



佐藤 忠信 名誉教授

佐藤忠信教授略歴

(学歴・職歴)

| | | |
|-------|--------|-------------------------------|
| 昭和17年 | 2月 27日 | 宮城県亘理郡亘理町に生まれる |
| 32年 | 4月 | 私立聖学院高等学校入学 |
| 35年 | 3月 | 私立聖学院高等学校卒業 |
| 36年 | 7月 | 京都大学工業教員養成所土木工学科入学 |
| 39年 | 3月 | 京都大学工業教員養成所土木工学科卒業 |
| 39年 | 4月 | 京都大学工業教員養成所技術員 |
| 39年 | 12月 | 京都大学工業教員養成所文部技官 |
| 40年 | 4月 | 京都大学工業教員養成所文部教官助手(昭和42年 4月まで) |
| 42年 | 4月 | 京都大学工学部土木工学科第3学年編入学 |
| 44年 | 3月 | 京都大学工学部土木工学科卒業 |
| 44年 | 4月 | 京都大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻入学 |
| 46年 | 3月 | 京都大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻修了 |
| 46年 | 4月 | 京都大学大学院工学研究科博士課程土木工学専攻進学 |
| 49年 | 3月 | 京都大学大学院工学研究科博士課程土木工学専攻単位修得退学 |
| 49年 | 4月 | 京都大学防災研究所文部教官助手 |
| 50年 | 9月 | 京都大学工学博士取得 |
| 52年 | 4月 | 京都大学防災研究所文部教官助教授 |
| 平成 6年 | 9月 | 京都大学防災研究所文部教官教授 |
| 16年 | 4月 | 国立大学法人京都大学教授(防災研究所) |
| 17年 | 3月 | 同上定年退職 |

非常勤職歴

| | | |
|-----|----|----------------------------------|
| 55年 | 3月 | カリフォルニア大学バークレー校客員研究員(昭和56年 3月まで) |
| 3年 | | 鳥取大学非常勤講師(平成9年まで) |
| 3年 | | 名古屋大学非常勤講師(平成16年まで) |
| 5年 | | 岐阜大学非常勤講師(平成6年まで) |

(受賞)

| | |
|-------|---|
| 平成 4年 | 土木学会賞論文賞授賞(構造物の最適震動制御に関する研究) |
| 平成14年 | 地盤工学会功労章 |
| 平成17年 | Senior Research Prize (System Identification) awarded from International Association for Structural Safety and Reliability Analysis |

(学会・委員会活動)

学会関連委員等

| | |
|-------|--------------------------------|
| 昭和56年 | 土木学会 学会誌編集委員会委員(昭和57年まで) |
| 昭和56年 | 土木学会 論文集編集委員会第一部門編集委員(昭和57年まで) |
| 昭和60年 | 自然災害特別研究災害情報委員会委員(平成 4年まで) |

