

第24回 運輸政策セミナー

新潟県中越地震と首都圏鉄道への課題

平成17年1月18日 運輸政策研究機構 大会議室

1. 講師——石橋忠良 JR東日本構造技術センター所長
日比野直彦 (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

2. 司会——森地 茂 (財)運輸政策研究機構運輸政策研究所長

(1) 土木学会 新潟県中越地震第二次調査団 調査報告

講師：日比野直彦

■ 講演の概要

1——はじめに

平成16年10月23日に新潟県中越地域において発生した地震の被害状況、復旧状況等を調査するために、社団法人土木学会(森地茂会長)は、第一次調査団(団長：小長井一男東京大学教授)、第二次調査団(団長：家田仁東京大学教授)、関東支部調査団(団長：山田正中央大学教授)の3つの調査団を被災地に派遣している。本稿は、筆者が幹事、鉄道システム班、エネルギー・通信基盤班として活動した第二次調査団の調査結果について講演したものをまとめたものである。なお、石橋講師の講演概要が別掲されるため、鉄道のハード面の被害、復旧等に関する部分は省略する。

第二次調査団は、土質、構造、計画等の様々な分野の専門家、70名から構成されている。調査団の主たる目的は、

交通ネットワークやライフライン系等の社会基盤システムの施設被害や機能被害状況、地域経済被害状況、避難・救助・支援等の緊急活動状況、復旧・復興にあたっての計画・設計の考え方等に関して、総合的に調査を行うことである。設置期間は、11月2日から12月21日の約2ヶ月間であり、その間に数回に亘る現地調査、10回の会議を行い、専門領域を超えた活発な議論をした後、それらを総合的にまとめ、「I 報告・提言編」および「II 記録・資料編」の2冊の調査報告書を作成している(図一)。



■図一 土木学会第二次調査団調査報告書

2——調査結果

2.1 新潟県中越地震の地震状況

10月23日17時56分に本震が起り、その後数日間の余震が続いた(表一)。本震の4日後にも震度6弱を記録し、長期間に亘り大きな揺れが続いたことは、中越地震の特徴である。余震の影響により、復旧作業が遅れたことは有名な話

である。図一2に被災地周辺の地図を示す。また、本震、余震のいずれも深さ5~20kmの浅い場所で、断層がずれて発生した直下型の地震であり、本震は震度計による観測史上初めて震度7を観測するものであった。

■表一 地震発生時刻と規模

月 日	時 分	マグニチュード	最大震度
10月23日	17:56	6.8	7
	17:59	5.3	5強
	18:03	6.3	5強
	18:07	5.7	5強
	18:11	6.0	6強
	18:34	6.5	6強
	18:36	5.1	5弱
	18:57	5.3	5強
	19:36	5.3	5弱
	19:45	5.7	6弱
19:48	4.4	5弱	
10月24日	14:21	5.0	5強
10月25日	0:28	5.3	5弱
	6:05	5.8	5強
10月27日	10:40	6.1	6弱



■図二 被災地周辺の地図



講師：日比野直彦

2.2 新潟県中越地震の主な特徴

2.2.1 新幹線営業列車の初めての脱線

中越地震によって、新幹線の営業列車が初めて脱線した。高速走行安全性に顕著な影響を与えるような変状が構造物や地盤あるいは線路に生じなくとも、列車の脱線現象が発生し得るということが、中越地震で実証される結果となった。

2.2.2 自然斜面や土構造物被害の多発

山間地の自然斜面崩壊(写真—1)、交通施設(写真—2)、宅地造成地等の土構造物の破壊が多発した。斜面崩壊が多く生じた理由には、比較的脆い性質の堆積軟岩により付近一帯の斜面が成り立っていることに加えて、地震の3日前に通過した台風の際の豪雨が大きく影響しており、地震と豪雨の複合的な災害であったと考えられる。また、これら崩壊による道路、鉄道、家屋への直接的な被害の他にも、交通ネットワークの寸断により山古志村の集落が孤立し避難が遅れたことや、芋川の河道閉塞により土砂崩れダムが多数できたこと(写真—3)等、広く被害を及ぼす結果となった。



