価された地震力。地震力とは、物体の重量に設計水平震度を乗じた慣性力、土圧、水圧等の総称。
- (14) 地震時保有水平耐力法：RC構造物が大きな荷重（レベル2地震動など）を受け降伏してから破壊に至るまでに、耐え得る力～変位の進展部分が相当量ある。特に橋脚を対象にして、この部分の水平耐力に期待し安全性の照査を行う設計法。
- (15) 地震動：地震によって引き起こされる波動（地震波）の伝播により、地表若しくは地中に発生した揺れをいう。
- (16) 地盤種別：地盤の振動特性特性に応じて、工学的に評価された地盤の種別。地盤の基本固有周期により、I、II、III種が分類される。
- (17) 使用性の限界状態：一般に、応力、ひび割れ、変位変形等を指標として構造物の機能や使用目的に応じて、外観、振動等の使用上の快適性、それ以外の機能性に関する限界状態を設定する。
- (18) 上部構造：橋台、橋脚の上に設ける橋桁を含む上部工をいう。
- (19) 震度法：設計水平震度値（(26)）を用いる一般の耐震設計法。震度値は工種に応じて経験的に定められた値が用いられる。  
震度とは、構造物に作用する地震力を表す等価な静的力を想定する時、これを構造物自重で除した値。  
本指針でいう（）書きがない震度法の、全てをいう。
- (20) 震度法：修正震度法ともいう。比較的固有周期の長い構造物に対して構造物振動特性を考慮し、震度法の設計水平震度を修正して行う耐震計算法。
- (21) 震度法：地震時保有水平耐力法と同様に構造物の非線形域の変形性能や動的耐力を考慮して、地震による荷重を静的に作用させ地震力を算定する方法である。断面の照査は限界状態設計法により行う。
- (22) 振動モード：(11) 固有周期に記載の通り、ある固有周期で振動する構造物には特定の振動形が対応する。その振動形（変位分布）をいう。現実の応答に及ぼすモードの支配率は振動次数による。
- (23) 静的解析法：震度法などに採用されているように、本来は動的な地震力を静的な外力に変換して静力学的に解析する計算法。
- (24) 性能照査型設計法：構造物に対して、要求される性能を示し、構造物がそれを達成できるように設計する方法。
- (25) 設計振動単位：地震時に同一の振動をするとみなしえる構造系で、橋梁構造物の設計で用いられる概念である。
- (26) 設計水平震度：震度法では構造物重心に危険側水平方向に地震慣性力を作用させるが、構造物には自重が下方に作用している。この慣性力と自

重の比のことをいう。 $(K_h, K_{hc}, K_{hg}, K_{hc2}, K_{hl}, K'_{hl}, K_{h2}, K'_{h2}, K_{hcF}$  など)

- (27) 設計水平震度の標準 準 値 : 耐震計算に用いる水平震度の標準値 ( $K_{ho}, K_{hco}, K_{hgo}, K_{hc20}, K_{h10}, K'_{h10}$ )。
- (28) 塑 性 域 : 構造部材が降伏後、降伏点を超えて応力ーひずみが直線性を外れひずみが増大する領域。
- (29) 塑 性 ヒ ン ジ : 構造物が降伏荷重以上の荷重を受けると、断面力の極大値が生ずる部材の特定点（部材の交点、支点、荷重の作用点）ではこの部分が塑性化する。これ以上荷重が増大するとこの部分がヒンジとして挙動することをいう。
- (30) 塑 性 率 : 構造物が降伏を超えて塑性変形を生じるとき、想定している状態で生じている降伏変位（ひずみ）を含む塑性変位（ひずみ）と降伏変位（ひずみ）との比をいう。
- (31) 耐 震 性 能 : 構造物に要求される耐震設計の目標とする性能であり、施設の重要度により「健全性を損なわない」、「致命的な損傷を防止する」、「限定された損傷にとどめる」のいずれかの性能を設定する。
- (32) 耐 震 設 計 上 の 地 盤 面 : 構造物や土の重量に起因する地震慣性力をその面より上方では考慮し、下方では考慮しないとして定めた地盤面。
- (33) 耐 震 設 計 上 の 基 盤 面 : 対象地点共通する広がりを持ち、耐震設計上振動するとみなす地盤の下に存在する十分堅固な地盤の上面。工学的基盤面。
- (34) 弹 性 域 : 構造部材が降伏に至るまでの、応力ーひずみが直線関係を保つ領域。
- (35) 断 面 破 壊 の 限 界 状 態 : RC構造物で可能性のある全ての荷重の最大値が作用する状態で、降伏状態を超えて断面破壊に至る限界状態 ((9) 参照)。
- (36) 断面破壊の限界状態に対する照査 : 設計断面力の設計断面耐力に対する比に構造物係数を乗じたものが1.0以下であることによって行う。通常曲げモーメントと、せん断力に対して照査する。
- (37) 地域別補正係数 : 震度法において、震度値の地域的な相違を表すための係数で、国内の行政地域において3段階の値が決められている。
- (38) 地 表 面 : 地盤種別等を求める際に考慮する地盤表面。
- (39) 動 的 解 析 法 : 構造物、地盤を動力学的にモデル化し、解析する計算法。
- (40) ねばり(変形性能) : 構造物は、力が加わってもある範囲（弹性限界範囲）では弾性変形し、力がかからなくなると変形は元に戻る。ある範囲を超えて、構造物は破壊に至る（終局変位）までの間（塑性域）、変位は大きくなるものの弹性限界変位を超える力に耐え得る。この終局変位に至るまでの変形量の大小を粘りの大小という。
- (41) 表 層 地 盤 : 動的挙動が構造物に影響を及ぼすと考えられる基盤面から地表面までの地盤をいう。((38) 地表面参照)
- (42) 変 位 制 限 構 造 : 支承と補完しあって地震時の慣性力に抵抗することを目的とし、支承が損傷しても上下部構造間に大きな相対変位が生じるのを防止するための構造をいう。
- (43) 有 限 要 素 法 : 骨組み構造や連続体の構造解析に用いられる数値解析法のひとつで、全体系を節点を介する要素に分解する。節点により全体が連

続・連携するしていることを用いて力学構成方程式を組み立て、この方程式を解く方法。

- (44) 流動化：液状化に伴い、地盤が水平方向に移動すること。
- (45) レベル1地震動：施設の供用期間内に1~2度発生する確率の地震動。
- (46) レベル2地震動：発生確率は低いが地震動強さの大きな地震動。その発生要因により以下の2種がある。
  - (a) レベル2 タイプI 地震動  
陸地を載せるプレート境界のプレート運動が原因となり発生する地震動。
  - (b) レベル2 タイプII 地震動  
内陸地殻内により発生する強大な地震動。

#### 引用・参考文献

i) 日本建築学会：最新の地盤震動研究を活かした強震波形の作成法、丸善株式会社、2009

### 1.3 記号の定義

本指針で用いる主な記号の定義は、以下のとおりとする。

$A_{ss}$ 、 $A_{sr}$ 、 $A_{rs}$ 、 $A_{rr}$	：基礎の抵抗を表すばね定数 (kN/m、kN/rad、kN·m/m、kN·m/rad)
$B_H$	：荷重方向に直交する基礎の換算載荷幅(m)
$B_V$	：基礎の換算載荷幅(m)
$\beta$	：杭の特性値( $m^{-1}$ )
$C_s$	：構造物特性補正係数（地震時保有水平耐力法）
$C_{s2}$	：構造物特性係数（震度法（固有周期と構造物特性係数を考慮する））
$C_z$	：地域別補正係数
$C_1$ 、 $C_2$	：埋設管路の管軸及び管軸直交方向の単位長さ当たりの地盤の剛性係数に対する定数であり、一般にはおおむね $C_1=1.5$ 前後、 $C_2=3$ 前後になると想定される。
$C_D$	：減衰定数別補正係数
$C_p$	：等価重量算出係数
$\delta$	：慣性力の作用位置における変位(m)
$\delta_a$	：杭の許容変位(m)
$\delta_E$	：地震時の壁面摩擦角(°)
$\delta_{F\gamma}$	：基礎の変形による上部構造慣性力作用位置の応答変位(m)
$\delta_{Fy}$	：基礎が降伏に達するときの上部構造慣性力作用位置の水平変位(m)
$\delta_p$	：下部構造躯体の曲げ変形(m)
$\delta_0$	：基礎の水平変位(m)
$E_D$	：地盤の動的変形係数(kN/m <sup>2</sup> )
$\varepsilon$	：合成ひずみ
$\varepsilon_B$	：曲げひずみ
$\varepsilon_L$	：軸ひずみ
$F_L$	：液状化に対する抵抗率( $F_L$ 値法)
$G_D$	：地盤の動的せん断変形係数(kN/m <sup>2</sup> )

$K_{EA}$	: 地震時主働土圧係数	
$K_{EP}$	: 地震時受働土圧係数	
$K_{g1}, K_{g2}$	: 埋設管路の管軸及び管軸直交方向の単位長さ当たりの地盤剛性係数 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	
$K_h$	: レベル1地震動の設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮する))
$K_{hc}$	: レベル2地震動の設計水平震度	(地震時保有水平耐力法)
$K_{hcF}$	: 基礎の塑性化を考慮する場合の基礎の設計水平震度	
$K_{hc0}$	: レベル2地震動の設計水平震度の標準値	(地震時保有水平耐力法)
$K_{hc2}$	: レベル2地震動の設計水平震度 (震度法(固有周期と構造物特性係数を考慮する))	
$K_{hc20}$	: レベル2地震動の設計水平震度の標準値	(震度法(固有周期と構造物特性係数を考慮する))
$K_{hg}$	: 地盤面における設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K_{hg0}$	: 地盤面における設計水平震度の標準値	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K_{hyF}$	: 基礎が降伏に達するときの水平震度	
$K_{h0}$	: 設計水平震度の標準値	(震度法(固有周期を考慮する))
$K_{hl}$	: レベル1地震動の地表面における設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K'_{hl}$	: レベル1地震動の基盤面における設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K_{h10}$	: レベル1地震動の地表面における設計水平震度の標準値	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K'_{h10}$	: レベル1地震動の基盤面における設計水平震度の標準値	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K_{h2}$	: レベル2地震動の地表面における設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K'_{h2}$	: レベル2地震動の基盤面における設計水平震度	(震度法(固有周期を考慮しない))
$K_1, K_2, K_3, K_4$	: 杭頭剛結合の場合の杭の軸直角方向ばね定数 ( $\text{kN}/\text{m}$ 、 $\text{kN}/\text{rad}$ 、 $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$ 、 $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{rad}$ )	
$k_H$	: 水平方向地盤ばね定数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	
$k_{H0}$	: 水平方向地盤反力係数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	
$k_{SB}$	: 底面の水平方向せん断地盤ばね定数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	
$k_V$	: 鉛直方向地盤ばね定数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	
$K_{VP}$	: 杭の軸方向ばね定数 ( $\text{kN}/\text{m}$ )	
$k_{V0}$	: 鉛直方向地盤反力係数 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )	
$P_S$	: せん断耐力 (N)	
$L_D$	: 塑性ヒンジ長 (m)	
$\xi_1, \xi_2, \xi_3$	: 暗渠の継手を設けた場合の断面力低減係数	
$\xi_1(x), \xi_2(x)$	: 埋設管路を連続とした場合の応力に対する埋設管路の伸縮可とう継手がある場合の応力の補正係数	
$P_a$	: 杭頭における杭の軸方向許容引抜き支持力 (kN)	
$P_{EA}$	: 地震時主働土圧 ( $\text{kN}/\text{m}$ )	
$P_{EP}$	: 地震時受働土圧 ( $\text{kN}/\text{m}$ )	
$P_{ea}$	: 地震時主働土圧強度 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	
$P_{ew}$	: 全地震時動水圧 (kN)	
$P_U$	: 地盤から決まる杭の極限引抜き力 (kN)	
$P_u$	: 基礎が支持する橋脚の終局水平耐力 (kN)	

## 第1章 総論

$p_{ew}$	: 地震時動水圧 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
$R_a$	: 杭頭における杭の軸方向許容押込み支持力 ( $\text{kN}$ )
$R_U$	: 地盤から決まる杭の極限支持力 ( $\text{kN}$ )
$S_V$	: 基盤地震動の単位震度当たりの速度応答スペクトル ( $\text{cm}/\text{s}$ ) (レベル1地震動、応答変位法)
$S'_V$	: 基盤地震動の速度応答スペクトル ( $\text{cm}/\text{s}$ ) (レベル2地震動、応答変位法)
$T$	: 設計振動単位の固有周期 ( $\text{s}$ )
$T_G$	: 地盤の特性値 ( $\text{s}$ )
$U_h(z)$	: 地表面からの深さ $z$ ( $\text{m}$ ) における地盤の水平変位振幅 ( $\text{m}$ ) (応答変位法)
$u_i$	: 上部構造及び耐震設計上の地盤面より上の下部構造の重量に相当する力を慣性力の作用方向に作用させた場合に、その方向に生じる節点 $i$ における変位 ( $\text{m}$ )
$u(s)$	: 上部構造及び耐震設計上の地盤面より上の下部構造の重量に相当する水平力を慣性力の作用方向に作用させた場合に、その方向に生じる位置 $s$ における変位 ( $\text{m}$ )
$\Delta u$	: 過剰間隙水圧 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
$V_{BS}$	: 基盤面のせん断弾性波速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$V_{DS}$	: 表層地盤のせん断弾性波速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )
$W_F$	: 耐震設計上の地盤面より上有るフーチング又はケーソンの重量 ( $\text{kN}$ )
$W_i$	: 上部構造及び下部構造の節点 $i$ の重量 ( $\text{kN}$ )
$W_P$	: 下部構造躯体の重量 ( $\text{kN}$ )
$W_U$	: 下部構造躯体が支持する上部構造部分の重量 ( $\text{kN}$ )

### [解説]

本指針の部材構造計算に用いる記号の定義を、以下に示す。

$\alpha$	: フーチングの回転角 (rad)
$\alpha, \beta$	: 断面補正係数
$C_c$	: 荷重の正負交番繰返し作用の影響に関する補正係数
$C_e$	: 部材断面の有効高 $d$ に関する補正係数
$C_R$	: 残留変位補正係数 (鉄筋コンクリート部材では0.6)
$\gamma_a$	: 構造解析係数
$\gamma_b$	: 部材係数
$\gamma_{bs}$	: 鉄筋の部材係数
$\gamma_f$	: 荷重係数
$\gamma_i$	: 構造物係数
$\gamma_m$	: 材料係数
$\delta_R$	: 橋脚、堰柱等の残留変位 ( $\text{m}$ )
$\delta_{Ra}$	: 橋脚、堰柱等の許容残留変位 ( $\text{m}$ ) で、原則として部材下端から上部構造の慣性力の作用位置までの高さの1/100とする。
$\delta_u$	: 終局変位 ( $\text{m}$ )
$\delta_y$	: 鉄筋コンクリート橋脚、堰柱等の降伏変位 ( $\text{mm}$ )
$E_C$	: コンクリートのヤング係数 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$E_{des}$	: 下降勾配 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$E_s$	: 鉄筋のヤング係数 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )
$\varepsilon_c$	: コンクリートのひずみ

## 第1章 総論

$\varepsilon_{cc}$	: コンクリートが最大圧縮力に達する時のひずみ	
$\varepsilon_{cu}$	: 横拘束筋で拘束されたコンクリートの終局ひずみ	
$\varepsilon_{c0}$	: コンクリートの圧縮縁ひずみ	
$\varepsilon_G$	: 地盤ひずみ（管軸方向）	
$\varepsilon_s$	: 鉄筋のひずみ	
$\varepsilon_{sy}$	: 鉄筋の降伏ひずみ	
$f'_{cd}$	: コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
$f'_{ck}$	: コンクリートの圧縮強度の特性値 (N/mm <sup>2</sup> )	(限界状態設計法)
$f_k$	: 材料強度の特性値 (N/mm <sup>2</sup> )	
$f_y$	: PC鋼材の降伏応力度の特性値 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\theta_0$	: 基礎の回転角 (rad)	
$K_y$	: 降伏剛性	
$M_c$	: ひび割れ曲げモーメント (kN · m)	
$M_d$	: 設計曲げモーメント (kN · m)	
$M_m$	: 最大曲げモーメント (kN · m)	
$M_u$	: 終局曲げモーメント (kN · m)	
$M_y$	: 引張鉄筋が降伏するときの曲げモーメント (kN · m)	
$\mu_a$	: 許容塑性率	(地震時保有水平耐力法)
$\mu_d$	: 設計じん性率	(限界状態設計法)
$\mu_{PL}$	: 基礎の塑性率の制限値	
$\mu_{Fr}$	: 基礎の応答塑性率	
$\mu_r$	: 応答塑性率	(地震時保有水平耐力法)
$\mu_{rd}$	: 設計塑性率	(限界状態設計法)
$v_D$	: 地盤の動的ポアソン比	
$P_a$	: 鉄筋コンクリート部材の地震時保有水平耐力 (kN)	
$P_c$	: 鉄筋コンクリート部材のひび割れ水平耐力 (kN)	
$P_S$	:せん断耐力 (kN)	
$P_{s0}$	: 正負交番繰返し作用の影響に関する補正係数を1.0として算出される鉄筋コンクリート部材のせん断耐力 (kN)	
$P_u$	: 終局水平耐力 (kN)	
$P_y$	: 降伏水平耐力 (kN)	
$\rho_s$	: 横拘束筋の体積比	
$S_c$	: コンクリートが負担するせん断耐力 (kN)	
$S_d$	: 設計断面力 (kN)	
$S_S$	: 帯鉄筋が負担するせん断耐力 (kN)	
$\sigma_a$	: 許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\sigma_B$	: 埋設管路の曲げ応力 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\sigma_c$	: コンクリート応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\sigma_{ck}$	: コンクリートの設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	(地震時保有水平耐力法)
$\sigma_L$	: 埋設管路の軸応力 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\sigma_s$	: 鉄筋の応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
$\sigma_x$	: 軸応力と曲げ応力の合成応力 (N/mm <sup>2</sup> )	

