

4. 耐震補強工事と新規工事の実状と課題

ここでは、阪神・淡路大震災以降、全国各地で実施されている既設建造物の耐震補強工事、および新耐震設計基準に基づいた新規工事の実状と課題について述べる。

4.1 耐震補強工事

4.1.1 橋梁および基礎

震災直後に出された「兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係わる仕様（復旧仕様）」はその名の通り被災した橋梁を対象としているが、既設道路橋の耐震補強も基本的にこの復旧仕様に基づいて実施されている。復旧仕様の基本方針としては、各構造部材の強度を向上させるとともに、変形性能を高めて橋全体系として地震に耐える構造を目指している。

既設橋梁全体系の耐震性能を高めるためには、橋脚の補強、落橋防止装置の補強、基礎の補強が必要となるが、RC橋脚の耐震補強としては、帯鉄筋等を増やし、部材の持つ粘りを大きくして地震エネルギーを吸収する「部材の変形性能を向上させる方法」と、柱筋を増やして断面耐荷力を大きくして地震に抵抗する「部材の耐荷力を向上させる方法」とがある。現在、実際に工事が進められている耐震補強工法としては「RC巻き立て工法」「鋼板巻き立て工法」「炭素繊維等の新素材シート巻き立て工法」等がある。

鋼製橋脚においては、中詰めコンクリートを充填し必要なじん性を確保する方法が復旧仕様で述べられており、実際に施工されている。また、基礎への影響も考慮しコンクリートを充填しないでじん性向上を目指す方法も考えられているが、その場合の抵抗メカニズム、じん性の評価等についてはまだ未解明な部分が多い。

一方、鉄道建造物においても「既存の鉄道建造物に係る耐震補強の緊急措置について」に基づいて、新幹線では概ね3年、その他鉄道では概ね5年を目標に耐震補強工事が急ピッチで進められている。その大部分を占めるラーメン高架橋、ラーメン橋台では、せん断力に対する安全度が曲げモーメントに対する安全度より小さいものについて、柱のせん断耐力、じん性を強化する方法として、基本的には鋼板巻き立て工法が採用されている。

道路橋、鉄道橋とも耐震補強はまだ始まったばかりであり、現在は緊急的に重要路線から優先的に実施されている。しかし古い基準で設計された橋梁は全国に多数あり、どのレベルまでいつまでに耐震補強を行うかは、予算措置も含めて今後の課題である。また既設建造物の場合には、周辺環境が建設当時とは大きく変わっていたり、現在の交通を確保しながら補強を行うという制約もあるため、実状にあった耐震補強工法の技術開発が望まれる。

4.1.2 地盤および土構造物

阪神・淡路大震災以降、各機関で構造物の耐震性を向上させる方向で基準の改訂作業が進められているが、土構造物関係についてはまだその具体的な設計基準が示されていないのが実状である。設計方針がまだ明確に示されていないが、既設構造物の耐震補強に関する施工上の問題点は次のように考えられる。

既設補強の場合、例えば河川堤防、鉄道盛土などでは周辺に民家が建ち並び、振動、騒音の問題、狭隘な場所での施工性などが問題となることが予想できる。また、土構造物、重力式構造物には橋脚の鋼板巻立て工法のような簡易な補強法がないのも事実である。今後は既設構造物に対する簡易な補強方法を開発していく必要がある。

4.1.3 地中構造物およびライフライン

地下空間における作業性、道路事情による開削工事の困難さ、などを考慮した補強方法を開発する必要がある。また、面的に広範囲に広がる地中構造物を簡易に診断する技術の開発および地中構造物情報のデータベース化が必要である。

土木学会の第二次提言では、地中構造物の設計に関する基本方針として以下の事項がポイントとして指摘されている。

- ①レベル1地震動に対しては構造物の機能維持。
- ②レベル2地震動に対しては構造物が損傷しても機能に重大な損傷が発生せず、かつ短期間での復旧が可能な範囲に損傷をとどめる。

このように、地中構造物の設計に関しては、第二次提言でもシステムとして機能を満足させることを述べるなど、フレキシブルな考えになっている。

補強に関しても新設構造物と同等の耐震性能を要求する考え方となっているため、上記①、②の考え方に立脚することになる。

現段階では補強に関して施工上著しい問題が生じている事例は調査の範囲では聞かない。ただし、地下鉄中柱の鋼板補強など、地上構造物の補強方法が準用されているため、地下鉄を供用しながらの補強、狭い作業空間での施工、既存のケーブル類とのとりあいといった制約条件を考慮した場合、施工性が著しく低下することも考えられる。この場合には労務費などの単価設定方法の見直しが必要となろう。また、地下空間での作業性を考慮した補強方法を開発する必要がある。

また、ライフラインについては、第二次提言において、敷設年代が古かつ強度の低い管路は順次高強度の管路に敷設替えすることが必要との考えが打ち出されている。しかしながら都市部においては、道路事情により開削工事による敷設替えができない場合もある。このように開削工事が容易にできない個所においては、既設管路内挿入更新工法などを取り入れるなどの工夫が必要となる。

