

Q&Aコーナー



道路橋の耐震設計とは？

技術士（建設／総合技術監理部門） 石川 博之

はじめに

兵庫県南部地震や十勝沖地震、新潟県中越地震、スマトラ沖地震など、道あるいは国の内外で大きな地震災害が発生していることから、Q&Aでこのテーマを取り上げてみました。

道路橋の耐震設計上のポイントは極めて広範囲に及びますが、本稿においては構造物に作用する慣性力や耐震性能の照査、せん断破壊、耐震補強といった事項のうちの一部に的を絞ることとしました。このほかにも、液状化、免震、落橋防止システム等々、耐震設計上のポイントは数多く有りますが、紙面の都合上、割愛させていただきました。

なお、道路橋の技術基準である道路橋示方書・同解説（道示）の耐震設計編については、兵庫県南部地震の発生後、2度（H 8、H 14）の改訂がなされており、本稿はその内容を交えながら記載しています。

1. 耐震設計

1-1 構造物に作用する慣性力

従前の道路橋の耐震設計においては、地震によって構造物に作用する動的な慣性力を、設計水平震度を用いた静的な荷重に置き換えて算出していました。

つまり、慣性力 F は

$$F = m \cdot \alpha \quad (\text{質量} \times \text{加速度})$$
$$= k_h (\text{設計水平震度}) \times W \quad (\text{重量})$$
$$(k_h = \alpha / g \quad (\text{重力加速度}))$$

というような考え方で算出することとされており（図-1参照）、設計水平震度 k_h は0.2~0.3程度になっていました。

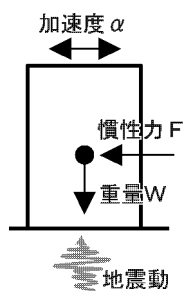


図-1 加速度と慣性力

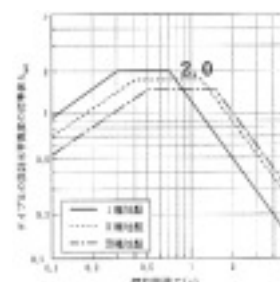
しかし、平成7年の兵庫県南部地震では、これを大きく超えるような加速度も記録され、甚大な被害が発生しました。

このため、道示の改訂では、設計地震動において、従前の設計水平震度に相当するレベル1地震動に加え、発生確率は低いですが極めて大きな強度を持つ、レベル2地震動が新たに規定されました。

これにより、設計水平震度の標準値については、内陸直下型地震を想定したレベル2地震動のタイプIIの場合、最大で2.0（2G相当）となりました（図-2参照）。



レベル1地震動



レベル2地震動（タイプII）

図-2 設計水平震度の標準値

また、地震時の挙動が複雑な橋の場合、動的な慣性力を静的な荷重に置き換える前述の方法では、十分な精度で地震時の挙動を表せない恐れがあります。

このような場合、橋の動的特性を表現できるモデルを用いた動的解析（図-3参照）が重要となってくることから、道示の改訂ではその規定も改められました。



図-3 動的解析モデルのイメージ

1-2 耐震性能の照査

従前の道路橋の耐震設計において、構造物の耐力については、主として許容応力度法を用いることとされてきました。つまり、地震動によって構造物に生ずる応力を、定められた許容応力度（弾性範囲内程度）以内に収めるといような設計法です。

しかし、その先の塑性域を考慮した場合、構造物の耐力はもう少し大きく評価できますし、塑性化によるエネルギー吸収等も期待できることとなります。

このため、道示の改訂では、レベル2地震動時において、塑性化を考慮する部材を選定し、塑性域や変形性能、エネルギー吸収を考慮して、部材の限界状態を超えないように耐震性能を照査するよう、改められました(地震時保有水平耐力法、図-4参照)。

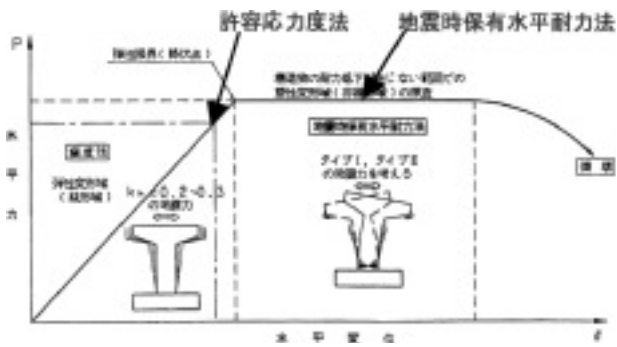


図-4 耐震性能の照査方法のイメージ

1-3 段落しとせん断破壊

兵庫県南部地震では、橋脚の柱部の主鉄筋（鉛直方向の鉄筋）をぐるりと囲み込む鉄筋（帯鉄筋）の不足や、主鉄筋の一部を柱の途中で止めてしまうよ

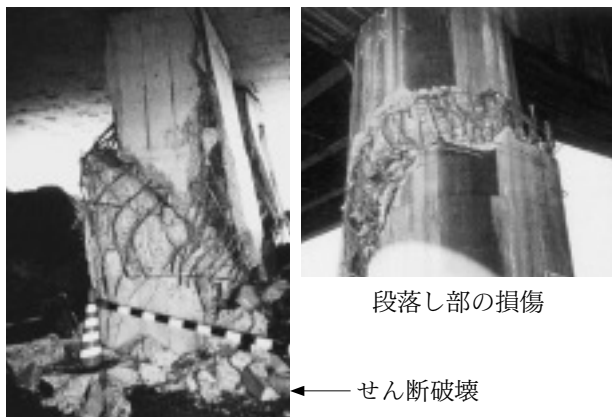


写真-1 橋脚の損傷の事例

うな配筋（段落とし）が原因で、柱に致命的な破壊を生ずるような現象（せん断破壊）が発生しました(写真-1参照)。

このため、道示では、帯鉄筋や中間帯鉄筋、段落しに関する規定も改訂されました。

2. 既設橋の耐震補強

2-1 国土交通省の3カ年プログラム

国土交通省では、兵庫県南部地震や新潟県中越地震の甚大な被害等に鑑み、平成17～19年度で全国の重要な緊急輸送道路の橋梁の耐震補強を重点的に進める、「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」を策定し実施することとしました。

このプログラムでは、緊急輸送道路の橋梁で、S55道示より古い基準を適用した橋梁のうち、例えば段落し部のあるRC製単柱橋脚や、連続橋のRC製固定橋脚の補強、ゲルバー桁等への落橋防止システムの設置などを、重点的に実施することとしています。

2-2 既設橋の耐震補強と現在の道示

前述のプログラムは、兵庫県南部地震における橋梁の被災経験や特徴等を踏まえ、施工性等も勘案の上、当面必要となる対策を選定したもので、現在の道示に規定されている要求事項を必ずしも全て満足させるものではないと考えられます。

通常、新設橋については、現在の道示の規定に則って設計することとなります。しかし、改訂前に比べ、設計水平震度が桁違いに大きくなったことや、個々の現場における種々の制約等もあり、既設橋の耐震補強に道示の規定を全て適用することは、現実的に考えて困難な場合も少なくないようです。

あとがき

以上、耐震設計の概要について述べましたが、具体の運用に当たっては難しい部分も多く、設計担当者も大変苦労しているのが実状のようです。

私の所属する北海道開発土木研究所構造研究室では、耐震に関する研究や、講習会の開催などに取り組んでいるところであり、引続きこのような取組を通じ、北海道における耐震設計及び施工が円滑に行われるよう、支援してまいりたいと考えています。