

平成10年度科学技術振興調整費

都市基盤施設の地震防災性向上に関する調査

報 告 書

登 録	平成12年6月5日
番 号	第 47813 号
社団 法人	土 木 学 会
附 属	土 木 図 書 館

平成11年3月

社団法人 土 木 学 会

平成10年度科学技術振興調整費  
「都市基盤施設の地震防災性向上に関する調査」  
実施計画

I. 調査研究の全体計画

1. 調査の趣旨

1995年兵庫県南部地震および1994年ノースリッジ地震は、大都市近傍で発生するマグニチュード7クラスの地震の破壊力を改めて示すことになった。我が国では、1923年の関東地震を契機に、構造物の耐震技術の開発が行われ、都市基盤施設の耐震対策が進められて来たが、断層近傍域における強烈な地震動に対する都市の安全性については多くの未解決の課題が残されている。

本調査の趣旨は、i) 断層近傍域で発生するような強地震動を対象とした都市基盤施設の耐震設計法、ii) 地震前における既存構造物の耐震診断法と耐震補強法、およびiii) 地震後における被害構造物の残存強度の評価法および復旧法、の現状を調査して、都市基盤施設の地震防災性の総合的な向上を図るために緊急を要する研究課題の抽出を行い、さらに、それらの研究課題を解決するための具体的な研究方法を提示することにある。

2. 調査の概要

2.1 強地震動を想定した都市基盤施設の耐震設計法の調査

(1) 耐震設計用入力地震動の調査

兵庫県南部地震以後、従来の耐震設計で用いられていたような通常の強度の地震動、レベル1地震動に加えて、断層近傍域で発生するような強烈な地震動、いわゆるレベル2地震動を耐震設計において考慮することの必要性が認識され、関係各機関による耐震設計に際してレベル2地震動の評価が行われている。しかしながら、レベル2地震動と構造物の保有すべき耐震性能の関係が十分に検討されていないことやレベル2地震動の評価法についても確立された方法がないことから、各種構造物の耐震基準で設定されたレベル2地震動は互いの整合性に欠けており、都市基盤を構成する施設全体として調和のとれた地震防災性向上が図られていないのが現状である。

本調査では、以下の調査を行って耐震設計用地震動の合理的評価のための研究課題の抽出とその研究の方法を示す。

- i) 設計用地震動と都市基盤施設が保有すべき耐震性能との関係に関する基本理念の検討
- ii) 既往地震動記録の収集・分析による断層近傍域の地震動の全体像の調査
- iii) 断層から地震動を直接推定する手法の現状の調査

(2) 構造物の終局強度の評価法と限界状態設計法の調査

レベル2地震動を想定して耐震設計を行う場合、多くの構造物は弾性域を超え塑性域での挙動を示すことになる。このため、構造物の終局強度と塑性域での変形性能を考慮し

た耐震設計法、いわゆる限界状態設計法の確立が必要となる。兵庫県南部地震以前から限界状態設計法により設計、建設されたコンクリート橋梁にも兵庫県南部地震において甚大な被害が発生しており、現行の設計法では不十分であることが示された。また、鋼構造物、およびアースダム、堤防、護岸、斜面などのいわゆる土構造物では塑性域での変形挙動や終局強度についてほとんど研究がなされておらず、限界状態設計法の考え方が採用されていないのが現状である。

さらに、過去の地震において液状化や側方流動により構造物基礎や地中構造物が甚大な被害を受けてきたが、液状化や側方流動が構造物に与える影響についても未解決の課題が数多く残されている。

本調査では以下の項目について各種構造物の塑性域での挙動と終局強度に関する研究の現状を調査し、今後の研究課題の抽出を行って、さらにそれらの課題の研究方法を示す。

- i) コンクリート構造物および鋼構造物の終局強度と塑性域での挙動
- ii) アースダム、盛土、護岸等の土構造物の強地震動に対する塑性域での変形挙動、残留変形および終局強度の評価
- iii) 液状化と側方流動の影響を考慮した地中構造物および基礎構造物の変形挙動と終局強度の評価

## 2.2 地震前における既存構造物の耐震診断法と耐震補強法の調査

### (1) 耐震診断法の調査

東京、大阪などの大都市圏には、兵庫県南部地震で大被害を受けた構造物と類似の構造物が数多く存在する。将来大都市圏を襲うと予想される地震による災害を軽減するためには、これらの既存構造物の老朽度や残存強度を精度良く測定・評価し、必要に応じて適切な対策を講じておくことが急務である。既存構造物の耐震診断では数多くの構造物を対象とすることから、耐震診断法は簡便で廉価であることが要求される。本調査では耐震診断法の現状を調査するとともに、GPS（汎地球測位システム）やAE（アコースティックエミッション）などの先端技術の耐震診断への応用の可能性について調査する。

