

科学技術振興調整費による総合研究 「構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤の 地震防災性向上に関する研究」の概要

研究リーダー 濱田 政則

早稲田大学 理工学部 土木工学科 教授

“ Enhancement of Earthquake Performance of Infrastructures Based on Investigation into Fracturing Process ” was adopted as a new research project for the Special Coordination Funds for Promoting Science and Technology (SFC) that was managed and distributed by the Science and Technology Agency (STA), Japan. In this new project, the following subjects should be focused on : 1) Development of technologies for experiments by a large three-dimensional shaking table, 2) Development of technologies for diagnosis and retrofitting of existing structures, 3) Investigation into plastic behavior and fracturing process of structures and ground.

Key words : Earthquake Damage, Seismic Diagnosis, Retrofitting, Failure Process, Plastic Behavior

1. 研究の目的と必要性

1995年兵庫県南部地震および1994年ノースリッジ地震は、大都市近傍域で発生するマグニチュード7クラス以上の地震の破壊力を改めて示した。都市圏の地震防災性を考える上で、断層近傍域で発生する強地震動を考慮する必要性が強く認識された。都市を構成する社会基盤施設や建物の耐震性を高めるため兵庫県南部地震以後、関係機関において、神戸で観測されたような強震動、いわゆるレベル2地震動を想定した各種構造物・施設の耐震規準の改訂が行われてきた。しかしながら、改訂された基準の多くは実務面からの必要性、緊急性もあり、短期間の調査・分析に基づいたもので、構造物の塑性領域での挙動や破壊過程に関する十分な知見の反映という面では多くの課題を残すものであった。

一方、我国の都市圏には既に膨大な数の既存構造物・施設が存在する。これらの中には建設後数十年を経過し老朽化が危惧されているもの、および旧来の耐震設計規準によって建設されたため強地震動に対して耐震性が不十分な構造物も数多く存在する。都市圏の地震防災性を向上させるためには既存構造物の残存強度と振動特性などの耐震性調査法の開発と耐震補強技術の開発が急務である。

以上のような現状認識にたつて、本総合研究では構造物の大規模破壊実験に必要な測定法や高度な加振手法、既存構造物の耐震性調査法などの基礎的な技術の開発を行うとともに、地盤・基礎系を含めた構造物の塑性領域での挙動と破壊過程の解明を行い、構造物の合理的な耐震設計法確立のために必要な知見と情報を提供し、社会の総合的な地震防災性の向上に資することを目的とする。

構造物の塑性領域での挙動と破壊過程に関しては、現在までに中小模型による震動実験および構造部材要素による強度試験が行われてきたが、塑性領域における実構造物と模型の間の相似性が不明確であること、上下動をはじめとする三次元地震動が破壊過程に与える影響が考慮されていないこと、および基礎構造を含めた全体構造としての破壊過程の解明がなされていないことなどにより、上記の目的を達するために十分な研究成果をあげてきたとは言い難い。このため、基礎・地盤を含めた構造物の大規模模型を用いて、断層近傍域における地震動特性を考慮した震動実験を行い、構造物の塑性領域の挙動と破壊過程の解明を行う。また、これらの破壊過程解明のための実験においては、高度な実験技術が不可欠であるが、現状においては精度や信頼性が十分とは言

えず、実験手法に関した新たな技術の開発が必要である。

耐震補強については、構造物を供用しながら耐震性を評価し補強工事を行わねばならないこと、都市域では補強工事に多くの空間的・時間的な制約があることから、解決すべき技術的課題が数多く残されている。既存構造物の中には設計図書などの資料が残っていない場合が多く、外部から間接的方法によってその耐震性を評価することが必要となる。さらに、基礎構造物の耐震性は構造物全体の安全性に重大な影響を与えるが、水中や地中に存在することから信頼性の高い耐震性能調査のためには克服すべき技術的課題が数多く残されている。これらの技術的課題を克服し、構造物の膨大な数量を前提とした簡便性、経済性に優れた耐震性調査法および耐震補強技術の開発と、実構造物への適用による有効性の検証および大型模型震動実験による耐震補強技術の検証が必要である。

