

## 第5章 解析手法

### 5.1 一般

屋外重要土木構造物の耐震性能照査における応答値の評価には、信頼性と精度があらかじめ検証された解析手法を用いる。

**【解説】** 屋外重要土木構造物の耐震性能を合理的に照査するためには、地震時および地震後の構造物の応答挙動(変形性状、応力状態)を適切に把握することが必要となる。このためには、構造物の挙動を正確に評価できる解析手法を適用することが重要である。

応答値の評価に際しては、対象構造物およびその周辺地盤を厳密にモデル化し、その信頼性と精度が十分に検証された解析手法を選択することが重要である。一般に、解析対象を厳密にモデル化することにより応答挙動を正確に把握でき、信頼性のある照査を行うことができる。その結果、構造設計を一層、合理化することができる。したがって、地盤-構造物、これらの境界部、構造物が支持する機器・配管等を、構造形式や材料特性の観点から厳密にモデル化することが重要である。また、本指針「第2章 屋外重要土木構造物の耐震性能」で設定した目標性能と、適用する解析用材料モデルの特徴や適用範囲には十分配慮しなければならない。

### 5.2 耐震性能照査における応答値の評価に用いる解析手法

- (1) 耐震性能照査における応答値の評価には、地盤-構造物連成系の時刻歴地震応答解析を用いる。
- (2) 解析に用いる材料モデルは、地盤および構造物の非線形性が考慮できるものとする。

**【解説】** (1)について 屋外重要土木構造物は地中構造物であるので、地震時の応答挙動は、一般に、地盤の応答挙動に大きく影響される。したがって、構造物の応答値の評価には、地盤、構造物の材料特性および地盤と構造物の境界部の挙動特性を考慮できる地盤-構造物連成系の解析手法を用いることが必要である。また、構造物の変形性能による地震時安全性の確保を設計の基本思想としているので、地震時の構造物の応答挙動は非線形領域に達する場合がある。地震動により入力されたエネルギーが構造物に吸収される過程や、非線形領域における応答変形の分布を適切に評価するために、逐次時間積分の時刻歴地震応答解析を適用することを標準とする。

(2)について 地盤、構造物の材料モデルの設定、および地盤と構造物の境界部における挙動特性のモデル化に際しては、以下の点に留意する必要がある。

#### (i) 地盤要素の材料モデル

地盤要素においては、照査に用いる基準地震動から想定される地盤のひずみレベルを適切に評価できる材料モデルを適用することが重要である。また、地盤中に地下水面がある場合には、この影響を考慮しなければならない。

(ii) 構造物要素の材料モデル

地震時には、構造物の塑性変形挙動により地震動のエネルギーを吸収し、安全性を確保することが設計の基本条件となっているので、構造物要素については、永久荷重と地震動の組合せによって生じる鉄筋コンクリートのひび割れや、鉄筋の降伏を適切に評価できる材料モデルを適用することが重要である。

(iii) 地盤と構造物の境界要素の材料モデル

照査に用いる基準地震動の性質、地盤および構造物のせん断剛性の大小関係等により、地盤と構造物の境界ではすべりや剥離等の複雑な現象が生じ、これが構造物全体の応答挙動に影響を及ぼすことが知られている。したがって、地盤と構造物の境界要素は、必要に応じてこれらの現象を表現できるモデルを適用することが重要である。

解説表 5.2-1 に、材料モデルで区分した解析手法の分類を示す。本指針では、非線形解析を適用することを標準としている。線形解析は、「旧マニュアル」で標準的に使用したものであり、ここでは比較のために掲載した。

解説表 5.2-1 地盤—構造物連成系の地震応答解析手法の分類

解析手法の区分		地震応答解析			
項目		線形解析		非線形解析	
材料モデル	地盤	等価線形 ひずみ振幅に依存した剛性、減衰を考慮		全応力あるいは有効応力に基づく非線形モデル	
	構造物	初期剛性	等価剛性 (剛性低下)	鉄筋コンクリート部材としての非線形性を考慮した履歴依存マクロモデル	コンクリートおよび鉄筋の非線形性を考慮した材料構成則モデル
解析により求められる応答値		応力	曲げモーメント 軸力	曲げモーメント, 軸力 曲率, 層間変位	曲げモーメント, 軸力 圧縮縁コンクリートひずみ, 曲率, 層間変位
			せん断力	せん断力	せん断力 せん断ひずみ

: 本指針で標準とする解析手法

### 5.3 耐久性能照査における設計値の評価に用いる解析手法

耐久性能照査における設計値の評価では、環境作用による劣化機構を考慮できる予測手法を用いる。

【解説】 耐久性能照査においては、コンクリートの中性化、塩化物イオンの侵入、凍結融解作用等の環境作用によるコンクリートの劣化現象を表現できる予測手法を用い、それぞれの設計値を評価しなければならない。

中性化に関しては、コンクリートの品質および環境条件を考慮できる中性化深さの予測式を用いる。一般には、 $\sqrt{t}$  則が用いられる。

塩化物イオンの侵入に関しては、塩化物イオンの侵入を拡散現象として扱い、塩化物イオン濃度を予測する。塩化物イオンの侵入では、一次元場の拡散現象の解として導出された評価式を用いることを基本とする。また、『鉄筋腐食によるひび割れが発生しない状態』を限界状態とする場合には、鉄筋位置の塩化物イオン濃度の変化を考慮して、鉄筋の経年腐食量を予測し、これに伴うひび割れの発生の有無を確認する。鉄筋の経

年腐食量およびそれに伴うひび割れの発生の評価は、現状では精度よく評価できる方法が得られていないため、既往の実測データに基づいた経験則などに拠らなければならない。評価方法については、【耐震性能照査マニュアル】に示す。

凍結融解作用に関しては、実際の環境条件、配合条件等に基づいて、コンクリートの凍結融解作用による経年劣化を評価する方法が得られていない。したがって、同一配合のコンクリート試験体を用いた実験室における材料実験(JIS A 1148(A 法)「コンクリートの凍結融解試験法(水中凍結融解試験方法)」)により、コンクリートの品質の低下を相対動弾性係数などの適切な指標を用いて評価する。

これらの予測手法は、コンクリートに生じているひび割れ幅によって、その適用性が制約される。したがって、個々の現象の評価に先だって、永久荷重および変動荷重によるひび割れ幅の予測を行い、上記方法が適用範囲であることを確認しておく必要がある。