

「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」

H11年～13年、第I期

予算額：8.94億円

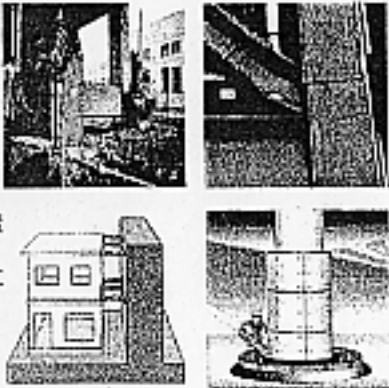
研究代表者：濱田政則（早稲田大学） 他18機関

研究の概要・目標	諸外国の現状等	研究進展・成果がもたらす利点
<p>1. 何を目標している 構造物の大規模破壊実験のための破壊過程を考慮した実験技術・評価手法の高度化と破壊現象の解明に向けた技術的知見の集積を目指す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>(第I期の目標) 実験技術（加振手法等）及び評価手法の高度化並びに破壊模擬実験を実施</p> <p>(第II期の目標) 第I期の成果を踏まえた、破壊現象の解明に向けた技術的知見の集積</p> </div> <p>2. 何を研究している 現在建設中の実大三次元震動破壊実験施設を用いた研究プロジェクトの準備展開として、高精度の加振手法、計測・処理技術の開発を行うとともに、現有の実験施設を用いて、強地震動に対する構造物の塑性域での挙動及び破壊に至る過程の解明のための技術的知見の集積を行う。</p> <p>3. 何が新しいのか 構造物全体系についての破壊過程の解明に関する本格的な取組み（ただし、最終目標としての破壊現象の解明は実大三次元震動破壊実験施設の完成を待つ必要）。</p> <p>※塑性域：構造物に力を加えて変形させた場合、ある限界を超えると、力を取り除いても変形が残り元に戻らない状態になる。この限界を超えた領域を塑性域という。</p>	<p>1. 現状 ノースリッジ地震(1994)及び阪神・淡路大震災を受けて、構造物の破壊現象に関する研究に関心が高まり、1995年7月に開催された全米の地震工学分野のワークショップにおいて「構造物の塑性領域での挙動と破壊過程に関する研究を大規模震動台を始めとする様々な研究手法で強力に推進することの必要性」が決議された。 破壊現象の解明に関する研究は、日米両国でようやく取り組まれ始めたところであり、その他の国ではほとんど行われていない。</p> <p>2. 我が国の水準 阪神淡路大震災以降、縮小模型や部材を対象とした研究が開始されてきたが、各研究機関がそれぞれの関心から研究を行っているのが実態であり、構造物全体系の破壊過程を再現できる実験施設がないこともあり、本格的な取組みはなされてこなかった。</p>	<p>1. 世界との水準の関係 本研究の推進により、我が国が本分野でイニシアチブを取ることに資する。 さらに、実大三次元震動破壊実験施設の完成後においては、破壊過程の実証的な解明を通じて、世界を大きくリードすることができる。</p> <p>2. 波及効果 ①高精度の加振技術及び測定技術を提供することにより、建設中の実大三次元震動破壊実験施設の効率的・効果的利用に資する。 ②既存構造物の耐震性評価手法は、破壊実験のみならず、都市基盤施設の老朽化による強度低下の調査・診断に応用できる。 ③実大三次元震動破壊実験施設を用いた共同研究プロジェクトに向けた研究組織体制が確立されるとともに、当該研究施設完成後の円滑な研究展開に資する。</p>