■写真—1 自然斜面の被害

2.2.3 災害状況図の作成

地震発生後、国土交通省国土地理院や民間航測会社により「災害状況図」が迅速に作成され公開された。この災害状況図は、空中写真判読により作成されたものであり、斜面崩壊地、交通施設の被害、土砂崩れダムの形成に伴う湛水域といった災害状況の地理的分布をある程度把握することに役立った。

2.2.4 耐震設計の有効性の確認

現行の耐震設計標準で合格と判断された高架橋は、想定した様態に損傷が制御されていた。既存構造物で耐震補強が不要と判定されたもので、所定の耐震性能を失ったものは見あたらず、供用を続けながら補修が可能な程度の損傷に止まった。同設計標準を用いた耐震診断により補強が必要と判断され、実際に耐震補強された構造物では、地震後も所定の性能が保持されていた。阪神淡路大震災の教訓を活かしたコンクリート構造の耐震性能照査法は、概ね有効であったものと考えられる。

2.2.5 低密度・高齢化地域の被災

中越地震は、人口密度が低く高齢化



■写真—2 崩壊した道路

が進んだ農山村にも大きな被害を齎した。今後、我が国では人口が減少し、高齢化が進むことが予想されており、中越地域のような低密度・高齢化地域は、将来的に多数存在することとなる。中越地震の復旧・復興に関する問題は、単に中越地域の問題として扱うのではなく、全国の殆どを占める低密度・高齢化地域における震災問題として位置付ける必要がある。

2.2.6 広域的交通ネットワーク機能

関越自動車道と国道17号線が寸断されたが、西方に上信越自動車道、東方に磐越自動車道が整備され、広域的なネットワークが形成されていたため、これらが迂回路として活用され、旅客や物資の輸送に代替路としての機能を発揮した。関越自動車道では、地震によって一部の区間が通行止めとなっていた期間中、交通量が約11,300台/日減少していた。逆に磐越自動車道では平常時よりも3,600台/日増加(平常の約1.6倍)、同様に上信越自動車道では3,900台/日増加(平常時の約1.4倍)の交通量を担った。

2.2.7 関係諸機関による柔軟な対応

幹線道路の応急復旧と緊急輸送路の確保は、被災施設の復旧活動や被災者の救援活動、地域経済への震災影響の低減に大きな効果を齎した。関越自動車道では、地震後19時間後には車両が何とか通れる程度に補修され、100時間後には緊急車両が円滑に通行可能な状態に、さらに11月5日夕刻には一般車



■写真—3 芋川の河道閉塞

両の通行が可能となった。一方、国道17号線では、道路関係者による地上・上空からの点検が早期の被害状態の把握に繋がり、11月2日には全線で通行可能となった。

鉄道運休区間の代行バス輸送、航空便の設置(羽田―新潟間)、高速バスの運行、他の鉄道線活用迂回措置が実施された。関越自動車道での高速バスを緊急車両に準ずる規制除外車両として走行を許可するという従来例のない特別措置や航空便の確保等、関係諸機関の緊急対応は、全体的に迅速、柔軟、かつ連携的であった。

2.3 その他の調査結果

物流に関しては、運輸事業の配送車にも関越自動車道の規制除外マークが発行されたことにより、救援物資や生活必需品が配送され、大きな問題は発生しなかった。しかし、救援物資の保管に関しては、全ての箇所システムが確立されていたわけではなく、少なからず混乱が生じた。

電力供給システムに関しては、震災直後に28万戸の停電が発生したが、一部の地域を除き11月3日までに停電は解消した。また、地震直後に発生した9件以外の火災は起こらなかった。

ガス供給システムに関しては、主要な施設に大きな被害は発生しなかった。しかしながら、震災直後には5万7,000戸へのガスの供給が停止され、復旧の速度は地域により異なった。

固定電話に対する主な施設被害は、6箇所の中継伝送路の切断と57箇所の交換ビルでの停電であった。移動電源車を活用し、電源供給が停止することがなかったため、通信機能障害は最小限に止まったが、一部の地域においては、中継伝送路の両端が被災し、約4,500世帯で電話が使用できなくなった。また、被災直後は安否確認等の通話が激増したが、短い期間で通話量は収束

