



写真-1 東名高速道路酒匂川橋梁

P R O J E C T R E P O R T

Retrofit of Existing Structures against Next Great Earthquake

地震防災性に優れた 国土の建設を目指して

—進む既存社会基盤の耐震補強—

濱田政則 Masanori HAMADA

フェロー 工博 早稲田大学 教授 理工学部 土木工学科

阪神・淡路大震災が発生してから、早くも一年半以上の時間が経過した。この震災によって六千有余名の人名が失われ、わが国の近代における地震災害としては、1923年の関東地震に次ぐ大災害となった。おびただしい数の建物、家屋が破壊され、これが死者数を増す原因となった。高速度道路や鉄道の橋梁が甚大な被害を受け、地震後の救急活動、復旧活動に極めて深刻な影響を与えた。また、臨海部の埋立地を中心に液状化現象が生じ、上・下水道、ガスなどライフラインのネットワークが寸断され、長期にわたって都市機能が麻痺状態に陥った。

地震後、関係各機関により各種構造物の被害原因の調査が行われ、これをもとに新しい耐震設計基準の策定が進められている。土木学会も、「耐震基準等基本問題検討会議」を地震後いち早く組織し、土木構造物の耐震設計の今後の

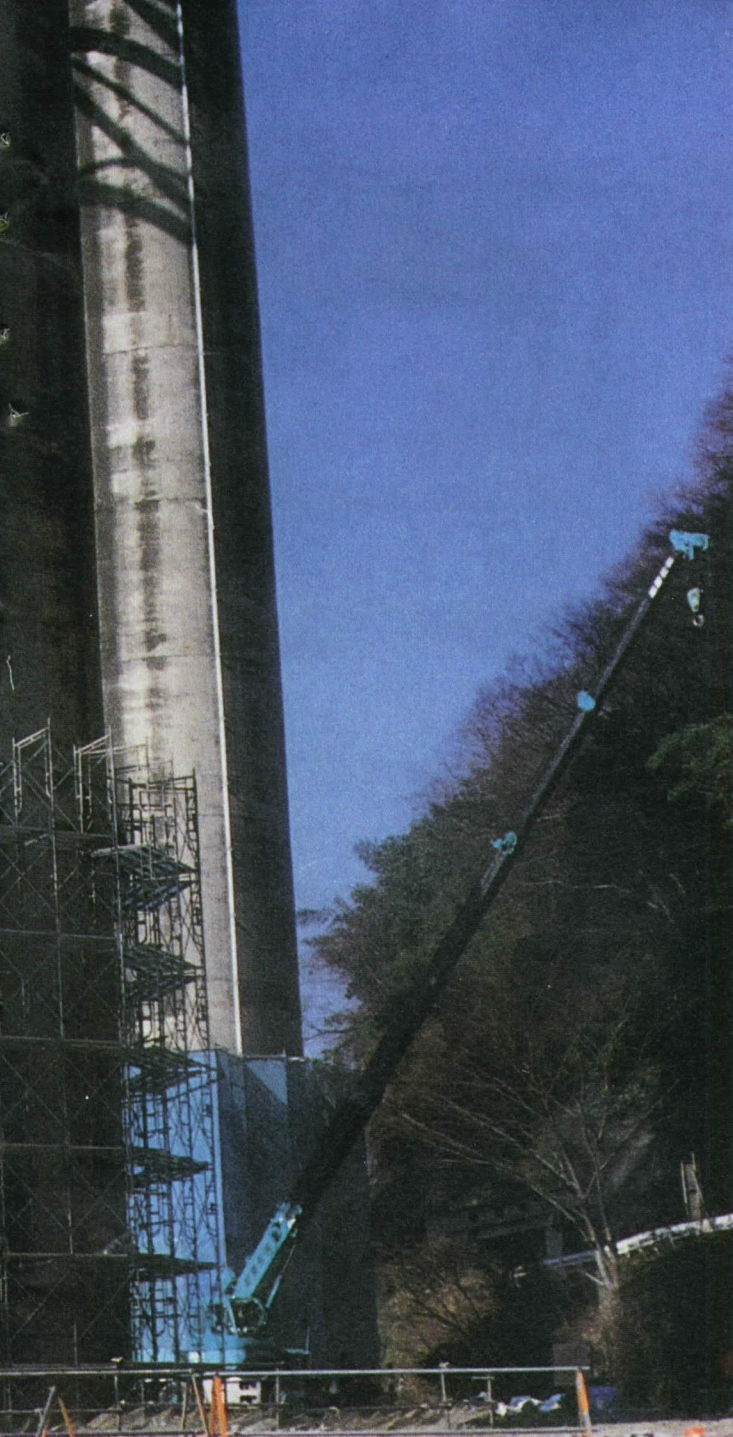


写真-2 東名高速道路川崎高架橋（コンクリート巻立てによる補強）

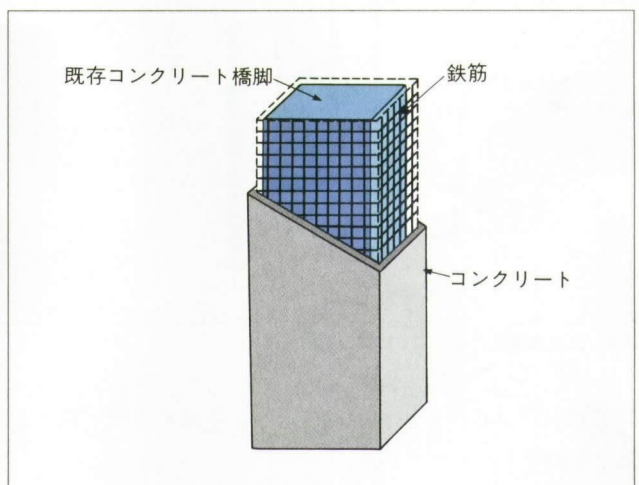


図-1 コンクリート巻立てによる橋脚の耐震補強