構造物

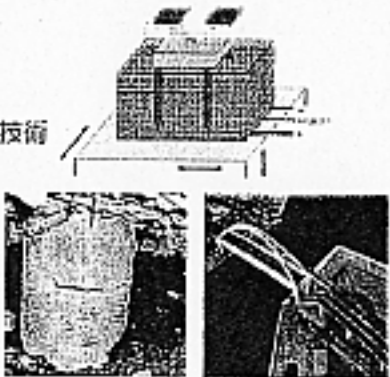
新耐震設計技術の開発
 ぜい性破壊の解明
 ハイブリッド材の耐震強度

既存構造物の耐震性向上
 建物要素の破壊挙動
 補強効果の検証




基礎・地盤系

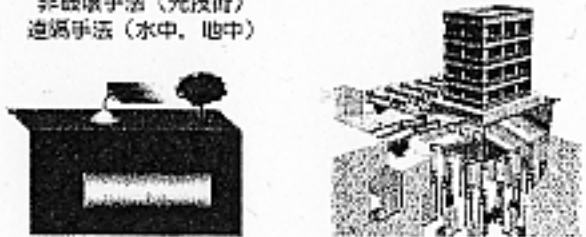
大規模地盤模型の作成技術
 側方流動の解明
 杭基礎の挙動追跡



支援技術

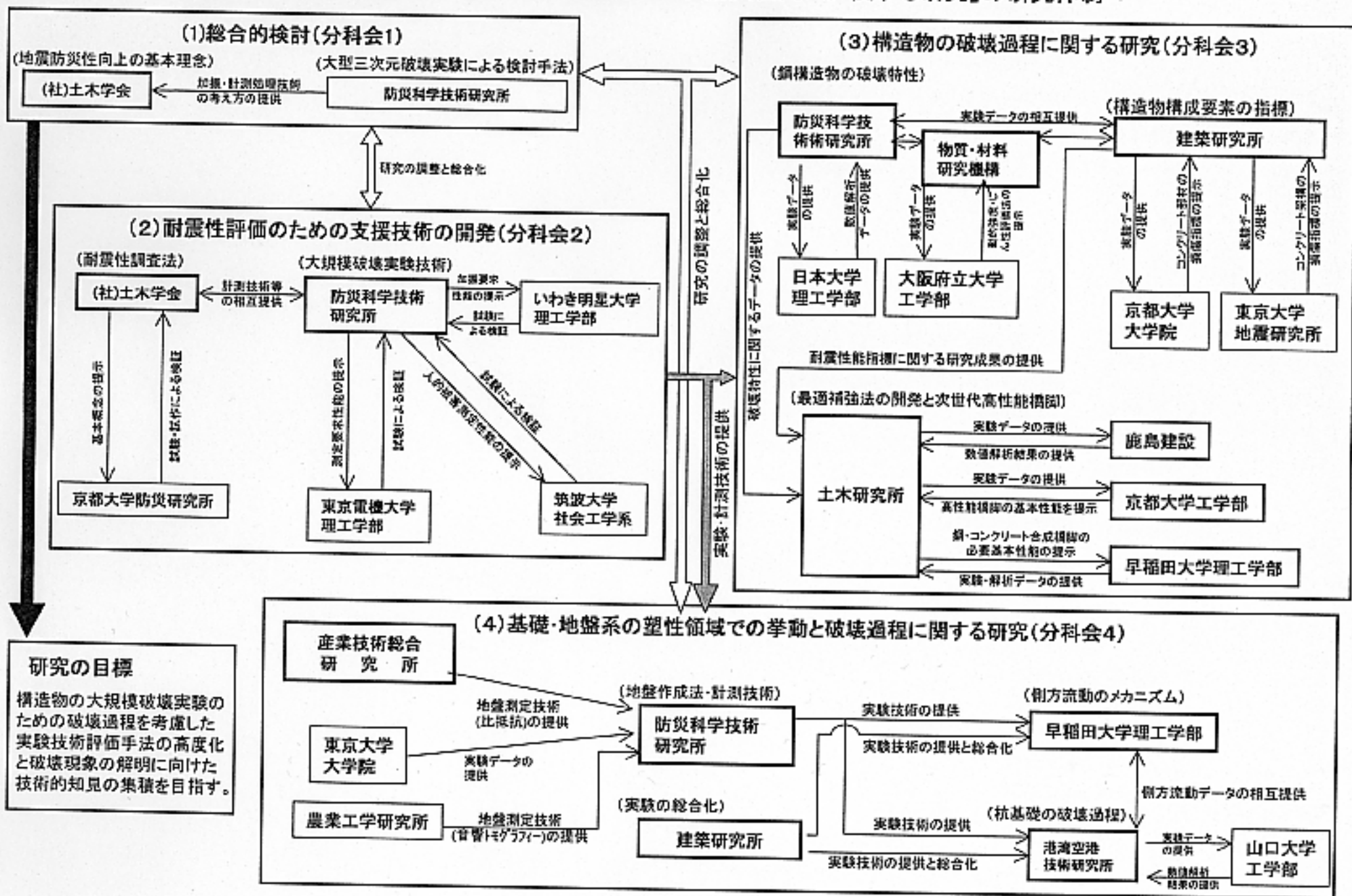
大規模実験技術の開発
 震動台耐震技術
 大変形・大変位の計測
 人体被災計測用ダミー