に向かい、大規模の輻輳は生じなかった。これは、携帯電話(メールサービス)の普及、災害用伝言サービスの活用、細かな輻輳制御ロジックの採用等によるところが大きい。また、NTTは避難所に特設公衆電話(無料)の設置や街頭公衆電話の無料開放を、NTTドコモは携帯電話および充電器の無料貸し出しや充電ステーションの開設を行い被災地の通信の確保に大きく貢献した。

中越地震では、中山間地における被害が大きかったが、街なかの家屋倒壊も川口町、小千谷市を中心に発生している(写真―4)。また、降雪により復旧作業が遅れることや、倒壊した家屋へ積雪し(写真―5)、更なる被害が生じることが懸念される。



■写真―4 家屋の被害



■写真―5 雪に埋もれる倒壊した家屋

3— 緊急提言

3.1 政策一般上の提言

3.1.1 本格復旧工事における「強化復旧」の推進

応急復旧に続き、本格的な復旧に向けた施設工事が開始されることになる。この際、災害多発国である我が国国土の防災力を向上するためには、被災施設の全てを単に原状復旧するのではなく、施設の重要度等に応じ

て、極力「強化復旧」することが必要である。

3.1.2 防災力強化の視点に立った行財政システム

先進諸国の中でも、各種の自然災害から大きな脅威に晒されている我が国においては、国土の総合的防災力を向上していくことは重要な課題である。国と地方の行財政システムについて、予防保全的防災事業を着実に実施することの可能性や、防災投資負担を地域間で分散することや世代間で分散することに、十分配慮することが重要である。

3.1.3 「災害調査委員会(仮称)」の国への常設

中越地震のような大地震や本年頻発した甚大な水害等の災害が発生した際には、将来に向けた合理的で効果的な対策策定を目指し、被害状況把握や発生メカニズムの解明のための科学的で総合的、かつ学術的関心に留まらない実用的な調査を、復旧作業に先行して極力迅速に、かつ体系的・集中的に実施することが必要である。このため、国に常設の「災害調査委員会(仮称)」を設置し、行政と学識経験者が協力して迅速に専門的な調査を実施することのできる体制を整えるべきである。

3.2 交通に関する提言、地域復興に関する提言

交通に関する提言として、報告書の中で以下の5点を載せている。①幹線道路の事業評価への災害時セイフティネット機能の考慮、②幹線道路の横断面構造等への復旧作業施工性の配慮、③公共交通サービスに関する総括的な情報提供システムの整備、④災害時における乗客等への情報案内の充実、⑤道路網被災状況の効率的な情報収集システムの開発。

また、地域復興に関する提言としては、以下の3点を載せている。①被災地域の再生に向けた継続的な支援、②復旧を超えた「活き活きとしてまちなか復

興], ③被災山村の風景(写真—6)と文化の価値に着目した復興支援。



■写真—6 山古志村の風景

4—首都圏鉄道への課題

新潟県中越地震の調査を踏まえ、本章では首都圏鉄道への課題を示す。中山間地において大きな被害を齎した中越地震と首都圏のような都市部における地震は、発生する災害が異なるのは明らかである。そのため、本稿では、ソフト面、特に避難時に発生する問題に絞り、重要と考えられるものを幾つか列挙する。

首都圏において中越地震規模の大地震が発生すると、以下のようなことが起こると想定できる。①都内全域ではほぼ全ての鉄道が数時間はストップする。そのため、大勢の帰宅困難者が出るとともに、応急措置や復旧作業に駆けつけることも困難となり、避難、復旧に支障きたすこととなる。したがって、②避難時に大混乱が発生する可能性がある。外出先

での避難経路や避難場所がわからないことは多く、通勤・通学時に被災した場合には、混乱は免れないと予想される。また、地下空間の多い首都圏では、③被災地内において電話が繋がらなくなる。優先電話も繋がらなくなる危険性がある。以上のように、避難誘導に限っての課題だけでも深刻なものであり、今後の対策は重要であると思われる。