## 第1章 総論

$\tau_c$	: コンクリートが負担できる平均せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
$\bar{u}_j$	: 継手変位係数
$ u_j $	: 管軸方向継手伸縮量 (m)
$V_{cd}$	: せん断補強鋼材を用いない設計せん断耐力 (kN)
$V_d$	: 部材の設計せん断力 (kN)
$V_{mu}$	: 部材が曲げ耐力Muに達するときの部材各断面のせん断力 (kN)
$V_{ped}$	: 軸方向緊張材の有効引張力のせん断力に平行な成分 (kN)
$V_{sd}$	: せん断補強鋼材設計せん断耐力 (kN)
$V_{yd}$	: 棒部材の設計せん断耐力 (kN)
$\varphi_c$	: ひび割れ曲率 (m-1)
$\varphi_i$	: 上部構造の慣性力の作用位置から数えてi番目の断面の曲率 (m-1)
$\varphi_u$	: 橋脚基部断面における終局曲率 (m-1)
$\varphi_y$	: 橋脚基部断面における降伏曲率 (m-1)

### [主な添字の意味]

$a$	: 訸容値
$b$	: 曲げ
$c$	: コンクリート、圧縮
$d$	: 設計値
$e$	: 有効、換算
$p$	: PC鋼材
$s$	: 鋼材、鉄筋
$t$	: 引張り、横方向
$u$	: 終局
$y$	: 降伏

記号はできるだけ統一し、ここでは主に使用されている記号のみを示した。また、同じ記号を異なる意味で使用している箇所もあることから、それぞれにおいて説明を記述している。

### 【参考】 我が国の被害地震、地震動及び耐震設計等について

#### (1) 我が国の被害地震

表-参1.1は、ここ120年余りの間に我が国に発生した地震と災害の特徴の変遷を示している。1891年に発生したマグニチュード8.0の内陸直下型の濃尾地震の発生を契機に、近代における我が国の地震防災分野の研究が開始された。その後、1923年の関東地震による悲惨な経験を基に、震度法、すなわち構造物の自重の何割かを水平方向に作用させて耐震設計を行う方法が提唱され、わが国の地震工学が始まった。その後に発生した地震と耐震設計法の改定の流れを概観すると、大きな被害を発生させた地震のたびに、その被害を生じさせた新たな現象が認識され、それを補うように研究が開始され、耐震設計法を改定してきた。

例えれば、1964年の新潟地震で砂質地盤の液状化が生じ、建設後間もない昭和大橋の落橋をはじめ、多くの構造物やライフライン施設が被害を受けた。このことが出発点となって液状化の研究が開始され、その後の耐震設計の中に取り入れられるようになってきた。また、1968年の十勝沖地震では鉄筋コンクリート構造物のせん断破壊が多数発生し、これを基にコンクリート部材のせ

## 第1章 総論

ん断抵抗力を増強する方策が研究され、また、コンクリート構造物の終局耐力を塑性領域にまで及んで照査する方法が耐震設計に採用された。

1978年に発生した宮城県沖地震は、仙台市などの近代都市に初めて大きな被害を発生させた地震であり、ガス、上・下水道などのライフライン施設が深刻な被害を受けた。これを契機にライフライン地震工学が始まり、埋設管路等に関する耐震設計基準が整備された。また、1983年に発生した日本海中部地震では、液状化した地盤が水平方向に数mも移動する現象すなわち流動化（側方流動）が発生し、やはりライフラインの埋設管路に大打撃を与えた。側方流動に関する研究がこの地震を契機に始まった。

表-参1.1 最近120年におけるわが国の被害地震（注）

年	地震名	マグニチュード	死者数(人)、主な灾害
1891	濃尾*	8.0	7,273、山崩れ
1896	三陸沖	8.2	21,959、津波
1896	陸羽*	7.2	209
1923	関東	7.9	10万5千余(死、不明)、火災
1927	北丹後*	7.3	2,925
1930	北伊豆*	7.0	272、山崩れ・崖崩れ
1933	三陸沖	8.1	3,064(死、不明)、津波
1943	鳥取*	7.2	1,083、地割れ・地変
1944	東南海	7.9	1,223、津波
1945	三河*	6.8	2,306
1946	南海	8.0	1,330、津波
1948	福井*	7.1	3,769、土木構造物の被害大
1952	十勝沖	8.2	28、津波
1964	新潟	7.5	26、液状化
1968	1968年日向灘	7.5	1
1968	十勝沖	7.7	52、道路損壊
1978	伊豆大島近海	7.0	25
1978	宮城県沖	7.4	28、造成地に被害集中
1983	日本海中部	7.7	104、津波
1993	釧路沖	7.5	2
1993	北海道南西沖	7.8	202、津波
1995	兵庫県南部*	7.3	6,434、多くの建物、高速道路、線路など崩壊
2003	十勝沖	8.0	1、津波
2004	新潟県中越*	6.8	68、地すべりの被害が目立った
2007	能登半島*	6.9	1
2007	新潟県中越沖	6.8	15、地盤変状・液状化
2008	岩手・宮城内陸*	7.2	17、地すべりなどの斜面災害
2011	東北地方太平洋沖	9.0	16,278、巨大津波

\*内陸直下型

注) 理科年表(2013)より、特定の地震名が付けられた地震のうち、M7.0以上で死者が報告されている地震又はM7.0未満でも死者が1,000人を超えた地震を抽出して取りまとめた。  
なお、新潟県中越地震(2004)、能登半島(2007)、新潟県中越沖地震(2007)については、表-参1.2で取りまとめていることから、ここに示した。

## (2) 兵庫県南部地震による土木構造物の被害

兵庫県南部地震以前の地震においてもコンクリート橋脚の被害はあったが、完全に倒壊に至った被害はこの地震が初めてである。高速道路橋脚の中で大被害を受けたほとんどは「橋、高架の道路等の技術基準」（1980年）によるもので、コンクリート部材の降伏後のじん性、すなわち粘り強さに乏しいタイプのコンクリート構造で、いずれもせん断破壊を生じ、大破壊に至ったものである。

兵庫県南部地震は、大都市近傍の内陸活断層の活動により引き起こされたが、マグニチュード7クラスの地震による震源断層近傍の地震動の問題は、従来の耐震基準等では取り入れられていなかった。兵庫県南部地震により、最大加速度約800gal、最大速度約100kine(100cm/s)、最大変位30～50cmの強い地震動が震源断層近傍の広い範囲で観測されたことは我が国で初めての経験であり、弾塑性設計が導入される以前の地上構造物や、比較的安全とされてきた地中構造物に対して、想定外の地震外力として作用したことが被害を大きくしたものと考えられる。一方、最新の耐震技術により建設された構造物が大被害を免れ、震源断層近傍の強い地震動への工学的な対処が可能であることも多くの事例によって示された。

## (3) 兵庫県南部地震以降の大規模地震による土地改良施設の被害

兵庫県南部地震以降も、鳥取県西部地震（2000年）、芸予地震（2001年）、十勝沖地震（2003年）、新潟県中越地震（2004年）、能登半島地震（2007年）、新潟県中越沖地震（2007年）、岩手・宮城内陸地震（2008年）、東北地方太平洋沖地震（2011年）等の被害地震が頻発しており、その度に土地改良施設も大きな被害を受けてきた（表-参1.2）。

東北地方太平洋沖地震では、津波による被害が甚大であったが、それ以外にも液状化に伴うパイプライン等の被災報告が多数見られた。同地震による主な被害（津波によるものを除く。）を表-参1.3に示す。

東北地方太平洋沖地震は、マグニチュード9.0の超巨大地震であり、北海道から九州に至る広い範囲で強震記録が得られ、岩手県から千葉県にかけての20にも及ぶ観測点で1g（980gal）を超える地動加速度が記録された。また、本地震の特徴の一つとして、地震動の継続時間が長かったことが挙げられている。K-NET日立では、震度5弱以上の揺れが1分以上にわたって継続して観測された。<sup>iii)</sup> 福島県等でのため池の被害、関東北部でのパイプライン等の液状化被害などは、この長時間の地震動の影響を受け、甚大なものになったと考えられる。

表-参1.2 兵庫県南部地震以降の被害の状況 <sup>iii)</sup>を基に取りまとめ

年	地震名	主な被害	被害数 (箇所)	被害金額
1995	兵庫県南部	農地の損壊	1,338	19億円
		農業用施設等の損壊	2,800	236億円
2003	十勝沖	農地の損壊	8	180万円
		農業用施設等の損壊	28	963万円
2004	新潟県中越	農地の損壊	3,985	15,593万円
		農業用施設等の損壊	10,963	74,005万円
2007	能登半島	農地の損壊	209	467万円
		農業用施設の損壊	512	5,157万円
2007	新潟県中越沖	農地の損壊	153	144万円
		農業用施設の損壊	754	16,170万円
2008	岩手・宮城内陸	農地の損壊	464	545万円
		農業用施設の損壊	940	4,693万円

## 第1章 総 論

2011	東北地方太平洋沖	農地の損壊 農業用施設等の損壊 (農業用施設：主にため池、水路、揚水機) (農地海岸保全施設) (農村生活環境施設：主に集落排水施設)	18,186 17,906 (17,317) (139) (450)	4,006億円 4,408億円 (2,753億円) (1,022億円) (633億円)
------	----------	---	--	---

表-参1.3 東北地方太平洋沖地震等における地震動や液状化等による主な被害 <sup>v) vi) vii)</sup>を基に取りまとめ

構造物	調査地域	被害の状況
頭首工	宮城県	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤の振動により堰柱及び門柱コンクリートに構造安全上問題となるような明確な損傷は認められなかった。</li> <li>頭首工周辺では、河川堤防の沈下及びすべりに伴う変状が多く見受けられたが軽微であり、頭首工本体に影響を与えるような損傷は見うけられなかった。</li> </ul>
水路	利根川下流沿岸域	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化による用排水路等の被害が報告されている。           <ul style="list-style-type: none"> <li>排水路の蛇行、浮上、傾き、沈下等</li> <li>ボックスカルバードの段差</li> <li>水路埋没(噴砂による)</li> <li>笠コンクリートの損傷</li> <li>柵渠の沈下、傾き</li> </ul> </li> </ul>
	長野県下水内郡栄村 (長野県北部の地震)	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜面崩壊による水路の崩落</li> </ul>
用排水機場	利根川下流沿岸域	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化による用排水路などの被害が報告されている。           <ul style="list-style-type: none"> <li>ポンプ場建屋の傾き</li> <li>水路への噴砂の侵入</li> <li>鋼管の支床からの抜け出し</li> <li>樋門とポンプ場建屋および機上管路の接合部にひび割れ</li> </ul> </li> </ul>
農道	利根川下流沿岸域	<ul style="list-style-type: none"> <li>液状化による用排水路などの被害が報告されている。           <ul style="list-style-type: none"> <li>道路陥没</li> <li>堤防法面亀裂</li> <li>堤防沈下</li> </ul> </li> </ul>
	長野県下水内郡栄村 (長野県北部の地震)	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜面崩壊による道路の亀裂、沈下</li> <li>アスファルト舗装の損傷</li> <li>ブロック積み擁壁の変位</li> </ul>
パイプライン	国営隈戸川地区 (福島県)	<ul style="list-style-type: none"> <li>埋戻し材の液状化によるパイプの浮上と構造物の沈下</li> <li>曲り管部や空気弁などの構造物周辺のパイプの抜け</li> <li>スラストブロックの移動に伴うパイプの抜け出し</li> </ul>
ため池	福島県	<ul style="list-style-type: none"> <li>天端の沈下</li> <li>上流及び下流斜面のすべり・斜面変状</li> <li>縦断または横断クラック</li> <li>上流斜面保護の変形・転倒 など</li> </ul>

### (4) 地震動（一般事項）

一般に、地震動の強さは震度階や最大加速度などで表される。しかし、地震動による地盤や構造物の被害の程度は、震度階や加速度だけで決定されるわけではなく、地震動の周期特性や継続時間などにも、配慮する必要がある。

気象庁震度階（1996年）については、以下に示すとおりである。

- 地震情報などにより発表される震度階級は、表-参1.4に記述される現象から決定するものではなく、観測点における揺れの強さの程度を数値化した計測震度から換算されるものである。
- 計測震度の計算方式

計測震度Iは、震度計内部で以下のようないデジタル処理によって計算される。

- デジタル加速度記録3成分（水平動2成分、上下動1成分）のそれぞれに、フーリエ変換・

## 第1章 総論

- フィルター処理・逆フーリエ変換の手順で、フィルターを掛ける。
- (b) 得られたフィルター処理済みの記録3成分から、ベクトル波形を合成する。
- (c) ベクトル波形の絶対値がある値a以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど0.3秒となるようなaを求める。
- (d) このaから、 $I=2 \log a + 0.94$ により、計測震度Iを計算する。

表-参1.4 気象庁震度階級関連解説表（1996年）

計測震度	震度階	通常発生する現象の例
0 ~0.4	0	人は揺れを感じない。
0.5~1.4	1	屋内にいる人の一部がわずかな揺れを感じる。
1.5~2.4	2	屋内では多くの人が揺れを感じ、眠っている人の一部は目を覚ます。つり下げるものがわずかに揺れる。
2.5~3.4	3	屋内のほとんどの人が揺れを感じ、恐怖感を覚える人もいる。棚の食器類が音を立てることがある。
3.5~4.4	4	屋内ではかなりの恐怖感があり、眠っている人のほとんどが目を覚ます。座りの悪い置物が倒れる。
4.5~4.9	5弱	棚の食器類や本が落ち、家具が移動することがある。窓ガラスが割れ、弱い壁に亀裂が生じことがある。落石や小さな崖崩れが生じことがある。
5.0~5.4	5強	棚の多くのものが落ちる。タンスが倒れることがある。補強されていないブロック塀、据え付けの悪い自動販売機、墓石の多くが転倒する。弱い家具は破損し、耐震性の高い建物に亀裂が生じことがある。
5.5~5.9	6弱	立っていることが難しい。多くの家具が移動、転倒する。弱い住宅は倒壊するものがあり、鉄筋コンクリート造りでも壁や柱に亀裂が生じる。地割れ、山崩れが生じことがある。
6.0~6.4	6強	立っていることができず、はってしか動けない。家具のほとんどが移動、転倒する。弱い木造建物の多くが倒壊し、耐震性の高い建物でも壁や柱が破壊するもののがかなりある。
6.5~	7	人は自分の意志で動けない。ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。耐震性の高い建物でも傾いたり、大きく破壊するものがある。

### （5）構造物の耐震性の在り方

活断層研究の成果によれば、兵庫県南部地震を起こした活断層の活動周期は1,000年又は2,000年に一度ということである。仮に活断層の活動周期を1,000年とし、構造物の耐用年限を50年とすれば、耐用年限期間内に構造物が兵庫県南部地震のような大きな地震動に見舞われる確率は、たかだか5%ということになる。このような低頻度の巨大災害にいかに対処すべきかという命題に対する結論は、「構造物の耐震性能は、従来からの耐震設計に用いられてきた地震動（レベル1地震動）に加えて、兵庫県南部地震のような内陸直下型地震（内陸地殻内地震。以下「内陸直下型地震」と称する。）による大きな地震動（レベル2地震動）に対しても照査すべきである」というものである。

その理由は、マグニチュード7クラス以上の内陸直下型地震の発生は、我が国ではそう珍しいことではないということである。表-参1.1で\*印を付けたものは、濃尾地震以降の約120年間ににおける被害地震の中でマグニチュード7以上の内陸直下型地震である。こうして見ると、約120年間に8回の内陸直下型地震を経験していることになり、その平均的な再現期間は15年から20年ということになる。注目すべきことは、内陸直下型地震による死者が多いことで、一度発生すれば大きな被害を引き起こす地震であることがわかる。兵庫県南部地震は、このようなマグニチュード7クラスの内陸直下型地震の一つであったが、震源断層が神戸などの大都市に近接していたということで大災害となり、土地改良施設にも広範にわたって被害を与えたことは記憶に新しい。

## 第1章 総論

マグニチュード7クラスの内陸直下型地震は、特定地点を考えればその発生頻度は極めて小さいが、全国的な見地からは耐震設計上無視し得ない発生確率を有しており、さらには一度地震が発生すればそれによる被害は甚大となるのである。

このことを踏まえると、構造物の耐震設計においては、神戸で発生したような大きな地震動をも考慮すべきであるが、[全て](#)の構造物がレベル2地震動に対して破壊しないように設計、建設すべきであるというわけではなく、構造物が保有すべき耐震性能は、耐震設計の対象とする地震動の発生頻度と構造物の重要度を対比することによって決定すべきであると考えられる。[例](#)えば、レベル1地震動のように構造物の耐用期間内に1～2度発生する確率の地震動に対しては、構造物の変形は弾性限度内に収まるようにし、地震後の残留変形が残らないようにする。これに対し、レベル2地震動のように極めてまれな地震動に対しては、破壊してよいもの、許容の残留変形内に收めるもの又は全く損傷を受けないもの、というように構造物の重要度によって、目標とする耐震性能を変えて耐震設計を行うという考え方である。

ここで、構造物の重要度は、1) 構造物が破壊した場合に人命、財産に与える影響、2) 地震直後の救急・応急活動等への影響、3) 地震後の市民生活に与える影響、4) 経済活動に及ぼす影響、5) 復旧の難易度、などにより決定される。[例](#)えば、人命等への二次災害が懸念される施設は、1) の観点から、建物自体の損傷をある程度許容するものの、崩壊してはならない。これに対し、代替性が期待できる農道やパイプラインのネットワークなどは、3)～5) を考慮した上で耐震性能のレベルを低下させることができる。

### (6) 技術課題

#### ア) 土構造物や坑土圧構造物の限界状態の照査

レベル2地震動に対して限界状態の照査が難しいのは、盛土、堤防、擁壁、岸壁などのいわゆる土構造物や坑土圧構造物である。これらの土構造物では、通常“力のつり合い”による設計が行われてきた。すなわち、構造物の抵抗力が自重や地震力による外力をある一定の比率(安全率)で上回っていることを確認することで、耐震設計が行われており、外力が抵抗力を上回ることは考えていない。しかしながら、レベル2地震動のような大きな地震動を考慮した場合は、多くの場合、外力が抵抗力を上回り、力のつり合いが破れて土構造物が残留変形を生ずることになる。したがって、力のつり合いが破れた後、構造物の変形がどこまで進むのかを予測することが必要である。