耐震診断技術の開発
 非破壊手法（光技術）
 遠隔手法（水中、地中）



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

「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」の研究体制



科学技術振興調整費総合研究「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」

所要経費一覧

単位：千円

研究項目	研究担当機関	研究担当者	所要経費
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評価法の開発	京都大学防災研究所	佐藤 忠信	83,776
	土木学会	濱田 政則	
(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	(独法) 防災科学技術研究所	佐藤 栄児	71,356
	いわき明星大学	清水 慎行	
②大規模破壊実験における計測・処理手法の高度化	(独法) 防災科学技術研究所	御子柴 正	60,219
	東京電気大学	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	(独法) 防災科学技術研究所	梶原 浩一	31,360
	筑波大学社会工学系	熊谷 良雄	
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	(独法) 防災科学技術研究所	小川 慎行	43,245
	日本大学	秋山 宏	
②鋼材の動的強度および靱性評価の研究	(独法) 物質・材料研究機構	松岡 三郎	50,911
	大阪府立大学	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	(独法) 建築研究所	福田 俊文	26,334
	京都大学大学院工学研究科	渡邊 史夫	
②鉄筋コンクリート架構の損傷評価	(独法) 建築研究所	福田 俊文	61,913
	東京大学地震研究所	登谷澤寿海	
(3) 橋脚の破壊過程解明と最適補強方法の開発			
①基礎構造物との連成を考慮した橋脚の破壊過程の実験的解明	(独法) 土木研究所	田村 敬一	59,450
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	砂坂 善雄	41,064
(4) 合成鋼材を用いた次世代高性能橋脚の開発	(独法) 土木研究所	運上 茂樹	52,282
	京都大学大学院工学研究科	家村 浩和	
	早稲田大学理工学部	依田 照彦	6,261
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) 大規模地盤モデル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	(独法) 防災科学技術研究所	佐藤 正義	72,329
	東京大学大学院工学系研究科	東畑 郁夫	
	(独法) 産業技術総合研究所	国松 直	4,620
②せん断土槽を用いた三次元地盤実験手法の開発	(独法) 農業工学研究所	毛利 栄征	33,857
(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	78,955
(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	(独法) 港湾空港技術研究所	菅野 高弘	64,333
	山口大学	三浦 房紀	
	(独法) 建築研究所	水野二十一	11,265
4. 総合的検討	土木学会	濱田 政則	58,826
研究推進	文部科学省研究開発局		1,351
合計			893,707

研究成果の概要

課題名(研究代表者) : 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(濱田 政則)

本総合研究は、3つのサブテーマ「耐震性評価のための支援技術の開発(分科会II)」、「構造物の破壊過程に関する研究(分科会III)」および「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(分科会IV)」で、地盤・基礎を含めた構造物全体系の大変形領域での挙動と破壊過程を解明して構造物の耐震性向上技術と既存構造物の最適補強方法を開発するとともに、建設中の実大三次元震動破壊実験施設を用いた将来の研究プロジェクトの準備展開として、構造物の大規模破壊実験のための実験技術および測定技術の高度化を行うことにより、実大三次元震動破壊実験施設による構造物の破壊過程に関する研究を将来的に大きく発展させ、本総合研究による成果と併せて生活基盤の地震防災性の向上を図ることを目標として実施した。

また、上記のサブテーマ毎の分科会(II、III、IV)の他、「総合的検討」として分科会Iを組織し、生活基盤の地震防災性向上に関する基本理念の構築および実大三次元震動破壊実験施設を活用した研究課題と研究手法の明確化を図ることにより、研究推進のための基本方針の策定と研究成果の総合化を行うとともに、研究班会議の開催を通して本分野の研究者集団の育成、シンポジウムの開催やニュースレターの発行、ホームページの開設等による研究成果の社会への還元を行うべく取り組みを行った。