2. 研究発足の経緯

本総合研究は本年度（平成 11 年度）より開始されたが、それに先立って同じく科学技術振興調整費による 2 題の FS (Feasibility Study) が平成 10 年度に実施された。一つは科学技術庁防災研究所が中心となって実施した「大地震における構造物の破壊過程解明のための試験体設計および解析に関する調査」であり、他の一つは、土木学会が実施した「都市基盤施設の地震防災性向上に関する調査」である。

前者の調査においては、主として構造物および各種構造要素の塑性域での挙動と破壊過程解明に必要な実験装置や実験技術についての調査が行われた。

平成 9 年 9 月の航空・電子等技術審議会の答申「地震防災研究基盤の効果的な整備のあり方について」において、実大構造物を対象とする破壊挙動の解明に関する研究が特に重要であり、実大 3 次元震動台の開発が必要であることが指摘された。この実大 3 次元震動台は既に建設が始まっているが、本調査はこの震動台の活用の方法や実験技術の現状調査に焦点を置いたものであった。

一方、後者の土木学会による調査は、都市基盤施

設の地震防災性の総合的な向上という観点から、耐震設計法の基本理念の確立、耐震設計用地震動の設定方法、構造物の塑性領域での挙動と極限強度の評価方法および既存構造物の耐震性評価法と補強技術の現状を明らかにし、今後の研究の方向性と、研究手法を明らかにすることを調査課題とした。

いずれの調査も、構造物の地震動に対する真の強度を明らかにして、兵庫県南部地震によって発生したような強烈な地震動に対しても、安全な生活基盤施設を建設・維持していくことを究極の目標としている。このため、平成 11 年度の総合研究課題申請において、この二つの調査を「構造物の破壊過程解明に基づく生活基盤施設の地震防災性向上」として一本化し、採択されたものである。

本総合研究は三つの主要な研究課題より構成されている。一番目の課題は、上部構造を中心とした「構造物の破壊過程の解明」で、主として現有の実験設備を活用して構造物の塑性領域の挙動や地震動に対する限界強度を明らかにし、より耐震性に優れた構造系の開発および耐震補強技術の開発を行う。二番目の課題は「基礎・地盤系の非線型挙動と破壊過程に関する研究」で、ここでは主として液状化などの地盤破壊に対するより耐震的な基礎構造の開発を目標としている。三番目の研究課題は、一、二番に挙げた構造物や基礎の破壊過程解明の研究を遂行するための「支援技術の開発」である。この支援技術は現有の設備による破壊実験のための支援技術のみならず、平成 17 年に建設が予定されている実大三次元震動台による研究の準備研究としても位置づけられている。

3. 研究課題と研究体制

本総合研究の大課題、中課題、小課題およびそれぞれの研究担当機関は表 1 に示す通りである。この中で土木学会が担当する「総合的検討」は、研究課題が多岐にわたり、かつ研究担当機関が 16 と多数であるため、研究全体を統括および総合化するために設けられた研究課題である。ここでは、研究成果を総合化し、生活基盤の地震防災性向上の基本理念を構築するとともに、地盤と構造物が連成する現実の

システムの耐震性評価に向けて大型三次元震動破壊実験による検証手法、試験体設計の考え方、解析手法の課題などを取りまとめる。

土木学会が担当している「総合的検討」においては、研究を総合化し、かつ本総合研究に関連した研究分野の拡大と研究者集団の育成を目的として図2に示すような4つの分科会と10の研究班を組織している。分科会の役割は、総合研究の各研究課題に関し、研究担当機関による研究計画および年度ごとの研究成果の評価にある。分科会による評価結果によって、必要があれば研究計画の変更を行う。さらに、研究成果の評価結果は次年度以降の研究の継続