#### イ) 内陸直下型地震に対して解決すべき課題

内陸直下型地震に特有の問題として、地震断層のずれによる相対変位が地表面にまで達し、構造物が断層を横断する場合がある。現状では、断層の正確な位置の特定が困難な場合があること、また線状構造物では断層を避けて通れない場合があるなど、現代の科学技術ではその対処が困難な場合が多く、今後の研究・開発を待たなければならない。

#### ウ) 継続時間の長い地震動に対する課題

東北地方太平洋沖地震では、液状化によるパイプライン管体の浮上、パイプのたわみや継手の抜け出し等の被害が多数発生した。また、ため池設計指針(平成12年)策定以前に築造された一部のため池で決壊等の深刻な被害が発生したほか、そのほかにも堤体に亀裂、斜面変状等が多く発生した。これらの被害は、同地震における長時間に及ぶ振動により助長された可能性が指摘されている。そのため、今後このような継続時間の長い地震動がパイプラインやため池等の構造物に与える影響を明らかにし、耐震性能照査手法を高度化するための研究、技術開発の推進が期待される。

### i) 耐震診断に必要となる物性値に関する調査や地震観測記録の活用等

築造年代の古い構造物については、耐震診断に関連する既存土質資料や構造資料等が不足し、迅速で合理的な診断の妨げとなる。そのため、今後、必要な物性値に関する調査及びデータの確実な蓄積が望まれる。

また、耐震診断においては、過去の地震履歴も重要な情報である。近年では、強震記録の観測網の充実と一般公開が図られていることから<sup>ix)</sup>、こうしたデータの活用が望まれる。さらに、重要な施設については、構造物および周辺地盤に強震計を設置して、地震波形を観測、蓄積することも重要である。こうしたデータは、地震後の点検時への活用や今後の耐震診断技術の高度化のために有用である。

### 引用・参考文献

- i ) 国立天文台編：理科年表(2013)
- ii ) 濱田 政則：阪神、淡路大震災の教訓、<http://www.sci.waseda.ac.jp/journal/vol1/nol/hamada/hamd.htm>
- iii) 農林水産省：災害関連情報WEBサイトより、<http://www.maff.go.jp/j/saigai/arc/index.html#a-3>
- iv) 兵庫県南部地震技術検討委員会:平成7年兵庫県南部地震農地・農業用施設に係わる技術検討報告書 (1996)
- v ) 農村工学研究所技報第213号 (2012)
- vi) 毛利栄征、有吉充：大口径パイプラインの被災時状況と復旧、基礎工、40(8)、pp. 68～70 (2012)
- vii) 毛利栄征、有吉充、河端俊典：大口径パイプラインの地震被害—被害状況と復旧の考え方一、地盤工学ジャーナル、7(1)、pp. 185～194 (2012)
- viii) 功刀卓、青井真、鈴木亘、中村洋光、森川信之、藤原広行：2011年東北地方太平洋沖地震の強震動、防災科学技術研究所主要災害調査 第48号 2012年
- ix) 例えれば以下の「強震観測網（K-NET、Kik-net）（独）防止科学技術研究所」のWEBサイト  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>

## 第2章 基本方針

### 2.1 設計一般

土地改良施設の耐震設計は、施設の重要度に応じて、2段階の地震動レベル（レベル1地震動、レベル2地震動）を考慮して、地震時にそれぞれの施設が保持すべき耐震性能を確保できるように設計する。

また、事業の進捗段階に応じて、適切な調査を実施し、その成果に基づいた耐震設計を行うことが大切である。

耐震設計に当たっては、施設の構造特性、周辺の地盤特性等を考慮し、それらに適合した耐震設計法を用いるものとする。

#### [解説]

##### (1) 基本的な考え方

施設が地震時に保持すべき耐震性能は、耐震設計で考える地震動レベルとそれぞれの施設の重要度の組合わせにより、決定されるべきものである。

土地改良施設の耐震設計の方針としては、「手引き」の考え方を踏襲し、以下の2点を基本とした。

- ア. 土地改良施設の耐震性能は、レベル1地震動、レベル2地震動の2つの異なる大きさの設計地震動に対して照査する。レベル1地震動は施設の供用期間内に1~2度発生する確率を有する地震動であり、レベル2地震動は極めて稀に発生する地震動強さの大きな地震動である。マグニチュード7クラスの断層近傍域の内陸直下型地震による地震動や、マグニチュード8クラスのプレート境界型地震による地震動が、このレベル2地震動に相当する。
- イ. 土地改良施設の目標耐震性能は、施設の重要度に基づいて設定する。そして、構造物全体系の耐震性能を保有するような基礎を含めた構造各部位の損傷度合を許容の範囲に収めなければならない。

ア.、イ. を考慮する耐震設計の考え方は、1977年に建設省の総合技術開発プロジェクト「新耐震設計法の開発」研究報告書で提案された「新耐震設計法（案）」の考え方を踏襲するものであり、いわゆる性能設計<sup>1)</sup>を意識したものであり、国際規格に基づいた ISO 3010 にも対応できるものである。

地震動の大きさ、タイプ、重要度及び保持すべき性能の詳細については、「2.2 耐震設計に用いる地震動」、「2.3 施設の重要度区分」及び「2.4 保持すべき耐震性能」で説明する。

1) 性能設計とは、与えられた外的条件（荷重）に対して、設定された目標性能（耐震性能）を満足するように行われる設計と位置づけられる。

##### (2) 対象構造物と関連する基準

土地改良施設は多種にわたり、構造特性も様々である。構造物の種類、挙動特性（剛性、固有周期、埋設条件など）に応じて、各設計基準等に基づき適切な耐震設計法を用いる。

各構造物(11工種)において用いる設計基準、指針類及び関連する他分野の基準類を表-2.1.1 に示す。

## 第2章 基本方針

土地改良施設の耐震設計の内容については、類似構造物を取り扱う関連基準として、道路橋示方法等の内容を参考としているが、その内容の取扱いについては、以下のとおりである。

表-2.1.1に示す土地改良施設の耐震設計に関しては、頭首工等の設計基準、指針（農道橋を除く）において、道路橋示方書の平成14年版の内容をもとにした耐震設計法を示し、運用している。

一方、道路橋示方書の平成24年版においては、平成14年版と比べて、以下の【参考】に示す項目について、広範に改定がなされているが、本指針では、平成24年版の改定内容については適用しない。

この理由は、東北地方太平洋沖地震において、土地改良施設の構造物に地震動そのものによる致命的な被害が少なかったこと、河川構造物等の他分野の動向を踏まえ、従来の地震動を用いた設計で十分に耐震性能が確保されると判断したためである。

農道橋については、土地改良事業計画設計基準設計「農道」平成17年の内容に基づき、小規模農道橋は同示方書の平成2年版、それ以外の農道橋については平成24年版（最新版）を参照するものとし、上記の取扱いとは異なる。

以上のことから、本指針の第2章以降において示す内容は、同示方書の平成14年版の内容と対応している。農道橋の耐震設計等において、平成24年版の内容を適用する際は、同示方書を参照されたい。

### 【参考】道路橋示方書・V耐震設計編（平成24年版）における主な改定の内容

- 東海地震、東南海地震、南海地震等のプレート境界型の大規模地震を考慮するため、レベル2地震動（タイプI）を見直し、標準加速度応答スペクトル等を変更した。
- 従来の地域別補正係数とは別に、レベル2地震動（タイプI）に対して適用する地域別補正係数を新たに設定した。その際、大正12年関東地震において東京周辺で生じた地震動より強い影響を受けると推定される地域では、地域別補正係数を1.2とした。
- 鉄筋コンクリート橋脚の水平力—水平変位関係の算出方法において、塑性ヒンジの形成メカニズムを踏まえ、軸方向鉄筋の引張ひずみによって定義される限界状態に基づく評価方法を導入した。

### (3) 各事業段階における耐震設計

調査は、大枠から順次細部に進めるのが一般的であるが、段階により調査事項、範囲、方針、内容、精度等が異なるものである。したがって、対象となる土地改良施設に必要な調査となるよう、事前に十分な調査計画を樹立して実施する。

調査の段階区分は、事業実施の手順と同様に、事業の全体的な構想と概略設計を行う計画段階の①計画調査、計画と事業費を固める設計段階の②全体設計調査、事業着手後の工事実施段階の③工事実施調査に区分される。

また、全体実施設計書、工事実施設計書の作成段階において耐震性能を決定する。調査並びに全体実施設計書及び工事実施設計書作成の手順は、図-2.1.1に示すとおりである。

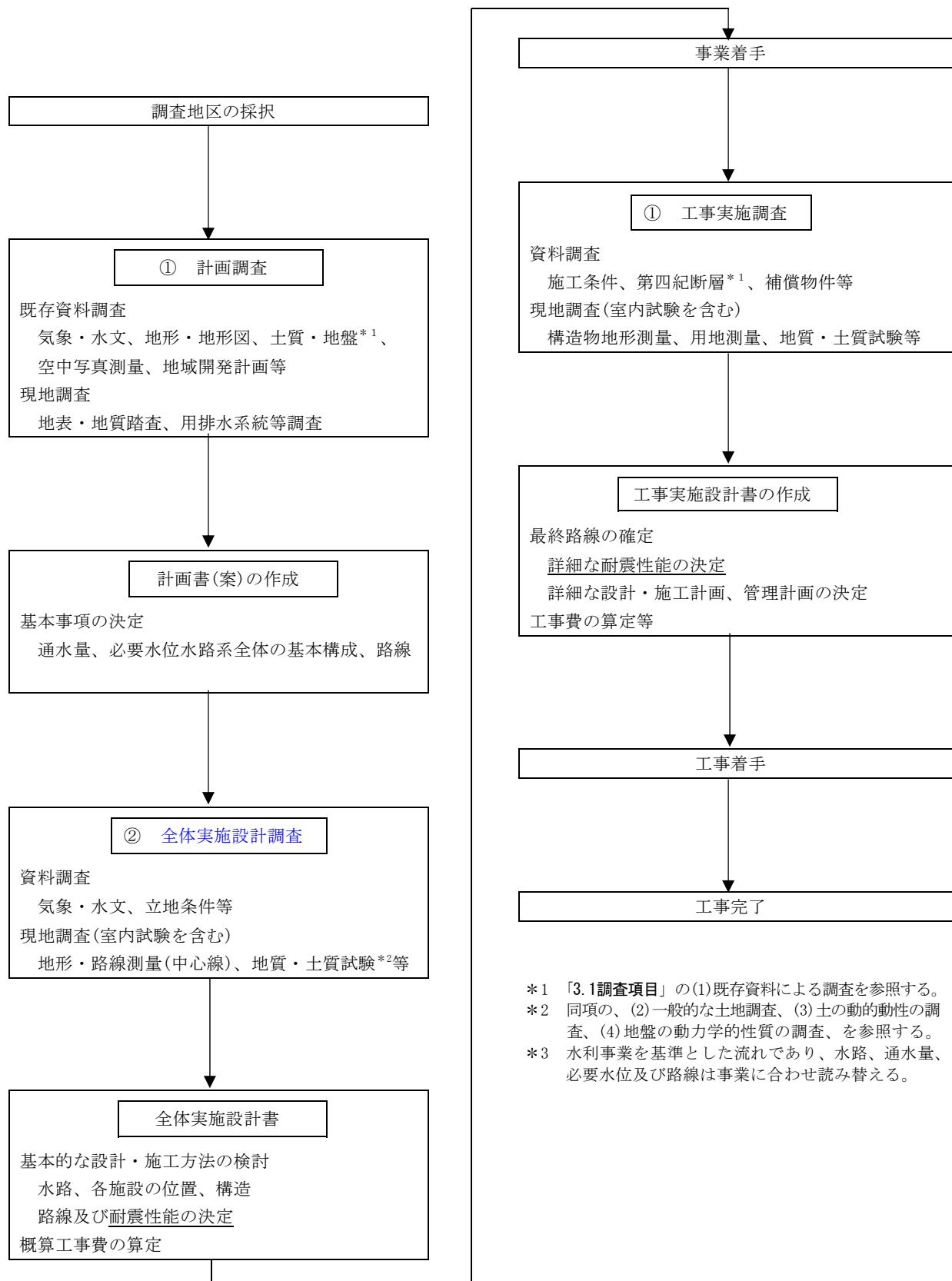
### (4) 事業実施における耐震設計

各土地改良施設は、調査の成果に基づき施設を計画・設計し、重要度に応じて耐震設計を行う。耐震設計の一般的な流れを図-2.1.2に示す。また、施設の設計におけるどの段階で耐震設計を行うのか、図-2.1.3に示す。

## 第2章 基本方針

**表-2.1.1 本指針で対象とする施設(11工種)別の参考する設計基準、指針類と関連基準**

施設名		参考する 設計基準、指針類	関連基準等	備 考
①農道橋	小規模 農道橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計 基準設計「農道」平成17年</li> </ul>		
	上記以外		<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路橋示方書 IV下部構造編 (日本道路協会) 平成24年</li> <li>・道路橋示方書 V耐震設計編 (日本道路協会) 平成24年</li> </ul>	小規模農道橋を除く農道橋 は、最新の道路橋示方書に 準拠する。
②水路橋・水管橋 ③頭 首 工		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」平成20年</li> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」平成26年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路橋示方書 IV下部構造 (日本道路協会) 平成14年</li> <li>・道路橋示方書 V耐震設計編 (日本道路協会) 平成14年</li> <li>・水道施設耐震工法指針 (日本水道協会) 2009年(平成21年)</li> </ul>	道路橋示方書の平成24年の 改訂については、本指針で は反映しない。
④擁 壁		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「農道」平成17年</li> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」平成26年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路土工擁壁工指針 (日本道路協会) 平成24年</li> </ul>	コンクリート擁壁を対象と する。
⑤開 水 路		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」平成26年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路土工擁壁工指針 (日本道路協会) 平成24年</li> </ul>	フルームを対象
⑥ファームボンド	R C 構造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業設計指針 「ファームボンド」平成11年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路橋示方書 V耐震設計編 (日本道路協会) 平成14年</li> </ul>	
	P C 構造			
⑦ため池		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業設計指針 「ため池整備」平成27年</li> </ul>		
⑧パイプライン		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「パイプライン」 平成21年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道施設耐震工法指針 (日本水道協会) 2009年(平成21年)</li> </ul>	
⑨暗 渠 (ボックスカルバート)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」平成26年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道施設耐震工法指針 (日本水道協会) 2009年(平成21年)</li> </ul>	
⑩杭 基 础		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「頭首工」平成20年</li> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「ポンプ場」平成18年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路橋示方書 IV下部構造編 (日本道路協会) 平成14年</li> <li>・道路橋示方書 V耐震設計編 (日本道路協会) 平成14年</li> </ul>	
⑪ポンプ場 (吸込、吐出し水槽)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・土地改良事業計画設計基準 設計「ポンプ場」平成18年</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道施設耐震工法指針 (日本水道協会) 2009年(平成21年)</li> <li>・道路橋示方書 V耐震設計編 (日本道路協会) 平成14年</li> </ul>	

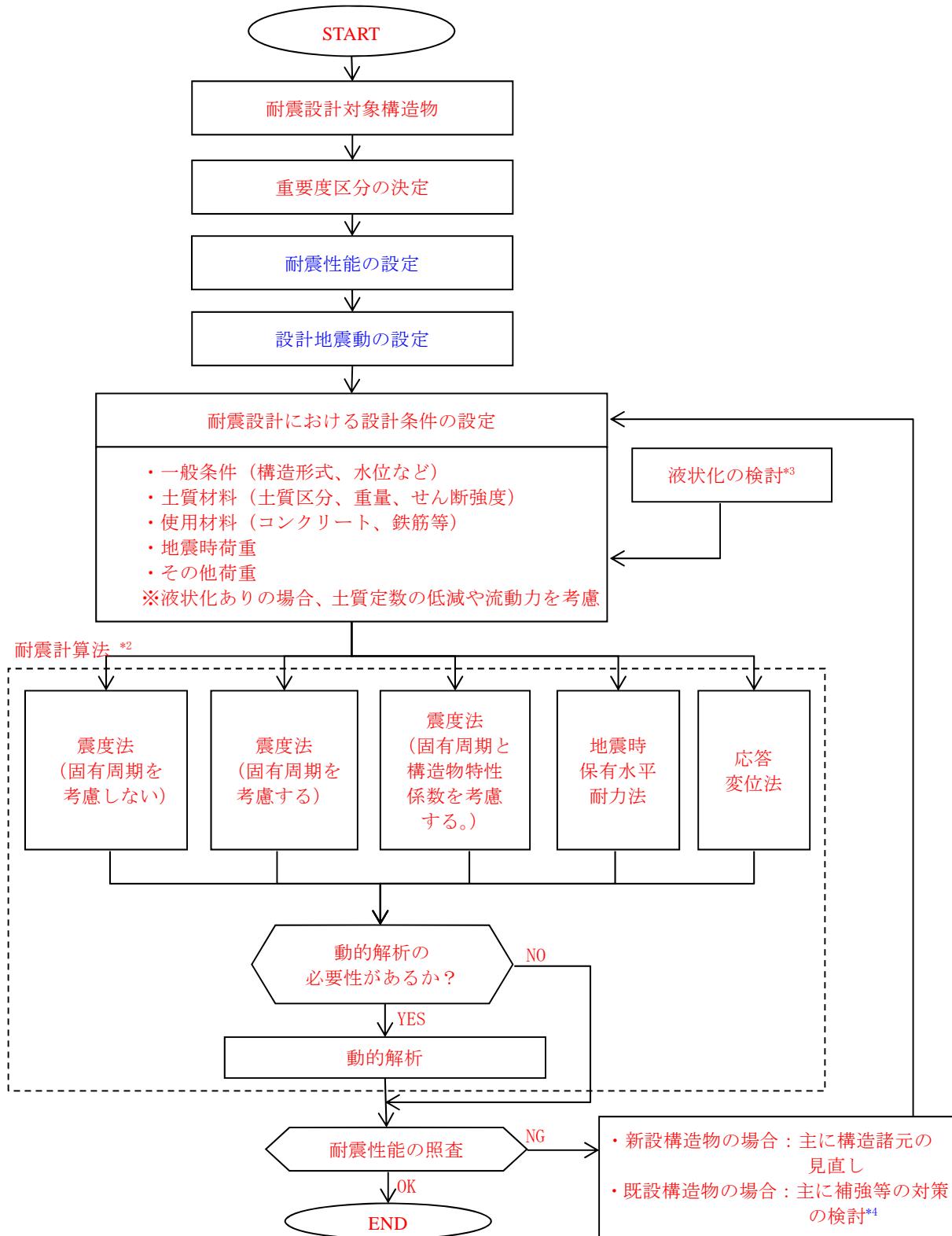


\*1 「3.1調査項目」の(1)既存資料による調査を参照する。

\*2 同項の、(2)一般的な土地調査、(3)土の動的動性の調査、(4)地盤の動力学的性質の調査、を参照する。

\*3 水利事業を基準とした流れであり、水路、通水量、必要水位及び路線は事業に合わせ読み替える。

図-2.1.1 各事業段階における手順(耐震設計を考慮)



