

引用文献

- 1) 経済産業省原子力安全・保安院 他(2012)：水力発電施設の耐震性能照査マニュアル
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2005)：大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料
- 3) 一般社団法人 ダム・堰施設技術協会(2016)：ダム・堰施設技術基準(案)(平成28年3月改正)(基準解説編・設備計画マニュアル編)
- 4) 農林水産省農村振興局整備部設計課(2009)：鋼構造物計画設計技術指針(水門扉編)
- 5) 農林水産省農村振興局整備部(2015)：土地改良事業計画設計指針(耐震設計)
- 6) 日本地震工学会(2006)：性能規定型耐震設計 現状と課題
- 7) 公益社団法人 日本道路協会(2017)：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編
- 8) 公益社団法人 土木学会(2018)：2017年制定 コンクリート標準示方書[設計編]
- 9) 財団法人 ダム技術センター(2011)：大規模地震に対するダムゲートの耐震性能照査手法の検討
- 10) 社団法人 水門鉄管協会(2015)：水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編
- 11) 国土交通省水管理・国土保全局治水課(2020)：河川構造物の耐震性能照査・解説 IV. 水門・樋門及び堰編
- 12) 国土交通省大臣官房官庁営繕部(2021)：(平成25年制定)官庁施設の総合耐震・対津波計画基準及び同解説 令和3年度版、一般社団法人 公共建築協会
- 13) 経済産業省原子力安全・保安院, 電源開発株式会社, 東電設計株式会社, 株式会社ニュージェック(2012)：発電設備耐震性能調査(平成21～23年度)報告書
- 14) 中山義紀、大町達夫、井上修作(2008)：ダムゲートに作用する地震時動水圧の実用的評価式の提案、土木学会論文集A、Vol. 64、No. 4
- 15) 社団法人 水門鉄管協会(2020)：水門鉄管技術基準 水門扉編

用語解説

本マニュアルで用いる主な用語の定義・意味等について補足的に解説する。

●耐震性能照査に関する用語

レベル1地震動

供用期間内に1～2度発生する確率をもつ地震動強さ。

レベル2地震動

現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動。

入力地震動

耐震性能照査の際に対象設備の解析モデルに入力する地震動。

耐震性能

地震の影響に対して構造物が保持している性能。

要求性能

耐震性能を満たすための限界となる状態。

照査

構造物が要求性能を満足しているかを、解析等により判定する行為。

限界状態

要求性能を満足しなくなる対象構造物あるいは部材の限界の状態。

応答値

地震動により構造物に発生する加速度、速度、変位及び応力等の値。

照査基準

地震動によって生じる部材等の状態が、限界状態を超えないことを確認するための基準。

●構造解析に関する用語

解析モデル

構造物、地盤、貯水などの解析対象をコンピュータで扱えるように、数学的に近似して表したものの。

部材

構造物を構成する梁、柱、壁等の総称。

地震応答解析

地震動による構造物や地盤の応答を推定、評価するための解析の総称。

静的解析

地震力が作用しない常時（非地震時）における自重等の影響のみを考慮して構造物等に生じる変形や応力状態を求めるための解析。地震動など実際には時間的に変動する外力の作用を動的に考慮するのではなく、静的な荷重（慣性力）に置き換えて考慮し、それが作用した時の構造物等の応答（変形や応力等）を推定しようとするものは、擬似的な静的解析である。耐震設計においては、従来から広く用いられてきた震度法や塑性域の挙動も評価する際に用いられる地震時保有水平耐力法などが該当。

動的解析

地震動など時間的に変動する外力の作用を動的に考慮し、それに対する構造物の応答（変形や応力等）を求めようとする解析。

線形動的解析

材料に生じる応力とひずみの関係が線形（比例）関係にあるものとして構造物等の動的挙動を調べる解析。鋼構造の場合は、適用範囲は $2\varepsilon_y$ までを限度として、それ以上のひずみを算出する場合には非線形解析を用いる。コンクリート構造の場合、基礎部などマシブな部材で塑性化する可能性が小さい箇所については線形材料と仮定し、解析効率を向上させることができる。