5—おわりに

5.1 調査報告書の公開

先に述べたとおり、本講演は土木学会 第二次調査団の調査報告をまとめたものである。調査結果および提言に関する詳しい内容は、土木学会のホームページ(<http://www.jsce.or.jp/>)よりダウンロード可能であるため、そちらを参照されたい。なお、「Ⅱ記録・資料編」は、GIS上で閲覧でき、調査箇所的空間的把握も可能となっている(図—3)。



■図—3 記録・資料編

5.2 第二次調査団報告書より

最後に、第二次調査団一同の思いを調査報告書より引用して載せる。

「中越地震により他界された方々並びにそのご遺族の方々に対し、当調査団一同、ご冥福をお祈りし、お悔やみを申し上げますとともに、甚大な被害を受け今後の生活再建に向けて不安な日々を過ごされている被災者の方々に心よりお見舞い申し上げます。本調査の実施に当たっては、被災者の支援や被災施設の復旧のため、昼夜を問わず努力を重ねられている、多数の方々に深甚なるご協力を頂きました。皆様から賜ったご厚情なしには、充実した調査活動の実施はもちろんのこと、本報告書もまた完成し得なかったものと確信します。心よりお礼を申し上げますとともに、一日も早い復旧・復興に向け、皆様の今後一層のご健勝をお祈り致します。安全には、「絶対」や「神話」があり得ないのと同じく、「ゴール」もまた存在しません。中越地震の経験と教訓を踏まえ、有数の災害多発国である日本の土木技術者の一員として、さらに安全で安心できる社会基盤システムを目指し、今後も全力で努力すべく、調査団一同決意を新たにします。」

(2) 大規模地震の被害復旧と耐震設計・耐震補強について

講師：石橋忠良

■ 講演の概要

1——新潟県中越地震の被害と復旧

1.1 新幹線関連

1.1.1 被害総括

上越新幹線で主に被害を受けたのは浦佐～長岡間であり、「とき325号」は長岡駅手前約6kmで脱線した(写真—1)。



■写真—1 とき325号最後尾車両

比較的大きな被害を受けた高架橋は、第一和南津高架橋、第三和南津高架橋、魚野川橋りょうであった。断層があると分かっていたところでは、せん断先行破壊を生じる可能性のある耐震性の低い高架橋に対して補強を終えていた。断層付近以外の高架橋に対しては耐震補強を今年行う予定であったが、その前に地震による被害を受ける結果となった。

大きな被害を受けたトンネルは、魚沼トンネルと妙見トンネルであった。



講師：石橋忠良

1.1.2 トンネルの被害と復旧

一番大きな被害を受けたトンネルは震源近くの魚沼トンネル(延長8,624m)であった。施工時期は昭和47～52年であり、現在の標準工法となっているNATMが採用される前の施工法であった。損傷箇所は、地盤が比較的良いところで採用されていた覆工巻厚50cmのところであり、必ずしも地質の悪いところが損傷を受けたわけではないと考えられる。

軌道が隆起したのは断続的な3箇所、覆工コンクリートが剥落したのは1箇所(延長6mの範囲)であり、全長から見ると限られた部分であった(写真—2)。軌道が隆起した箇所では地面が持ち上がったのかと思われたが、軌道と路盤の間は空いており、スラブ軌道が軸方向に押されて、突起コンクリートがあるため横に滑らず上に持ち上がったと考えられる。

復旧工事は、ロックボルト打設、繊維補強板の貼付け、ひび割れ注入、路盤コンクリート打替え等であった。復旧に時間を費やした要因としては、資材の搬入搬出ができるのはトンネル出入口1箇所のみであり、トンネル上部と下部を同時に作業できなかったことが挙げられる。