\*1 本フローは、耐震設計の流れを分かりやすく説明するために、耐震設計の基本要素を抽出して示したものである。実際の耐震設計においては、新設農業水利構造物の場合を例にとると、図-2.1.3に示すような流れとなる。また、既設構造物の場合は、「第7章 耐震診断」の図-7.2.1のような流れとなる。

\*2 土地改良施設の耐震設計では、静的解析を基本としていることから、代表的な5種類の静的解析法を示した。なお、本フローでは、静的解析の後、必要に応じて動的解析を行う流れとしているが、動的解析のみにより、所要の耐震性能が適切に照査出来る場合は、それを妨げるものではない。

\*3 液状化判定の結果、液状化の可能性がある場合は、別途、地盤の液状化対策を検討する必要がある。（第6章参照）

\*4 補強対策においては、「第7章 耐震診断」の表-7.5.1に示す工法等による対応を検討する。

## 第2章 基本方針

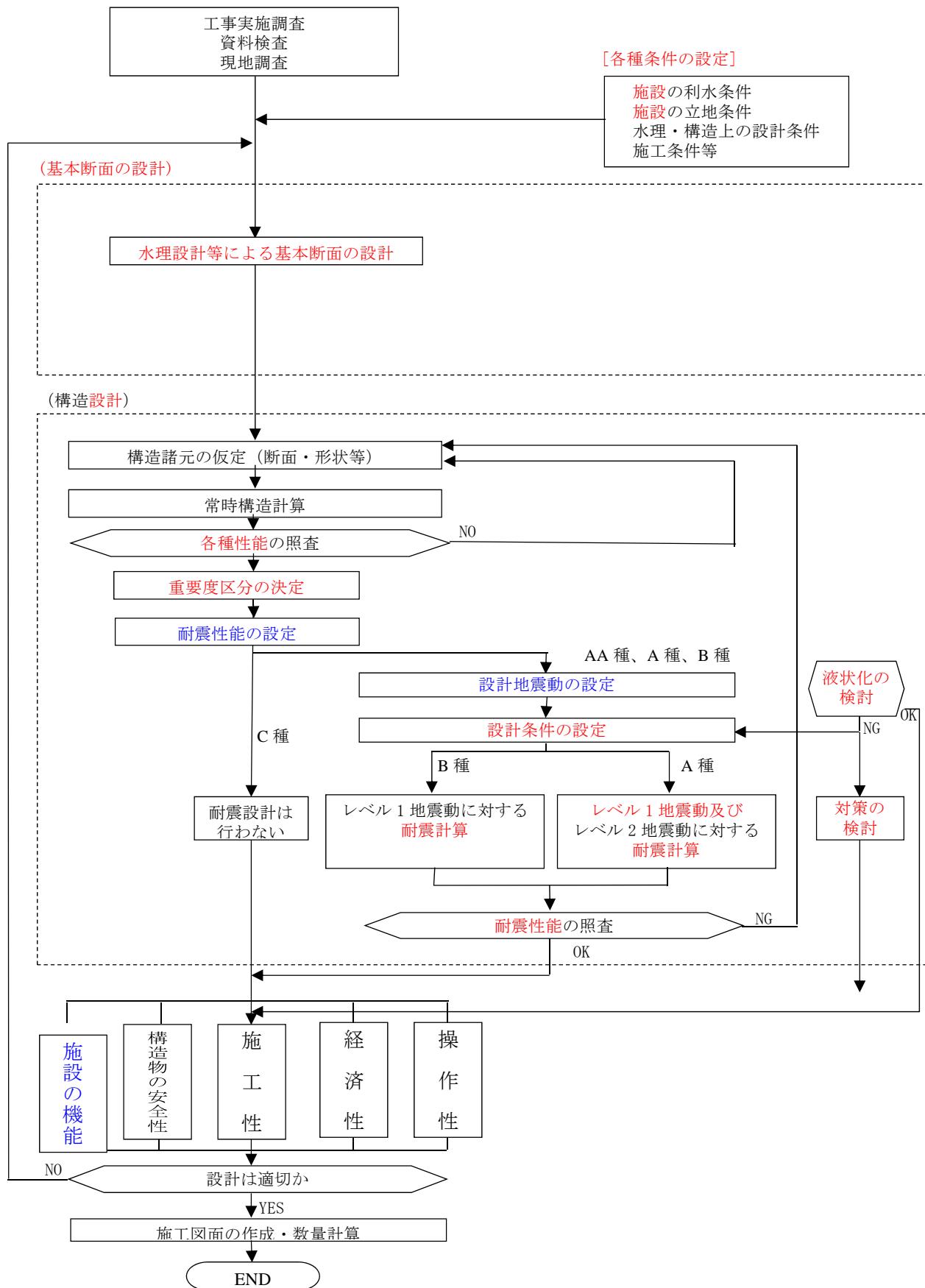


図-2.1.3 農業水利施設設計のフローチャート例（耐震設計を考慮）

## 2.2 耐震設計に用いる地震動

### (1) 一般

耐震設計では、施設の供用期間内に1～2度発生する確率を有するレベル1地震動と、**発生確率は低いが地震動強さの大きな**レベル2地震動を考慮する。

耐震設計に用いる地震動は、構造物の種別、耐震性能、地域特性、振動特性、地盤特性、地震環境等を考慮し、適切に設定しなければならない。

### (2) レベル1地震動

レベル1地震動では、対象工種に応じて、関連する基準書等を基に、設計水平震度又は速度応答スペクトルを適切に設定する。

### (3) レベル2地震動

レベル2地震動では、大規模なプレート境界型地震（タイプI）や、平成7年の兵庫県南部地震のような内陸直下型地震による断層近傍域の地震動（タイプII）を考慮し、対象工種に応じて、関連する基準書等を基に、設計水平震度又は速度応答スペクトル等を適切に定める。

### [解説]

#### (1) 基本的考え方

耐震設計に用いる地震動は、構造物の種別、地域特性、構造物の固有周期、地盤特性等を考慮し、適切に設定する必要がある。

土地改良施設は、地上に設置される施設、地中に設置される施設、固有周期等の特性を考慮すべき施設など、様々な構造物がある。

近年では地震断層等によって生じる地震動を評価する強震動予測手法の発展により、対象地点における地震動特性（震源特性、伝播経路特性、対象地点の地盤特性）の調査結果を基に、対象地点に固有の性質を反映した地震動を設定する方法もあるが、それには多大な調査・計算が必要となる。そのため、適用は重要な施設に限られることが多く、一般的な施設への適用例は少ない。

このため、対象施設の特性に応じて、（表-2.1.1）に示す標準的な設計水平震度又は速度応答スペクトルを用いることを基本とする。

なお、検討する地域が地震防災対策強化地域等に指定されている場合、検討する地域の防災計画との整合を図る必要性がある場合、他の構造物群との整合を図る必要性がある場合等にあっては、対象地点に固有の性質を反映した設計地震動の適用を検討するものとする。

#### (2) 地震動のレベル

土地改良施設の耐震設計においては、施設の重要度に応じ、以下の2段階の地震動レベルを考慮する。

##### a. レベル1地震動

レベル1地震動は、多くの土木構造物に対して従来から設定されていた地震動に相当し、対象となる構造物の供用期間内に1～2度発生する確率を有する地震動である。

##### b. レベル2地震動

## 第2章 基本方針

レベル2地震動は、一般に土地改良施設が供用期間中にそのような地震動に遭遇する確率は低いが、一度被害を受けると、その影響は極めて大きいと考えられる。

なお、レベル2地震動まで考慮するかどうかは、施設の重要度（「2.3 施設の重要度区分」）によって判断するものであり、その内容は、「2.4 保持すべき耐震性能」で述べる。

### (3) 各施設に適用する設計地震動

「2.1 設計一般」で述べたように、土地改良施設に含まれる施設構造物は多種にわたり、構造特性等も様々であることから、その特性に応じて適用する設計地震動の指標を設定する必要が生じる。

耐震計算における地震荷重の作用は、地上構造物と地中構造物で異なる。地上構造物は、慣性力による作用が支配的となることから、震度法や地震時保有水平耐力法等の耐震計算法が適用され、設計水平震度の標準値に、地域特性や地盤特性、構造物の非線形特性等を表す各種係数を乗じた値を各種構造計算に用いる。一方、地中構造物は、一般にその見かけの重量が周囲の地盤よりも小さく、地震時の地盤の変形による作用が支配的となることから、応答変位法が適用され、構造物地点の地盤条件をもとに地盤の変位を算定して、構造計算に用いる。このとき、地盤変位を算出する際に、地盤の速度応答スペクトルが用いられる。

各構造物に適用するレベル2地震動設定の基本的考え方は以下のとおりである。

#### (a) ①農道橋

小規模農道橋以外の農道橋については、最新の「道路橋示方書」（平成24年）に準じる。

一方、小規模農道橋については、設計自動車荷重が137kN以下のものであり、現行の道路橋示方書ではなく、土地改良事業計画設計基準設計「農道」平成17年の震度法を適用し、レベル2地震動を対象とした耐震設計は行わない。

#### (b) ②水路橋、水管橋

「道路橋示方書」（平成14年）に準じて、プレート境界型（タイプI）及び内陸直下型（タイプII）の2種類の地震動を考慮する。

#### (c) ③頭首工

水路橋、水管橋と同様、「道路橋示方書」（平成14年）に準じて、プレート境界型（タイプI）及び内陸直下型（タイプII）の2種類の地震動を考慮する。

#### (d) ④擁壁及び⑤開水路

「道路土工擁壁工指針」における大規模地震動を、レベル2地震動として耐震設計を行う。

#### (e) ⑥ファームポンド（PC、RC）

重要度A種、B種のPC構造、重要度A種のRC構造は部材の塑性域を考慮し、レベル2地震動を検討するものとする。この場合、採用するレベル2地震動は「道路橋示方書」（平成14年）のプレート境界型（タイプI）とする。

ファームポンドについては、類似の池状構造物を取り扱う水道分野における以下の調査結果を踏まえ、このタイプIの地震動のみを考慮すれば十分と考え、内陸直下型（タイプII）の地震動は考慮しない。

「水道施設耐震工法指針」（1997（平成9年））では、「道路橋示方書・同解説」に示されたタイプII地震動に対する最大震度は、「限定された観測点における地震動記録の加速度応答スペクトルを採用したもので、兵庫県南部地震で水道施設が受けた地震動の全体像を十分に反映した

## 第2章 基本方針

ものとは言い難い」とし、兵庫県南部地震で観測された総計約150地点のボーリング資料をもとに独自の基準水平震度を定めている。その値は道路橋示方書におけるタイプI 地震動の基準水平震度にほぼ相当している。

### (f) ⑧パイプライン、⑨暗渠（ボックスカルバート）

地中構造物に適用するレベル2地震動は、類似構造物を取り扱う「水道施設耐震工法指針」(1997(平成9年)) の「1.3 耐震設計で考慮する入力地震動」に準拠して、内陸直下型（タイプII）の速度応答スペクトルを採用する。ここで、内陸直下型（タイプII）のみを考慮する理由は以下のとおりである。

- ・「水道施設耐震工法指針」(1997(平成9年)) では、マグニチュード8クラスのプレート境界型地震による影響は、マグニチュード7クラスの内陸直下型地震に包含されているものとして、レベル2地震動において兵庫県南部地震による速度応答スペクトルを用いているため。

なお、同指針では、地震動上限値と下限値は非超過確率90%、70%に対応したもので、重要度に応じた値を設定することとしている。

また、同指針の2009年(平成21年)の改訂版では、施設地点で想定される地震動設定を基本とする考え方へ移行しているが、静的解析による耐震照査を行う場合には、上記の速度応答スペクトルの使用を妨げないものとしている。

### (g) ⑪ポンプ場

ポンプ場については、従来の耐震設計（レベル1地震動）のみで設計された施設でも、兵庫県南部地震のような大地震においても道路橋のように大きな被害を受けた事例は報告されていない（平成17年当時）。このため、レベル2地震動に対しては、タイプIの地震動のみを考慮することを基本とする。なお、近傍に活断層があるなど、タイプIIの地震動を考慮する必要性が明らかな場合は、この限りではない。

#### 注) 「道路示方書」の取扱いについて

「2.1 設計一般」解説(2)で述べたように、土地改良施設の橋梁、頭首工等が参考としている「道路橋示方書・同解説」では、平成24年の改定において、レベル2地震動のタイプI地震動が、大きく引き上げられているが、本指針では、それを反映した地震動の変更（手引き時点から）は行わない。この理由は、東北地方太平洋沖地震において、土地改良施設の構造物に地震動そのものによる目立った被害が少なかったことや河川構造物等の他分野の動向を踏まえ、従来の地震動を用いた設計で十分に耐震性能が確保されると判断したためである。

ただし、上記(a)で述べたように、小規模農道橋以外の農道橋に対しては、最新の道路橋示方書による。また、小農道橋については、土地改良事業計画設計基準設計「農道」平成17年による。各種協議の必要がある場合は、適切に対応する。

本項では、各設計基準、設計指針における設計水平震度または速度応答スペクトルの標準値等、各施設に適用する標準的な地震動について、以下に記述する。

なお、地域特性、構造物の固有周期、各種地盤特性等の設定に関しては、「第4章 耐震設計における設計条件」を参照されたい。また、これらの標準値を用いた具体的な耐震計算法については、「第5章 耐震設計手法」を参照されたい。

## 第2章 基本方針

### ア) ①農道橋(小規模農道橋以外)

「道路橋示方書\*に準拠する」（土地改良事業計画設計基準設計「農道」より）。

\* 最新版（平成24年版）

### イ) ①農道橋(小規模農道橋)

以下に定義する小規模農道橋については、下表の地震動を標準とする。

#### 〈小規模農道橋の定義〉

(a)～(c)の全てに該当する農道橋を、小規模農道橋とする。

(a) 道路構造令に準拠しない“ほ場内農道”のうち、支線農道・耕作道においてほ場内の用排水路等に架設する農道橋で、万一地震による被害を被ったとしても、地域全体に大きな影響を及ぼすおそれのないもの。

(b) 橋長50m以下(2径間)、単純支間長24m以下、橋台高6m程度以下及び橋脚高10m以下のもの。

(c) 設計自動車荷重137kN以下で1車線かつ車道幅員5.5m未満のもの。

（土地改良事業計画設計基準設計「農道」より）

**表-2.2.1 ①農道橋(小規模農道橋)に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「農道」より）**

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台 固有周期によらず、地盤種別がⅠ種、Ⅱ種、Ⅲ種に対してそれぞれ0.12、0.15、0.18とする。</li> <li>・橋脚 「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」（平成2年2月）に準拠し、0.20とする*。 *橋脚の設計水平震度の算出は「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」（平成2年2月）における震度法により行う。  <math>k_h = C_z \cdot C_G \cdot C_I \cdot C_T \cdot k_{h0}</math>            ここに、<math>k_h</math>：設計水平震度（小数点2桁に丸める）  <math>C_z</math>：地域別補正係数（A、B、C区分ごとに定める）  <math>C_G</math>：地盤別補正係数（Ⅰ種、Ⅱ種、Ⅲ種地盤ごとに定める）  <math>C_I</math>：重要度別補正係数（0.8とする）  <math>C_T</math>：固有周期別補正係数（1.25とする）  <math>k_{h0}</math>：標準設計水平震度（0.2とする）            「農道」p.441より         </li> </ul>	
レベル2	対象外	「2.3 施設の重要度区分」、「2.4 保持すべき耐震性能」参照。

### ウ) ②水路橋・水管橋（橋脚）

以下の地震動を標準とする。

**表-2.2.2 ②水路橋・水管橋（橋脚）に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「水路工」より）**

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重要度区分Bの橋 固有周期によらず、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。</li> <li>・重要度区分Aの橋 固有周期を考慮した設計水平震度（表-2.2.10）とする。</li> </ul>	重要度区分については、「2.3施設の重要度区分」を参照。 詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	固有周期を考慮した設計水平震度（タイプI：表-2.2.11、タイプII：表-2.2.12）とする。	「2.3 施設の重要度区分」、「2.4 保持すべき耐震性能」参照。

## 第2章 基本方針

### イ) ③頭首工（堰柱）

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.3 ③頭首工(堰柱)に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「頭首工」より）

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	固有周期を考慮した設計水平震度（表-2.2.10）とする。	重要度区分については、「2.3施設の重要度区分」を参照。
レベル2	固有周期を考慮した設計水平震度（タイプI：表-2.2.11、タイプII：表-2.2.12）とする。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

### オ) ④擁壁・⑤開水路

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.4 ④擁壁・⑤開水路に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「水路工」より）

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	固有周期によらず、地盤種別がI種、II種、III種に対してそれぞれ0.12、0.15、0.18とする。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	固有周期によらず、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。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