サブテーマ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

- ・ 既存コンクリート構造物の健全度と劣化度等の調査技術、および構造物の破壊が進行する過程での動的振動特性の同定技術を開発した。さらに、光ファイバを用いた地盤の動的せん断ひずみ計測システムを開発した。

(2) 大規模破壊実験のための計測・処理技術および振動台加振手法の高度化

- ・ 振動台実験で構造物模型が破壊に至る過程において、構造物模型の振動特性が徐々に変化する場合の加振制御手法を提案し、小型振動台実験と数値シミュレーションによってその有効性を確認した。
- ・ 大規模振動破壊実験において構造物模型の大変形や崩壊過程を計測する手法としてCCDカメラを用いた画像処理手法および電波を用いた計測手法を開発した。また、構造物模型の損傷程度を振動台より構造物に入力されるエネルギーによって評価する手法を開発した。
- ・ 兵庫県南部地震での死者および重傷者に関するデータベースを構築し、これをもとに建物の構造や破壊形態と死亡者数の関係、死亡と重傷を分けた受傷部位の影響等を明らかにした。これらの分析結果をもとに、人体への被災度を計測する人体模型(人体ダミー)に求められる機能と性能を示し、大型振動台による実大建物破壊実験によって確認した。

サブテーマ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(鉄骨建物)

鉄骨建物の破壊過程に関し、鋼材自体の強度特性および柱、はり等の構造要素の破壊特性に関する研究を行い、下記の成果を得た。

- ・ 各種鋼材の要素試験と電子顕微鏡によるマイクロ破面観察により、延性亀裂深さにより鋼材の靱性エネルギーを評価する手法を構築した。
- ・ 柱、はり接合部の振動実験、数値シミュレーションおよび上記の鋼材自体の強度特性から柱、はり接合部のエネルギー吸収と破壊過程の評価手法を開発した。

(2) 構造物の構成要素の耐震性能指標の構築(コンクリート建物)

- ・ コンクリート建物の破壊過程に関し、材料としての鉄筋コンクリート自体の強度特性および柱、はりそれらの接合部等構造要素の破壊特性に関する研究を行い、i) ひずみ速度がコンクリートの応力-ひずみ関係に及ぼす影響、ii) 最適な柱、はり接合部の配筋方法、およびiii) 変動する

高軸力下での柱の破壊過程を解明した。

- ・兵庫県南部地震等多くの既往地震で甚大な被害を受けたビロティ構造建物の破壊過程を実験により解明し、これをもとに破壊過程の解析手法を開発した。
- (3) 橋脚の破壊過程解明と最適補強方法の開発（コンクリート橋脚、鋼橋脚）
 - ・ 破壊過程を解明する構造物部位に焦点をあてて実験可能なハイブリッド振動実験手法を開発し、非液状化地盤における杭基礎の損傷・破壊過程を実験的に解明した。
 - ・ 地盤—基礎—橋脚連成系の非線形領域での動的挙動を数値解析し、地盤条件や構造物の仕様によって補強すべき部位や最適な補強方法が異なることを明らかにして、橋脚と基礎のバランスを考慮した最適な補強方法の案を示した。
- (4) 合成構造を用いた次世代高性能橋脚の開発
 - ・ 鉄筋コンクリート製橋脚に高強度鋼材を配置することによって、レベル 2 地震動に対しても十分な耐震性を保有し、かつ地震後の残留変形が小さい新しい橋脚構造を開発した。
 - ・ 損傷部位が限定され、かつ残留変形の除去と損傷部位の取り替えによる修復が可能な新しい鉄筋コンクリート橋脚構造を開発した。
 - ・ コンクリートと鋼の利点を組み合わせた耐震性に優れたハイブリッド高性能鋼製橋脚を開発した。