非線形解析

材料の応力-ひずみ関係、部材あるいは構造物の力と変位との関係を非線形で与える解析方法。

許容応力（度）

構造物が荷重に対して破壊又は過大な変形を生じないように、部材に生ずる応力を使用材料に応じて制限する必要がある、この限度を示す応力度。材料の基準強度を安全率で除して求める。参照・引用した文献・基準によって許容応力と表記している場合もあるが、本マニュアルでは基本的に許容応力度の用語を用いる。

許容安全率

本マニュアルでは取水塔基礎（コンクリート）の剛体としてのせん断摩擦安全率の許容値を示す。

構造物・貯水連成解析

構造物と貯水の動的相互作用を直接的に考慮する数値解析手法の一つ。

付加質量

貯水を非圧縮性流体と近似した場合、貯水に接している構造物に作用する地震動の動水圧は、構造物に付加的な質量を与えることで影響を考慮できることになる。このときに付加する質量を貯水による付加質量と呼ぶ。付加は一般に付加質量マトリクスで表されるが、近似的には集中質量で表すことも多い。

フレームモデル

部材を梁（ビーム）要素でモデル化した3次元有限要素モデル。

シェルモデル

部材をシェル（平板、殻）要素でモデル化した3次元有限要素モデル。

ソリッドモデル

部材をソリッド（立体）要素でモデル化した3次元有限要素モデル。

リバー要素

汎用FEM解析ソフトウェア「Abaqus」で表現可能な要素タイプの一つで、補強層のモデルとして用いることができる。元々は、「鉄筋(reber:リバー)」を意味しており、膜、シ

ェル、表面要素に対して、単軸補強材の層として定義する。

M-φモデル

軸力一定のもとでM(モーメント)-φ(曲率)関係をあらかじめ求め、曲げ変形のみを考慮して骨組構造の耐震解析を行う方法で、道路橋示方書で採用されているモデル。この手法は、軸力変動を伴う場合などの複雑な負荷条件に対しては適用が繁雑になる。

ファイバーモデル

有限要素法における梁部材のモデルの1つであり、動的解析における材料非線形問題を扱うことができるのが大きな特徴である。ファイバーモデルは、部材断面を微小断面に分割し、各々の分割要素に応力-ひずみ関係と分担面積を与えることで非線形部材を設定するものであり、梁の変形状態(軸歪みと曲率)から梁に作用する断面力を求める。

降伏応力

材料の塑性が開始する応力のこと。これ以上の応力が発生すると、除荷しても元の形状に戻らず永久ひずみが残る(降伏点とも呼ばれる)。多くの鋼材では、応力-ひずみ曲線は降伏応力までは直線となる線形弾性体であるが、明確な降伏応力が存在しない材料では、除荷時に0.2%の永久ひずみが残る点を0.2%耐力と呼び、降伏応力の代わりに使用することが多い。

固有値解析

固有値解析は構造が保有している振動的な特性を求める解析手法。ここでいう振動的な特性とは固有振動数、固有モードである。固有値解析では、あくまで振動的な特性を求めるため入力荷重はなく、解析結果として固有モードの変形形態を見ることができ、変形量自体に意味はない。また、通常の固有値解析では減衰がない状態での固有振動数と固有モードのみを求めることになる。

固有値解析では前述のように、構造の固有振動数と固有モードを求めるため、当該構造物がどのくらいの周期(周波数)で、どのように振動するかが解ることになる。

弾性域

鉄筋コンクリート部材では、荷重レベルの低い段階からコンクリートにひび割れが発生するため、厳密には荷重－変位曲線は非線形になるが、巨視的に見て、荷重－変位曲線がほぼ直線で、かつ塑性変形の影響が無視できると見なせる領域のこと。

