

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006-2008

課題番号：18360265

研究課題名（和文）

地震被害発生メカニズム解明のための木造住宅の限界変形性能評価

研究課題名（英文）

Evaluation for Deformation Capacity of Wooden Houses to Mitigate Earthquake Damage

研究代表者

林 康裕 (HAYASHI YASUHIRO)

京都大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70324704

研究成果の概要：

本研究では、高レベル地震動下の木造住宅の耐震性能評価能力向上を目的として、倒壊に至る完全崩壊機構を兵庫県南部地震以降に発生した実地震被害の分析や木造軸組の静的載荷実験を行うことによる実証的研究を行うとともに、木造住宅の最大応答変形角を予測可能な数値解析モデルを構築し、限界変形性能を支配する条件を理論的に解明し、より合理的な木造建物の耐震設計法・耐震補強法の開発を行うことを目指した研究を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,400,000	1,920,000	8,320,000
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
年度			
年度			
総計	14,600,000	4,380,000	18,980,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造

キーワード：木造住宅、変形性能、倒壊、地震被害、P $\Delta$ 効果、垂壁、静的加力実験

## 1. 研究開始当初の背景

近年、地震調査研究推進本部による長期評価や強震動評価結果、あるいは中央防災会議による南海トラフの巨大地震やその前後に多発する内陸活断層による地震の推定地震動分布が公表されるなど、地震防災に対する関心が高まっている。また、強震動予測手法は、その高精度化がめざましく、特に、兵庫県南部地震後に精力的に実施されてきた地下構造調査結果の反映なども相まって実用段階になるうとしている。そして、主要都市圏を対象としたシナリオ地震に対する推定地震動が公表され、設計用地震動としても

利用されつつある。

しかしながら、大地震時における強震動予測結果を用いて、マクロな観点から（例えば被害率として）建築物の被害を予測できたとしても、個別建物の被害予測や耐震設計を行う事は極めて難しい状況にある。事実、兵庫県南部地震以降に発生した鳥取県西部地震や新潟県中越地震の震源域では、震度7相当の強震観測記録が得られ、観測記録を用いて推定される最大層間変形角は1/15~1/10程度以上となってしまう。これは、兵庫県南部地震後に開発された限界耐力計算に基づく耐震設計法)で慣用されている安全限界変形

を大きく上回り、被害軽微であった木造住宅の被害程度を説明できない。このような状況下では、木造建物の被害程度を正確に予測できないばかりではなく、耐震補強・補修工事による被害低減効果の説明能力が乏しく、耐震補強の必要性に対する説明能力が十分でない。従って、強震動評価の高精度化が建築物の耐震性向上に対するインセンティブ向上に必ずしも繋がらない状況にある。

一方、大地震発生直後には、多くの木造住宅が被災し、余震が引き続き発生する中、被災した木造住宅の継続使用の可否の判断が必要となる。また、余震が安定した後も、解体か補修を行うかの判断が必要となる。しかし、住民自ら被災した住宅の残存性能の評価を行うことは困難であり、簡単かつ低コストで残存性能を評価可能なシステムを開発する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、高レベル地震動下の木造住宅の耐震性能評価能力向上を目的として、倒壊に至る完全崩壊機構を実地震被害の分析や木造軸組の静的載荷実験を行うことによる実証的研究を行うとともに、地震時の最大応答変形を簡略かつ高精度に予測可能な数値解析モデルを構築し、限界変形性能を支配する条件を理論的に解明し、より合理的な木造建物の耐震設計法・耐震補強法の開発を行うことを目指した研究を行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 限界変形性能確認実験

伝統構法木造住宅の変形性能は高い事が実験的にも確認されているが、a) 柱折損後の軸力支持能力の喪失、b) 柱・梁接合部の破壊、c) 大変形時のP $\Delta$ 効果などが、倒壊条件に大きく影響を及ぼすと考えられる。本研究では、下記のような1層の単位フレームの静的載荷実験を行い、限界変形性能の解明に関する実証的な研究を3年間にわたって行った。

