

## 9 章 減震・免震・制震構造

### 9.1 適用範囲

本章は、減震・免震・制震構造を採用する場合の、構造物本体および減震・免震・制震デバイスの設計に関する基本事項を示すものである。

### 9.2 減震・免震・制震構造の定義

- (1) 減震・免震・制震構造とは、何らかの原理、構造、あるいは装置（デバイス）を用いることにより、地震時の応答の低減など、地震の影響の低減を図る機構を有する構造物をいう。こうした機構を設けることにより、大規模地震時に対して主要構造部材の損傷を低減・防止するように耐震性能を高めたり、あるいは同等の耐震性能に対して経済性を高めることを目的とするものである。
- (2) 減震構造とは、免震構造および制震構造以外の原理によって地震の影響を低減した構造物の総称をいう。地盤の振動低減構造や土圧軽減工法等の方法によって地震の影響を低減した構造物を含む。
- (3) 免震構造とは、長周期化と高減衰化により地震時の応答の低減を図った構造物をいう。
- (4) 制震構造とは、高減衰化により地震時の応答の低減を図った構造物や、センサーによる地盤や構造物の計測情報に基づいて、剛性や減衰性能を変化させたり、制御力を作用させることによって地震時の応答の低減を図った構造物をいう。一般に前者をパッシブ型制震構造、後者をアクティブ型制震構造という。

### 9.3 減震・免震・制震構造の設計の基本

#### 9.3.1 一般

- (1) 減震・免震・制震構造の設計は、構造物および減震・免震・制震デバイスを含む構造全体の挙動を適切に予測するとともに、構造物に必要とされる性能が満足されることを照査しなければならない。
- (2) 減震・免震・制震デバイスは、構造物に必要とされる性能を確実に発揮できるものを選定しなければならない。
- (3) 減震・免震・制震デバイスは、その力学特性と機構が明確な範囲で使用するとともに、常時ならびに地震時において、確実かつ耐久的に機能するものでなければならない。
- (4) 減震・免震・制震構造の採用は、建設当初に要する初期コストのみならず、構造物の供用期間中における費用便益を総合的に考慮したライフサイクルパフォーマンスを検討した上で判断するのがよい。

### 9.3.2 ライフサイクルパフォーマンスの基本的考え方と評価方法

- (1) 減震・免震・制震構造のライフサイクルパフォーマンスの評価においては、構造物の想定供用期間に発生する事象を総合的に検討した上で、構造物および減震・免震・制震デバイスの性能を評価しなければならない。
- (2) 減震・免震・制震構造のライフサイクルパフォーマンスの評価は、構造物の想定供用期間内に必要となるコストおよび達成される便益を数量化して検討を行うのがよい。

## 9.4 減震・免震・制震構造の設計と限界状態

### 9.4.1 一般

減震・免震・制震構造に対する要求性能を満足させ、減震・免震・制震デバイスが設計で想定する範囲内で確実に機能を発揮するように、構造物ならびに減震・免震・制震デバイスの限界状態を適切に設定するとともに、地震による応答がこれを超えないことを照査するものとする。

### 9.4.2 構造物に要求する性能区分

- (1) 減震・免震・制震構造の性能区分は、構造物の有する社会経済的機能と構造物に発生する損傷特性を考慮して設定しなければならない。
- (2) 減震・免震・制震構造が保有すべき耐震性能の区分においては、使用性、安全性、修復性を考慮して定めるのがよい。
- (3) 構造物の保有すべき耐震性能と設計で想定する地震動との組み合わせは、設計対象構造物の重要度に基づいて適切に選定しなければならない。

### 9.4.3 耐震性能に応じた限界状態の設定

- (1) 耐震性能は、構造全体系の限界状態として定義するとともに、各部材の損傷と関連する適切な工学的指標により表現するものとする。
- (2) 減震・免震・制震構造では、主要構造部材に大きな損傷を発生させないことを前提としている。したがって、設定した性能区分により、主構造部材の損傷許容の有無や損傷の程度を適切に設定しなければならない。

