

## 大規模地震発生時の橋梁性能評価システムについて

西日本高速道路株式会社 正会員 ○藤井 雄介  
NEXCO 西日本コンサルタンツ株式会社 正会員 難波 正幸

## 1. はじめに

日本の経済社会の大動脈を形成する重要な路線に架設される橋（B種の橋）は、大規模地震発生時においても「地震による損傷が限定的なものに留まり、橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能」を確保していることが求められている。特に、高速道路は災害発生時の緊急輸送路としての役割を担うことが期待されることから、西日本高速道路(株)では、震災発生後24時間以内の緊急輸送路を確保することを目標としている。しかし、平成28年4月16日に発生した熊本地震では、支承の破壊等により24時間以内での緊急輸送路の確保が困難であった。早期の復旧を行うためには、橋梁自体の性能を向上させるだけでなく、災害発生後の点検から復旧に至る時間の短縮を図ることも重要である。ここでは、災害発生後から復旧に至る期間短縮を目的とした西日本高速道路(株)での大規模地震発生時の橋梁性能評価システム整備の取組み（QEBPプロジェクト）について報告を行う。

## 2. QEBP (Quick Evaluation of Bridge Performance) プロジェクトの概要

QEBPとは、西日本高速道路(株)の高速道路において、緊急輸送路を震災後24時間以内に確保することを目指し、震災発生直後に迅速に橋梁の性能を評価し、橋梁の損傷程度を定量的に把握することを目的とする構造解析支援システムのことをいう。

具体的には、当該システムの活用により、各橋梁の設計地震力に対して、直近の高速道路インターチェンジの地震計で計測された地震データから以下①、②の2つの情報について即時的に把握することを目指している。

- ① 発生地震力と設計地震力の関係（実作用力が設計で考慮した作用力をどの程度超過しているのか）
- ② 想定される橋梁部位の破壊順序（発生した地震により、橋梁のどの部位が破壊している可能性が高いのか）

## 3. 発生地震力と設計地震力の関係

橋梁の振動単位系での固有周期が把握できていれば、地震発生時に地震計で計測される地震データから応答スペクトルを作成することで、地震により対象とする橋梁に作用した地震力を推定することができる。また、この推定した地震力（水平震度）と設計時考慮した震度（設計震度）との大小関係を比較することで、発生した地震により対象とする橋梁に、設計で想定した地震力以上の力が作用したか否かを概ね判断することができるため、地震による橋梁の損傷程度を概括的に把握することが可能となる。図-1に設計水平震度と固有周期の関係による橋梁の損傷程度の判断イメージを示す。この判断を地震発生後に即座に行うために、西日本高速道路(株)では各橋梁の設計水平震度と固有周期のデータベースの整備を進めるとともに、発生した地震による地震力の推定値との関係を自動的に表示するシステムの構築を行っている。

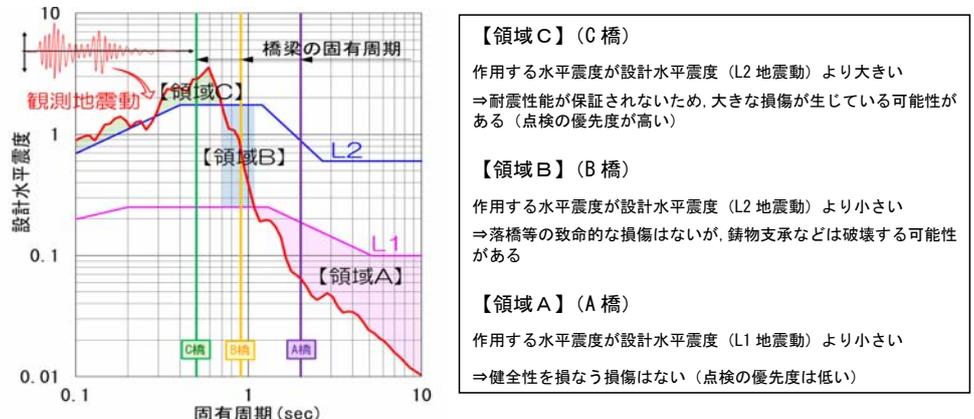


図-1 設計水平震度と固有周期の関係による橋梁の損傷程度の判断イメージ

キーワード 大規模地震, 橋梁性能評価システム, 固有値解析, 破壊順序

連絡先 〒530-0003 大阪府大阪市北区堂島1-6-20 堂島アバンザ18F 西日本高速道路(株) TEL 06-6344-7392

### 4. 想定される橋梁部位の破壊順序

地震発生時に事前に橋梁部位の破壊順序について把握できていれば、損傷している可能性が高い部位を想定できるため、震災後の点検において確認すべきポイントが明確になり、診断までの時間短縮及び診断の正確さを高めることが可能になると考えられる。例えば、図-2 に示すような順序（支承部→フーチング→橋脚基部→杭基礎）で破壊することが想定されていれば、支承部以外において外見上は損傷がないように見える場合であっても、土中のフーチングにも損傷が及んでいる可能性も否定