### (2) 耐震補強法の調査

兵庫県南部地震後、道路および鉄道のコンクリート橋脚を中心に鋼板巻き立て等による耐震補強が実施されているが、都市基盤施設全体の地震防災性を向上させるためには他の多くの構造物の補強が必要である。例えば、液状化地域における各種構造物の基礎構造の補強、鉄道や道路盛土の補強、およびコンビナート地区における危険物、高圧ガス施設等の地盤と護岸の補強などが緊急に取り組むべき課題として挙げられる。

耐震補強には、対象となる構造物の数が膨大になること、工事空間や時間が厳しく制限されていることなど多くの解決を要する課題がある。本調査では既存の耐震補強法の現状をまとめ、先端技術および新材料などの活用による新しい補強技術の開発の可能性を探る。

## 2.3 地震後における被害構造物の残存強度の評価法および復旧法の調査

### (1) 大規模地震被害の早期復旧戦略に関する基礎的調査

大都市圏における既存の地震被害予測結果にもとづき、復旧工事の種類、作業量、必要な人的資源、資機材等に関する基礎的な調査を行い、被害構造物の残存強度の評価法および復旧法が具備すべき諸条件を調査する。

### (2) 被害構造物の残存強度の評価法に関する調査

将来、東京・大阪など大都市圏において兵庫県南部地震級の地震動が発生した場合、被害を受ける都市基盤施設の種類と数量は膨大なものになると予想される。これらの被害構造物の損傷程度を正しく把握し、地震後の残存強度を正しく評価する技術を確立することは大都市域の早期復旧を考える上で極めて重要な課題である。

このため本調査では既往地震によって被害を受けた構造物の残存強度の評価法の現状を調査し、新たな調査法の開発の可能性を検討する。

### (3) 被害構造物の復旧法の調査

被災構造物を早期に低コストで復旧することを可能にするために、兵庫県南部地震の復旧工事の実績調査を行い、合理的な復旧工法確立のために解決を要する課題の抽出を行い、新工法の開発の可能性を探る。

## II 平成10年度における実施体制

調査項目	担当機関
1. 強地震動を想定した都市基盤施設の耐震設計法の調査	(社) 土木学会
2. 地震前における既存構造物の耐震診断法と耐震補強法の調査	(社) 土木学会
3. 地震後における被害構造物の残存強度の評価法および復旧法の調査	(社) 土木学会
4. 調査推進	科学技術庁研究開発局

Ⅲ 調査推進委員会

委員	所 属
○ 伯野 元彦 片山 恒雄 加藤 徹 河田 恵昭 後藤 洋三 斉藤 悦郎 佐藤 忠信 高橋 祐治 濱田 政則 藤田 圭一 保田 雅彦	東洋大学工学部長（東京大学名誉教授） 科学技術庁防災科学技術研究所所長 前田建設（株）常務取締役 京都大学防災研究所教授 （株）大林組技術研究所土木第5研究室長 （株）フジタ技術研究所土木研究部主席研究員 京都大学防災研究所教授 鹿島建設（株）土木設計本部設計技術部設計長 早稲田大学理工学部教授 東京理科大学理工学部教授 建設省土木研究所耐震技術センター所長

（注：○は調査推進委員長）

平成10年度科学技術振興調整費  
都市基盤施設の地震防災性向上に関する調査  
報 告 書

目 次

実施計画書	…… i ~ iv
1. 調査の目的および必要性	
1. 1 調査の目的	…… 1
1. 1 調査の必要性	…… 1
2. 調査の概要	
2. 1 調査の内容	…… 3
2. 2 調査の方法	…… 4
2. 3 調査実施体制	…… 5
3. 強地震動を想定した都市基盤施設の耐震設計法の調査 —耐震設計用入力地震動の調査—	
3. 1 設計用入力地震動と都市基盤施設が保有すべき耐震性能	…… 9
3. 2 既往地震動記録による断層近傍域の地震動の全体像	…… 11
3. 3 断層から直接地震動を推定する方法	…… 15
3. 4 想定関東地震に対する面積試算と被害想定为例	…… 18
3. 5 今後の研究課題と研究方法	…… 18
4. 強地震動を想定した都市基盤施設の耐震設計法の調査 —構造物の終局強度の評価法と限界状態設計法—	
4. 1 コンクリート構造物	…… 29
4. 2 鋼構造物	…… 43
4. 3 基礎構造物	…… 53
4. 4 地中構造物	…… 66
4. 5 地盤の液状化と液状化に伴う流動	…… 73
4. 6 土構造物	…… 91

5. 地震前における既存構造物の耐震診断法と地震後における被害構造物の 残存強度の評価法の調査	
5. 1 概要	……115
5. 2 コンクリート構造物	……117
5. 3 鋼構造物	……130
5. 4 土構造物	……164
6. 地震前における構造物の耐震補強法の調査	
6. 1 橋梁	……185
6. 2 土構造物	……206
6. 3 地中構造物	……230
7. 地震後における被害構造物の復旧法の調査	
7. 1 大規模地震被害の早期復旧戦略に関する調査	……243
7. 2 被災構造物の合理的な復旧工事法に関する調査	……279

あとがき