

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：耐震研究監 運上茂樹

研究担当グループ：地質・地盤研究グループ（土質・振動、特命事項担当、地質）、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、寒地地盤）、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) 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）
- (3) 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）
- (4) 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）
- (5) 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）
- (6) 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）
- (7) 台形 C S G ダムの耐震性能照査に関する研究（平成 23～27 年度）
- (8) 液状化判定法の高精度化に関する研究（平成 24～27 年度）
- (9) 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）
- (10) 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）

このうち、平成 25 年度は(10)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 25 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、破壊特性を考慮した耐震主部材の抵抗特性の評価方法に関する研究の一環として、異形鉄筋と丸鋼鉄筋を用いた既設 RC 橋脚を取り挙げ、正負交番載荷実験により、それらの損傷特性、耐力特性、変形性能の差を明らかにした。また、津波に対する橋の挙動メカニズムを明らかにするために、水路実験結果をもとに、津波と支承に生じる反力特性の関係を明らかにし、支承に作用する反力の評価手法を提案した。また、水路実験データを活用し、数値解析技術の適用性を検証した。
- 2) 盛土については、平成 24 年度に引き続き、東北地方太平洋沖地震において被災した谷埋め道路盛土の復旧箇所において、降雨等による盛土内の水位変動について調査を行い、降雨や融雪等による水位変動の影響や排水対策の効果について検討を行った。
- 3) フィルダムについては、動的解析に基づく簡易耐震性能照査法の検討、指定円弧と任意円弧によるフィルダムの地震時すべり変形量についての検討、地震動の継続時間の長さがすべり変形量に及ぼす影響の検討を行った。また、再開発重力式ダムについては、既設堤体上での嵩上げおよび削孔による放流管増設ブロックを対象に、地震応答解析により再開発ダムで想定される損傷形態について検討し、新設ダムとの相違点を明らかにした。また、ダムコンクリートの引張強度について、動的載荷や繰り返し載荷条件を含む強度試験による実験的な検討を行った。台形 CSG ダムに関しては、地震応答解析により台形 CSG ダムで最も想定すべき損傷形態を明らかにするとともに、CSG の引張強度や引張軟化特性を実験的に検討した。
- 4) 地盤の液状化について、細粒分を含む砂の液状化強度評価式の見直しを行い、新たな評価式を提案した。また、東京湾沿岸埋め立て地で得られた鉛直アレー地震記録の分析を行い、東京湾沿岸埋立地の液状化発生時刻と深度を明らかにすることで、質の高い液状化判定法の検証材料を得た。また、特殊土である火山灰質土の液状化履歴および液状化特性に関する事例分析ならびに液状化特性を調べるための原位置調査および室内土質試験を実施した。

(2) 多様な耐震性能に基づく限界状態の提示

- 1) 山岳トンネルで要求されると考えられる耐震性能に応じた限界状態について、安全性、供用性、修復性の観点から整理した。

(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、破壊特性を踏まえた応急復旧工法に関する研究の一環として、東日本大震災において橋座部でせん断破壊が生じた低鉄筋壁式橋脚を対象に、その応急復旧工法を提案し、実大供試体を用いた実験により、提案工法による水平耐力の回復効果を確認した。また、津波に対する橋の抵抗耐力の評価手法として、津波の影響により上部構造に上陽力と抗力が作用した場合に、支承部が支承線全体として抵抗する特性を載荷実験により検証した。これをもとに支承部の耐力評価と実橋での被災状況との整合性を検討した。さらに、フェアリングの取り付けによる支承反力の軽減効果、桁間の空気溜まりを通気させることによる浮力の低下対策を実験的に検討した。
- 2) トンネルについては、山岳トンネルの耐震対策の選定に関して、耐震対策の効果を検討するため、地震被害が想定される特殊条件が介在する場合や、耐震対策を実施したトンネルに地震時に想定される外力が作用した際の挙動について、模型実験により検討した。
- 3) 地盤変状の影響を受ける道路橋については、地震時の斜面地盤の変状パターン③（流れ盤の層理面・節理面・断層面・薄い脆弱層によるすべりまたは崩壊）に相当する代表事例の数値解析を行った。また、地震時に変状を起こしやすい斜面の地盤条件の判定手法の概略の方向性について検討した。さらに、地すべり等の要因に伴い、地盤変状を生じる可能性がある斜面上に設置された道路橋の組杭基礎に対して、地盤変状の規模と組杭基礎の諸元の違いが基礎の安定性に及ぼす影響について基礎的検討を実施した。
- 4) ロックフィルダムの合理的設計法および簡易な耐震性能照査法に関する検討として、平成 24 年度までに提案した震力係数を用いて既往の修正震度法との安全率の差異を検討した。また、再開発重力式ダムについては、大規模地震時における再開発ダム堤体の挙動推定の基本的な考え方の素案を留意点とともにまとめた。台形 CSG ダムに関しては、現時点までの知見を踏まえ、台形 CSG ダムの耐震性照査における大規模地震時の挙動の推定方法について基本的な考え方を検討した。
- 5) 地盤の液状化について、液状化判定のための地盤の調査・評価方法として、ボーリング密度の差による地層分布の推定精度、ボーリング孔間の液状化層分布の推定精度を検証した。また、液状化判定法の精度検証のため、オールコアボーリングを用いた液状化箇所の詳細分析を実施し、観察に基づく液状化層同定結果との比較分析を実施した。

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

Research Period : FY2011-2015

Project Leader : Research Coordinator for Earthquake Engineering
UNJOH Shigeki

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