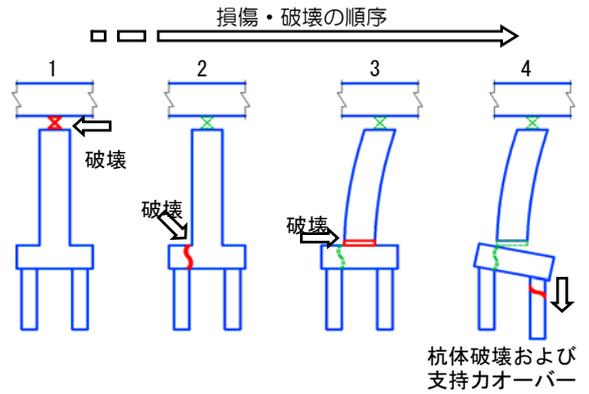
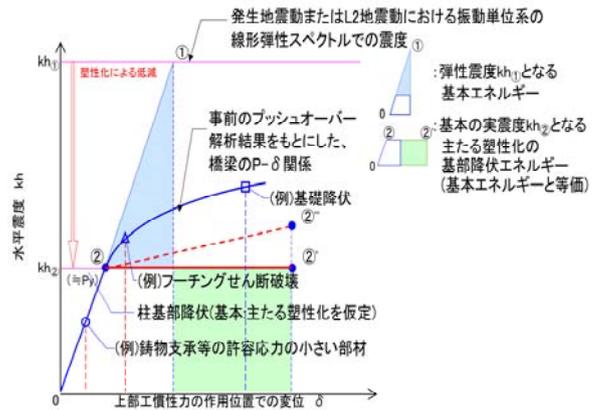


図-2 破壊順序の例

できないことが想定されるため、復旧に向けて、フーチングの損傷状況を確認する計画について早期に検討することなどが可能になる。

図-3 に一般的な橋脚における破壊順序（破壊シナリオ）の検討事例を示す。QEBP での破壊順序は、橋梁ごとに静的解析（プッシュオーバー解析）を実施することにより、橋梁の各部位が終局状態に至るまでの吸収エネルギー量についてエネルギー一定則を基に算出し、その大小関係を比較することにより定めることを考えている。つまり、図-3b) に示す橋梁の荷重-変位関係（ $P-\delta$  関係）から求まる吸収エネルギー量の大きさから破壊順序を想定している。これにより、部位ごとの塑性化後のねばり（靱性）も考慮することが可能となる。

当該事例（図-3）では、先ず支承の損傷が生じる結果となっている。このような支承（いわゆるタイプ A 支承）については、落橋防止システムによって水平方向の L2 地震動に抵抗するよう基本的には、対策を実施しているため、支承の損傷が即落橋につながる恐れは少ないものの、24 時間以内の緊急車両の通行においては、支承の損傷による段差が大きな問題となる可能性がある。次に、橋脚は基部に塑性ヒンジが生じると仮定しているので吸収エネルギー量が大きい。一方、一般にフーチングは橋脚と同等以上の耐力を有していることが多いが、当該事例（せん断破壊の場合）では、橋脚基部より吸収エネルギー量は小さく、先に損傷が生じる可能性がある。また、基礎については橋脚と同等以上の吸収エネルギー量を有していることから点検、対策の優先順位は低いことがわかる。このように、事前に各橋梁において水平作用力によって想定される破壊の順序を把握できていれば、地震による橋梁への影響を評価するための点検・調査のポイント（対象箇所）を明確にすることができる。



a) 破壊シナリオの検討事例

記号	損傷破壊発生順位	吸収エネルギー量 (図-3a)の場合)
K □: 基礎部分	4	
P ●: 橋脚	3	
F △: フーチング	2	
B ○: 支承	1	

吸収エネルギー量の比較 B < F < P < K

b) 吸収エネルギー量と破壊順序

図-3 一般的な橋脚における破壊順序の例

### 5. まとめ

事前に各橋梁でこのようなデータ（①発生地震力と設計地震力の関係、②想定される橋梁部位の破壊順序）を把握しておくことにより、発生地震力に対して、橋梁及びその危険個所の特定と点検・調査の優先順位を決定し、迅速な損傷評価を行うことが可能となる。西日本高速道路(株)では、6,000 橋を超える橋梁を管理しているが、地震の発生確率や路線重要度等を考慮し、各々の橋梁に対するデータ整備の優先度を設定し、優先度が高いと判断される橋梁から今後、データ整備を進めていく予定である。