■写真—2 上越新幹線魚沼トンネル

1.1.3 橋りょうの被害と復旧

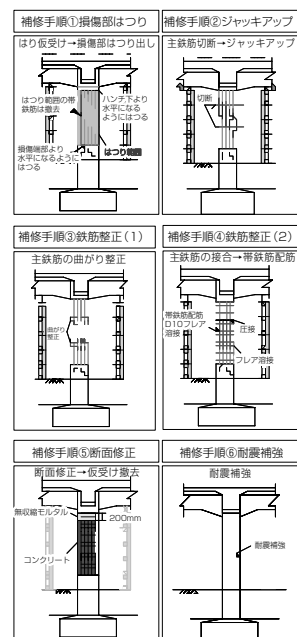
(1) 第三和南津高架橋

もともと耐震補強は必要ないと考えられていた高架橋であった。柱の長さは

8mであり、そのうち4mが地中に埋まっており、損傷は地上部の上半に集中していた。地表付近の中間部に側溝やコンクリートスラブがあり、中には散水設備の入った機械室が設置され階段も取り付けられていた。結果的には柱の横方向の動きを側溝やスラブで押さえてしまい、予測していた曲げ先行破壊とはならずせん断破壊による大きな損傷を1本の柱のみ受けた(写真—3)。軌道面が沈下する被害を受けたため、復旧は阪神・淡路大震災時と同様に行った。はりを仮受けした後、鉄筋を切断し、ジャッキアップを行い、主鉄筋を接合して柱を修復し、さらに耐震補強を行った(図—1)。



■写真—3 上越新幹線第三和南津高架橋



■図—1 第三和南津高架橋復旧手順

(2) 村松高架橋

計算上、せん断先行破壊ではなく曲げ破壊となる場合は耐震補強を行っていない。それに該当する村松高架橋では計算通りせん断先行ではなく曲げ破壊が起きた。柱上部のコンクリートが剥がれる程度の損傷で大きな被害にならず、比較的容易に修復できた。コンクリートをはつた後、新たな帯鉄筋を配置し、ひび割れ注入後、銅板巻きの耐震補強を行った。

(3) 魚野川橋りょう

3径間連続PC箱桁橋の橋脚で、コンクリートの剥離が生じた(写真—4)。経済的な設計により、モーメントの大きさに応じて途中で鉄筋を減らしているが、ちょうど断面耐力が変わる段落とし部で曲げ降伏を起こして、せん断ひび割れまで生じ、かぶりコンクリートが剥がれた。地震力で水平に折れたときに鉄筋が降伏して伸びてしまい、塑性ひずみが残る。反対側に地震力を受けたときに伸びた部分は行き場がないために飛び出すしかなく鉄筋がコンクリートを押し出し、主鉄筋の外側のかぶりが落ちてしまう。



■写真—4 上越新幹線魚野川橋りょう

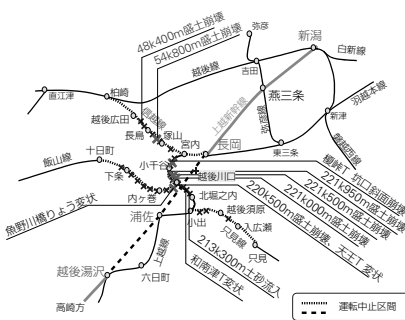
このような現象時に、橋脚の天端で高さを測ると橋脚は上に持ち上がって伸びているのが実状で、ひび割れ幅分だけ橋脚が高くなっているのが普通である。鉛直力で上から押されてコンクリートが剥がれたのではないかと誤解されやすいが、そうではない。

通常、実験をすると、強制的にはこのまま列車を通して問題ないぐらいであるが、復旧は、現行のルールに沿って耐震補強を兼ねて行った。河川内は水上から矢板を打ち込んで隙間にモルタルを充填し、水上部については、鉄筋コンクリートで巻いた。

1.2 在来線関連

1.2.1 被害総括

在来線の主な被害箇所を図—2に示す。小千谷付近に集中しており、特に大きな被害を受けたのは上越線である。



■図—2 在来線被害箇所(略図)

1.2.2 盛土の被害と復旧

上越線の小千谷付近ではトンネル出口で斜面崩壊が生じ、軌道が宙吊りになってしまった(写真—5)。復旧工事では、ロックボルトとモルタル吹付けで斜面を補強しグラウンドアンカーで押さえ、土砂流出箇所にはRRR工法という補強土工法を用いて盛土を作り直している。