在り方、地震防災対策の緊急課題などについて検討を重ねてきた。これらの検討結果は既に1次および2次提言として公表されている。阪神・淡路大震災はマグニチュード7.2の内陸直下型地震による激しい地震動によって引き起こされたものであるが、土木学会の提言では、土木構造物の耐震性を今回の地震で発生したような大きな地震動に対しても照査することの必要性が指摘されている。この提言に従って、現在耐震基準の改訂が行われているところであるが、社会基盤整備が相当程度進んできたわが国にとって急を要する課題は既存構造物の耐震補強であり、このため地震後関係諸機関により精力的に進められているところである。本文では東名高速道路、首都高速道路およびJR東日本での耐震補強工事を紹介し、補強技術の現状と、今後の課題について報告する。

東名・名神などの高速道路

日本道路公団(JH)では公団が管理する緊急度の高い橋梁を対象として補強工事を平成7年より実施している。東名・名神など全国の高速道路および一般の有料道路を合わせて総数7000基のコンクリート橋脚が耐震補強の対象となっている。工事費総額は現時点での見積りで1400億円を見込んでおり、平成9年度までに橋脚の耐震補強を完了する予定である。東名・名神および重要地域内に設置する橋梁、および一般道路や鉄道との交叉部に位置する橋梁が優先的に補強されている。コンクリート橋脚の補強工法としては、主として工事費の低減および維持管理の観点からコンクリート巻立て工法が採用され、施工条件に応じて鋼板巻立て工法あるいは炭素繊維巻立て工法が一部採用されている。橋梁の構造系全体としての耐震性向上を図るため、橋脚の



写真-3 東名高速道路酒匂川橋梁(炭素繊維巻立てによる補強)



写真-4 東北新幹線高架橋(鋼板巻立てによる補強)