### カ) ⑥ファームポンド（PC構造・RC構造）

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.5 ⑥ファームポンド（PC構造、RC構造）に適用する地震動（土地改良事業設計指針「ファームポンド」より）

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	<p>[PC構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・固有周期を考慮した設計水平震度（表-2.2.10）とする。</li> </ul> <p>[RC構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> </ul> <p>ただし、I種地盤上に地上式として設置する逆T型擁壁式のKhg0は、<math>h \leq 5.0m</math>、<math>5.0 &lt; h \leq 7.0m</math>、<math>7.0 &lt; h \leq 9.0m</math>に対して、それぞれ0.16、0.18、0.20とする。また、9mを超える地上式の逆T型擁壁式や、サージタンクなどのように構造物の動的特性を考慮に入れる必要がある場合には、構造物の固有周期を考慮し、固有周期に適合した設計水平震度を選択するものとする。</p>	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	<p>[PC構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・固有周期を考慮した設計水平震度（タイプI：表-2.2.11）とする。</li> </ul> <p>[RC構造]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地盤種別によらず、0.7とする（タイプI）。</li> </ul>	タイプIのみ考慮する。 詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

### キ) ⑦ため池

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.6 ⑦ため池に適用する地震動（土地改良事業設計指針「ため池整備」より）

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考												
レベル1	<p>堤体の型式（均一型及びそれ以外）と地域区分に応じ下記の値とする。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>地域区分</th> <th>均一型</th> <th>その他</th> </tr> <tr> <td>強震帶</td> <td>0.15</td> <td>0.15</td> </tr> <tr> <td>中震帶</td> <td>0.15</td> <td>0.12</td> </tr> <tr> <td>弱震帶</td> <td>0.12</td> <td>0.10</td> </tr> </table>	地域区分	均一型	その他	強震帶	0.15	0.15	中震帶	0.15	0.12	弱震帶	0.12	0.10	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
地域区分	均一型	その他												
強震帶	0.15	0.15												
中震帶	0.15	0.12												
弱震帶	0.12	0.10												
レベル2	検討対象地域で想定される地震動、既往の地震動記録、地域の防災計画において想定されている地震動等の情報を十分に収集し、最新の知見に基づいて検討。	改定状況に応じて記述する。												

## カ) ⑧パイプライン

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.7 ⑧パイプラインに適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「パイプライン」より）

地震動レベル	水平変位振幅の算定に用いる速度応答スペクトル	備考
レベル1	表層地盤の固有周期に対応する設計用速度応答スペクトル(図-2.2.3)を用いる。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	表層地盤の固有周期に対応する設計用速度応答スペクトル(図-2.2.4)を用いる。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

## ケ) ⑨暗渠（ボックスカルバート）

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.8 ⑨暗渠（ボックスカルバート）に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「水路工」より）

地震動レベル	水平変位振幅の算定に用いる速度応答スペクトル	備考
レベル1	表層地盤の固有周期に対応する設計用速度応答スペクトル(図-2.2.3)を用いる。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	表層地盤の固有周期に対応する設計用速度応答スペクトル(図-2.2.4)を用いる。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

## コ) ⑩杭基礎

杭基礎の上部構造に応じた地震力を設定する。

## サ) ⑪ポンプ場(吸込、吐出し水槽)

以下の地震動を標準とする。

表-2.2.9 ⑪ポンプ場（吸水槽）に適用する地震動（土地改良事業計画設計基準設計「ポンプ場」より）

地震動レベル	耐震設計に用いる設計水平震度の標準値	備考
レベル1	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。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。
レベル2	地盤種別によらず、0.7とする（タイプI）。タイプIIを考慮する場合は、I種地盤の値を0.8とする。	詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照。

表-2.2.10 レベル1地震動の設計水平震度の標準値

地盤種別	固有周期T(s)に対する $K_{h0}$ の値		
	$T < 0.1$ $K_{h0} = 0.431T^{1/3}$ ただし、 $K_{h0} \geq 0.16$	$0.1 \leq T \leq 1.1$ $K_{h0} = 0.2$	$1.1 < T$ $K_{h0} = 0.213T^{-2/3}$
I種	$T < 0.2$ $K_{h0} = 0.427T^{1/3}$ ただし、 $K_{h0} \geq 0.20$	$0.2 \leq T \leq 1.3$ $K_{h0} = 0.25$	$1.3 < T$ $K_{h0} = 0.298T^{-2/3}$
II種	$T < 0.34$ $K_{h0} = 0.430T^{1/3}$ ただし、 $K_{h0} \geq 0.24$	$0.34 \leq T \leq 1.5$ $K_{h0} = 0.3$	$1.5 < T$ $K_{h0} = 0.393T^{-2/3}$

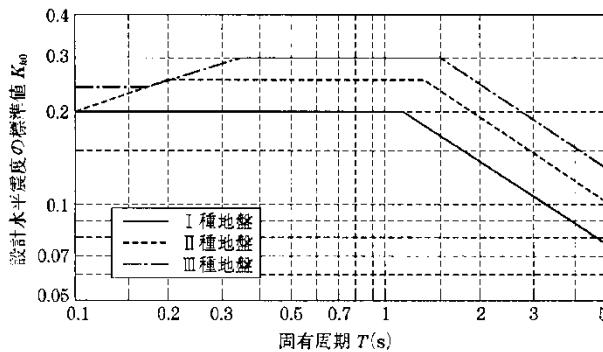


図-2.2.1 レベル1地震動の設計水平震度の標準値(表-2.2.10を図化)

詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照

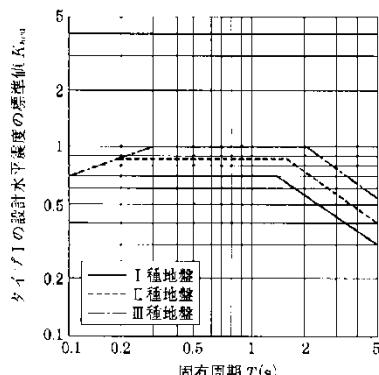
## 第2章 基本方針

表-2.2.11 レベル2地震動の設計水平震度の標準値（タイプI） 詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照

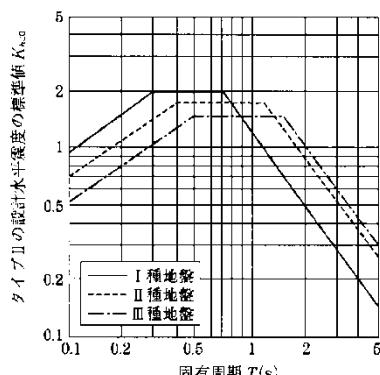
地盤種別	固有周期T (s)に対する $K_{hc0}$ の値		
I種	$T \leq 1.4$ $K_{hc0} = 0.7$	$1.4 < T$ $K_{hc0} = 0.876T^{-2/3}$	
II種	$T < 0.18$ $K_{hc0} = 1.51T^{1/3}$ ただし、 $K_{hc0} \geq 0.7$	$0.18 \leq T \leq 1.6$ $K_{hc0} = 0.85$	$1.6 < T$ $K_{hc0} = 1.16T^{2/3}$
III種	$T < 0.29$ $K_{hc0} = 1.51T^{1/3}$ ただし、 $K_{hc0} \geq 0.7$	$0.29 \leq T \leq 2.0$ $K_{hc0} = 1.0$	$2.0 < T$ $K_{hc0} = 1.59T^{2/3}$

表-2.2.12 レベル2地震動の設計水平震度の標準値（タイプII） 詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照

地盤種別	固有周期T (s)に対する $K_{hc0}$ の値		
I種	$T < 0.3$ $K_{hc0} = 4.46T^{2/3}$	$0.3 \leq T \leq 0.7$ $K_{hc0} = 2.0$	$0.7 < T$ $K_{hc0} = 1.24T^{-4/3}$
II種	$T < 0.4$ $K_{hc0} = 3.22T^{2/3}$	$0.4 \leq T \leq 1.2$ $K_{hc0} = 1.75$	$1.2 < T$ $K_{hc0} = 2.23T^{-4/3}$
III種	$T < 0.5$ $K_{hc0} = 2.38T^{2/3}$	$0.5 \leq T \leq 1.5$ $K_{hc0} = 1.50$	$1.5 < T$ $K_{hc0} = 2.57T^{-4/3}$



(a) タイプI



(b) タイプII

図-2.2.2 レベル2地震動の設計水平震度の標準値(表-2.2.11、表-2.2.12を図化)  
詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照

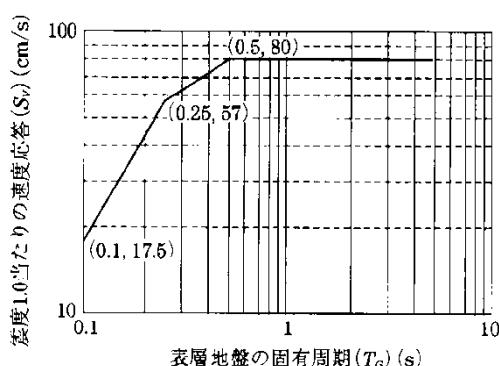
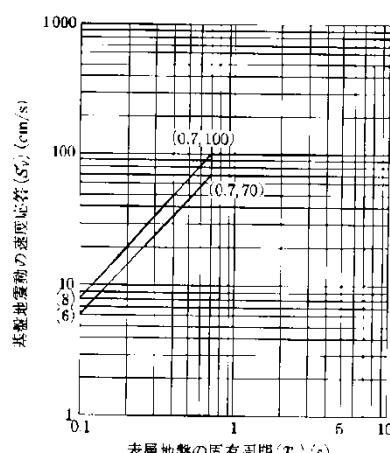


図-2.2.3 設計用速度応答スペクトル（レベル1地震動） 図-2.2.4 設計用速度応答スペクトル（レベル2地震動）  
詳細は、「5.2 設計水平震度」を参照



## 第2章 基本方針

以上、各工種の地震動を以下に整理して示す。

表-2.2.13 各施設の設計地震動一覧表

施設名	耐震設計に用いるレベル1地震動	耐震設計に用いるレベル2地震動	
①農道橋		小規模農道橋	【重要度区分がBのため、レベル1地震動のみ対象】
		農道橋	<p>【タイプI】</p> <p>【タイプII】</p>
②水路橋 水管橋			引用・参考文献:「道路橋示方書・同解説V耐震設計編」(平成24年3月)
③頭首工			
⑥ファームボンド			
⑪ポンプ場 (吸込、吐出水槽)	<p>引用・参考文献:「道路橋示方書・同解説 V耐震設計編」(平成14年3月)</p>		
⑧パイプライン		【タイプI】	
		【タイプII】	
⑨暗きよ (ボックスカルバート)	<p>引用・参考文献:「水道施設耐震工法指針・解説」(平成21年7月)</p>		
④擁壁 ⑤開水路	設計水平震度	<p>レベル2地震動の速度応答については、右図のとおり2種類のスペクトル(最大で、それぞれ70cm/s、100cm/s)を上限値、下限値として与えており、その範囲で施設の重要度に応じた値を与える。</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・I種地盤 0.12</li> <li>・II種地盤 0.15</li> <li>・III種地盤 0.18</li> </ul> <p>引用・参考文献:「道路土工 拥壁工指針」(平成24年7月)に準拠</p>	<p>設計水平震度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・I種地盤 0.16</li> <li>・II種地盤 0.20</li> <li>・III種地盤 0.24</li> </ul> <p>引用・参考文献:「道路土工 拥壁工指針」(平成24年7月)に準拠</p>	
⑩杭基礎	上部構造に応じた地震力を設定	上部構造に応じた地震力を設定	
⑦ため池	地域区分と堤体の型式に応じて設定 (0.10~0.15)	検討対象地域で想定される地震動	

## (4) その他

## 1) 対象施設の位置における想定地震や地盤特性を考慮したレベル2地震動の設定方法

地震動の強さは、震源の特性、伝播経路の特性及び対象地点周辺の地盤特性に依存する。また、構造物の地震応答は入力地震動の振幅の大小だけでなく、周期成分によっても大きく変化する。レベル2地震動は、これらの諸特性を適切に反映したものであることが望ましい。

近年では、中央防災会議や地震調査研究推進本部、地方自治体等による各地域の想定地震動の公開や、強震観測網の整備等、地震動に関する情報の公開、提供が広く行われている。そのため、土地改良施設の耐震設計においても、検討する地域が地震防災対策強化地域等に指定されている場合や、検討する地域の防災計画との整合を図る必要性がある場合、他の構造物群との整合を図る必要性がある場合等の状況に応じて、これらの地震動の適用を検討するものとする。

**表-2.2.14**に、対象施設の位置における想定地震や地盤特性を考慮したレベル2地震動の設定方法を示す。

なお、上記の方法により設定した設計地震動が、**表-2.2.2～表-2.2.9**に示す地震動を下回る場合には、日本国内には存在が明らかとなっていない活断層が存在することを考慮し、適切に対応する。

本手法を適用する場合には、地震の履歴や活断層、地盤構造など関連分野で利用可能な知識や資料を最大限に活用することが必要である。また、その際は、有識者への諮問の上、慎重に検討を進めることが望ましい。

また、これらの地震動を検討する際は、単一の方法を用いるだけでなく、複数の方法を相互に比較検討することが重要である。

**表-2.2.14** 対象施設の位置における想定地震や地盤特性を考慮したレベル2地震動の設定方法 <sup>\*1</sup>

設 定 方 法		静的解析に用いる設計地震動	動的解析に用いる設計地震動
方法1	震源断層を想定した地震動評価を行い、対象地点での地震動を使用する。	地震動評価結果の地表面、工学的基盤面の応答スペクトルを用いる。	地震動評価結果の地表面、工学的基盤面の時刻歴加速度波形、又は応答スペクトルを用いる。
方法2	中央防災会議や地域防災計画等の予測地震動を使用する。	想定地震動の地表面、工学的基盤面の応答スペクトルを用いる。	想定地震動の地表面、工学的基盤面の時刻歴加速度波形を用いる。
方法3	当該地点と同様な地盤条件（地盤種別）等の地表面における強震記録の中で、震度6強～震度7の記録を用いる。 <sup>*2</sup>	強震記録の応答スペクトルを用いる。	強震記録の時刻歴加速度波形を用いる。

\*1 水道施設耐震工法指針(日本水道協会)2009年(平成21年)をもとに作成。

\*2 方法3における強震記録の選定の際は、対象地域における想定地震と同様の地震であることや震源からの距離も考慮することが望ましい。

## 2) 具体的な設定方法

上記の地震動の具体的な設定方法の例を以下に示す。

### a. 方法1

方法1は、震源断層を想定した地震動評価による当該地点での地震動を使用する方法である。この方法による地震動の評価方法は、「①経験的評価法」、「②半経験的評価法」及び「③理論的方法」、「④ハイブリッド法」等がある。各方法について、下表に概要を示す。

表-2.2.15 主な地震動予測手法の比較<sup>vi)</sup>

評価手法	地震動評価手法の特徴	利点○ 欠点×	諸特性の扱い		
			震源	伝播	サイト
経験的方法	多数の地震観測記録を統計的に処理して求められた回帰モデルを用いて予測する手法。地動最大値やスペクトル、波形の経時特性など対象ごとに回帰モデルを作成する。	○観測値の平均的特性を反映した予測値が得られる。 ×断層の破壊過程やサイト固有の特性を反映することは難しい。	統計	統計	統計
半経験的方法	予測地点で得られた中小地震観測記録を要素波とし、断層の破壊過程に基づいてこれを多数重ね合わせて大地震時の地震動を評価する手法。	○断層の破壊過程とサイト固有の特性を反映した予測が可能。 ×観測記録がないと評価できない。	理論と観測	観測	観測又は理論
	多数の地震観測記録を処理して求められた平均的特性を有する要素波を作成し、断層の破壊過程に基づいてこれを多数重ね合わせて大地震時の地震動を評価する手法。地盤増幅特性は別途考慮する。	○観測記録がなくても評価可能、震源の破壊過程を反映した予測が可能。 ×サイト特性のうち盆地の影響の評価が難しい。	理論と統計	統計	理論又は統計
理論的方法	理論に基づいて震源特性を求め、地震波の伝播特性と表層地盤の増幅特性を弾性波動論により理論的に計算し評価する手法。表層のサイト特性は経験的に求めたものを利用することも可能。	○断層の破壊過程および盆地の影響を反映したやや長周期域の地震動を精度良く予測可能。 ×多くの情報が必要。短周期帯域での地震動の評価は困難。	理論	理論	理論又は統計
ハイブリッド法	長周期帯域は理論的方法、短周期帯域は半経験的方法で求め、それらを合成する手法。それぞれの寄与は中間的な周期(=マッチング周期)でフィルターして足し合わせる。 まずハイブリッド要素波を作り半経験的方法で重ね合わせる方法とそれぞれの予測波を作り最後に合成する方法がある。	○それぞれの手法に適した周期帯域を利用した広周期帯域の強震動予測が行える。 ×マッチング周期の選択が重要。	理論(長) + 観測又は統計(短)	理論(長) + 観測又は統計(短)	理論又は統計(長) + 観測又は理論又は統計(短)

b. 方法2

方法2は、中央防災会議の想定地震動<sup>\*iv)</sup>、地震調査推進研究本部による地震動予測地図<sup>\*v)</sup>、県・市が策定している地域防災計画の想定地震動を用いる方法である。なお、これらの想定地震は、調査、研究の進展に伴って随時更新されるため、使用する際には、最新のデータを照会するなど、留意が必要である。