| | |
|-------|--|
| 昭和63年 | 土木学会 論文集編集委員会第一部門編集委員(平成元年まで) |
| 昭和62年 | 土木学会 耐震工学委員会常任委員 |
| 昭和63年 | 土木学会 耐震工学委員会動的相互作用小委員会委員(平成3年まで) |
| 平成元年 | 土木学会関西支部 商議委員(平成2年まで) |
| 平成元年 | 土質工学会関西支部 評議委員(平成2年まで) |
| 平成元年 | 土木学会 構造工学委員会振動制御小委員会委員(平成10年まで) |
| 平成2年 | 土質工学会 動的変形定数基準化委員会委員(平成5年まで) |
| 平成2年 | 自然災害特別研究欧文論文集編集委員会委員(平成10年まで) |
| 平成2年 | 土質工学会 講座委員会委員(動的相互作用)(平成3年まで) |
| 平成3年 | 土木学会関西支部 地下空間利用に関する委員会委員(平成6年まで) |
| 平成4年 | 土木学会 構造工学委員会AL小委員会委員(平成15年まで) |
| 平成4年 | 土木学会 耐震工学委員会免震・制震小委員会委員(平成7年まで) |
| 平成5年 | 日本自然災害学会 災害情報委員会データベース小委員会委員長(平成10年まで) |
| 平成5年 | 第9回日本地震工学シンポジウム編集幹事会幹事長(平成6年まで) |
| 平成6年 | 土質工学会 講座委員会委員(地盤工学における逆問題)(平成8年まで) |
| 平成7年 | 土木学会 耐震等基準検討委員会委員(平成8年まで) |
| 平成7年 | 阪神淡路大震災報告書編集委員会委員(平成10年まで) |
| 平成7年 | 地盤工学会 阪神淡路大震災調査委員会副委員長(平成8年まで) |
| 平成8年 | 日本自然災害学会評議委員(平成12年まで) |
| 平成8年 | 地盤工学会関西支部 設計入力時震度に関する研究委員会委員長(平成10年まで) |
| 平成9年 | 地盤工学会 土構造物への設計入力地震動委員会委員長(平成10年まで) |
| 平成9年 | 土木学会 土木構造物の耐震設計法特別委員会委員(平成11年まで) |
| 平成9年 | 土木学会 地震工学委員会 耐震基準当検討小委員会委員(平成11年まで) |
| 平成9年 | 土木学会 地震工学委員会 ローカルサイト検討小委員会委員(平成11年まで) |
| 平成9年 | 土木学会 地震工学委員会 設計用地震動検討小委員会委員(平成13年まで) |
| 平成9年 | 土木学会 地震工学委員会 高地震力に対する土構造物の耐震設計法小委員会委員(平成11年まで) |
| 平成11年 | 日本自然災害学会 欧文論文集編集委員会委員長(平成17年まで) |
| 平成12年 | 日本自然災害学会理事(平成15年まで) |
| 平成12年 | 地盤工学会関西支部 幹事長(平成13年まで) |
| 平成14年 | 土木学会論文賞選考委員会委員(平成15年まで) |
| 平成15年 | 日本自然災害学会評議委員(平成17年まで) |
| 平成15年 | 地盤工学会関西支部副支部長(平成16年まで) |

国際会議委員等

| | |
|-------|---|
| 昭和60年 | 4th International Conference on Innovative Numerical Analyses (Member of International Advisory Committee), Atlanta USA, May 1986 |
| 昭和62年 | 9th World Conference on Earthquake Engineering (Member of Organizing Committee), Tokyo-Kyoto Japan, August 1988 |
| 平成9年 | 2nd International Conference on Structural Control (Member of Editorial Committee), Kyoto Japan, October 1998 |

| | |
|--------|---|
| 平成 9 年 | First Korea-Japan Workshop on Structural Health Monitoring (Organiser), Taejon, October, 1997 |
| 平成10年 | Asian-Pacific Symposium on Structural Reliability and its Application (International Scientific Committee), Taipei, February, 1999 |
| 平成10年 | Second Korea-Japan Workshop on Structural Health Monitoring (Organiser), Kyoto June 2-3, 1998 |
| 平成10年 | First Iran-Japan Workshop on Recent Earthquakes in Iran and Japan (Organizing Committee), Teheran, May 16-18, 1998 |
| 平成10年 | Third China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, (Keynote Lecture), Kunming China, August 4-7, 1998 |
| 平成10年 | US-Japan Workshop on Nonlinear System Identification and Health Monitoring (Organizer), Honolulu, Hawaii October 30-31, 1998 |
| 平成10年 | First USA-China-Japan Workshop on Future R&D Directions in Public Works, Civil Infrastructures Systems and Hazard Mitigation (Scientific Committee), Shanghai, November 4-6, 1998 |
| 平成11年 | 2nd Japan-US Workshop on Nonlinear System Identification and Health Monitoring (Organizer), Kyoto Japan October 1999 |
| 平成11年 | Japan-US Workshop on Urban Earthquake Disaster Mitigation (General Secretary), Kyoto Japan, November 1999 |
| 平成11年 | 3rd Korea-Japan Workshop on Structural Health Monitoring, Kyonju Korea (Co-Organizer), November 1999 |
| 平成12年 | Japan-Taiwan Workshop on urban Earthquake Disaster Mitigation (Member of Organizing Committee), Taipei Taiwan, February 2000 |
| 平成12年 | US-Japan Workshop on Effect of Near Field Earthquake Shaking, Kyoto Japan (Member of Organizing Committee), March 2000 |
| 平成13年 | US-Japan Workshop on Urban Earthquake Disaster Mitigation (Member of Organizing Committee), Seattle USA, August 2001 |
| 平成14年 | John Hopkins University-Kyoto University Joint Seminar on Risk and Reliability of Civil Structures (Co-Organizer), Baltimore USA, January 2002 |
| 平成14年 | 1st KAISUT-Kyoto University-National Taiwan University (KKN) Student Seminar on Civil Engineering Problems (Co-Organizer), Taejon Korea, February 2002 |
| 平成14年 | 12th European Conference on Earthquake Engineering (Member of Scientific Committee), Paris France, September 2002 |
| 平成14年 | 4th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering (Keynote Speaker), Qingdao China, October 2002 |
| 平成15年 | 2nd KKN Student Seminar on Civil Engineering Problems (Co-Organizer), Taipei Taiwan, February 2003 |
| 平成15年 | 4th Korea-Japan Workshop on Structural Health Monitoring (Co-Organizer), Seoul Korea, June 2003 |
| 平成16年 | 3rd KKN Student Seminar on Civil Engineering Problems (Co-Organizer), Awaji Japan, February 2004 |
| 平成16年 | Colorado University-Kyoto University Joint Seminar on Risk and Reliability of Civil Structures (Co-Organizer), Bolder Colorado USA, May 2004 |
| 平成16年 | 17th Kyoto-KAIST-Chulalongkon-National Taiwan-National Singapore Universities Symposium on Civil Engineering (Keynote Speaker), Ayutthaya Thailand, December 2004 |
| 平成17年 | 4th KKN Student Seminar on Civil Engineering Problems (Co-Organizer and Keynote Speaker), Taejon Korea, February 2005 |

