

### 3. 大地震に備えるための道路・河川施設の耐震技術

研究期間：平成 18 年度～22 年度

プロジェクトリーダー：耐震総括研究監 松尾修

研究担当グループ：橋梁構造研究グループ、材料地盤研究グループ（土質・振動）、  
水工研究グループ（ダム構造物）

#### 1. 研究の必要性

最近大きな地震が頻発し、再び活動期に入ったとも言われている。今後、東海・東南海・南海地震、首都圏直下地震、宮城県沖地震など、人口・資産の集積する地域で大地震が発生する可能性が高く、それぞれの地震による想定被害額は数10兆円から110兆円などと推定されている。政府は、これらの地震に対して、今後10年間で人的被害・経済被害を半減させる「地震防災戦略」を決定している（中央防災会議、平成17年3月）。

これを実現するためには、道路をはじめとするライフライン施設、ゼロメートル地帯等を津波浸水から守る河川施設などを対象に、既設構造物の耐震診断・補強技術、および震災後に迅速に機能回復する技術を優先的に開発・改良することが必要である。

#### 2. 研究の範囲と達成目標

本重点プロジェクト研究では、道路・河川の主要構造物を対象に、既設構造物の耐震診断・補強技術、および震災後に迅速に機能回復する技術を開発・改良することを研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 既設道路橋の耐震診断・補強技術の開発
- (2) 山岳盛土の耐震診断・補強技術の開発
- (3) 道路橋の震後早期機能復旧技術の開発
- (4) 既設ダムの耐震診断・補修・補強技術の開発
- (5) 河川構造物の耐震診断・補強技術の開発

#### 3. 個別課題の構成

本重点プロジェクト研究では、上記の目標を達成するため、以下に示す研究課題を設定した。

- (1) 補強対策が困難な既設道路橋に対する耐震補強法の開発（平成 18～21 年度）
- (2) 既設道路橋基礎の耐震性能評価手法に関する研究（平成18～20年度）
- (3) 橋梁基礎の耐震補強技術に関する試験調査（平成18～22年度）
- (4) 山岳道路盛土の耐震補強技術に関する試験調査（平成18～22年度）
- (5) 震災を受けた道路橋の応急復旧技術の開発に関する試験調査（平成18～21年度）
- (6) 記憶型検知センサーを用いた地震被災度の推定手法（平成15～19年度）
- (7) ダムの健全性評価に関する研究（平成16～19年度）
- (8) コンクリートダムの補修・補強に関する研究（平成17～19年度）
- (9) コンクリートダムの地震時終局耐力評価に関する研究（平成18～22年度）
- (10) 強震時の変形性能を考慮した河川構造物の耐震補強技術に関する調査（平成18～21年度）
- (11) 大規模地震時におけるフィルダムの沈下量の評価方法に関する研究（平成20～22年度）

このうち、平成 20 年度は、(1)～(5)、(9)～(11)の 8 課題を実施している。

#### 4. 研究の成果

本重点プロジェクト研究の個別課題の成果は、以下の個別論文に示すとおりである。なお、「2. 研究の範囲と達成目標」に示した達成目標に関して、平成 20 年度に実施してきた研究と今後の課題について要約すると以下のとおりである。

**(1) 既設道路橋の耐震診断・補強技術の開発**

- ・ 補強対策が困難な既設道路橋に対する耐震補強法の開発として、主鉄筋段落し部を有する RC 橋脚のアップグレード耐震補強工法の提案および補強設計マニュアルを作成した。また、鋼アーチ橋の耐震性能評価の一方法とするファイバーモデル解析を用いる場合における解析方法の検討、実橋梁に対する解析の実施および解析結果の分析を行った。また、解析方法をまとめ、同種の橋梁の耐震性能評価に参考可能な解析事例を作成した。
- ・ 既設道路橋基礎の耐震性能評価手法に関しては、平成 19 年度までに、被災事例の分析、設計基準及び施工技術の変遷、既設道路橋基礎の耐震性試算を行い、基礎の建設年代、基礎形式、地盤条件等のパラメーターと基礎の脆弱度の関係を整理し、基礎の脆弱度判定（耐震補強の優先度の振り分け）フローを提案したところであるが、平成 20 年度は、試算の追加等を行い、フローの精度向上を行った。また、精度は落ちるものの、標準貫入試験結果のみから簡易に液状化発生の可能性、度合いを判定するための方法を提案した。
- ・ 橋梁基礎の耐震補強技術に関しては、現場の条件や求める基礎の耐震性能に応じて、補強効果や施工の確実性を含めた品質、維持管理性、地震後の長期的な状態評価までも含め、耐震補強に求める要求性能とその検証方法をセットで提示することを目的としている。平成 20 年度は、数多く提案されている基礎の耐震補強工法を設計の考え方や施工法に応じた 5 グループに分類し、それぞれのグループの性能検証のための課題を整理した。また、現在の設計計算手法では地震に対して極めて脆弱と判定される一方、これまで基礎の損傷に伴う下部構造の顕著な残留変位が確認されていないケーソン基礎を対象に、曲げ破壊実験を行い、破壊に至るまでの挙動を明らかにするとともに、耐震性能の評価モデルの検討を行った。