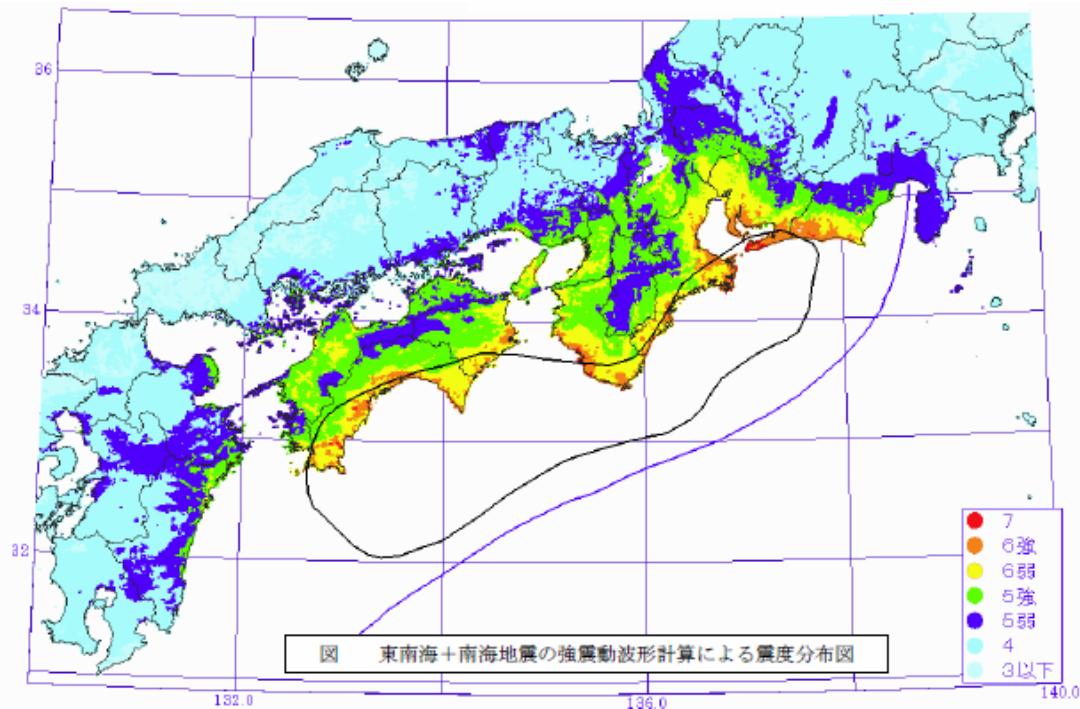


図-2.2.5 東南海+南海地震の強震度波形計算による震度分布図 <sup>iv)</sup>

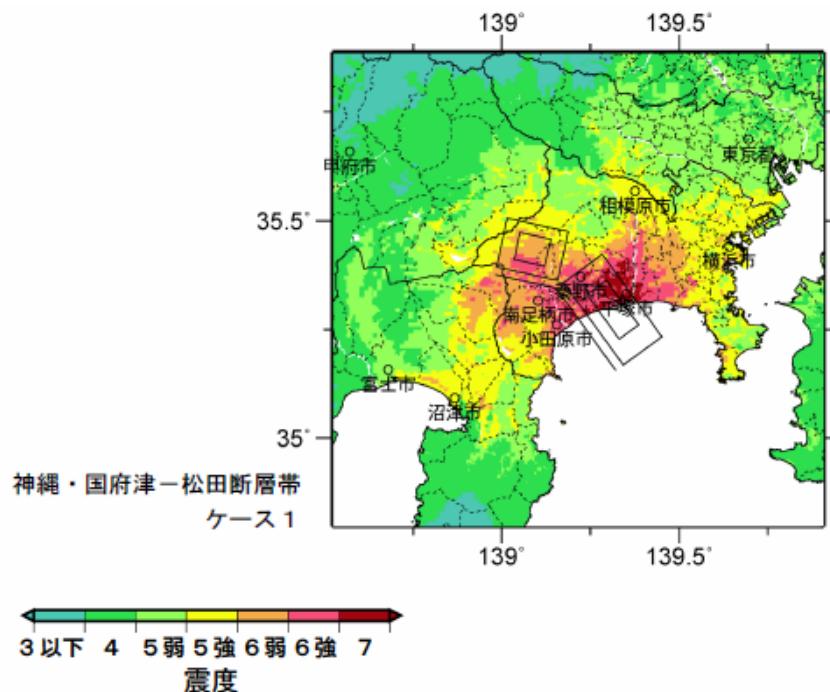


図-2.2.6 震源断層を特定した地震動予測地図の例 <sup>v)</sup>

c. 方法3

方法3は、当該地点と同様な地盤条件（地盤種別）の地表面における強震記録の中で、震度6強～震度7の強震記録から設計地震動に用いる地震波形を選定する。なお、波形選定の際は、地盤種別が同様であることだけではなく、対象地域における想定地震と同様の地震であることや震源からの距離も考慮することが望ましい。

地盤種別に応じた強震記録の例が、水道施設耐震施設工法指針・解説（2009（平成21年））に示されている。

引用・参考文献

- i ) (社) 日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン、技報堂出版、2006.
- ii ) (財) 日本規格協会：ISO23469（英和対訳版）構造物の設計の基本—地盤基礎構造物の設計に用いる地震作用、2005.
- iii ) (社) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説、2009.
- iv ) 例えば、中央防災会議「東南海・南海地震等に関する専門委員会（第16回）」：東南海・南海地震に関する報告（案）、2003.12
- v ) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：全国地震動予測地図2010年版、2010.5.
- vi ) 日本建築学会：地盤震動 現象と理論、2005.

### 2.3 施設の重要度区分

土地改良施設の耐震設計を行うに当たっては、**水利システム等の特性を踏まえ**、以下に挙げる2つの事項を総合的に判断して**施設の重要度区分を決定する**。

- (1) 被災による二次災害に与える影響
- (2) 被災による本来の機能に与える影響

#### [解説]

施設の重要度区分は、(1)及び(2)への影響の大きさを総合的に判断し、決定する。

- (1)被災による二次災害に与える影響は、土地改良施設が崩壊することによる第三者への影響で、特に人命・財産やライフラインなどへの被害
- (2)被災による本来機能に与える影響は、次のa.～c.の事項をもとに、地域の生産活動への被害

a. 代替施設の有無

b. 基幹施設としての重要度

c. 復旧の難易度

重要度区分は、AA、A、B、Cの4種類とし、その基本的な考え方は以下のとおりである。

AA種：影響が極めて大きい施設

A種：影響が大きい施設

B種：影響がある施設

C種：AA、A、B種以外（影響が軽微な施設）

なお、施設ごとの重要度区分については、3種類に分類することを標準とする。

各施設に適用する標準的な重要度区分を表-2.3.1～表-2.3.12に示す。なお、本表でA種以下の設定としている施設について、地域の実情等を考慮してAA種に設定することを妨げるものではない。

代替施設の有無は、バイパス水路の有無や他の関連施設からの供給が可能かどうか、基幹施設としての重要度は、**水利システムの中**で上流に位置するかどうかなどの判断を行う。また、復旧

## 第2章 基本方針

の難易度は、復旧工事の施工性の難易度を示し、例えば、鉄道、河川、幹線道路等の横断部、宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに難易度が高くなると考えられる。

**表-2.3.1 各施設に適用する標準的な重要度区分一覧**

施設名	重要度区分				備 考
	AA種	A種	B種	C種	
①農道橋	○	○	○		
②水路橋・水管橋		○	○	○	
③頭首工	○	○	○		
④擁壁		○	○	○	
⑤開水路		○	○	○	
⑥ファーム ポンド	RC構造		○	○	
	PC構造		○	○	
⑦ため池	○	○	○		
⑧パイプライン		○	○	○	
⑨暗渠 (ボックスカルバート)		○	○	○	
⑩杭基礎	○	○	○	○	上部構造の重要度に合わせる
⑪ポンプ場 (吸込、吐出し水槽)		○	○	○	

\*橋梁、頭首工、ため池、杭基礎については、その機能、構造特性から被災時の二次災害及び本来の機能に与える影響が特に高いと考えられることから、より高い耐震性能（次節参照）の区分を設けるため、AA種の適用を標準とした。

### [施設別適用区分]

#### (1) ①農道橋

**表-2.3.2 ①農道橋（鉄筋コンクリート）の重要度区分**

区 分	内 容
重要度区分AA種	次の①～③のいずれかに該当する施設。 ①施設周辺の人命・財産やライフラインへの影響が極めて大きい施設。 ②地域防災計画によって避難路に指定されている道路など、避難・救護活動への影響が極めて大きい施設。 ③ 地域の経済活動や生活機能への影響が極めて大きい施設。
重要度区分A種	基幹的農道で被災による影響が大きい施設。
重要度区分B種	小規模農道橋

備考)

- 1) 上記内容は、「土地改良施設耐震設計の手引き」に準じている。
- 2) 土地改良事業計画設計指針「農道」では、以下のように記述されている。
  - ・小規模農道橋以外 : 道路橋示方書に準じる。
  - ・小規模農道橋（橋脚） : 重要度補正係数を0.8として重要度を表している。

## (2) ②水路橋及び水管橋

表-2.3.3 ②水路橋及び水管橋の重要度区分

区分	内容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 A種	次の①～③のいずれかに該当する施設 ①水利施設の大きさ 供給される用排水の中止あるいは減量が地域の住民生活及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い。	・水路組織の中で施設規模が極めて大きく、かつ、被災した際にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の経済活動に著しい支障を来す場合。
	②被災による二次災害危険度 水路施設が被災することにより第三者への被害で、特に人命・財産やライフラインなどへの影響。	・水路施設に隣接して家屋、避難場所、公道、鉄道、各種ライフライン等の重要公共施設があり、水路の破損によって直接被害を生じる場合や、水路の破損による流出水が大量にこれらの場所に流入又は湛水し、人命又は社会経済に重大な影響を及ぼすおそれがある場合。
	③応急復旧の難易度 水路組織が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧・代替のための現場作業の難易度。	・応急復旧のための作業が極めて困難、又は長期期間を要する場合  例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに復旧の難易度が高くなると考えられる。
重要度区分 B種	①施設規模の大きさ 同上	・施設規模が大きく、かつ、被災した場合にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の農業・経済活動に相当の支障を来す場合でA種以外のもの
	②被災による二次災害危険度 同上	・水路施設に隣接して家屋、避難場所、又は重要公共施設があり、水路の破損による流出水がこれらの場所に流入又は湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼすおそれがある場合。
	③応急復旧の難易度 同上	・応急復旧のための作業に比較的長時間要する場合。
重要度区分 C種	①施設規模の大きさ 同上	・A種及びB種に該当しない場合 ②は、特に二次被害危険度が認められない場合。 ③は、応急復旧のための作業が容易で短期間で実施できる場合。
	②被災による二次災害危険度 同上	
	③応急復旧の難易度 同上	

## (3) ③頭首工

表-2.3.4 ③頭首工の重要度区分

区分	内容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 AA種	次の①～③のいずれかに該当する施設 ①被災により治水上重大な影響を及ぼす施設	・洪水ハザードマップによる被害想定区域等の状況 ・河川整備計画等に基づく堤防の改修状況
	②被災により利用上重大な影響を及ぼす施設	・生活用水や工業用水の利水状況 ・上部工を一般道路 <sup>1)</sup> として供用の有無 ・施設規模 (例えば、支配面積がおおむね5,000(畳2,000)ha以上 <sup>2)</sup> の施設。) ・被災により施設の機能復旧まで要する時間(砂防指定地域等)
	③被災により災害リスク管理上重大な影響を及ぼす施設	・上部工が地域防災計画上の位置付け
重要度区分 A種	AA種、B種以外の施設	
重要度区分 B種	地震による被災の可能性が小さく、また、被災した場合でも治水上の影響が極めて小さいと考えられるもの	・固定堰や床止工等 <sup>3)</sup> ・山間狭窄部や平野部において背後地盤が高い箇所 <sup>4)</sup> に設置された取水堰を設けない自然取入れ方式の取入口 ・渓流取水工等

備考)

- 1)一般道路とは、道路法第3条の適用を受ける道路(高速自動車国道、一般国道、都道府県道及び市町村道)をいう。
- 2)支配面積5,000(畳2,000)ha以上は、一つの例示として示しているものであることから、地区の状況に応じて勘案する。
- 3)「河川構造物の耐震性能照査指針(案)」(国土交通省河川局治水課)では、固定堰及び床止工等については適用外と考えられている。
- 4)「山間狭窄部」は、当該地点に堤防を設ける必要のない所であり、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさない所という概念である。また、「平野部において背後地盤が高い箇所」は、一連区間において堤防を設ける必要がなく、しかも工作物の設置によって洪水の流下が妨げられても、その上流部に治水上の支障を及ぼさないことから山間狭窄部と同じ取扱いとしたものである。

## (4) ④擁壁

表-2.3.5 ④擁壁の重要度区分

区分	内容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 A種	次の①～③のいずれかに該当する施設 ①水利施設の大きさ 供給される用排水の中止あるいは減量が地域の住民生活及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い	・水路組織の中で施設規模が極めて大きく、かつ、被災した際にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の経済活動に著しい支障を来す場合
	②被災による二次災害危険度 水路施設が被災することにより第三者への被害で、特に人命・財産やライフラインなどへの影響	・水路施設に隣接して家屋、避難場所若しくは公道、鉄道、各種ライフライン等の重要公共施設があり、水路の破損によって直接被害を生じる場合や、水路の破損による流出水が大量にこれらの場所に流入、又は湛水し、人命又は社会経済に重大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 水路組織が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧・代替のための現場作業の難易度	・応急復旧のための作業が極めて困難、又は長期期間を要する場合  例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに復旧の難易度が高くなると考えられる。
重要度区分 B種	① 施設規模の大きさ 同上	・施設規模が大きく、かつ、被災した場合にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の農業・経済活動に相当の支障を来す場合でA種以外のもの
	② 被災による二次災害危険度 同上	・水路施設に隣接して家屋、避難場所、又は重要公共施設があり、水路の破損による流出水がこれらの場所に流入又は湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 同上	・応急復旧のための作業に比較的長時間要する場合
重要度区分 C種	①施設規模の大きさ 同上	・A種及びB種に該当しない場合 ②は、特に二次被害危険度が認められない場合 ③は、応急復旧のための作業が容易で短期間で実施できる場合
	②被災による二次災害危険度 同上	
	③応急復旧の難易度 同上	

備考)

- 1) ここでの擁壁とはコンクリート擁壁水路を対象とする。

## (5) ⑤開水路

表-2.3.6 ⑤開水路の重要度区分

区分	内容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 A種	<p>次の①～③のいずれかに該当する施設</p> <p>① 水利施設の大きさ 供給される用排水の中止あるいは減量が地域の住民生活及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水路組織の中で施設規模が極めて大きく、かつ、被災した際にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の経済活動に著しい支障を来す場合</li> </ul>
	<p>② 被災による二次災害危険度 水路施設が被災することにより第三者への被害で、特に人命・財産やライフラインなどへの影響</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水路施設に隣接して家屋、避難場所、公道、鉄道、各種ライフライン等の重要公共施設があり、が水路の破損によって直接被害を生じる場合や、水路の破損による流出水が大量にこれらの場所に流入、又は湛水し、人命又は社会経済に重大な影響を及ぼすおそれがある場合</li> </ul>
	<p>③ 応急復旧の難易度 水路組織が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧・代替のための現場作業の難易度。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応急復旧のための作業が極めて困難、又は長期期間を要する場合</li> </ul> <p>例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに復旧の難易度が高くなると考えられる。</p>
重要度区分 B種	<p>① 施設規模の大きさ 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・施設規模が大きく、かつ被災した場合にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の農業・経済活動に相当の支障をきたす場合でA種以外のもの</li> </ul>
	<p>② 被災による二次災害危険度 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水路施設に隣接して家屋、避難場所、又は重要公共施設があり、水路の破損による流出水がこれらの場所に流入又は湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼすおそれがある場合</li> </ul>
	<p>③ 応急復旧の難易度 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応急復旧のための作業に比較的長時間要する場合</li> </ul>
重要度区分 C種	<p>① 施設規模の大きさ 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・A種及びB種に該当しない場合</li> </ul>
	<p>② 被災による二次災害危険度 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>②は、特に二次被害危険度が認められない場合。</li> </ul>
	<p>③ 応急復旧の難易度 同上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>③は、応急復旧のための作業が容易で短期間で実施できる場合</li> </ul>

## 第2章 基本方針

(6) ⑥ファームポンド (PC構造・RC構造)

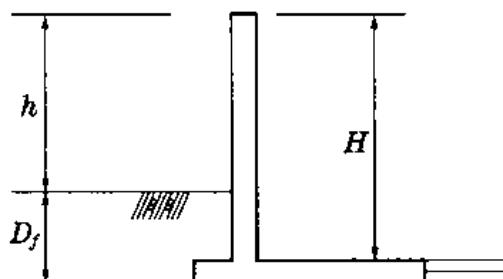
表-2.3.7 ⑥ファームポンド(PC構造・RC構造)の重要度区分

[ファームポンド(PC構造)]

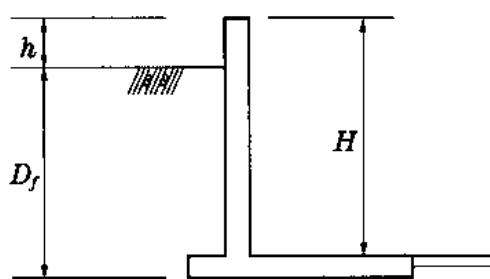
区 分	内 容
重要度区分 A種	重要度 C 種以外(重要度 C 種以外はレベル1及びレベル2地震動について耐震設計を行うため、重要度 A 種か B 種の区分は行わない)。
重要度区分 B種	
重要度区分 C種	底版上面からの壁高が3m以下かつ有効容量が500m <sup>3</sup> 以下の施設

[ファームポンド(RC構造)]