各種委員会委員等

| | |
|--------|----------------------------------|
| 平成 6 年 | 大阪港湾施設の液状化問題調査検討委員会委員 (平成 8 年まで) |
| 平成 6 年 | 河川構造物地震対策技術検討委員会委員 (平成 7 年まで) |

| | |
|-------|---|
| 平成7年 | 宇治市防災会議地震対策委員会委員長（平成8年まで） |
| 平成7年 | 大阪市高速鉄道建設改良技術委員会耐震対策専門部会委員 |
| 平成7年 | 京都南部都市広域行政圏推進協議会広域防災専門委員（平成8年まで） |
| 平成8年 | CCBOX管路材試験検討委員会副委員長 |
| 平成7年 | 寝屋川市防災会議専門委員（平成8年まで） |
| 平成8年 | 科学技術庁地震防災研究基盤分科会対象地震ワーキンググループ委員（平成9年まで） |
| 平成8年 | 阪神高速道路公団耐震問題検討委員会委員長（平成17年まで） |
| 平成8年 | 吹田市防災会議専門委員（平成9年まで） |
| 平成8年 | 豊中市防災会議オブザーバ（平成9年まで） |
| 平成8年 | 運輸省 耐震基準検討小委員会委員（平成10年まで） |
| 平成8年 | JR耐震基準検討小委員会第1ワーキンググループ主査（平成11年まで） |
| 平成10年 | ガス協会ガス管更生法委員会委員長 |
| 平成10年 | 宇治市防災会議災害対策小委員会委員長（平成14年まで） |
| 平成10年 | 都市基盤施設の地震防災性に関する調査委員会（FS調査推進委員）（平成11年まで） |
| 平成11年 | 科学技術振興調整費総合研究「構造物の破壊過程に基づく生活基盤の地震防災性向上に関する研究」研究推進委員会委員（平成15年まで） |
| 平成12年 | 阪神淡路大震災記念協会「阪神間西部地域を中心とした地盤振動特性の究明」委員会委員（平成15年まで） |
| 平成13年 | ダム技術センター「ダム構造・設計等検討委員」会委員（平成14年まで） |
| 平成13年 | 日本ガス協会「経年内管対策特別委員会」委員長 |
| 平成14年 | 京都市地震被害想定策定に関する調査委員会委員（平成16年まで） |
| 平成14年 | 三重県地震被害想定策定に関する調査委員会委員（平成17年まで） |
| 平成14年 | 奈良県地震被害想定調査検討委員会副委員長（平成17年まで） |
| 平成14年 | 阪神高速道路公団耐震設計分科会委員（平成17年まで） |
| 平成14年 | 阪神高速道路公団技術審議会委員 |

