

# コンクリート建造物の被害

下村 匠

長岡技術科学大学 環境・建設系

## 1. はじめに

2004年10月23日に新潟県中越地方で発生した地震は、1995年兵庫県南部地震(阪神淡路大震災)以降、わが国がはじめて経験する内陸直下型の震度7クラスの地震である。それゆえ、この地震における被害状況により、阪神以降続けられてきた各種震災対策の有効性が検証されることとなった。

筆者は、在住する新潟県長岡市においてこの地震を経験した。また、土木学会により組織された第1次、第2次の調査団のメンバーに加わり、建造物の被害調査を行う機会を得た。

本稿では、土木学会の調査団の調査結果<sup>1)2)3)</sup>、各種事業者や公共団体の公表資料<sup>4)5)</sup>、筆者の調査結果に基づき、今回の地震における建造物、とくにコンクリート建造物の被害について述べる。

## 2. 平成16年新潟県中越地震の概要

今回の地震は正式には「平成16年新潟県中越地震」と命名された。本震は、2004年10月23日土曜日17時56分、新潟県の中越地方の川口町を震源として発生した(図1)。地震の規模はマグニチュード6.8、最大震度は川口町において震度7が観測された。隣接する小千谷市では震度6強、周辺の長岡市、十日町市などでは震度6弱であった。最大震度が5以上の強い余震が、本震直後に頻繁に起こり、その後も長期間にわたって生じている(図1、図2)。

## 3. コンクリート建造物の被害

### 3.1 調査時期と調査箇所

震災直後から、行政機関、鉄道、道路の事業者

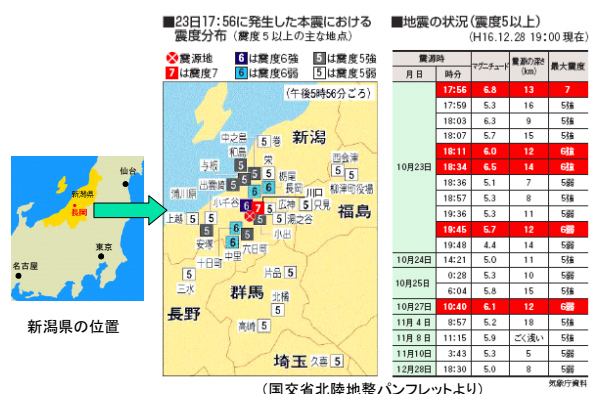


図1 平成16年新潟県中越地震の概要



図2 本震と震度5以上の余震の震源分布

はもとより、全国の研究所、大学による現地調査が行われた。土木学会においては、第1次、第2次の調査団を組織し、現地調査を行い、調査結果を公表した。これらの調査は、多方面にわたって行われ、そのひとつとして、コンクリート建造物・鋼建造物の被害調査を担当する班が設けられた。

コンクリート建造物関係の調査班は、第1次調査団では埼玉大学陸好宏史教授を班長とした5名が10月26日～28日に現地調査を行い、第2次調

査団では東京大学前川宏一教授を班長とした6名が11月6日～8日に現地調査を行った。筆者はいずれの調査にも参加した。

2回にわたる調査団が調査した主なコンクリート構造物の位置を図3に示す。なお、これらの構造物が今回の地震で被害を受けた構造物のすべてというわけではない。

### 3.2 上越新幹線と南津地区の橋梁構造物

今回の地震の本震の震源に近い川口町と南津地区は、信濃川と魚野川の合流点であり、山、川、谷、人里が複雑に入り組んでいる。この近辺を上越新幹線、JR上越線（在来線）、関越自動車道、国道17号線が通っているため、橋梁、トンネルなどの構造物が集まっている。

図4は和南津地区の上越新幹線の構造物を示している。東京方の堀之内トンネル口から新潟方の魚沼トンネル口に至る1km程度の区間が、RCラーメン高架橋の第1第2第3和南津高架橋、魚野川を跨ぐPC箱桁橋の魚野川橋梁により結ばれている。これらの構造物のいくつかに被害がみられた。