通常の単位フレームの静的載荷実験では、アクチュエータのストロークの制約などから、最大層間変形角 1/10 程度以下である。本研究では完全崩壊過程の解明を目的として、最大層間変形角約 1/3 程度までを実験目標とする。このため、ストローク 100cm のアクチュエータを用い、構造部材や非構造部材の最終破壊性状を確認するため、交番繰り返して水平抵抗力が喪失するまで加力を行った。

試験体は、柱・はりで構成される単位フレームに、適宜、垂壁、差鴨居、全壁、下見板、建具などを順次取り付けパラメトリックに影響を調べる。実験パラメータとしては、a) 柱に加える鉛直荷重、b) 非構造部材の種

類(襖、障子、舞良戸)と有無、c) 垂壁仕様(石膏ボード、乾式土壁パネルなど)と厚さ、d) 柱寸法、e) 接合部仕様(金物固定、ほぞ差し)、f) 支持条件(石場立て、土台固定)、g) 差鴨居の有無やせい、などである。

実験においては、各変形角における応力状態、変形性状、損傷状況を記録するとともに、倒壊に至るまでの挙動の確認が容易なように連続画像データのムービー化を行った。そして、以上の実験データを分析することで、木造住宅の限界変形性能に及ぼす影響因子の把握と、限界変形性能の評価法の構築に関する検討を行った。

一方、木造住宅の柱・梁接合部の最大変形を記録できる極低価額な最大変形記憶センサーを考案し、これを接合部数カ所に設置し、地震後に住宅が経験した最大変形量が良好な精度で推定可能であることを検証する実験を併せて行った。本システムの開発により、地震で経験した住宅の最大変形量を知ることができ、専門知識を持たない住民が住宅の残存耐震性能を把握し、被災建物の安全性や危険性、継続使用の可否、修復可能性などを容易に判断できるようにすることで、大地震時の被害軽減と生活の早期復旧を可能とする。

### (2) 近年の地震被害評価

近年の地震被害のうち、鳥取県西部地震および新潟県中越地震の被災地は中山間地であるため、いずれの被災地においても宅地の地盤変状が顕著で、木造住宅の被害が震動によって生じただけでなく、地盤変状による強制変形が加わり、損傷が増大した可能性があった。また、表層地盤の強非線形化によって、木造住宅への入力地震動特性が大きく変化した可能性も考えられた。即ち、木造住宅の被害を分析する上で、地盤の強非線形挙動についても同時に分析する必要がある。そこで、研究申請時点では、鳥取県西部地震や新潟県中越地震における被害分析を行う予定であった。しかし、研究期間中に、2007年能登半島地震、および、2007年中越沖地震が発生し、木造住宅に甚大な被害が発生した。そこで、近年の被害地震に加えて、上記2地震における地震被害の分析を通じて木造住宅の耐震性能の評価を行うこととした。

能登半島沖地震で被災した門前町(黒島地区)の木造住宅と、中越沖地震で被災した神社・寺の被害調査を実施した。特に、能登半島沖地震については、被災地域の地震動強さを地震観測記録や墓石転倒率などから推定するとともに、被災木造住宅の詳細調査結果に基づき耐震診断を行い、地震時に発生した最大応答変形角を推定し、木造住宅の被災度から変形性能について分析を行った。

### (3) 限界変形性能評価・解析手法の開発

木造軸組架構の大変形領域における地震時応答をシミュレーション可能な解析法の構築を行い、H18～20年度に実施した静的載荷実験結果や1995年に発生した兵庫県南部地震以降に発生した能登半島沖地震や新潟県中越沖地震などの近年の被害地震における木造住宅被害との整合性検討を行って、提案した解析法の有効性検証を実施した。

簡略的な解析法としては、地動の加速度応答スペクトルと木造住宅の耐震性能を加速度応答スペクトルに換算した性能等価加速度応答スペクトルとを等置して、最大応答変形角を算定する方法に基づいており、地震規模・震源距離・表層地盤条件が建物応答に及ぼす影響の簡略評価、地震リスク（損失費用）の簡易推定法の構築、設計用地震荷重の設定などに応用を行った。