佐藤忠信 研究業績

査読付論文

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|--|
| 2005 | 限界地震動指標とMarkov Chain Monte Carlo法を用いた鋼製橋脚の損傷度曲線の算定 | 構造工学論文集, Vol.51A, pp.529-536. | 堀江佳平 増本みどり 吉田郁政 |
| 2005 | 超一様分布を用いた損傷度解析 | 構造工学論文集, Vol.51A, pp.351-356. | 吉田郁政 |
| 2005 | ライフサイクルコストを考慮した道路橋の補強戦略 | 土木学会論文集, Vol.I-66, No.784, pp.125-138. | 吉田郁政 増本みどり 金治英貞 |
| 2004 | 組み立て方法の違いを考慮した分割立坑の耐震性能評価 | 自然災害科学, Vol.23, No.3, pp.391-403. | 國近光生 |
| 2004 | 応答変位法を用いた分割立坑の耐震設計法 | 自然災害科学, Vol.23, No.3, pp.381- | 國近光生 |
| 2004 | 適応型モンテカルロフィルターを用いた損傷同定について | 土木学会論文集, Vol.I-67, No.759, pp.259-269. | 吉田郁政 |
| 2004 | Simulation for Earthquake Motion from Phase Information | Journal of Natural Disaster Science, Vol.25, No.2, pp.93-101. | Y. Murono |
| 2004 | A practical numerical method for large strain liquefaction analysis of saturated soils | Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.24, pp.251-260. | Y. Di |
| 2004 | 位相情報を利用した非定常地震動のシミュレーション法 | 土木学会論文集, Vol.I-66, No.752, pp.159-168. | 室野剛隆 |
| 2003 | Neural classification of finite elements | Computers & Structures, No.81, pp.2331-2335. | Abraham I. Beltzer |
| 2003 | Liquefaction analysis of saturated soils taking into account variation in porosity and permeability with large deformation | Computers and Geotechnics, Vol.30, pp.623-635. | Y. Di |
| 2003 | Probability distribution of wave velocity in heterogeneous media due to random phase configuration | Wave Motion Vol.38, pp221-227. | Abraham I. Beltzer |
| 2003 | Expansion of the Nishinomiya Built Environment Database-Simulation of seismic ground motion distribution and correlation with damage in the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake | Natural Hazards, No.29, pp.501-522. | M. Kohiyama ,N. Yamashita, Lu Hengjian, N. Maki and S.i Tanaka |
| 2002 | Phase Spectrum Modeling to Simulate Design Earthquake Motion | Journal of Natural Disaster Science, Vol.24, No.2, pp.91-100. | Y. Murono and A. Nishimura |
| 2002 | Health Monitoring Algorithm by the Monte Carlo Filter Based on Non-Gaussian Noise | Journal of Natural Disaster Science, Vol.24, No.2, pp.101-107. | I. Yoshida |
| 2002 | 傾斜地盤の液状化 流動過程のシミュレーション | 土木学会論文集, Vol. -61, No.722, pp.109-119. | 文龍 渦岡良介 |
| 2002 | Horizontal and vertical components of earthquake ground motions at liquefiable sites | Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No.22, pp.229-240. | J.Yang, S.Savidis, and X.S.Li |
| 2002 | 砂の流弾塑性構成式による液状化 流動過程の統一的解析 | 土木学会論文集, Vol.717, No.I-61, pp.53-64. | 文龍 渦岡良介 |
| 2002 | 位相特性に着目した観測地震動の内挿-集集地震(1999)の観測記録を用いて- | 土木学会論文集, Vol. I60, No.710, pp.225-234. | 室野剛隆 川西智浩 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|---|
| 2002 | 地盤情報データベースを活用した神戸地域地震動解析 | 土木学会論文集, Vol. -58, No.701, pp.121-134. | 沖村 孝・南部光広・若林 亮・岸本英明 |
| 2001 | モンテカルロフィルタを用いた構造同定 | 土木学会論文集, Vol.I-55, No.675, pp.161-170. | 梶 啓介 |
| 2001 | 位相情報を用いた地震動のシミュレーション法 | 土木学会論文集, Vol.I-55, No.675, pp.113-123. | 室野剛隆 |
| 2001 | Analytical study of Saturation Effects on Seismic Vertical Application of a Soil Layer | Geotechnique, Vol.51, No.2, pp.161-165. | J.Yang |
| 2001 | Neural Computing of Effective Properties of Random Composite Materials | Computers and Structures, No.79, pp.1-6. | Victor A. Gotlib and Abraham I. Beltzer |