■写真—5 上越線小千谷付近

1.2.3 橋りょうの被害と復旧

飯山線の魚野川橋りょうでは、無筋の橋脚躯体が水平にズレたり、石積み橋脚における圧縮側の石が一部剥がれ落ちたりした。応急対策として、ずれた橋脚は外側を鉄筋コンクリートで巻き、ひび割れが生じ一部欠けた橋脚は断面修復をしてアラミド繊維で巻いた。いずれ全橋脚とも鉄筋コンクリートで補強し、基礎部分も補強する予定である。

1.2.4 トンネルの被害と復旧

上越線の和南津トンネルでは、新幹線トンネルと同様に、覆工コンクリートの崩落、支保工露出等の被害が生じた。さらに坑口がずれる被害も生じた。復旧方法は新幹線と同様で、ロックボルトを打設し、高強度吹付けコンクリート、防水シートを用いている。覆工コンクリート崩落部ではアラミド繊維を貼り付けて剥落防止を行っている。

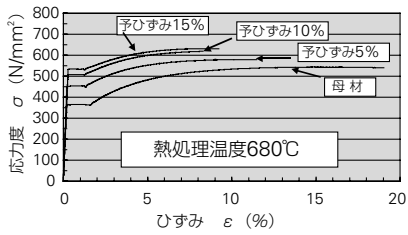
2—復旧の技術的ポイント

- (1) 鉄筋が降伏(伸びきってしまうこと)して曲がっても、1000℃程度で熱して真っ直ぐに戻せば、再使用できる

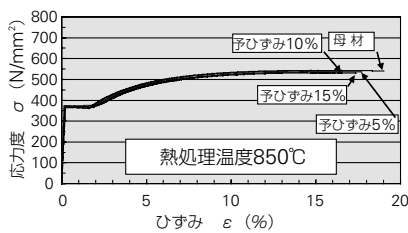
鉄筋の降伏ひずみはおよそ2000 μ (0.2%)程度である。地震により鉄筋が曲がって伸びた時のひずみは2~5%であり、降伏時の10~20倍伸びてしまう。しかしながら、鉄筋の伸び能力は10~20%であり、普段の設計で用いているのはそのうちの百分の一程度であるので、地震により5%まで伸びたとしても、鉄筋が切れるまでにはまだ余裕がある。降伏すると少し伸び能力は落ちるが、強度は変化しない。

降伏させたり、曲げたりした鉄筋を熱処理により元に戻して引張試験を行ったところ、熱処理温度が680℃以下の場合、母材よりも応力度が大きくなり、伸びがなくなる傾向を示すが、850℃の場合、与えたひずみ量に関係なく、母材とほぼ同程度の性能を示した

(図-3)．曲がった鉄筋も温度を上げて元に戻せば性能は変わらない。



熱処理温度が680°C以下の場合、予ひずみ量が大きくなるに従って母材よりも応力度が大きくなり、伸びがなくなる傾向を示す。



熱処理温度が850°Cの場合、予ひずみ量に関係なく、母材とほぼ同程度の性能を示す。

■図-3 予ひずみを与えた鉄筋の応力-ひずみ関係

(2) コンクリートは、ひび割れに注入すれば元の状態に戻る

コンクリートは、極端に言うと石をセメントという糊でつないでいるものである。セメントは世界で最も安い糊であり、糊が剥がれた状態がコンクリートにひび割れが入った状態と言える。クラックに注入し接着させるといのは、剥がれたところにエポキシ樹脂やアクリル樹脂といったより高級な糊を注入し、つなぎ合わせることであり、コンクリート強度は元に戻る。細かいクラックに注入できなければ、水を通しやすいといった問題は別にあるが強度上は元に戻る。

