

構造物の基礎に思うこと

京都大学大学院 工学研究科 教授 博士(工学)

Kimura Makoto
木村 亮



昔、ある会社のコマーシャルで、体を鍛えなければと考えたひ弱な中年が、上半身だけを集中的にトレーニングジムで鍛えた結果、筋骨隆々とした上半身と何とも情けなく貧弱な下半身の妙にアンバランスな体になってしまった話があった。人間が健康に生きるためには一部分だけを鍛えてもだめで、全体を鍛えるバランス感覚が重要なことは誰しも理解している。では社会基盤を支える構造物の基礎は、現在どのような状況になっているのであろうか。上部工とともにバランスよく鍛えられているのであろうか。

20年前に発生した兵庫県南部地震の後、設計者はたとえば橋梁であると、桁の連続化、桁かかり長の増設、落橋防止装置の設置、RC橋脚の鋼管巻き立て、鋼製橋脚へのコンクリート充填など、構造物を補強したり落橋を防止したり、支承の補強や免震支承などを導入したりして対策を講じてきた。基礎に関しては、マイクロパイルを含む増し杭による補強、鋼管矢板基礎の増設による補強や周辺地盤の地盤改良による補強などが提案されてきた。ただし、積極的に基礎の耐震性を確認して補強したという事例は多くない。荒っぽい言い方ではあるが、構造物は基礎で壊さずに修復しやすい上部工で壊すというのが、兵庫県南部地震以降の方針である。すると、基礎は補強していないのに上部工ばかり補強すると、鍛えられた上半身ではなく下半身が脆くなるのではないかと考えるのが普通である。

たとえば、既設杭基礎を有する道路橋の補強のあるべき方向性は、以下のように考えられている。①道路橋の震災経験を踏まえ、落橋防止対策と橋脚補強を優先する。②既設杭基礎の補強対策を他の対策と同時に実施するか否かは、地震後の道路ネットワーク・橋梁の重要度などに応じて個々に判断する。③既設杭基礎の補強に先行して橋脚の補強を実施する場合は、将来的に基礎の耐震性の照査を行い、必要に応じて既設基礎の補強の実施を行うことを前提とする。④既設杭基礎以外の補強を先行する場合は、橋梁全体の耐震性能の確保を考慮し、基礎への影響をできるだけ小さくするよう配慮する。重要なことは、「将来的に基礎の耐震性の照査を行い必要に応じて既設基礎の補強の実施を行うことを前提」としていることである。経済的な問題は残るが、下半身もバランスが悪ければ、時期が来たら鍛えるのである。

逆に上半身だけ鍛えることに対する言い訳は、「基礎はもともと丈夫に作ってあるので壊れにくい」という考え方である。これは正しい場合もあれば、間違っている場合もある。以前、80年以上前に作られた日本初の深さ30mのニューマチックケーソンで支持される永代橋と清洲橋の耐震補強に携わった。無筋コンクリートであるために、現在の道路橋示方書の守備範囲外で独自の耐震評価を行ったが、コンクリートの強度が設計値よりかなり大きく、基礎

の補強なしに上部工の補強だけで事足りた。基礎はもともと丈夫に作ってあった例である。これとは別に、道路橋の拡幅工事で既設杭基礎を調査してみたら、アルカリ骨材反応でフーチングの強度不足が露呈したような例もある。基礎を丈夫に作ったのだが、経年劣化した例である。また基礎は地盤中にあるために、横着に施工された例もいくつか体験した。掘り返して確認したいが、何が出るかわからないので掘り返せない例である。

現在の設計計算や既設構造物の耐力評価では、以前のように上部工と基礎を分断して耐震性能を計算する考え方から、上部工と基礎を一体化して計算できる時代になっている。基礎が特別強いのか、上部工とのバランスはいかほどの計算は可能である。「わけのわからない地盤の中にある基礎と洗練され解析誤差も少ない上部工と一緒に計算されては困る」と言われた先生がおられた。フーチングなどの存在により分断して計算してきた習慣というのは恐ろしい。

さらに進んで、個別の上部工と基礎だけでなく、いくつもの上部工と基礎を全体系で解くことも可能で、基礎の耐震性をある程度正しく評価可能である。ただし、地盤調査法の精度向上と調査箇所を増やす方向でないと、上部工とバランスの良い計算はできない。地盤調査から得られる地盤定数のばらつきの範囲を正確に知る必要がある。計算値に幅を持たせることも必要である。杭基礎の設計で用いる水平地盤反力係数などは、地盤調査から求めた値と、水平載荷試験から逆算した値とでは倍半分違ってくるのは当たり前である。地盤定数のばらつきの度合いを頭の中に入れておかず、確定値のようにして考えてしまうと大失敗することになる。

適正な耐震診断・技術力判断や既設杭の耐震性・要求性能設定などは重要な事項であるが、合理的補強工法の確立・体系化はさらに重要なことである。既設杭にどのように増し杭を施工すればよいか。既設フーチングから鉄筋をはつり出して新設フーチングを構築する方法が一般的であるが、支えなければならぬ荷重条件によっては、簡単なジベルやアンカーで対応できるであろう。シールドの鋼・コンクリート複合セグメントよろしく、分割鋼・コンクリート複合フーチングを既設フーチングに接着剤で接着するなどという大胆ではあるが簡便な方法で補強できないか、今後挑戦したいと思っている。

上部工の新設による基礎の解体・再利用・補強など、今後は厳しい制約条件のもと基礎の評価がされなければならない。道路高架橋などに対して上部の交通を止めずに、同一用地内で既設構造物を解体して新設構造に移行させるのか、考えるだけでも頭が痛くなる。地盤と基礎の正しい評価を基に、若い技術者や研究者の柔軟な発想を用いて、日本人らしいバランスの良い解を示したいものである。