構造物の補強に際しては、耐震診断が不可欠となるが、一般的に地中構造物の耐震診断は、地中に存在することおよび構造物が面的に広範囲に広がっていることから困難を極めることが予想さ

れる。簡易な診断技術の開発とともに既設地下構造物の情報をデータベース化することが今後の課題と考えられる。

4.2 新規工事

4.2.1 橋梁および基礎

平成8年12月に大幅改訂された「道路橋示方書」は、一言でいえば、従来から用いられてきた震度法に加えて、地震時保有耐力法および動的解析による設計・照査を大々的に取り入れたものである。おもな改訂点は、上記の他に、①設計地震力として平成7年の兵庫県南部地震による地震力を内陸直下型地震として追加したこと、②重要度に応じて目標とする耐震性能に差をつけたこと、③免震設計法を導入したこと、④変形性能を高めるための構造細目を追加したこと、⑤液状化に伴って生じる地盤流動化について規定したこと、⑥鋼製橋脚の変形性能の算定方法を規定したこと、⑦従来の落橋防止装置、移動制限装置等を支承とともに落橋防止システムとして評価するようになったこと、⑧橋脚基礎にも地震時保有耐力法による設計が取り入れられたこと、等である。

鉄道橋梁の耐震設計は、現在、過渡期であり、物件別に対応しているのが実情である。しかし基本的には、道路橋と同様に、従来の震度法から変形性能を考慮した設計法に移行していくものと思われる。

道路橋示方書の改訂により、施工的に最も影響が大きいと思われるのは、鉄筋コンクリート橋脚であろう。じん性を向上させるための帯鉄筋・中間拘束筋が大幅に増加し、拘束鉄筋の端部はコンクリート内部に確実に定着させるように鋭角フックとすることとなり、過密配筋に伴う施工性の悪化が予想される。また落橋防止システムにおける落橋防止装置、変位制限装置および支承縁端距離等の規定も、従来の示方書から大幅に変更されている。特に斜橋や曲線橋等の場合は、従来より耐力の大きい落橋防止装置を橋軸方向および橋軸直角方向に設置する必要があり、今まで以上に支承部周辺の構造が複雑になるとと思われる。

阪神大震災の教訓を活かして、本格的に構造物が設計・施工されるのはこれからであり、実際の設計・施工に当たっては、従来の震度法ではありえなかった問題が数多く起こることが予想される。今後は、鋼とコンクリートの合成構造、部材のプレキャスト化とその接合方法の工夫など、耐震性能の高さと施工性の良さを兼ね備えた構造形式の開発が望まれる。

4.2.2 地盤および土構造物

阪神・淡路大震災以降、各機関で構造物の耐震性を向上させる方向で基準の改訂作業が進められているが、土構造物関係についてはまだその具体的な設計基準が示されていないのが実状である。設計方針がまだ明確に示されていないが、耐震強化される新設構造物に関する施工上の問題点は次のように考えられる。

新設の場合、例えば重力式の港湾構造物では構造の大型化、背面の地盤改良による土圧の低減などで耐震性の向上に対処することとなる。施工上は従来工法で対応可能であるが、その建設コストは当然上昇することとなる。また、地盤の耐震化として液状化対策が挙げられるが、従来は液状化しないと判定されたN値の大きな地盤でも液状化対策の必要性が生じてくる。N値の大きな地盤であれば施工性は当然低下し、その上、改良された地盤もこれまでより高強度となることから、改良

後の地盤での施工性、例えば、杭や矢板の打設時の施工性も低下するものと考えられる。

以上のことを踏まえると、耐震強化岸壁のような重点的な耐震強化で対応していく必要があると共に、構造形式の変更、新しい構造形式の開発なども進めていく必要がある。

4.2.3 地中構造物およびライフライン

可とう性継ぎ手の採用に当たっては、要求される機能の他に、維持・管理の容易さを考慮する必要がある。

土木学会の第二次提言では、地中構造物の設計に関する基本方針として以下のものがポイントとして指摘されている。

- ①レベル1地震動に対しては構造物の機能維持
- ②レベル2地震動に対しては構造物が損傷しても機能に重大な損傷が発生せず、かつ短期間での復旧が可能な範囲に損傷をとどめる。

基本的には、可とう性構造の積極的採用および構造部材の脆性的な破壊を防ぐための適当な構造細目を採用すること、適切な構造によって上記①、②が経済性、地盤特性の観点から達成が困難な場合はシステムとして機能を満足させること、などが述べられている。

現段階では、新設構造物の設計に対して施工上問題が生じている事例は調査の範囲内では聞かない。ただし、可とう性継ぎ手を採用する場合には施工性を考慮して、なるべく単純な継ぎ手構造とすることが必要である。

構造物の耐震性を向上させるための構造部材については、採用にあたって機能、施工性の他に維持・管理の容易さが重要である。地中構造物の場合には、この点に配慮するためには今後工夫を重ねる必要があると考えられる。