の可否および研究予算に反映される。

研究班は、本総合研究に関する分野の研究を広く推進し、かつ他分野、他領域との連携を計りながら研究者集団を育成することを目的としている。これは本総合研究の「総合的検討」を多くの研究者、実務者の集合体である土木学会が受託したことの一つの特徴的な点である。研究班での検討結果は分科会を通じて次年度以降の研究計画等に反映される。また、研究班の活動は、将来の実大三次元震動台の有効利用に向けて関連分野の研究集団の育成にもつながるものである。

表.1 研究課題と担当機関・担当者

分科会	テーマ名	担当機関	担当者
1	総合的検討	土木学会	濱田 政則
2	1. 耐震性評価のための支援技術の開発		
	(1) 既存構造物の耐震性調査法の開発	京都大学防災研究所	佐藤 忠信
	(2) 大規模破壊実験のための振動台加振手法および計測・処理技術の高度化		
	①試験体の動特性および破壊を考慮した加振手法の高度化	防災科学技術研究所 いわき明星大学	佐藤 栄児 清水 信行
	②大規模破壊実験における計測・処理手法の高度化	防災科学技術研究所 東京電機大学	御子柴 正 藤田 聡
③大規模破壊実験における人体被災計測手法の開発	防災科学技術研究所 筑波大学	長崎 高巳 熊谷 良雄	
3	2. 構造物の破壊過程に関する研究		
	(1) 鋼構造物の実地震荷重下における破壊特性の解明		
	①大型鋼構造物の動的応答解析および部材・骨組試験	防災科学技術研究所 日本大学	小川 信行 秋山 宏
	②鋼材の動的強度および靱性評価の研究	金属材料技術研究所 大阪府立大学	竹内 悦男 松岡 三郎 谷村 慎治
	(2) 構造物構成要素の耐震性能指標の構築		
	①鉄筋コンクリート部材の損傷評価	建設省建築研究所 京都大学	福田 俊文 渡邊 史夫
	②鉄筋コンクリート架構の損傷評価	建設省建築研究所 東京大学地震研究所	福田 俊文 壁谷澤 寿海
	(3) 橋脚の破壊過程解明と最適補強方法の開発		
	①基礎構造との連成を考慮した橋脚の破壊過程の実験的解明	建設省土木研究所	田村 敬一
	②基礎-地盤との連成を考慮した橋脚の破壊過程の解析的研究	鹿島建設㈱	高橋 祐治
	(4) 合成構造を用いた次世代高性能橋脚の開発	建設省土木研究所 京都大学工学部	運上 茂樹 家村 浩和
	4	3. 基礎・地盤系の塑性領域での挙動と破壊過程に関する研究	
(1) 大規模地盤模型による振動実験技術の開発			
①大規模地盤の振動実験における地盤作成法・計測技術の開発		防災科学技術研究所	田村 修次
②せん断土槽を用いた三次元地盤実験手法の開発		農林水産省農業工学研究所	毛利 栄征
(2) 液状化地盤の側方流動のメカニズムの解明と地盤変位の予測手法の開発		早稲田大学理工学部	濱田 政則
(3) 液状化および側方流動による杭基礎の破壊過程の解明	運輸省港湾技術研究所 山口大学	上部 達生 三浦 房紀	