(3) 重いものは、ジャッキで容易に動かすことができる

押出し工法等でPC桁を動かすように、コンクリートを動かすことはそんなに難しいことではない。

3—耐震設計の歴史

耐震設計の歴史を図-4に示す。建築基準法が昭和56年に改正され、新耐震設計基準が制定された。鉄道構造物

等においても昭和58年に帯鉄筋を入れて柱にねばりを持たせる規定を制定した。このとき1,000galの加速度をもつ地震でもエネルギーを吸収し構造物が耐えられるようにし、部材が降伏時の変位の4倍までもたせようとした。平成8年以後は、阪神・淡路大震災規模の直下型地震を考慮し、耐震性能を最大2,000galまで上げ、降伏時の変位の10倍まで耐えられるように変更した。

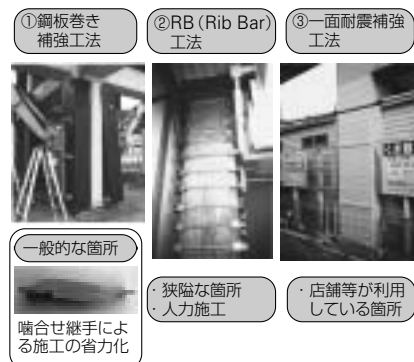
基準類	設計に用いる地震の大きさ	耐震性能	発生した地震 (M:マグニチュード、地震の規模を表す)
大正8年 橋台橋脚標準 心得	120~140gal	柱にねばりを持たせる規定がない	大正12年 関東大震災 (M7.9) 昭和39年 新潟地震 (M7.5)
昭和5年 橋梁標準設計	200gal	200~1000gal	昭和43年 十勝沖地震 (M7.9) 昭和53年 宮城県沖地震 (M7.4)
昭和58年 建築物設計標準	200~250gal	柱にねばりを持たせる規定を制定 1000gal	平成7年 兵庫県南部地震 (M7.2)
平成11年 鉄道構造物等 設計標準 同解説耐震設計	250gal程度	1000~2000gal	平成15年 三陸南地震 (M7.0) 平成16年 新潟中越地震 (M6.8)

■図-4 耐震設計の歴史

4—耐震補強の現状と工法

阪神・淡路大震災後、緊急対策エリアとして南関東地域および仙台地域、あるいは活断層に近接する区間における新幹線および在来線を対象に、せん断破壊先行型のラーメン高架橋の柱および開削トンネルの中柱の耐震補強を行い、落橋防止工も施工している。また、三陸南地震(平成15年5月26日)以後には、緊急対策エリアの外においても新幹線は全線に渡って補強することになっている。

RCラーメン高架橋の柱を対象にした代表的な耐震補強工法を図-5に示す。



■図-5 代表的な耐震補強工法

■質疑応答

Q 南関東地域に、阪神・淡路大震災あるいは新潟県中越地震規模の直下型地震が発生した場合、東海道新幹線の構造物や列車への想定される影響は？

A 新潟県中越地震での新幹線脱線事故を踏まえ、現在、国土交通省航空・鉄道事故調査委員会、新幹線脱線対策協議会、JR東日本社内の検討委員会において、原因と対策について議論を行っている。ここでは土木のみならず車両等全ての系統が集まって検討を行っている。脱線という問題をオープンに議論できる場ができたことは幸いであり、皆で話し合っただけ良い対策案が出てくるのではない。構造物については、これまでも地震が起こる度に想定する地震規模が変わり、耐震設計が見直されてきている。地震の大きさが限定されれば、確実に評価できるので、耐震補強する際には、想定する地震の大きさギリギリに対応するのではなく、できるだけ融通性のある工法を選んでいくことが重要である。

Q 高架下の耐震補強は、オーダーとしてどれぐらいのコストがかかるのか？

A 普通の耐震補強ではコンクリート柱の表面積あたり3万円/m²である。既設構造物における高架下の耐震補強でも工事費は同じ位である。しかしそれ以外に、店舗の一時退去費および復旧費が通常の工事費の10倍以上かかることが見込まれる。作業時間や内装価格によってはさらに大きな負担となる。工事費が少し高くても、できる限り短期間で終わる工法が望まれる。