サブテーマ 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

実大三次元震動破壊実験施設を用いた大型地盤模型実験による研究の準備展開として以下の要素技術を開発した。

- ・ 大型土槽中に、飽和度が高く均質性に優れた地盤を作成する方法として、水中振動メッシュを用いた砂入れ装置を開発し、大型模型実験によりその実用性を確認した。
 - ・ 大型模型地盤の飽和度を計測する手法としてマイクロフォンとベンダーエレメントを用いた P 波速度計測手法を開発した。
 - ・ 大型模型地盤の均質性を計測する方法として、比抵抗を用いた相対密度計測手法を開発した。この方法によれば地盤の液状化に伴う再堆積過程をリアルタイムで計測することが可能である。また、地盤の均質性を三次元空間で連続的に評価可能な音響透水トモグラフィによる弾性波速度計測装置の実用性を実験により確認した。
 - ・ 液状化地盤の動的変位計測装置を開発し、大型模型実験によりその実用性を確認した。
 - ・ 実大三次元震動破壊実験施設での実験に適用可能な 2 方向せん断土槽を開発し、実験によりその有用性を確認した。これにより地盤模型を用いた実験において三次元の実地震動を再現することが可能となった。
- #### (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予測手法の開発
- ・ 模型地盤の側方流動実験および液状化土のせん断試験により流動中の液状化土の流体的特性を明らかにした。この流体的特性をもとに液状化土の流動量を予測する理論式を構築し、既往地震における流動事例で検証することにより地盤変位の予測式を提案した。提案された予測式の精度は良好で、実務への活用が可能となった。さらに提案された予測式を用い広領域に亘る地盤変位を推定するシステムを開発した。
- #### (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
- ・ 液状化地盤の側方流動によって杭基礎に作用する荷重を模型実験により評価するとともに、コンクリート杭の大変形領域での挙動と破壊過程を実物のコンクリート杭の載荷試験により明らかにした。これらの知見をもとに、杭基礎が側方流動によって破壊に至るまでの過程を解析できるシミュレーション手法を開発した。

分科会 I の成果：総合的検討

(1) 生活基盤の地震防災性向上に関する基本理念の構築

分科会 I ～IV と研究班会議の開催および研究参加者へのアンケート等により、i) 構造物の耐震性能の在り方、ii) 耐震性能を規定するための構造物の重要度の考え方、および iii) 耐震設計において想定すべき地震動とその設定方法、の明確化を行った。

(2) 実大三次元震動破壊実験施設を活用した研究課題と研究手法の明確化

基礎・地盤系の大変形領域での挙動と破壊過程に関しては、各研究機関による研究成果を平成13年度に大型合同実験を行うことにより確認するとともに総合化を行った。これにより、第Ⅱ期に予定している実大三次元震動破壊実験施設を想定した実験手法の具体化への道が拓けたと考えられる。

構造物の破壊過程に関する研究に関しては、地盤、基礎、橋脚、はり、柱などの構造要素の大変形領域での挙動と破壊過程が明らかにされ、これらの研究成果の総合化を行うことにより、第Ⅱ期における構造物全体系の破壊過程解明に向けて研究の方向性が明確化された。

(3) 研究成果の社会への還元

国内外の関連学会、研究集会において総数206件の発表(投稿中16件を含む)を行うとともに、和文および英文のニュースレター(配布先国内600箇所、海外130箇所)の発行およびホームページの開設により、研究成果を広く社会に公表して来ている。また各年度毎に「構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム」を開催し、研究成果の報告を行って来ている。さらに、本総合研究によって開発された次世代高性能橋脚については特許申請を行い、実務での活用を計画している。

研究成果公表等の状況

課題名（研究代表者）：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（濱田 政則）

【研究成果発表等】

	原著論文による発表	左記以外の誌上発表	口頭発表	合計
国内	21 (1) 件	79 (0) 件	48 (12) 件	148 (13) 件
国外	14 (1) 件	28 (2) 件	0 (0) 件	42 (3) 件
合計	35 (2) 件	107 (2) 件	48 (12) 件	190 (16) 件

（注：既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと）

【特許出願等】 2 件 （国内 1 件、国外 1 件）

【受賞等】 0 件 （国内 件、国外 件）

【主要雑誌への研究成果発表】

Journal	Impact Factor	クォーター 1	クォーター 2	クォーター 3	合計
Nature Science :					
主要雑誌小計					
発表論文合計					