塑性域

構造部材が降伏後、降伏点を越えて応力－ひずみ関係が直線性を外れひずみが増大する領域。

塑性率

構造物が降伏を越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。

残留変位

ある材料にその弾性限度応力以上の力を加えたとき、その力をとり去ってもあとに残る変位の大きさ。

副次的な塑性化

弾性限界を越えることは認めてもわずかな塑性変形量に制限し、エネルギー吸収は期待しないが、部材の機能を損なわないような最小限の損傷に留まる状態のこと。

エネルギー一定則

弾塑性復元力特性を有する1自由度系構造物が地震動を受けた場合に、弾塑性応答と弾性応答の両者の入力エネルギーがほぼ等しくなるという考え方に基づく近似的な解法。塑性域に入っても部材の水平耐力が減少することなく変形できる領域が大きい（大きな塑性変形性能を有する）場合、部材が降伏した以降においても地震動のエネルギーを吸収する効果を評価することが可能となる。

破壊形態

部材が曲げモーメントとせん断力を同時に受けるときに、終局水平耐力（曲げ耐力）及びせん断耐力の何れかに先に達するかによって判定される。部材の破壊形態を知ることが、部材の塑性変形性能を知る上で重要であり、例えばプッシュオーバー解析においては、曲げ破壊型、曲げ損傷からせん断破壊移

行型、せん断破壊型の何れかの形態かを判定することになる。

バウシinger効果

一度ある方向に塑性変形を与えたのち、逆方向の荷重を加えると、再び同方向に荷重を加えたときより塑性変形が低い応力でおこる効果。

流体要素（液体要素）

ダム本体やゲート等の構造解析において、動水圧を考慮する際の貯水は流体（液体）要素としてモデル化する。流体は圧縮・膨張する性質を持っているが、この影響を無視できない流体のことを圧縮性流体と呼ぶ。シリンダーに入った圧縮性流体を考えた場合、ピストンが移動すると、それに合わせて流体の体積が変化するが、系全体の質量は変化しない。そのため、体積が変化した分だけ流体の密度が変化するようになる。

一方、圧縮や膨張の影響を無視できる流体のことを非圧縮性流体と呼ぶ。非圧縮性流体では流体の体積は変化せず、密度は常に一定であるとして扱われる。圧力や温度による密度変化が小さい場合には非圧縮性流体として近似することによって、その取扱いを大きく簡略化することができるため、ダム、ゲート等の構造解析では非圧縮性流体として取り扱われることが多い。

加速度応答スペクトル

地震動に対する1自由度系(1質点減衰系)の最大応答と系の固有周期(又は固有振動数)の関係を加速度の最大応答に着目して図示したもの。なお、同じ波形の地震動を受けても、構造物の揺れ(応答)はその構造物の動的応答特性によって異なるものとなる。このような地震動の波形と構造物の応答の関係を構造物の固有周期と減衰定数の関数として表示したものが応答スペクトルであり、このうち加速度応答に着目したものが加速度応答スペクトルである。したがって、対象とする構造物の揺れやすい周期(固有周期又は固有振動数)と減衰定数があらかじめわかっているならば、対象とする地震動波形に対する応答スペクトルを参照することにより地震時における構造物の揺れ(ここでは加速度応答)の最大値を推定出来ることになる。

●ダム付帯設備に関する用語

ローラゲート

貯水圧に対してダムのピア（堰柱）の左右両側に配置された主ローラによって巻上げ力を減少する構造のゲート。構造に安定性があり、比較的作用水圧が小さい洪水吐ゲートとして使用されている。

ラジアルゲート

扉体を支承ピンを介してダムのピア（堰柱）に取り付け、同ピンを中心に回転して開閉動作を行うゲート。ダムの洪水吐その他に多く使用される。水圧が回転軸に集中し、開閉摩擦抵抗は主として開閉軸周辺の摩擦力となる。一般に重量もローラゲートに比べ軽く、戸溝を必要とせず、渦流が生じることもなく、堰柱も軽くてよい。