Q 代行バスに乗りしているのは、どのような目的の方が多いのか？

A 代行バスの総数が約200台であり、

そのうち約150台が新幹線代行、約50台が在来線代行である。在来線代行バスには通勤・通学のための利用者が多く、新幹線代行バスには東京等から来ている調査、復旧作業を目的とする方やマスコミ関係者が多く乗車しているように見受けられた。そのため、ある一定の時間に集中する傾向が見られた。

Q 地震の被害で発電が停止した新潟県にあるJR東日本の信濃川発電所は、首都圏で運行する電車の動力源にもなっていたと認識しているが、通勤鉄道への影響はなかったのか。電力購入の切り替えはスムーズに行われたのか？

A 信濃川発電所のダムにはクラックが入り、全面的に発電を停止している。現在も被害状況を調べているが、アースダムのコア部分は壊れていなかった。もともと首都圏のラッシュ時運行のために電力を供給していたのだが、使えないので全て東京電力から買っている。幸い今の時期は電力需要が比較的小さいので、購入に障害はなかった。

Q 橋脚の耐震補強の考え方において、せん断補強をしていると言われたが、曲げ補強はしないのか？

A 降伏耐力から実際の構造物を分析すると、変形性能を大幅に増やせば2,000galの地震にも対応できる見込みである。また、曲げ耐力を大きくすると壊れる場所が変わってしまう。現状では基本的に柱が壊れるように設計しており、耐震補強を行っても壊れる場所は変わらないように考えている。曲げに対して強くすると、先行破壊が起きるのが梁なのか、杭なのか、

構造物全体系の議論をする必要が生じてしまう。

Q 災害復旧車両あるいは一般車両をどれだけ優先するべきなのか？首都圏で地震が起きた場合には、優先度合いがかなり重要であると思うが、どういう対応が考えられているのか？

A 中越地震の場合、もともと交通量が多くない場所であったため、災害復旧車両に対する規制を早い段階で解除したことは、たいへん有効であった。しかしながら、同様のことが首都圏で起きた場合は、中越地震のように単純ではなく、どの規制を外し、何を優先させるかということを適確にしなければ、パニック状態になると考えられる。そのため、復旧に対するプライオリティを決定するための情報が必要となり、それを踏まえて、どの段階でどの規制を解くかということを明らかにしなくてはならない。現段階では、どのように正確に情報を得るかということが議論されており、対応等に関しては検討にまで至っていないと思われる。

Q 橋脚の基礎部分についてはどのように診断、対処されたのか？

A 解析上も、また実際に後から調べても、どこか1層が破壊されると他は破壊されないことが分かっている。今回もラーメン高架橋の下まで掘って調べているが、柱は破壊されていても、杭はほとんど壊れていない。また、設計体系上、基礎の方は余力がかなりある気がする。というのは、実際の地盤バネ係数は分からないことが多いし、高架橋にほとんどある地中梁は設計に考慮されていないためである。過去の事例をいくつも調べてい

るが、地震加速度によって柱が壊れても基礎は壊れていない。

Q トンネルが軸方向に力を受けるというのはどういう状況か？

A トンネル側壁コンクリートのクラックから判断すると、押されてできるせん断ひび割れであった。軌道のみが持ち上がるには押されたことが考えられる。また、国土地理院の測量によると、今回地震があった場所は、日本海と太平洋の両側から常に押されて縮まっている位置にあたるようで、地震が起きてトンネルも押された可能性がある。

Q 被害にあった構造物の早期修復、早期復旧に向けては、できればそのまま活用するのがベストだと思うが、壊れている物を使う判断基準、判断システムはどのようになされているのか？

A 決められている判断基準はない。国鉄時代から日本全国で災害が起きたときには一つの部署が技術判断をしてきており、長年にわたって、火災、地震、凍害等ありとあらゆるトラブルを数多くそこで見てきている。JR東日本では、同様の組織を作って、同じメンバーにたくさんの被害を見せ、実験を行うということを継続している。とっさの判断には本よりも本物を見ておく必要がある。壊れた構造物を直すときには実際に試験を行って、強度が落ちていないことを確認し、そのデータを蓄積している。メンテナンスには10年を超える実際の経験が必要である。

(とりまとめ：運輸政策研究所 日比野直彦、内田雅洋)