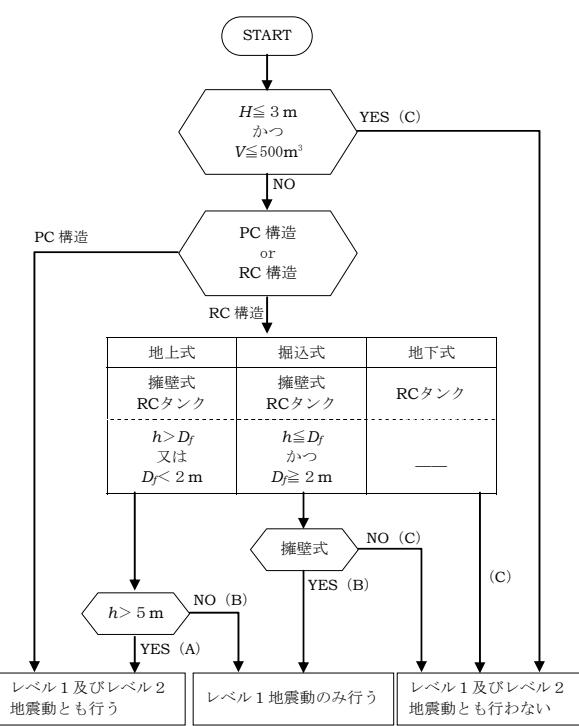
区 分	内 容
重要度区分 A種	地上高が5mを超える地上式の擁壁式
重要度区分 B種	底版上面からの壁高が3mを超える、又は有効容量が500m <sup>3</sup> を超える地上高が5m以下の地上式の擁壁式 底版上面からの壁高が3mを超える、又は有効容量が500m <sup>3</sup> を超える掘込式の擁壁式
重要度区分 C種	底版上面からの壁高が3m以下であり、かつ有効容量が500m <sup>3</sup> 以下の施設。地下式及び掘込式で擁壁式ではない施設



地上式  
( $h > D_f$ 、又は、 $D_f < 2m$ )



掘込式  
( $h \leq D_f$ 、かつ、 $D_f \geq 2m$ )



\* ( ) は本手引きで付記し、重要度 A種、B種、C種を示している。

H : 壁高

h : 地表面からの突出高

D<sub>f</sub> : 地表面からの根入れ深さ

図-2.3.1 「ファームポンド」の耐震設計のフロー図

(土地改良事業設計指針「ファームポンド」(平成2年))より

## (7) ⑦ため池

表-2.3.8 ⑦ため池の重要度区分

区分	内 容
重要度区分 AA種	次の①又は②のいずれかに該当する施設 ①堤体下流に主要道路、鉄道、住宅地等があり、施設周辺の人命・財産やライフラインへの影響が極めて大きい施設 ②地域防災計画によって避難路に指定されている道路に隣接するなど、避難・救護活動への影響が極めて大きい施設
重要度区分 A種	被災による影響が極めて大きい施設
重要度区分 B種	AA種、A種以外の施設

備考)

なお、ため池は、地域ごとに様々な配置条件や形状等があることから、明確な指標を定義付けすることは困難であるが、例えば、南海トラフの巨大地震モデル検討会(中央防災会議)の推計震度が震度6弱以上と想定されている地域の中で、下流への影響が大きく(貯水量が10万m<sup>3</sup>以上)、地震の増幅度が大きい(堤高が10m以上)ため池のうち強度低下が起きやすい(堤体材料や基礎地盤が砂質土)ものは、重要度区分AA種に適用される可能性が高いので、被災による影響について十分な調査が必要である。

## (8) ⑧パイプライン

表-2.3.9 ⑧パイプラインの重要度区分

区分	内 容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 A種	次の①～③のいずれかに該当する施設 ①利水施設としての規模 供給される用水の中止又は減量が地域の生活機能及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い	・水路システムの中で上流に位置し、施設規模が極めて大きく、かつ、被災した場合にライフラインとしての水供給、ひいては地域の生活機能や経済活動・生産活動に著しい支障を来す場合  例) 基幹水利施設(水田用水・上工水等)として、流量 5m <sup>3</sup> /s 以上、管径で $\phi$ 2000 (V=1.5～2.0m/s 程度を想定)以上 <sup>1)</sup> など。また、バイパス水路の有無や、関連施設からの供給(代替施設)の可能性など地区の状況に応じて勘案する。
	②被災による二次災害危険度 パイプライン施設が被災することによる第三者への被害で、特に人命・財産やライフラインなどへの影響を判断する。	・パイプライン施設に近隣して家屋、避難場所、公道、鉄道、ライフライン等重要公共施設があり、水路の損壊による流出水が大量にこれらの場所に流入、又は湛水し、人命又は社会経済的に重大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 パイプライン施設が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧のための現場作業の難易度	・応急復旧のための作業が極めて困難、又は長時間を要する場合  例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに難易度が高くなると考えられる。
重要度区分 B種	①利水施設としての規模 同上	・施設規模が極めて大きく、かつ、被災した場合にライフラインとしての水供給、ひいては地域の生活機能や経済活動・生産活動に相当の支障を来す場合で、A種以外のもの
	②被災による二次災害危険度 同上	・パイプライン施設に近接して家屋、避難場所、又は重要公共施設があり、水路の損壊による流出水がこれらの場所に流入または湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 同上	・応急復旧のための作業に比較的長時間を要する場合
重要度区分 C種	①利水施設としての規模 同上	・A種、B種に該当しない場合 ②の例) 水路施設が甚大な被害を受けた場合でも付近の原野、水田等が浸水する程度で、社会経済的な影響が軽微な場合。
	②被災による二次災害危険度 同上	③の例) 応急復旧のための作業が容易で、短期間で実施できる場合。
	③応急復旧の難易度 同上	

備考)

水田用水における流量5m<sup>3</sup>/s 以上、管径で  $\phi$  2000 (V=1.5～2.0m/s 程度を想定) 以上は、一つの例示として示しているものであることから、地区の状況に応じて勘案する。

## 第2章 基本方針

### (9) ⑨暗渠（ボックスカルバート）

**表-2.3.10 ⑨暗渠（ボックスカルバート）の重要度区分**

区分	内 容	判断する上での参考指標(例)
重要度区分 A種	次の①～③のいずれかに該当する施設 ①水利施設の大きさ 供給される用排水の中止あるいは減量が地域の住民生活及び経済活動・生産活動に与える影響の度合い	・水路組織の中で施設規模が極めて大きく、かつ、被災した際にライフライン、用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の経済活動に著しい支障を来す場合
	②被災による二次災害危険度 水路施設が被災することにより第三者への被害で、特に人命・財産やライフラインなどへの影響	・水路施設に隣接して家屋、避難場所、公道、鉄道、各種ライフライン等の重要公共施設が水路の破損によって直接被害を生じる場合や、水路の破損による流出水が大量にこれらの場所に流入又は湛水し、人命又は社会経済に重大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 水路組織が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧・代替のための現場作業の難易度	・応急復旧のための作業が極めて困難、又は長期期間を要する場合  例) 宅地などの隣接部や構造物の埋設が深い場合などに復旧の難易度が高くなると考えられる。
重要度区分 B種	①施設規模の大きさ 同上	・施設規模が大きく、かつ、被災した場合にライフラインとしての用水供給、ひいては住民生活への影響や地域の農業・経済活動に相当の支障を来す場合でA種以外のもの
	②被災による二次災害危険度 同上	・水路施設に隣接して家屋、避難場所、又は重要公共施設があり、水路の破損による流出水がこれらの場所に流入又は湛水し、人命に重大な影響はないものの、社会経済的に多大な影響を及ぼすおそれがある場合
	③応急復旧の難易度 同上	・応急復旧のための作業に比較的長時間要する場合
重要度区分 C種	①施設規模の大きさ 同上	・A種及びB種に該当しない場合 ②は、特に二次被害危険度が認められない場合 ③は、応急復旧のための作業が容易で短期間で実施できる場合
	③ 被災による二次災害危険度 同上	
	③応急復旧の難易度 同上	

## (10) ⑩杭基礎

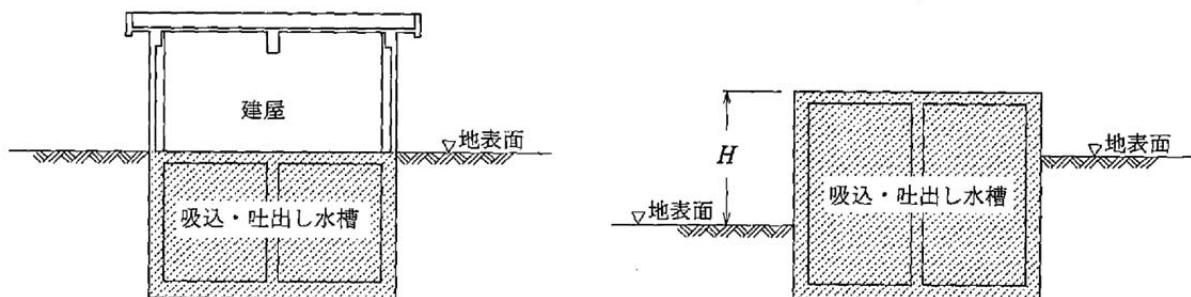
表-2.3.11 ⑩杭基礎の重要度区分

区分	内 容
重要度区分 AA種	上部構造物の重要度がAA種及びA種である施設
重要度区分 B種	上部構造物の重要度がB種である施設
重要度区分 C種	上部構造物の重要度がC種である施設

## (11) ⑪ポンプ場（吸込・吐出し水槽）

表-2.3.12 ⑪ポンプ場の重要度区分

区分	内 容
重要度区分 A種	B種に該当し、かつ、次の①又は②のいずれかに該当するもの ①ポンプ場の災害により、地域住民の人命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼすもの ②施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼすもの
重要度区分 B種	建屋と上下一体構造となる場合、又は地表面からの突出部分が5mを超える場合
重要度区分 C種	A種及びB種に該当しないもの



注) 建屋と上下一体構造の吸込・吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(a) 建屋と一体構造の場合

注) 地表面からの突出部分が  $H > 5\text{m}$  の吸込・吐出し水槽は、耐震設計を行う。

(b) 建屋と分離構造の場合

図-2.3.2 吸込・吐出し水槽の耐震設計

(土地改良事業計画設計基準 設計「ポンプ場」(平成18年))より

## 2.4 保持すべき耐震性能

土地改良施設の耐震性能は、次のとおりとする。

(1) 健全性を損なわない

地震によって土地改良施設としての健全性を損なわない性能

(2) 限定された損傷にとどめる

地震による損傷が限定的なものにとどまり、土地改良施設としての機能の回復を速やかに行い得る性能

(3) 致命的な損傷を防止する

地震による損傷が土地改良施設として致命的とならない性能

土地改良施設は、レベル1地震動、レベル2地震動と施設の重要度の組合せに対して、次の耐震性能を保持することを基本とする。

(1) レベル1地震動に対しては、重要度区分AA種、A種、B種の施設について「健全性を損なわない」性能を保持する。

(2) レベル2地震動に対しては、重要度区分AA種の施設について「限定された損傷にとどめる」性能を保持し、重要度区分A種の施設について「致命的な損傷を防止する」性能を保持する。

### [解説]

(1) 土地改良施設の耐震性能としては、地震時の使用性、復旧性、安全性を勘案し、条文に規定する3段階の性能を設定する。

「健全性を損なわない」は、地震により施設の供用時に要求される性能を損なわない性能である。

「限定された損傷にとどめる」は、地震時の損傷が軽微にとどまり、施設機能の維持と早期回復が可能な性能である。「致命的な損傷を防止する」は、地震に対して、構造物の崩壊を防止し、人命の安全性を確保する性能である。

(2) 地震動と重要度の組合せに対し、目標とすべき耐震性能の基本的な水準を表-2.4.1に示す。

表-2.4.1 重要度区分及び地震動レベルと耐震性能

重要度区分		地震動レベル	レベル1地震動	レベル2地震動
AA種	耐震性能	健全性を損なわない。	限定された損傷にとどめる。	
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行う。	
A種	耐震性能	健全性を損なわない。	致命的な損傷を防止する。	
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行う。	
B種	耐震性能	健全性を損なわない。	耐震性能を設定しない。	
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行う。	耐震設計を行わない。	
C種	耐震性能	耐震性能を設定しない。	耐震性能を設定しない。	
	耐震設計の実施の有無	耐震設計を行わない。	耐震設計を行わない。	

注1) A種のため池のレベル2地震動に対する耐震性能は設定しない。

注2) B種のため池については、液状化の検討を行わない。

注3) A種の杭基礎のレベル2地震動に対する耐震性能は「限定的な損傷にとどめる」とする。

## 第2章 基本方針

- ア) 重要度AA種の構造物には、レベル1、レベル2地震動（タイプI及びタイプII）の2段階の耐震設計を実施する。このとき、レベル2地震動に対して保持すべき耐震性能は、「限定された損傷にとどめる」とする。また、重要度AA種のため池については、上記性能照査のほか、液状化対策工の評価を行う。
- イ) 重要度A種の構造物で、レベル2地震動のタイプI、タイプIIの適用は以下のとおりとなる。
- a. 橋梁（農道橋、水路橋、水管橋）の鉄筋コンクリート橋脚及び頭首工の堰柱  
　　レベル2地震動のタイプI（プレート境界型）、タイプII（内陸直下型）の両者
  - b. フームポンド（PC、RC）、ポンプ場（吸込水槽 吐出し水槽）  
　　レベル2地震動のタイプI（プレート境界型）
  - c. パイプライン、暗渠（ボックスカルバート）  
　　レベル2地震動のタイプII（内陸直下型）
- ウ) 設計指針「ため池整備」では、重要度A種のため池は、レベル2地震動に対して耐震設計を行わないこととしている。レベル1地震動に対する性能は、「健全性を損なわない」としている。
- エ) 設計基準「水路工」では、重要度A種の擁壁・開水路については、レベル2地震動に対する性能を「健全性を損なわない」とした場合は、「許容応力度による照査を防げない」としている。
- オ) 重要度B種、C種の場合、レベル2地震動に対して耐震設計を行わないこととしている。
- カ) パイプラインの場合、重要度C種は耐震設計を実施せず、重要度B種はシステムとしての代替性や可とう継手、緊急遮断弁等の対策工によって耐震対策を行うことにより耐震設計を省略することができる。

(3) 土地改良施設は、一般に様々な要素から構成される。特に、頭首工やポンプ場などの複合的な施設においては、施設全体としての重要度区分に応じた、必要となる施設全体の耐震性能を満足するため、構成要素ごとの耐震性能を設定する必要がある。本指針では、施設の構成要素ごとの耐震性能の区分の設定例として、設計基準「頭首工」の記載例を以下に示す。

### [頭首工における保持すべき耐震性能と耐震性能照査方法]

頭首工が保持すべき耐震性能は、頭首工の重要度区分に応じた耐震性能を確保するため、表-2.4.2～表-2.4.4の構成要素ごとに耐震性能照査を行うことを基本とする。

なお、構成要素ごとの耐震性能照査の考え方は次のとおりである。

- a. 堰柱及びゲート以外の各構成要素については、構造特性や経済性などを考慮して、原則としてレベル2地震時の耐震設計を行わなくてもよい。
- b. エプロンは、通常平板状の構造となり、地震時慣性力が問題になることはないので、揚圧力に対する安定性の照査のみを行い、耐震設計は行わなくてもよい。

## (a) 重要度AA種の頭首工

施設の耐震性能  $\begin{cases} \text{レベル1地震動} & \text{健全性を損なわない} \\ \text{レベル2地震動} & \text{限定的された損傷にとどめる} \end{cases}$

→ 構成要素ごとの耐震性能照査

表-2.4.2 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (限定された損傷にとどめる)
1 取入口・魚道・沈砂池・護岸	○	—
2 固定堰	○	—
3 堤柱	○	○
4 ゲート	○	○
5 エプロン	—	—

注) ゲートでいう「限定された損傷にとどめる」とは、ゲートの開閉機能に支障をきたさない程度の損傷にとどめることをいう。

## (b) 重要度A種の頭首工

施設の耐震性能  $\begin{cases} \text{レベル1地震動} & \text{健全性を損なわない} \\ \text{レベル2地震動} & \text{致命的な損傷を防止する} \end{cases}$

→ 構成要素ごとの耐震性能照査

表-2.4.3 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (致命的な損傷を防止する)
1 取入口・魚道・沈砂池・護岸	○	—
2 固定堰	○	—
3 堤柱	○	○
4 ゲート	○	○※
5 エプロン	—	—

※ ゲートの耐震性能は「限定された損傷にとどめる」とする。

注) ゲートでいう「限定された損傷にとどめる」とは、ゲートの開閉機能に支障をきたさない程度の損傷にとどめることをいう。

## (c) 重要度B種の頭首工

施設の耐震性能  $\begin{cases} \text{レベル1地震動} & \text{健全性を損なわない} \\ \text{レベル2地震動} & \text{耐震設計を行わない} \end{cases}$

→ 構成要素ごとの耐震性能照査

表-2.4.4 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (耐震設計を行わない)
1 取入口・魚道・沈砂池・護岸	—	—
2 固定堰	○	—
3 堤柱	○	—
4 ゲート	○	—
5 エプロン	—	—

## 第2章 基本方針

頭首工の設定例を参考とし、ポンプ場の構成要素と保持すべき耐震性能の設定例を以下に示す。

ポンプ場の構成要素は、「農業水利機能保全の手引き」（平成19年）参考資料をもとに設定した。

### [ポンプ場の構成要素と保持すべき耐震性能の設定例]

#### (a) 重要度A種のポンプ場



表-2.4.5 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (致命的な損傷を防止する)
1 吸込、吐出し水槽	○	○
2 取水口 <sup>1)</sup>	○	—
3 導水路 <sup>1)</sup>	○	—
4 ポンプ設備	ポンプ設備の耐震設計は、 設計基準「ポンプ場」に準拠して、別途する。	
5 建屋	建屋の耐震設計は、関連する法規等に準ずる	
6 送水路 <sup>1)</sup>	○	—
7 吐出し樋門（樋管を含む） <sup>1)</sup>	○	—

注1)取水口、導水路、送水路、吐出し樋門（樋管を含む）は、頭首工の設定を参考に設定。ただし、河川協議等によりレベル2耐震設計の必要が生じる場合がある。

#### (b) 重要度B種のポンプ場

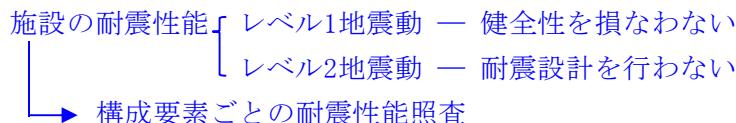


表-2.4.6 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (健全性を損なわない)	レベル2地震動 (耐震設計を行わない)
1 吸込、吐出し水槽	○	—
2 取水口 <sup>1)</sup>	○	—
3 導水路 <sup>1)</sup>	○	—
4 ポンプ設備	ポンプ設備の耐震設計は、 設計基準「ポンプ場」に準拠して、別途する。	
5 建屋	建屋の耐震設計は、関連する法規等に準ずる	
6 送水路 <sup>1)</sup>	○	—
7 吐出し樋門（樋管を含む） <sup>1)</sup>	○	—

