

■ 「全体」と「すきま」

フェロー Ph.D. 東京大学教授 工学系研究科土木工学専攻 藤野 陽三 Yozo FUJINO

兵庫県南部地震の象徴的被害のひとつは高架橋の被害である。いまだに全面復旧していないことがその甚大さを物語っている。また、被害の社会・経済への間接的な影響は計り知れない。

ライフラインとしての都市高速道路の重要性を鑑みたとき、「今回クラスの地震動に備える」姿勢は必要であり、その意味で、震災後、建設省が打ち出した耐震設計の基本方針に私は合意するものである。

今回の地震では橋脚および基礎の耐震性能が大きく問われた。とくに前者については既設橋脚の補強の問題もかかえ、現在、官学民において精力的な研究開発が行われている。これはこれでたいへん重要なことであるが、何事も全体を見渡してのバランスが肝要である。

高架橋は桁・支承・脚・基礎から成るシステムであり、ある要素ばかりを強くしても、あるいはいかに合理的に設計しても、問われるのはあくまでも全体としてのパフォーマンスである。あのような激震に対しては、多少の損傷は許容せざるを得ないわけで、システム全体のパフォーマンスを見ながら、その損傷を合理的に各要素に配分する必要がある。しかしながら、現在のところ、個々

の要素に研究開発の関心が集中し、「全体を睨んでの耐震設計」の議論が少ないのが気になる。

今後は“免震”を取り入れていくという考え方が自然な流れである。

さらに、免震ゴム支承を使うとすれば桁の地震時変位が大きくなり、「桁どうしの衝突」「それに備えたエネルギー吸収要素の付加」、橋軸直角方向であれば「伸縮装置の破壊のさせ方」などが問題となる。金属系の支承であれば、ある震度で確実に破損することで「ヒューズ」として働き、なおかつ、壊れても桁を落下させず、痛めないものが望まれている。供用中の維持管理問題にも配慮しながら、これまでの「強く作る」設計に加えて「うまく壊す設計」が求められている。きわめて高度な技術を要する問題である。

支承まわりは橋の分野ではいわば「すきま」に相当し、橋の主流である桁・脚・基礎とは違い、分野も確立しておらず、担当グループもはっきりしない。しかし、「すきま」にもパワーを投入して取り組まないと、「立派な橋脚はできたけど…」になりかねないことを心配する。

「全体を睨んで」しかも「すきまを忘れずに」を心したい。

■ 機能維持の観点に立った構造物耐震設計の概念

正会員 工博 愛知工業大学教授 工学部土木工学科 青木 徹彦 Tetsuhiko AOKI

今日、わが国の経済を支える物流の多くは高速道路等の陸上トラック輸送に依存しており、都市間や周辺の人々の大量移動手段は鉄道である。よってこれらの土木構造物が長期間その機能を失うことは、構造物自体の直接的損失よりもはるかに大きな社会経済的損失を生じると考えられる。

建築物では中に多数の人がいるから、大地震であつても崩壊による死者を出さないという明確な

思想があり、これから塑性に到る大変形はしても耐力は低下しないとする「保有耐力」の概念が生まれる。ところが高速道路等の土木構造物では都市震災時に消防、救急車、救援物資輸送の生命線となるから、これが機能しないこと自体が構造物の死、または都市の部分的死を意味する。よって土木構造物には建築とは違った独自の耐震設計思想をもつ必要がある。筆者は以下を提案する。

(1) 高速道路等の重要路線の破壊レベルに伴う損失コスト(構造物自体の損失, 人命のコスト, 機能損失が社会経済活動に及ぼす損失コスト他)を算出する。土木家には困難というのなら各種調査機関, 総研, 損保会社等に委託する。総損失コストの大きいものは「重要度」も大きいことを意味する。

(2) 地震後の損傷レベルと機能レベルとの関係を明らかにする。たとえば鋼製橋脚の補剛リブ間に局部座屈が生じてても常時作用荷重に対しては

耐荷力は十分な場合があり, 逆に保有耐力はあっても変形が大きく使用できない場合, 取り壊し再建されることになるから, 利用者にとっては大破と何ら変わらない。

(3) 「1000年に一度の巨大地震に対しても破壊しない構造物を造る」という発想は不合理である。よって「部分的破壊」を場合によって認める。ただし, エネルギー吸収用ヒューズ部材的考えを取り入れ, これを取り替えて早期機能回復を計る。外見上の損傷に目を奪われてはならない。

■ 揺れの設計—動的解析の積極的導入を!—

正会員 工博 岡山大学教授 環境理工学部環境デザイン工学科 竹宮 宏和 Hirokazu TAKEMIYA

兵庫県南部地震によって, 新幹線や阪神高速道路の高架橋が破壊, 倒壊した。その周辺の民家が軽微な損傷で残ったことに, 心理的により大きな衝撃を受けた。わが国の耐震設計技術の水準は高いと誰しも自負していた。そして現行耐震構造は関東大地震級にも耐えられるものと一般にはうたわれていた。何が原因したのかの究明がいまなされている。

構造物の被害の状況をみて, 1980年の新耐震設計法を境に, それ以前と以後の構造物とでは阪神・淡路大震災の被害の差は歴然としている。かと言って, 新耐震設計法以後の構造物が被害を免れたことにはならなかった。現行の新耐震設計法にも改善すべきところがあるのではないだろうか?

被害の学術的な究明が進むにつれて, 直下型地震動の特異性, 神戸とその周辺の地形・地盤の特徴と地震波の増幅作用, そして高架橋の共振現象が指摘されてきている。

上記の高架橋は, 線状に延びる構造であり, 多数のスレンダーな橋脚により支持されたマスの大きい連続した桁からなるため, トップ・ヘヴィーである。したがってその構造の特徴としてはより大きな地震の慣性力を高い位置で受けることになる。全体系のバランスの中で剛性の低い箇所が存

在するのも事実で, そこでは大きな揺れ幅となる。連続高架橋では橋軸に沿ってねじれた振動モードが現れてくることになる。それゆえ地震力の作用も静的に想定するときと大きく異なり, 一様でなく断面によってはよりきびしい状況となる。

直下型地震の大変位が繰り返す下での強い加速度の速い繰り返しのギクシャクした作用は, トップ・ヘヴィーな高架橋の構造にとって不安定な揺れとなる。静的な力の作用下のみを対象にして, 設計震度のみを上げることが, この意味で真に耐震性の向上につながらないと思う。揺れる構造の設計, つまり動的解析の積極的な導入が必要である。

今回の阪神・淡路大震災の被害を説明していく中で, 衝撃によると思われる引張破壊の痕跡が見られたことも指摘しておく。1995年11月号の震災フォーラム『地震動』のところで衝撃地震波の可能性について触れたが, トップ・ヘヴィーなRC橋脚に衝撃波が入射されると, 上昇波と下降波のぶつかりにより確かに引張破壊が天端から中央断面位置において生じる。これが引き金となって甚大な破壊へと至ったとなると, 今後, 衝撃地震のことも配慮した構造設計を考えていく必要性があるのかも知れない。