3径間連続PC箱桁橋の魚野川橋梁では、RC橋脚に曲げ損傷が発生した（図5）。本橋脚は、直径約6.5mの円形断面であり、損傷箇所は内側軸方向鉄筋の段落し部にあたる。損傷形態は、軸方向鉄筋のはらみだし、かぶりコンクリートの剥落などが見られた。しかし、柱としての軸力保持機能は損なわれていない。

ラーメン高架橋の第1和南津高架橋では、橋脚のせん断破壊が発生した（図6）。本橋脚は、事前に行われていた耐震診断の結果、じん性に乏しいせん断破壊先行型と判定されており、耐震補強が順次施される予定であった<sup>4)</sup>。今回の地震により生じた破壊性状は、予想されたとおりのせん断破壊であったことから、現在行われている既存構造物の耐震診断が妥当であることが確認されると同時に、補強が必要と判定された構造物に耐震補強を早急に施すことの重要性があらためて認識される結果となった。



(国土地理院の図に加筆)

図3 コンクリート構造物の被害調査箇所

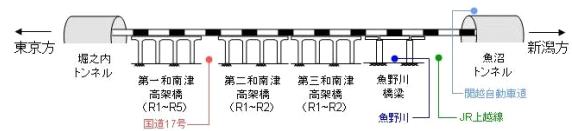


図4 上越新幹線と南津地区の構造物



図5 上越新幹線魚野川橋梁



図6 上越新幹線第1和南津高架橋

同じくラーメン高架橋の第3和南津高架橋においても橋脚のせん断破壊が発生し、軌道面の沈下が見られた(図7)。本橋脚は、耐震診断の結果、せん断破壊先行型ではないと判定されていたものである。この破壊は例外的である。このような破壊が生じた理由として、高架橋完成後に地表付近に施工された別の構造物が影響し、主構造物の状況が設計時に想定していた構造系と異なったためであると考えられている<sup>4)</sup>。すなわち、橋脚郡中に併設された融雪のための付帯設備が、高架橋柱の水平変位を地表面近傍で拘束したために、柱のせん断スパンが短くなり、破壊モードがせん断破壊に移行したと考えられる。この仮説をわかりやすく示したのが、図8の数値シミュレーションの結果である<sup>3)</sup>。拘束効果の大きい支持床があると、橋脚の水平変位が拘束され、地上部分においてせん断破壊が生じやすくなる可能性があることが示唆される。このことから、構造物付近の付帯設備や地盤との相互作用を適切に考慮できる耐震性能照査技術の高度化に向けての産学挙げての一層の努力の必要性が、土木学会第二次調査団による緊急提言のひとつとして掲げられている。



図7 上越新幹線第3和南津高架橋

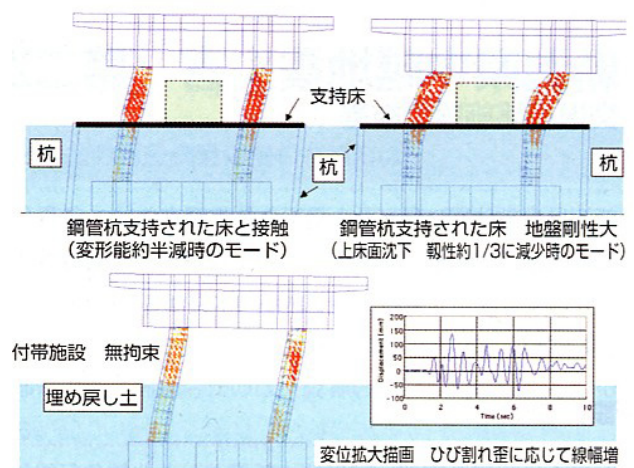


図8 付帯設備による主構造物の拘束効果に関する数値解析による検討例(類似の構造物を対象に検討)<sup>2)</sup>

### 3.3 上越新幹線村松・片田地区の橋梁構造物

上越新幹線は小千谷市から長岡市に入り、滝谷トンネルを出たところから高架橋が連続する(図9)。ここからは山岳部を抜け、信濃川にそって開けた平野部を新潟市に向けて走ることとなる。この滝谷トンネルをでた地点で、上越新幹線「とき325号」は中越地震の本震にみまわれ、約1.6km脱線しながら走行し停止した。