一方、精算的な解析法としては、3次元有限要素法を用いて木材のめり込みや柱の折損等の強非線形現象を考慮し、架構全体の崩壊過程を追跡可能な解析モデルについて検討を行った。

## 4. 研究成果

本研究では、木造住宅の完全崩壊過程や限界変形性能の解明・評価を行うための実証的・解析的研究を行った。得られた研究成果を以下にまとめる。

### (1) 限界変形性能確認実験

静的載荷実験の結果に基づき、木造軸組架構の限界変形性能を、部材仕様による破壊モードの違い、P $\Delta$ 効果や非構造部材の影響などの観点から検討した。その結果、建具などの非構造部材なども一定の層せん断力を負担可能であるが層間変形角が大きくなると破壊や脱落などが発生して効かなくなること、柱折損後も木造軸組は一定の層せん断力を保持していることを示した。また、柱の折損を回避できれば層せん断力は1/10を大きく超えても殆ど低下しないが、P $\Delta$ 効果によって水平抵抗力が低下していく。そして、降伏ベースシア係数を0.25程度確保すれば、層間変形角で1/5程度まで水平抵抗力を保持可能と考えられることを示した。

また、2007年には能登半島沖地震と新潟県中越沖地震が発生し、多くの木造住宅が被災した。中でも、外壁に下見板を用いる伝統構法の木造住宅が多く見られた。そこで、土壁（全壁ならびに垂壁）+下見板外壁を有する架構の破壊メカニズムと倒壊限界変形性能を明らかとするための静的水平載荷実験を行った。その結果、通常の垂壁試験体に比べて下見板外壁の場合には耐力が高くなり、倒壊限界変形性能も向上することを明らかとした。

一方、静的載荷実験を実施した試験体の柱・梁の接合部最大変形角と最大層間変形角の関係を調べ、垂れ壁などの取り付けられない独立柱の接合部最大変形角より地震時に被った木造住宅の最大層間変形角を推定可能であることを示した。また、推定された最大層間変形角と木造軸組架構の静的載荷実験の結果明らかとなった損傷程度や残存水平抵抗力より、地震後に即時残余耐震性能を推定可能であることを示した。

### (2) 近年の地震被害評価

能登半島沖地震における震源域（門前町の走出地区と黒島地区）の被害調査を行い、門前町の中心部の最大地動速度は、墓石転倒率より、少なくとも80～100cm/s程度以上であること、走出地区をはじめとして全壊率が0.1以上の地域では、木造住宅の耐力に殆ど依存せず最大応答変形角が1/10程度を越えていたことが推定された。ただし、黒島地区の木造住宅の詳細調査を行い、限界耐力計算に基づく耐震診断を行った結果によれば、住宅の平均降伏ベースシア係数は約0.5、土蔵では0.8であることを示した。また、震源域で全壊率と想定される最大応答変形角の関係は、兵庫県南部地震以降の木造住宅の地震被害の分析結果と概ね整合していた。

新潟県中越沖地震における震源域の被害調査を行い、社寺本堂被災率と最大地動速度の関係を構築し、社寺本堂被災率をもとに広域での最大地動速度分布の推定を行った。その結果、柏崎平野の大部分で地震動の最大地動速度が100cm/sを超えており、耐力が十分で無い木造住宅の場合には、1/10を大きく超える最大応答変形角が生じていた可能性を示した。

### (3) 限界変形性能評価・解析手法の開発

木造軸組架構の静的載荷実験の結果を分析し、特に、柱折損後のP $\Delta$ 効果が木造住宅の倒壊限界変形性能に及ぼす影響が大きいことを明らかにし、P $\Delta$ 効果を考慮した限界変形角の簡略的な設定法を提案した。