**(2) 山岳盛土の耐震診断・補強技術の開発**

- ・ 平成 19 年度に能登半島地震の盛土の被災事例を基に構築した耐震診断手法について、既往の地震における盛土の被災事例を対象にその適用性を検証するとともに、精度の向上を図った。
- ・ 山岳盛土の動的遠心模型実験及び被災事例を対象として、安定性照査手法、残留変形解析手法の適用性を検討し、各手法における安全率、滑動変位量とも実験における浸透水位、締固め度の違いによる地震時残留変位の違いを定性的に考慮できることを示した。

**(3) 道路橋の震後早期機能復旧技術の開発**

- ・ 地震を受けた鉄筋コンクリート橋脚の機能を 1 日以内に復旧するための復旧工法として、平成 19 年度に提案した機械式定着による繊維バンドによる復旧工法について、復旧設計を行うための基礎資料を得るために正負くり返し載荷実験を行った。提案する復旧工法の目的は、橋脚の脆性的な破壊を防止するために短期的なせん断耐力を確保することであり、実験では繊維バンドによるせん断補強効果を評価した。実験より、大きな水平変位が生じ、コンクリートが圧壊し、軸方向鉄筋が複雑に座屈するような状態になっても、繊維バンドは破断せず、バンドによるせん断補強効果が期待できることを示し、せん断補強効果の評価式を提案した。

**(4) 既設ダム耐震診断・補修・補強技術の開発**

- ・ 大地震動によるコンクリートダム堤体の亀裂分断後における終局的な堤体の耐震安定性の評価手法を開発するため、堤体分断ブロックの地震時における変位挙動・メカニズムを解明することを目的として、ダム形状の分断堤体模型を作製し、貯水による亀裂内揚圧力、動水圧の影響等を考慮できる形で振動実験を実施した。
- ・ 大地震動によるフィルダムの沈下量の評価手法を開発するため、実際のダムの堤体材料を用いた動的変形試験・動的強度試験とともに、等価線形化法による地震応答解析とすべり変位解析および累積損傷解析を組み合わせて実施し、沈下量に与える影響因子の分析、実ダムの変形挙動の再現性の評価を行った。

**(5) 河川構造物の耐震診断・補強技術の開発**

- ・ 固結工法、締固め工法、鋼材を用いた工法の三工法を対象に、これらの効果を加味して大地震時の堤防の沈

下量を評価するための解析手法に関する検討を行った。耐震対策がなされた堤防に関する過去の動的遠心模型実験結果を対象に解析を行い、締固め工法と鋼材を用いた工法については、実験における堤防の沈下量を比較的良好に再現することができたが、一方で固結工法については改善の余地が残される結果となった。平成 21 年度は、固結工法により対策された堤防の沈下量の評価方法を、固結工法の内的安定照査法とセットで検討し、その成果を堤防の耐震対策マニュアルとしてとりまとめる予定である。

- ・ 樋門の耐震性能照査法の検証を目的として、平成 19 年度に収集した樋門函渠の被害調査結果を対象に、再現解析を実施した。その結果、樋門函渠の性能照査において重要な継手の変位や函体の損傷について、被災状況を良好に再現することができた。平成 21 年度は、樋門函渠の被害事例解析に関するパラメータスタディをさらに重ね、樋門函渠の耐震対策のあり方を提示する予定である。
- ・ 特殊堤の耐震性能照査法を検証するための基礎資料として、コンクリート擁壁式特殊堤及び自立式矢板特殊堤の被害事例及び調査結果を収集した。自立式矢板特殊堤については地盤変形解析によって被災状況を再現できることを確認した。平成 21 年度は、コンクリート擁壁式特殊堤の耐震性能照査法を検証するための被害事例解析を行うとともに、特殊堤の耐震対策工法に関する検討を行う予定である。

## DEVELOPMENT OF SEISMIC RESISTANT TECHNOLOGIES FOR ROAD AND RIVER FACILITIES TO PREPARE FOR THE ANTICIPATED BIG EARTHQUAKES

**Abstract** : Big earthquakes are expected to occur in Japan in the coming few decades. They are likely to hit the major areas where population and properties are highly accumulated, and the expected damage loss by the individual earthquake amounts to as large as some tens- to a hundred- trillion yen. In order to reduce the damage loss, seismic retrofitting of existing structures is one of the most crucial tasks. The research project aims to develop/improve technologies to seismically assess and strengthen existing engineering structures, including bridges, embankments, dams and river facilities. To develop such technologies, the following research projects were conducted:

- 1) Seismic retrofit strategy for existing highway bridges
- 2) Seismic performance assessment of existing highway bridge foundations
- 3) Research on the seismic retrofit of highway bridge foundations
- 4) Seismic retrofits for road embankments on mountain side
- 5) Development of rapid repair method for seismic damage of bridge structures
- 6) Development of detection/estimation method for seismic damage using advanced sensor
- 7) Research on Integrity Evaluation of Dams
- 8) Research on Rehabilitation and Reinforcement of Concrete Dams
- 9) Evaluation of ultimate limit resistance of concrete gravity dams against large earthquakes
- 10) Seismic retrofits for river facilities considering structure ductility under strong earthquake motions
- 11) Research on evaluation method of earthquake induced settlement of rockfill dams due to large earthquake motions

**Key words** : seismic resistant technologies, assessment, retrofit, road, bridge, dam, river