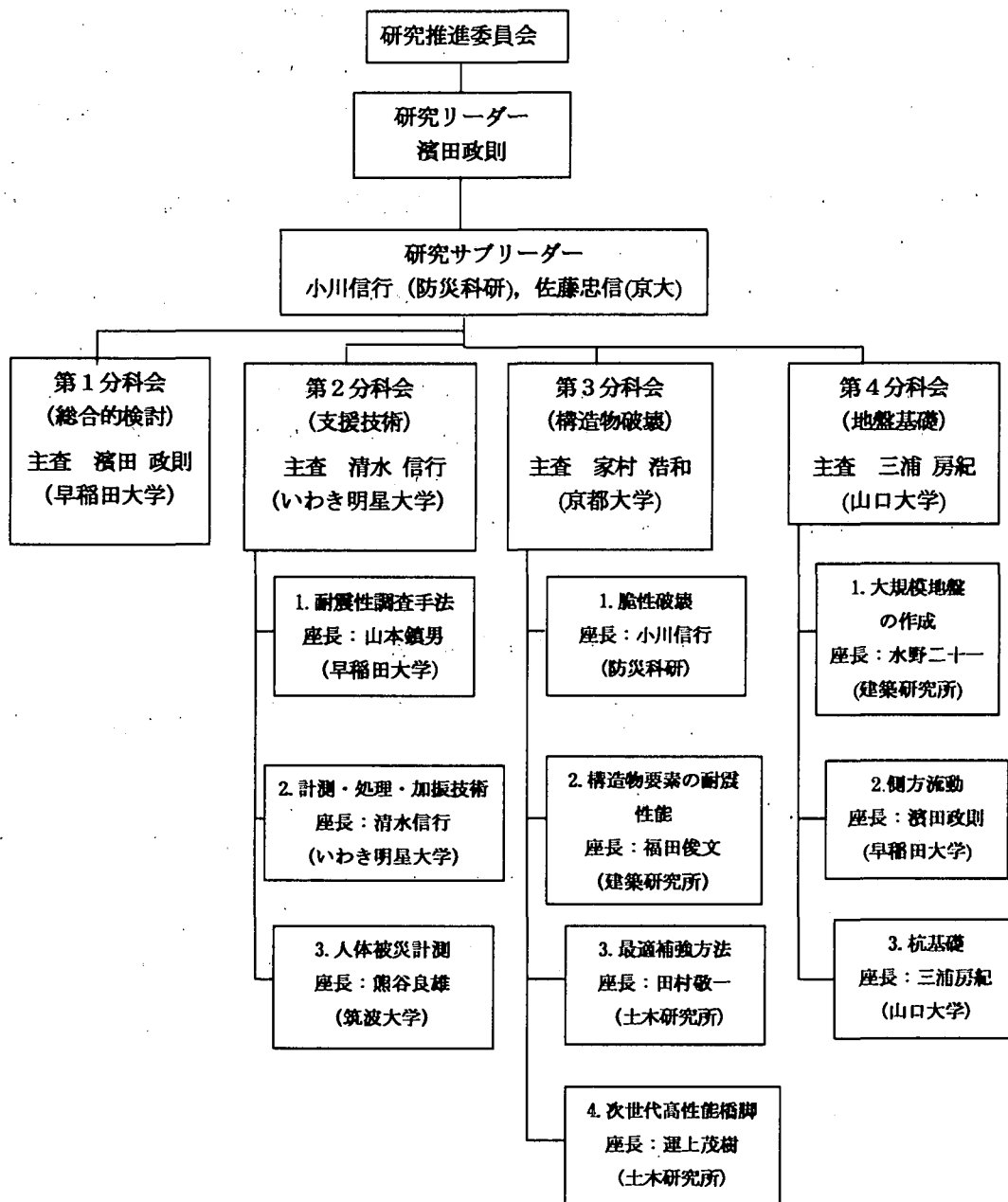


図.1 「総合的検討」における研究推進体制

あとがき

本総合研究は第Ⅰ期（平成11年度～13年度）の終了時に学識経験者によって構成される評価委員会の評価を受けて第Ⅱ期（平成14年度～15年度）に移行するかどうか決定される。生活基盤の地震防災性を向上させるための課題が広範囲にわたっていること、また構造物や基礎などの破壊実験には十分な準備期間と多大な労力を必要とすることから、本総合研究の当初の目標を達成するためには第Ⅱ期を含めた5年間の研究期間が是非とも必要である。

第Ⅰ期の研究成果に関して良好な評価を受けるた

めには、生活基盤の地震防災性の向上に直接的に役立つような具体的かつ明瞭な研究成果が必要である。従来からの研究のような「基礎研究」の名目のもとの「研究のための研究」であってはならないと考えている。

研究担当者にはこの点を深く認識して頂いて、研究を強力に推進して頂く。また分科会と研究班の主査・委員の方々には、研究の総合化や研究の方向性の明確化について積極的な協力と有用な助言を頂きたいと考えている。