また、性能等価スペクトルを用いた簡易応答評価法を開発し、近年における木造住宅の地震被害傾向の差を明瞭に説明するとともに、地震動の卓越周期、地震動強さ、表層地盤の非線形増幅特性がどのように被害に関与したかを明らかとした。

一方、木造住宅の倒壊回避や地震時に被る損失費用を低減するために必要な最大層間変形角について検討し、耐震設計で用いる安全限界変形の設定法や地震荷重設定法を提案した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 18 件)

- ① 山田真澄, 宮地周吾郎, 森井雄史, 林康裕: 即時被害予測のための建物内地震動増幅の簡易推定法, 日本地震工学会論文集, Vol. 9, No. 1, pp. 83-93, 2009, 査読有
- ② 長谷部裕, 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 損失低減や総費用低減に着目した木造住宅の地震対策評価、地域安全学会論文集、No. 10, pp. 31-38, 2008, 査読有
- ③ Y. Hayashi, A. Nii, and T. Morii : Evaluation of Building Damage Based on Equivalent-Performance Response Spectra, The 14th WCEE, October 12-17, 2008, Beijing, China. CD のためページ数なし, 査読有
- ④ Y. Onishi and Y. Hayashi : Fragility Curves for Wooden Houses Considering Aged Deterioration of the Earthquake Resistance, The 14th WCEE, October 12-17, 2008, Beijing, China. CD のためページ数なし, 査読有
- ⑤ 清水秀丸, 新井洋, 森井雄史, 山田真澄, 林康裕 : 2007 年能登半島地震における被災木造建物の耐震性能と地域特性の評価, 日本建築学会構造系論文集, No. 631, pp. 1503-1510, 2008, 査読有
- ⑥ 山田真澄, 林康裕, 森井雄史, 朴舜千, 大西良広, 清水秀丸 : 2007 年新潟県中越沖地震における社寺被災度と PGV 推定, 日本建築学会技術報告集, 第 14 巻, 第 27 号, pp. 351-356, 2008, 査読有
- ⑦ 工藤渉, 森井雄史, 林康裕: 京都盆地における兵庫県南部地震時の地震動推定と木造建物被害の分析, 日本建築学会構造工学論文集, Vol. 54B, pp. 521-528, 2008, 査読有
- ⑧ H. Arai, T. Morii, M. Yamada, H. Shimizu, Y. Hayashi: Effects of Local Site Amplification on Damageto Wooden Houses in Near-source Region for the 2007 Noto Hanto Earthquake, 5th International Conference on Urban Earthquake Engineering, 2008, CD のためページ数なし, 査読無
- ⑨ 新井洋, 森井雄史, 山田真澄, 清水秀丸, 林康裕 : 2007 年能登半島地震の震源域における最大地動速度の評価と木造住宅被害の要因分析, 日本建築学会構造系論文集, No. 624, pp. 227-234, 2008, 査読有
- ⑩ 井田祥子, 新居藍子, 具典淑, 森井雄史, 小椋大輔, 林康裕 : 伝統木造住宅の固有振動数に及ぼす温湿度環境の影響, 第 6 回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム(A 論文), pp. 233-238, 2007, 査読有
- ⑪ 具典淑, 林康裕, 清水秀丸, 鈴木祥之 : 軸組構法 2 階建木造住宅の振動台実験に基づく損傷同定手法の検討, 日本建築学会技術報告集, 第 25 号, pp. 69-72, 2007, 査読有
- ⑫ 林康裕, 更谷安紀子, 森井雄史 : 木造住宅の経年劣化と地域地震環境を考慮した地震時損傷度予測手法, 日本建築学会構造系論文集, No. 615, pp. 77-84, 2007, 査読有
- ⑬ 新居藍子, 林康裕, 森井雄史, 井田祥子, 鈴木祥之 : 常時微動計測から推定される京町家の振動性状, 日本建築学会構造系論文集, No. 613, pp. 43-50, 2007, 査読有
- ⑭ Y. Hayashi, A. Saratani, and T. Morii : Seismic Risk Evaluation of Wood Houses Considering Aged Deterioration and Long-term Occurrence Probability of Earthquakes, 2nd International Conference on Urban Disaster Reduction November, pp. 27-29, 2007. 査読有
- ⑮ 林康裕, 森井雄史 : 性能設計用地震荷重の設定事例～京町家の耐震診断用地震荷重の提案～, 2005 年度日本建築学会大会, 構造部門(振動)PD 資料, pp. 59-66, 2007, 査読無
- ⑯ 木曾久美子, 更谷安紀子, 森井雄史, 澤田圭, 青野文江, 渡辺千明, 林康裕 : 地域型木造住宅の地震被害低減策に関する研究～三重県沿岸地域を事例として～, 日本建築学会技術報告集, 第 24 号, pp. 471-476, 2006, 査読有
- ⑰ 具典淑, 林康裕, 森井雄史, 鈴木祥之 : 損傷同定指標の提案と木造軸組の振動台実験による検証, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, No. 0234, pp. 1042-1045, 2006, 査読有
- ⑱ 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕 : 木造住宅の経年劣化を考慮した最大地動速度に対する損傷確率曲線, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, No. 0011, pp. 150-153, 2006, 査読有

