

3. 耐震性能を基盤とした多様な構造物の機能確保に関する研究

研究期間：平成23年度～27年度

プロジェクトリーダー：耐震総括研究監 田村敬一

研究担当グループ：地質・地盤研究グループ（地質、土質・振動）、水工研究グループ（水工構造物）、道路技術研究グループ（トンネル）、寒地基礎技術研究グループ（寒地構造）、橋梁構造研究グループ

1. 研究の必要性

東海・東南海・南海地震、首都直下地震等、人口及び資産が集中する地域で大規模地震発生 of 切迫性が指摘され、これらの地震による被害の防除・軽減は喫緊の課題とされている。また、今後、多くの社会資本ストックが維持更新の時期を迎えるに当たり、耐震対策についても構造物の重要性や管理水準に応じて適切かつ合理的に実施することが求められている。このためには、耐震性能を共通の基盤とし、種々の構造物の耐震設計法・耐震補強法の開発を図ることが必要である。

2. 研究の範囲と達成目標

本プロジェクト研究では、耐震性能を基盤とした耐震設計法・耐震補強法の開発及び近年の地震被害の特徴を踏まえた耐震対策や震災経験を有しない新形式の構造物の耐震設計法の開発を研究の範囲とし、以下の達成目標を設定した。

- (1) 構造物の地震時挙動の解明
- (2) 多様な耐震性能に基づく限界状態の提示
- (3) 耐震性能の検証法と耐震設計法の開発

3. 個別課題の構成

本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) 性能目標に応じた橋の地震時限界状態の設定法に関する研究（平成23～26年度）
- (2) 道路橋基礎の耐震性能評価手法の高度化に関する研究（平成26～27年度）
- (3) 津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究（平成24～27年度）
- (4) 山岳トンネルの耐震対策の選定手法に関する研究（平成23～27年度）
- (5) 地盤変状の影響を受ける道路橋の耐震安全対策技術に関する研究（平成23～27年度）
- (6) 降雨の影響を考慮した道路土工構造物の耐震設計・耐震補強技術に関する研究（平成23～27年度）
- (7) フィルダムの設計・耐震性能照査の合理化・高度化に関する研究（平成23～27年度）
- (8) 再開発重力式コンクリートダムの耐震性能照査技術に関する研究（平成23～27年度）
- (9) 台形CSGダムの耐震性能照査に関する研究（平成23～27年度）
- (10) 液状化判定法の高精度化に関する研究（平成24～27年度）

このうち、平成24年度は(2)以外の9課題を実施している。

4. 研究の成果

本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24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) 構造物の地震時挙動の解明

- 1) 道路橋については、軸方向鉄筋のはらみ出し挙動に着目した RC 橋脚の地震時限界状態の評価手法及び中空断面 RC 橋脚の塑性変形性能を確保するための設計法および構造細目を確立し、これらの成果を道路橋示方書に反映させた。また、丸鋼鉄筋が用いられた RC 橋脚の変形性能評価のための実験的検討、東日本大震災において津波により被害を受けた橋の挙動メカニズムに関する実験・解析的な検討、などを行った。
- 2) トンネルについては、実トンネルにおいて地震時挙動を計測することにより、地震時におけるトンネルの挙動から被害発生メカニズムを確認するとともに、地震時に想定される地山の变形モードに対するトンネルの耐震対策効果に関して模型実験および静的数値解析により確認した。
- 3) 盛土については、東日本大震災における道路盛土の統計分析による被害要因の確認、東日本大震災で被災した実盛土の復旧箇所において水位観測による降雨と盛土内水位の関係性の調査と排水対策の効果の実験検討、などを実施した。
- 4) ダムについては、低拘束圧条件下のロック材料強度を精度良く評価可能な一面せん断試験を開発するとともに、低拘束圧領域から高拘束圧領域まで評価可能な拘束圧依存性を考慮できるロック材料強度の評価方法を提案した。また、48 地震動を用いて堤高 100m 以上のダムにも適用できる震力係数の提案、再開発ダム（高上げダムや既設ダム堤体の削孔（放流管新設）を行うダム）を対象とした常時（非地震時）の応力解析による実ダムの挙動特性の再現検討、地震応答解析による台形 CSG ダムの地震時挙動特性に関する検討、などを実施した。

(2) 多様な耐震性能に基づく限界状態の提示

- 1) 道路橋示方書改定に伴う現場ニーズの高まりを踏まえ、道路橋の耐震補強で目標とする性能に応じた橋の各部材の限界状態の設定と部材特性を踏まえた補強対策案の検討、提示を行い、その考え方を土研資料に取りまとめた。
- 2) 山岳トンネルで要求されると考えられる耐震性能を仮定したうえで、それらに対応すると考えられる山岳トンネルの限界状態と対策の考え方について整理した。

(3) 耐震性能の検証法と耐震設計法の開発

- 1) 道路橋については、RC 橋脚や橋台の橋座部のせん断破壊に対する応急復旧工法を提案し、その効果を検証するための実験の実施、また、耐震主部材において耐震性に及ぼす影響の大きい劣化損傷のパターンと程度を見極め、耐震性の観点からの補修の優先度等に関する検討、液状化や側方移動で被災した橋梁の再現性の検証及び被災要因の推定、斜面上に設置された柱状体基礎に地すべりによる外力が作用した場合の基礎の安全余裕度についての数値解析、などを行った。
- 2) トンネルについては、仮定した耐震性能毎の対策の考え方をもとに、新設トンネルにおける耐震対策フロー（案）の作成にあたって必要とする項目の整理、また、実トンネルにおける計測、模型実験、数値解析の結果をもとに新設トンネルにおける耐震対策の適用性の整理、などを行った。
- 3) 盛土については、Newmark 法を用いて盛土の耐震性に対する降雨の影響及びドレーン材の効果に関する試計算を実施し、ドレーン材の布設範囲に応じた耐震性向上効果を確認した。
- 4) 地盤の液状化について、その発生および評価に及ぼす各種要因として、地質情報と地形区分、細粒分、火山灰質土等の特殊土を対象に、地盤モデルの精度の検証、試験データと細粒分含有率、乾燥密度、せん断剛性等の関係の分析を実施した。

RESEARCH TO ENSURE FUNCTIONS OF VARIOUS STRUCTURES DURING EARTHQUAKES BASED ON SEISMIC PERFORMANCE

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Research Coordinator for Earthquake Engineering
Keiichi Tamura

Research Group : Geology and Geotechnical Engineering Research Group (Geology, Soil Mechanics and Dynamics), Hydraulic Engineering Research Group (Dam and Appurtenant Structure), Road Technology Research Group (Tunnel), Cold-Region Construction Engineering Research Group (Structures), Bridge and Structural Engineering Research Group

Abstract: Large earthquakes are expected to strike the areas where population and properties are highly accumulated in Japan, and reducing damage from these earthquakes is a crucial issue. Many infrastructures will soon need repair or renewal, and it is necessary to implement seismic countermeasures properly according to the importance or maintenance level of structures. For this, it is indispensable to develop seismic design and retrofit techniques of various structures by employing seismic performance as the common base. Scope of the research project extends to development of seismic design and retrofit techniques based on seismic performance, seismic countermeasures reflecting damage features in the recent earthquakes and seismic design techniques for the new structures without damage experience in the past earthquakes.

Key words: earthquake, structure, seismic design, seismic retrofit, seismic performance