この区間は平成7年の運輸省通達における緊急耐震補強対策の対象線区となっており、一部の高架橋にはすでに耐震補強が施されていた(図10)。鋼板巻立て補強が施されていた十日町高架橋には被害が見られておらず、耐震補強の効果が確認された。また、耐震補強が不要と判定された構造物では、無損傷の柱と柱端部に曲げ塑性変形によ

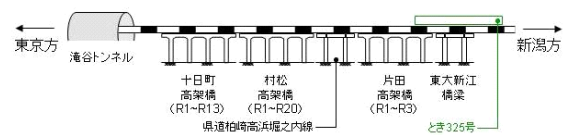


図9 上越新幹線村松・片田地区の構造物

る損傷が生じた柱が混在しており、想定どおりの軽微な被害に収まっている。

耐震診断の指標と限界値の設定の妥当性、および耐震補強の有効性が確認される結果となった。



図10 上越新幹線村松高架橋と十日町高架橋

### 3.4 北越急行十日町駅付近高架橋

上越線六日町から十日町を通り日本海側へと抜ける北越急行線は、第3セクターとして1997年3月に開業した。阪神淡路大震災以降に新設された構造物であるが、設計は旧規準による。そこで、当時改訂準備中であった現行設計標準を用いて耐震性のチェックが行われていた。

図11は、北越急行線の十日町駅付近の高架橋である。

柱端部に曲げ塑性ヒンジが形成される損傷であった。本構造物は、現行設計標準による耐震性能照査の結果、曲げ破壊先行型と確認され、補強の必要がないと判定されていたものである。はたして、今回の地震による損傷は軽微な曲げ損傷に収まっており、被災後44時間で列車を運行させながら、修復工事を行っていた。シナリオ通りの損傷制御が実現したといえる。本構造物は、阪神淡路大震災以降初めて震度6クラスの直下型地震を受けた新設構造物である。

### 3.5 関越自動車道の構造物

関越自動車道は、上越新幹線と平行に首都圏と新潟を結ぶ高速道であるが、新幹線と比較して、盛土など土工区間が多く、トンネル、橋梁などの構造物が少ない。震災直後は、盛土の崩壊、路面の陥没、段差の発生などの土工の被害により通行不能となったが、きわめて迅速な復旧作業により、



図11 北越急行十日町駅付近高架橋

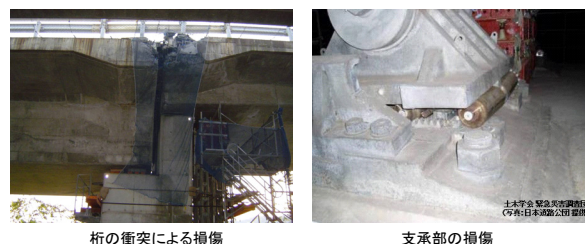


図12 関越自動車道芋川橋梁

本震後19時間で緊急車両の通行を可能とし、被災地の復旧に大きく貢献した<sup>5)</sup>。

関越自動車道の橋梁構造物は、支承部等に損傷が見られたものもあったが、橋梁としての機能を失うほどの損傷ではなかったため、車両を通行させながら修復工事を行うことができた (図12)。

### 3.6 一般道の構造物

国道、主要地方道、県道などの一般道も広い範囲で被害を受け、通行止め箇所が多数発生した。その多くは盛土の崩壊、路面の陥没、段差の発生などの土工の被害によるものである。しかし、橋