〔学会発表〕(計 24 件)

- ① 比嘉静, 熊谷考文, 森井雄史, 腰原幹雄, 林康裕, 長谷見雄二: 歴史的町並み保存の防災計画手法の構築に関する研究(その 6) 連棟建物の微動計測, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 57-58, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ② 森井雄史, 井田祥子, 林康裕: 微動計測に基づく京町家の簡易耐震診断(その 1) 固有振動数の変化, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 121-122, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ③ 井田祥子, 森井雄史, 新居藍子, 林康裕: 微動計測に基づく京町家の簡易耐震診断(その 2) 簡易耐震診断法の提案, 日本

- 建築学会大会学術講演梗概集, pp123-124, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ④ 清水秀丸, 森井雄史, 工藤 涉, 林康裕: 下見板仕上げされた木造軸組の静的加力実験による耐震性能評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp423-424, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ⑤ 宮地周吾郎, 工藤涉, 清水秀丸, 森井雄史, 林康裕: 木造軸組の静的加力実験に基づく変形性能評価 (その 1 水平荷重と水平抵抗力), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp475-476, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ⑥ 工藤涉, 森井雄史, 林康裕: 木造軸組の静的加力実験に基づく変形性能評価 (その 2 水平荷重の推定), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp477-478, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ⑦ 長谷部裕, 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 損失低減や総費用低減に着目した木造住宅の地震対策評価 (その 1) 評価指標, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 769-770, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ⑧ 更谷安紀子, 長谷部裕, 森井雄史, 林康裕: 損失低減や総費用低減に着目した木造住宅の地震対策評価 (その 2) ケーススタディ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 771-772, 2008. 9. 12-20, 広島大学
- ⑨ 具典淑, 林康裕, 鈴木祥之: ARX モデルを用いたオンライン同定手法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 17-18, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑩ 新井洋, 林康裕, 森井雄史, 清水秀丸: 2007 年能登半島地震における門前町走出の最大地動速度の推定, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 181-182, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑪ 工藤涉, 林康裕, 森井雄史: 京都盆地における兵庫県南部地震時の地震動推定と木造建物被害の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 295-296, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑫ 森井雄史, 宮崎陽子, 清水秀丸, 林康裕: 非構造部材が木造軸組の耐震性能に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 297-298, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑬ 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 経年劣化を考慮した木造住宅の地震リスク評価 (その 1) 地震リスク評価手法の構築, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 327-328, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑭ 井田祥子, 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 経年劣化を考慮した木造住宅の地震リスク評価 (その 2) ケーススタディ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 329-330, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑮ 宮地周吾郎, 山田真澄, 森井雄史, 林康裕: 強震観測記録を用いた建物の大地震時応答特性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 535-536, 2007. 8. 29-31, 福岡大学
- ⑯ 新居藍子, 林康裕, 森井雄史, 井田祥子, 鈴木祥之: 京町屋の構造特性評価に関する研究 (その 4) 常時微動計測より推定される固有振動数, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 221-222, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ⑰ 井田祥子, 森井雄史, 新居藍子, 小椋大輔, 林康裕: 京町屋の構造特性評価に関する研究 (その 5) 相対湿度が固有振動数に及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 223-224, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ⑱ 森井雄史, 熊谷由章, 新居藍子, 林康裕: 木造建物の振動特性と地震荷重の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 201-202, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ⑲ 渡辺千明, 木曾久美子, 更谷安紀子, 森井雄史, 青野文江, 林康裕: 三重県沿岸地域における地域型木造住宅の地震被害低減策に関する研究 (その 1) ライフスタイルの変化を考慮した対策, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 379-380, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ⑳ 木曾久美子, 渡辺千明, 森井雄史, 更谷安紀子, 林康裕: 三重県沿岸地域における地域型木造住宅の地震被害低減策に関する研究 (その 2) 木造住宅の耐震補強策の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 381-382, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ㉑ 澤田圭, 井田祥子, 熊谷由章, 新居藍子, 林康裕: 三重県沿岸地域における地域型木造住宅の地震被害低減策に関する研究 (その 3) 劣化状況と維持管理対策, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 383-384, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ㉒ 更谷安紀子, 森井雄史, 林康裕: 経年劣化を考慮した木造住宅の損傷確率曲線, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 367-368, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ㉓ 大西良広, 林康裕: 耐震性能の経年変化を考慮した木造建物の被害率曲線, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 369-370, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- ㉔ 具典淑, 林康裕, 鈴木祥之: 木造軸組の損傷同定指標の提案と振動台実験による検証, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 937-938, 2006. 9. 7-9, 神奈川大学
- [図書] (計 1 件)
- ① 林康裕, 森井雄史: 耐震性能制御のための地震荷重, 日本建築学会編, 地震荷重—性能設計への展望—, 第 III 編, 第 2 章, pp. 219- 233, 2008. 3.