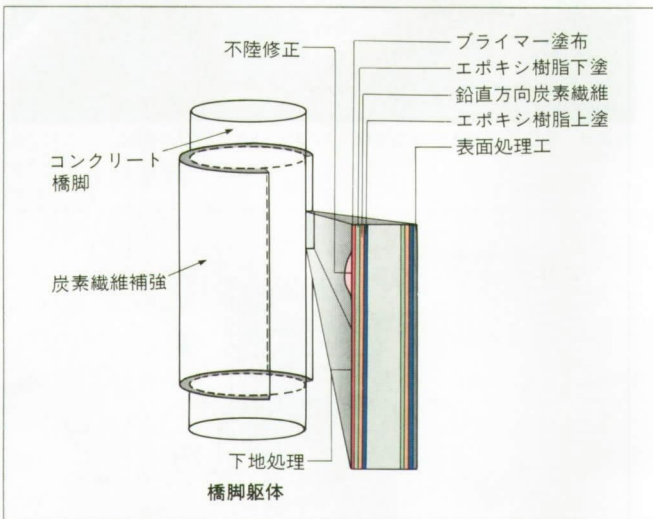


図-2 炭素繊維巻立てによる橋脚の耐震補強

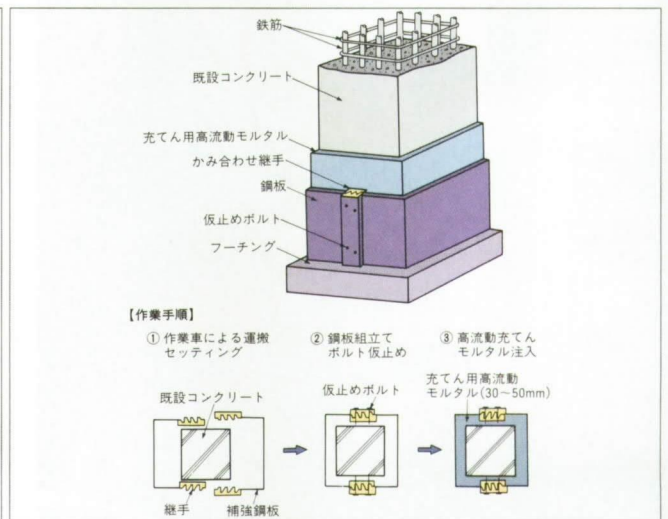


図-3 鋼板巻立てによる橋脚の耐震補強

補強以外に落橋防止装置の強化，ゴム支承や免震支承などによる対策も行われている。

写真-2は東名高速道路の川崎高架橋での補強工事の状況を示している。本地点では図-1に示すように既存RC橋脚の周囲に新たに厚さ250mmの鉄筋コンクリートを巻立てることで補強を行っている。写真-3は同じく東名高速道路の酒匂川橋のRC橋脚の補強工事の状況を示す。本橋脚では、橋脚高が30～65mで、かつ気象条件が厳しかったため、図-2に示すような炭素繊維の巻立てによる補強が行われている。阪神・淡路大震災では鉄筋の段落し部における曲げ破壊が多くの橋脚で発生したが、段落し部の曲げ強度を増大させ、橋脚躯体下部での曲げ破壊先行型とすることを補強の目標としている。約1/20の橋脚模型の載荷試験により補強効果の確認を行っている。

鉄道構造物の耐震補強(JR東日本)

阪神・淡路大震災では新幹線および在来線のラーメン式高架橋、橋台、開削トンネルなど構造物に大きな被害が発生した。このため、各鉄道事業者は、新幹線はおおむね平

成10年度、在来線はおおむね平成12年度を目処に、これらの構造物の耐震補強工事を急ピッチで進めている。

中でも、ラーメン高架橋については、耐震診断を必要とするコンクリート柱がJR東日本だけでも7万本の多数に達しており、耐震補強工事の主要な対象となっている。阪神・淡路大震災では、せん断破壊が曲げ破壊に先行するタイプの橋脚に壊滅的な被害が発生したため、せん断破壊が先行する橋脚を優先的に補強し、曲げ破壊先行型に変えることを目標としている。建設年代が古く、図面が特定出来ない少数の高架橋については非破壊試験などにより診断を行い、耐震補強の必要性の有無を判定している。

JR東日本だけで耐震補強を必要とするラーメン高架橋は9千基(うち新幹線3千基、在来線6千基)、開削トンネルの中柱100本で、主要な対象地域は南関東地域および仙台地域である。新幹線についてはこの地域の他に活断層に近接した地域も耐震補強の対象地域としている。また在来線についてはピーク時に片道列車本数が10本以上の地域を対象としている。補強に要する費用は、2700連の落橋防止工を含めて概ね270億円である。



写真-5 首都高速道路(鋼板巻立てによる補強)