梁構造物の被害もいくつか発生した。図13は、国道17号線小千谷大橋の橋脚の被害状況である。本橋梁は上部構造が連続鋼箱桁、下部構造がRC単柱からなる。固定支承橋脚に被害が集中した。かぶりコンクリートの剥落、鉄筋のはらみだし、斜めひび割れなどが見られた。車両を通行させながら修復工事が行われた。



図13 国道17号線小千谷大橋

### 3.7 その他

その他のコンクリート構造物の被害で、特徴的なものをいくつか紹介する。

図14は、土砂に埋もれた車中から男児が救出された長岡市妙見町の土砂崩れ現場直近の旧道の橋脚である。現行道路橋が隣接するので、この橋はすでに役目を終了していた。典型的な橋脚のせん断破壊が観察された。

図15は、JR越後川口駅の地下道の被災状況である。この近辺は倒壊家屋が多く、激震地区であった。

図16は、長岡工業高等専門学校（長岡高専）の建築物である。長岡高専付近は長岡市内でも地震動の大きかった地域であったうえに、高専の立地している造成地の地盤の変状の影響により、校内の建物は著しい被害を受けた。



図14 長岡市妙見町旧浦柄橋

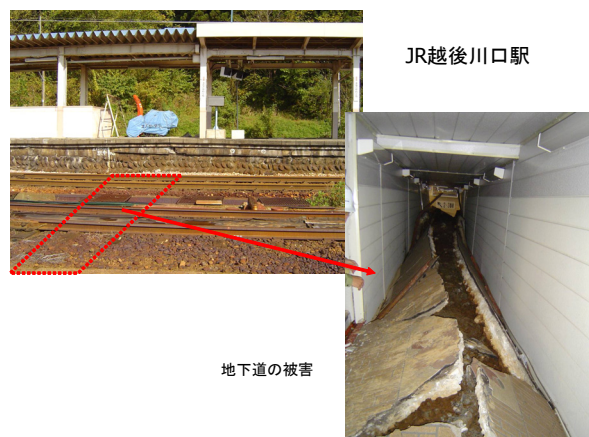


図15 JR越後川口駅地下道



図16 長岡高専

#### 4. おわりに

- 1) 今回の中越地震は、1995年の阪神淡路大震災以降行われてきた、構造物の耐震に対する取り組み、すなわち耐震設計規準類の整備、耐震診断の評価指標と限界値の設定、耐震補強技術の開発研究が有効かどうかの検証の機会となった。その結果、それらは適切であったと考えてよいことが明らかとなった。
- 2) しかし、設計上想定していない破壊が生じた構造物も見られた。構造物の耐震性能照査の高度化を図り、付帯設備や地盤との相互作用の影響などを考慮できるようにする必要があることが明らかとなった。
- 3) 補強が必要と判定され、耐震補強が計画であったものの、まだ施されていなかった構造物の中には、予想されていた通り損傷を受けたものがみられた。社会基盤構造物への耐震補強の実施は、社会全体の安全のために不可欠であるとの認識から、これを推進する社会システムの構築が求められる。

よび復旧概要《被災～4車線一般開放までの取り組み》, 2005.1

#### 参考文献

- 1) 土木学会：平成16年新潟県中越地震 社会基盤システムの被害等に関する総合調査「調査結果と緊急提言」, I 報告・提言編, 土木学会第二次調査団, 2004.12.
- 2) 土木学会：土木学会（第1次）・地盤工学会合同調査団 調査速報 (Ver. 1.0, 2005年1月11日), 5. 橋梁構造物の被害, 2005.1 (WEB資料)
- 3) 前川宏一：新潟県中越地震災害 第二次調査団速報, 交通基盤施設の被害, 土木学会誌, Vol.90, No.1, pp.9-10, 2005.1
- 4) 石橋忠良：新潟県中越地震における土木構造物の被害(鉄道施設), 平成16年新潟県中越地震被害調査報告会配布資料, 地震工学会, pp.67-71, 2004.12
- 5) 日本道路公団北陸支社：平成16年(2004年)新潟県中越地震に伴う高速道路の被災状況お