## (c) 重要度C種のポンプ場

施設の耐震性能  [ レベル1地震動 — 耐震設計を行わない  
レベル2地震動 — 耐震設計を行わない ]  
 構成要素ごとの耐震性能照査

表-2.4.7 構成要素ごとの耐震性能照査項目

構成要素	レベル1地震動 (耐震設計を行わない)	レベル2地震動 (耐震設計を行わない)
1 吸込、吐出し水槽	—	—
2 取水口	—	—
3 導水路	—	—
4 ポンプ設備	—	—
5 建屋	ポンプ設備の耐震設計は、 設計基準「ポンプ場」に準拠して、別途する。	
6 送水路	建屋の耐震設計は、関連する法規等に準ずる	
7 吐出し樋門（樋管を含む）	—	—

## 2.5 部材の限界状態と照査の基本

耐震性能の照査は、目標とする耐震性能を満足するために必要な各構造部材の限界状態を適切に設定し、設計地震動によって生じる各部材の状態が、限界状態を超えないことを照査することにより行う。

### [解説]

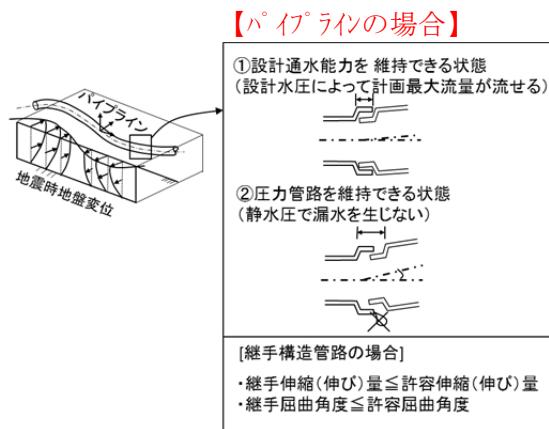
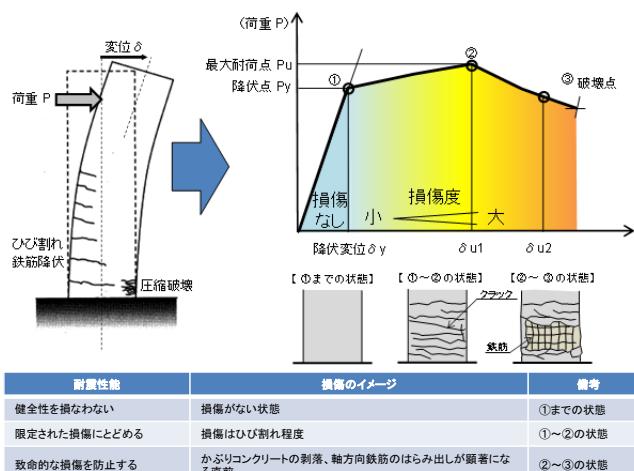
(1) 土地改良施設の各耐震性能に対応する損傷度は、表-2.5.1のとおりである。

表-2.5.1 耐震性能と対応する損傷度

耐震性能	損傷度
1. 健全性を損なわない。	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと。（補修不要）
2. 限定された損傷にとどめる。	施設の機能の回復をより速やかに行うために、3. の状態より余裕をもった状態にあること。残留変位が許容以内にあること（橋梁、頭首工の場合）。（場合により、補修必要）
3. 致命的な損傷を防止する。	主要構造部材が破壊する手前の状態にあること（構造物全体の崩壊も防止する）。（補修必要）

\* 図-2.5.1を参照。

### 【鉄筋コンクリート部材（曲げ破壊型の場合）】



耐震性能	損傷のイメージ	備考
健全性を損なわない	設計通水能力を維持できる状態 (設計水圧によって計画最大流量が流せる)	①の状態
致命的な損傷を防止する	圧力管路を維持できる状態 (静水圧で漏水を生じない)	②の状態

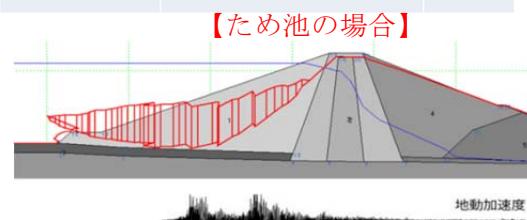


図-2.5.1 施設の損傷状態と耐震性能のイメージ

## 第2章 基本方針

(2) レベル2地震動に対する耐震設計をより合理的に行うために、構造物全体の耐震性能を確保するための限界状態を構成部材の重要性に応じて設定する考え方が橋梁や水道の分野で用いられている。

これは、施設の機能や構造上重要な部材については厳しい許容値を設定するが、重要性の劣る部材については、その限界値を緩和するという考え方であり、特に、既設構造物の耐震診断（第7章）において、合理的な耐震性能照査を行う際に重要である。

本指針では、各施設の主要構成要素について、耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例を表2.5.2～表2.5.11に示す。

なお、水道耐震指針(2009(平成21年))では、水槽施設などについて、水密性を要する部材と要しない部材で性能を区分しているが、本指針では、水道施設と土地改良施設における復旧の緊急度の違いを考慮し、同区分による損傷度の差はつけていない。

表-2.5.2 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例①

①[農道橋] (橋体及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
橋台	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態
橋脚	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	損傷の修復を容易に行い得る限界の状態	橋脚の水平耐力が大きく低下し始める状態
杭基礎	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	副次的な塑性化にとどまる限界の状態	副次的な塑性化にとどまる状態にあること
上部構造	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	副次的な塑性化にとどまる状態にあること	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態
支承部	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態	力学的特性が弾性域を超えない限界の状態

※1 各限界状態の内容は、「道路橋示方書(平成14年)」に準拠。限定された損傷にとどめると致命的な損傷を防止するについては、塑性化（非線形性）を考慮する部材を橋脚とした場合について記載。

※2 「副次的な塑性化にとどまる状態にある」とは、基礎に設計地震力が作用したときに、基礎本体と地盤を考慮した降伏耐力（構造物ごとの基礎の許容塑性率）以下にすること。

表-2.5.3 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例②

③[頭首工] (堰柱及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
堰柱本体	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	施設の機能の回復を速やかに行える状態にあること	塑性化を考慮する部材にのみ塑性変形が生じ、その塑性変形が当該部材の修復を容易に行い得る状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	副次的な塑性化にとどまる状態にあること	副次的な塑性化にとどまる状態にあること

※1 土地改良事業計画設計基準設計「頭首工」(平成20年)をもとに作成

## 第2章 基本方針

表-2.5.4 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例③

⑤[開水路] (水路本体及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
側壁・底版 ※2	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	部材の耐力又は変位、曲率等が終局状態より手前の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	副次的な塑性化にとどまる状態にあること

※1 開水路は、フルーム、コンクリート擁壁水路を対象とする。

※2 開水路の「致命的な損傷を防止する」については、土地改良事業計画設計基準設計「水路工」（平成25年）により、限界状態設計法での照査による場合を設定。

表-2.5.5 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例④

⑥[ファームボンド] (PC構造本体 及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
側壁・底版	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	部材の耐力又は変位、曲率等が終局状態より手前の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	副次的な塑性化にとどまる状態にあること

※1 手引きをもとに作成

表-2.5.6 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑤

⑥[ファームボンド] (RC構造本体 及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
側壁・底版	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	部材の耐力又は変位、曲率等が終局状態より手前の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	副次的な塑性化にとどまる状態にあること

※1 手引きをもとに設定

表-2.5.7 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑥

⑧[パイプライン] (継手構造管路本体)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態※3		
構造部材	健全性を損なわない (設計通水量を維持できること) ※1	—	致命的な損傷を防止する (圧力管路を維持できること) ※2
管体	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと	—	降伏状態を超えるような損傷を生じないこと
継手	継手の抜出し及び屈曲角が許容値以内に収まること	—	継手の抜出し及び屈曲角が許容値以内に収まること

※1 設計水圧によって計画最大流量が流せる

※2 静水圧で漏水を生じない

※3 土地改良事業計画設計基準設計「パイプライン」（平成21年）を基に作成

## 第2章 基本方針

**表-2.5.8 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑦**

⑦[ため池]	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	
堤体	堤体に構造的な損傷が生じない	堤体の沈下量が設定した許容沈下量を下回る	

**表-2.5.9 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑧**

⑧[パイプライン] (一体構造管路本体)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない (設計通水量を維持できること)※1	—	致命的な損傷を防止する (圧力管路を維持できること) ※2
管体	降伏状態を超えるような 損傷を生じないこと	—	管体に生じるひずみが許 容値以内に収まること

※1 設計水圧によって計画最大流量が流せる

※2 静水圧で漏水を生じない

**表-2.5.10 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑨**

⑨[暗渠 (ボックスカルバート)] (水路本体及び基礎)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	—	致命的な損傷を防止する
側壁・底版・頂版	降伏状態を超えるような 損傷を生じないこと	—	部材の耐力又は変位、曲 率等が終局状態より手前 の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような 損傷を生じないこと	—	副次的な塑性化にとどま る状態にあること

**表-2.5.11 各施設の主な構成要素の耐震性能に対応する部材の限界状態の設定例⑩**

⑪[ポンプ場] (吸込、吐出し水槽)	施設（構成要素）の耐震性能と対応する各部材の限界状態		
構造部材	健全性を損なわない	限定された損傷にとどめる	致命的な損傷を防止する
側壁・底版・頂版	降伏状態を超えるような 損傷を生じないこと	—	部材の耐力又は変位、曲 率等が終局状態より手前 の状態にあること
杭基礎	降伏状態を超えるような 損傷を生じないこと	—	副次的な塑性化にとどま る状態にあること

※1 上屋は建築基準にて行うが、事業主体によって地下構造物の取り扱いが異なる場合があるため、適宜設定する。

### (3) 照査項目

表示された耐震性能を満足しているか否かを判断する照査項目と、その具体値を決めておく必要がある。本指針では、対象とする構造物の種類が多岐にわたることから、全ての構造物に対して一貫して整合性のとれた照査項目や照査の考え方を適用することは難しく、構造物の特性などから照査体系は、表-2.5.12及び表-2.5.13に示すように、6つのグループに分類することとした。特に、レベル2地震動を考慮すべき重要度AA種の構造物では、部材の塑性化を許して塑性変形能力を考慮した設計を行うために、力だけでなく変位（若しくは部材の曲率）についての照査が必要となる。

#### (a) レベル1地震動に対する照査項目

レベル1地震動に対しては、構造設計を弾性域の範囲で行うため、応力度による照査で安全性を確保することにする。

## 第2章 基本方針

ただし、パイプラインの継手構造については、管の軸方向の伸縮量が問題となることから、ダクトイル鉄管・FRPM管（以下、ダクトイル鉄管等とは、ダクトイル鉄管及びFRPM管のことをいう。）の場合は、軸方向応力度を許容応力度により、また鋼管の場合は軸方向ひずみによる照査を行うものとする。また、一体構造の場合は、ダクトイル鉄管については軸方向応力度、鋼管については軸方向ひずみのみの照査でよいものとする。

### (b) レベル2地震動に対する照査項目

レベル2地震動に対しては、部材が降伏するまでの弾性域の範囲で対処しようとすると、部材寸法や配筋量が増大し、不合理な設計となる場合がある。そこで、部材の破壊のタイプを、極力曲げ破壊型として、降伏以後の塑性変形を許して部分的な損傷を許容しても部材の耐力は維持する、という設計法へ移行するものとした。つまり、塑性変形を許して部材のじん性を利用することにより、部材寸法や配筋を極力活かしながら保持すべき耐震性能を照査、確保する耐震設計が基本となる。

ここで留意すべき点として、部材の塑性化を許すために、図-2.5.1に示すように、力と変位の関係が線形関係でなく、力の増分に対して変形の増分の割合が大きく、非線形な部材特性が顕著になることである。そのため、部材の耐力を保持しながら塑性変形をどこまで許容させるかという判定が必要となる。本指針では許容値の定義の仕方によって、照査体系を表-2.5.13のように分類した。

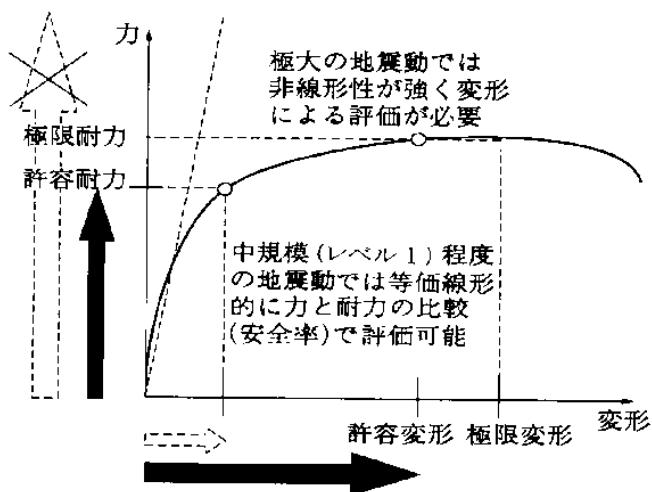


図-2.5.1 力の体系から変形の体系へ（塑性変形を考慮する）

## 第2章 基本方針

**表-2.5.12 構造物と照査項目（レベル1地震動）**

グループ	施設 (構成要素)	構造 部材	耐震性能	損傷度	照査項目と照査基準		
					応力	変形	
1	①農道橋（橋体） ②水路橋・水管橋（橋体） ③頭首工（堰柱）	橋脚 堰柱本体	健全性を損なわない	降伏状態を超えるような損傷を生じない (補修は不要)	応力度 <許容応力度	—	
2	⑥アームレスト (PC構造、RC構造)	側壁、 底版	健全性を損なわない	降伏状態を超えるような損傷を生じない (補修は不要)	応力度 <許容応力度	—	
3	⑨暗渠（ボックスカルバート）、 ⑪ポンプ場（吸込、吐出し水槽）	側壁、 底版、 頂版	健全性を損なわない	降伏状態を超えるような損傷を生じない (補修は不要)	応力度 <許容応力度	—	
4	⑧パイプライン	(継手 構造 管路 本体)	管体	健全性を損なわない	最大通水量を維持できること (設計水圧によって計画最大流量が流せる。)	(ダクタイル鉄管等のみ) 軸方向応力度 <許容応力度	継手伸縮量 <照査用最大伸縮量 継手屈曲角度 <許容屈曲角度 (鋼管のみ) 軸方向ひずみ <許容ひずみ
		(一体 構造 管路 本体)	管体	健全性を損なわない	最大通水量を維持できること (設計水圧によって計画最大流量が流せる。)	(ダクタイル鉄管等のみ) 軸方向応力度 <許容応力度	(鋼管のみ) 軸方向ひずみ <許容ひずみ
5	④擁壁、 ⑤開水路	側壁・底版	健全性を損なわない	降伏状態を超えるような損傷を生じない (補修は不要)	応力度 <許容応力度	—	
6	⑦ため池 (堤体)	堤体	健全性を損なわない	堤体に構造的な損傷が生じない	極限つり合い法 (円弧すべり法) 安全率FS≥1.20		
7	⑩杭基礎	杭体	健全性を損なわない	降伏状態を超えるような損傷を生じない (補修は不要)	応力度 <許容応力度	変位量 <許容変位量 押込力・引抜力 <許容支持・引抜力	

表-2.5.13 構造物と照査項目（レベル2地震動）

グループ	施設 (構成要素)	構造 部材	重要度及び 耐震性能	損傷度	照査項目と照査基準	
					応力、耐力	変形
1 <sup>*1</sup>	①農道橋（橋体） ③頭首工（堰柱）	橋脚、 堰柱本 体	AA種 限定された損 傷にとどめる	場合によっては補 修が必要	慣性力<地震時保 有水平耐力	残留変位 <許容残留変位
			A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要	慣性力<地震時保 有水平耐力	—
2	②水路橋・水管 橋（橋体）	橋脚	A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要	慣性力<地震時保 有水平耐力	—
3	⑥アームボート (PC構造、RC構 造)	側壁、 底版、 頂版	A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要	断面力<終局耐力	—
4	⑨暗渠（ボック スカルバート）、 ⑪ポンプ場（吸 込、吐出し水槽）	側壁、 底版、 頂版	A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要	断面力<終局耐力	—
5	⑧バ イブ ライ ン	(継手 構造 管路 本体)	管体	A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要  (ダクタイル鉄 管等のみ) 軸方向応力度<許 容応力度	継手伸縮量 <照査用最大伸 縮量 (鋼管のみ) 軸方向ひずみ <許容ひずみ 継手屈曲角度 <許容屈曲角度
		(一体 構造 管路 本体)	管体	A種 致命的な損傷 を防止する	構造物の崩壊はな いものの補修が必 要  (ダクタイル鉄 管等のみ) 軸方向応力度<許 容応力度	(鋼管のみ) 軸方向ひずみ <許容ひずみ
6	④擁壁、 ⑤開水路	側壁・底 版	A種 致命的な損傷 を防止する	降伏状態を超える ような損傷を生じ ない (補修は不要)	応力度<許容応力度	—
7	⑦ため池 (堤体)	堤体	限定された損傷 にとどめる	沈下量が許容値以 内におさまる	—	沈下量< 許容値沈下量
8	⑩杭基礎	杭体	AA種 限定された損 傷にとどめる	副次的な塑性化に とどめる (補修せずに供用)	設計水平耐力<基 礎の降伏耐力 作用せん断力<せ ん断耐力	応答塑性率 変位

\*1 道路橋の各部材の詳細については、平成14年制定の「道路橋示方書 V耐震設計編」を参照のこと