〔その他〕

- ① 林康裕：伝統軸組構法木造住宅の微動計測：健康診断，重伝建 防災計画策定研修会 シンポジウム資料，塩尻市 塩尻市教育委員会，pp. 55-60，2008. 8. 28.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

林 康裕 (HAYASHI YASUHIRO)  
京都大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号：70324704

### (2) 研究分担者

吹田 啓一郎 (SUITA KEIICHIRO)  
京都大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：70206374

田村 修次 (TAMURA SHUJI)  
京都大学・防災研究所・准教授  
研究者番号：40313837

森井 雄史 (MORII TAKESHI)  
京都大学・大学院工学研究科・助教  
研究者番号：10419450

中井 正一 (NAKAI SHOICHI)  
千葉大学・工学部・教授  
研究者番号：90292664

【2006～2007 年度】

田村 和夫 (TAMURA KAZUO)  
清水建設㈱・施設基盤技術センター・  
センター長  
研究者番号：50416822

【2006～2007 年度】

新井 洋 (ARAI HIROSHI)  
防災科学技術研究所・防災システム研究  
センター・研究員  
研究者番号：40302947

【2006～2007 年度】

清水 秀丸 (SHIMIZU HIDEMARU)  
防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究  
センター・特別研究員  
研究者番号：70378917

【2006～2007 年度】

### (3) 連携研究者

中井 正一 (NAKAI SHOICHI)  
千葉大学・工学部・教授  
研究者番号：90292664

【2008 年度】

田村 和夫 (TAMURA KAZUO)  
清水建設㈱・施設基盤技術センター・  
センター長  
研究者番号：50416822

【2008 年度】

新井 洋 (ARAI HIROSHI)  
(独)建設研究所・構造研究グループ・  
研究員

研究者番号：40302947

【2008 年度】

清水 秀丸 (SHIMIZU HIDEMARU)  
防災科学技術研究所・兵庫耐震工学研究  
センター・特別研究員

研究者番号：70378917

【2008 年度】