### 9.4.4 限界状態に対応した構造設計法

- (1) 減震・免震・制震構造を設計する際には、主要構造部材が弾性範囲内に留まるか、塑性範囲に達するかを考慮し、減震・免震・制震デバイスの特性を設定するとともに、構造物ならびにデバイスの特性に応じて適切な構造設計法を選定しなければならない。
- (2) 構造物が塑性範囲に達する場合には、減震・免震・制震デバイスの非線形復元力特性と、主要構造部材の復元力特性との連成に留意して構造設計法を選定しなければならない。また、非線形復元力特性を簡易な手法に置き換えて設計を行う場合には、解析手法の精度や信頼性を適切に考慮して行わなければならない。

## 9.5 減震・免震・制震構造の設計に用いる地震動

### 9.5.1 設計で考慮すべき地震動

減震・免震・制震構造物の設計に当たっては、レベル1地震動及びレベル2+地震動を用いた設計を行うものとする。

#### 【解説】

レベル2+地震動は、減震・免震・制震構造の設計に用いる地震動である。

### 9.5.2 減震・免震・制震構造を有する橋梁の設計用レベル2+地震動

減震・免震・制震構造を有する橋梁の建設予定地が震源断層近傍にあって、断層情報が既知の場合、“最新の地震学の知見に照らして、発生がありうると考えられる震源過程から発生する、当該橋梁に最も危険な地震動”をレベル2+地震動とする。

なお、レベル2+地震動は、設計で考慮する最大地震動を表現したものであり、ユーザーなど関係者の関心も強いことから、その理解に資するよう、簡明な規定に努めなければならない。

### 9.5.3 近傍に断層がある場合のレベル2+地震動の設定

#### (1) 断層近傍の地震動の特徴を踏まえた地震動設定

近傍に断層がある場合には、震源の破壊状況に強く影響を受けた地震動が生じるので、このような特徴を踏まえて地震動を設定するものとする。

#### (2) 地震動設定位置

レベル2+地震動は、工学的基盤面が露頭している解放面または当該地点の地表面を基準に設定することを基本とするものとする。

#### (3) 断層モデルの設定

対象となる震源断層の調査結果および、周辺の地震活動度を参考に、震源断層の位置、幾何形状を決定する。断層における破壊開始点および破壊伝播性状に関しては、最新の地震学の知見に照らし発生があり得ると考えられる形態を挙げて検討することを原則とする。

#### (4) 地盤モデルの設定

建設地点の地盤調査結果を基に、地盤モデルを作成する。さらに、周辺地形あるいは震源断層と対象地点間の地下構造をモデル化することが望ましい。

#### (5) 地震観測の推奨

建設地点において当該構造物の計画段階から地震観測を行うことが望ましい。

#### (6) 長周期成分の設定

できうる限り物理モデルに基づいて設定する。つまり、設定した断層モデルを用いてグリーン関数を利用した計算を行うことを原則とする。

#### (7) 短周期成分の設定

短周期成分を設定する場合には、断層の広がりや破壊伝播の影響、距離減衰特性や対象地点直下の地下構造による地震動の増幅が考慮できる手法で評価するものとする。

#### (8) 表面波成分の設定

長周期成分の設定時にモデル化できなかった事象により表面波が励起される場合には、別途表面波成分を設定するものとする。

#### 9.5.4 設定されたレベル2†地震動の設計時の取り扱い

##### (1) 長周期成分に対する設計地震動

減震・免震・制震構造を有する橋梁では、9.5.3(6)で評価した長周期成分に対して設計するものとし、必要に応じて9.5.3(8)で評価した表面波成分も考慮するものとする。

##### (2) 短周期成分に対する設計地震動

減震・免震・制震構造を有する橋梁では、9.5.3(7)に示した短周期成分に対して安全性を照査するものとする。