ラーメン式高架橋の補強工法としては阪神・淡路大震災の復旧工事で多くの実績のある鋼板巻立て工法が主として採用されている。本工法ではコンクリート柱を巻立てる鋼板の接合方法が、工期や工費に重大な影響を与える。後述するように首都高速道路などでは溶接による鋼板の接合が行われているが、鉄道では工期の短縮および雨天や強風など施工条件に対応するため、図-3に示すような機械式継手が採用されている。この継手方式の採用にあたっては継手部が母材以上の強度を確保することを実構造物の1/2の供試体実験などにより確認している。

また本工法を採用するにあたっては鋼板と既設コンクリート柱の間の充填材が技術的課題の一つとして検討されてきた。従来は無収縮モルタルが用いられてきたが、施工性および経済性の観点から各種の試験結果を参考に高流動モルタルが用いられている。

首都高速道路

首都高速道路は慢性的な交通渋滞に悩まされているとはいえ、東京都とその近隣地域の大動脈であり、大地震発生時には震災復旧の緊急輸送路としての機能が期待されている。阪神高速道路が今回の地震によって甚大な被害を受けたことから首都高速道路においても耐震補強工事が進められている。計画では平成7年度より3か年で首都高速道路の橋脚約7200基を対象に耐震性を診断して、補強を実施している。コンクリート橋脚については鋼板巻立てによる補強が既に多数実施されている。橋脚の補強費用の総額は3か年で約1500億円を予定しており、公団、国および地方自治体でそれぞれ1/3ずつ分担することになっている。この他、阪神・淡路大震災で、桁を連結している落橋防止装置が切断されるなどの被害が多数発生したため、新たな落

橋防止装置を設置するとともに、ゴム材などにより地震時の衝撃力を緩和する装置の設置も行われている。

阪神・淡路大震災では、護岸の大移動に伴って地盤の側方流動が発生し、これによって橋脚基礎が水際方向に大きく移動して、中には桁が落下した例も見られた。このため、首都高速道路においても護岸近傍の橋脚を対象に側方流動に対する補強方法が検討されている。平成9年度より試験的にいくつかの橋脚で補強工事が実施される予定である。

首都高速道路公団では上記の高架橋の耐震性の強化に止まらず、地震による災害発生時の情報収集・伝達等のシステムの構築、および発生時における高速道路利用者の安全対策などが行われている。

耐震補強に関わる課題

阪神・淡路大震災後の高速道路および鉄道の耐震補強の計画と現状について紹介したが、いくつかの技術的および社会的課題が残されているのも事実である。

技術的な課題としては、現在行われている補強がコンクリート橋脚の補強を中心に行われており、構造系全体としての耐震性向上の検討が必ずしも十分には行われていない点である。橋脚を補強すればそれだけ橋脚の耐震性が向上することになるが、構造系全体の動的特性が変化して、他の構造部分の負担が大きくなることにも十分注意しなければならない。2番目の技術的課題は、液状化による側方流動に対する橋脚基礎の耐震補強である。阪神・淡路大震災により移動した橋脚基礎の逆解析が行われ、その結果、上部の非液状化層からは受動土圧に近い外力が作用したとの報告もあるが、必ずしも十分な検討結果を踏まえた上での結論ではない。被害データの情報公開を前提とした徹底的な検討が必要であり、これに基づいた適切な耐震補強法を選定していく必要がある。

最後に、耐震補強に関わる社会的課題として指摘しておきたいのは費用分担の問題である。首都高速道路など高速道路では、その費用の大半が国や地方自治体などによる公費によって支出されるが、鉄道などの私企業では企業自体がほとんどの場合全額に近い補強費を負担することになっている。鉄道も高速道路も公共施設という観点からは違いはないが、公的企業と私企業ということで費用分担の方法が全く異なっている。鉄道の場合には耐震補強分が固定資産と見なされ、課税対象になるというのも、高速道路の場合と比較して奇異な感を受けた。社会基盤施設の整備が進んだわが国にとって、既存施設の耐震補強は国土の地震防災性の向上のために緊急かつ重要な課題である。施設の管理者のみならず社会全体として取り組むべき課題であり、耐震補強の費用の分担の方法についても多角度からの広範な議論が必要と考えられる。

取材協力：首都高速道路公団
日本道路公団
東日本旅客鉄道株