| 2001 | Design Spectra and Phase Spectrum Modeling to Simulate Design Earthquake Motions: A Case study through Design Standards of Railway Facilities in | Journal of Natural Disaster Science, Vo.23, No.2, pp.89-100. | Y.Murono, Hai-Bo Wang and A. Nishimura |
| | Seismic Amplification at a Soft Soil Site with Liquefiable Layer | Journal of Earthquake | J.Yang and X. S. Li |
| 2000 | 可変減衰装置を用いた構造物の実時間ハイブリッド震動制御実験 | 土木学会論文集, No.647/I-51, pp.425-433. | 田中悟 |
| 2000 | Influence of Water Saturation on Horizontal and Vertical Motion at a Porous Soil Interface Induced by Incident SV Wave | Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No.19, pp.339-346. | J.Yang |
| 2000 | Computation of Individual Contributions of Two Compression Waves in Vibration of Water-Saturated Soils | Computers and Geotechnics, No.27, pp.79-100. | J.Yang |
| 2000 | Neural Computations of Effective Response of Random Composites | International Journal of Solids and Structures, Vol.37, pp.4527-4538. | Victor A. Gotlib and Abraham I. Beltzer |
| 2000 | 非線形構造システムの線形同定法 | 土木学会論文集, Vol.I-51, No.647, pp.155-165. | 梶啓介 |
| 2000 | Nonlinear site effects on strong ground motion at a reclaimed island | Canadian Geotechnical Journal, Vol.37, No.1, pp.26-39. | J.Yang and Xiang-Song Li |
| 2000 | Interpretation of Seismic Vertical Amplification Observed at an Array Site | Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.90, No.2, pp.275-285. | J.Yang |
| 1999 | 観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化 | 土木学会論文集, Vol.I-50, No.640, pp.119-130. | 室野剛隆 西村昭彦 |
| 1999 | Real Time Conditional Simulation of Earthquake Ground Motion | Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Vol.1, No.1, pp.27-38. | H. Imabayashi |
| 1999 | 震源・伝播・地点特性を考慮した地震動の位相スペクトルのモデル化 | 土木学会論文集, Vol.I-46, No.612, pp.201-213. | 室野剛隆 西村昭彦 |
| 1998 | Structural System Identification Using the H Filter | Structural Eng./ Earthquake Eng., JSCE, Vol.15, No.1, pp.73-84. | Kai Qi |
| 1998 | On the Vibration of Saturated Layered Half-space due to Low Frequency Excitation | Journal of Sound and Vibration, No.213, pp.561-568. | J.Yang |
| 1998 | 非線形構造システム方程式の線形同定法 | 土木学会論文集, Vol.I-42, No.584, pp.175-184. | 菊川雅士 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|-------------------------------------|
| 1998 | 適応型カルマンフィルタの構築とその応用 | 土木学会論文集, Vol.I-42, No.584, pp.163-173. | 竹井賢二 |
| 1998 | Adaptive H Filter : Its Application to Structural Identification | Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol.124, No.11, pp.1233-1240. | Kai QI |
| 1998 | Dynamic Response of Saturated Half-space with Different Hydraulic Interface Conditions | Archive of Applied Mechanics 68, pp.677-688. | J.Yang |
| 1998 | Influence of Viscous Coupling on Seismic Reflection and Transmission in Saturated Porous Media | Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.88, No.5, pp.1289-1299. | J.Yang |
| 1997 | Hybrid Simulation of Structural Control with a Variable Damper | Journal of Natural Disaster Science, Vol.19, No.2, pp.119-132. | K. Hadjiyski, S. Tanaka and K. Toki |
| 1997 | Estimation of Response Spectra in the Severely Damaged Area During the 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake | Earthquakes and Atmospheric Hazards, Natural Hazards, Vol.16, pp.203-218. | K. Kita and T. Maeda |
| 1997 | 構造物の非定常動特性の漸化型同定法 | 土木学会論文集, Vol.I-41, No.577, pp.65-73. | 竹井賢二 |
| 1997 | 実時間ハイブリット震動制御シミュレーターの開発 | 土木学会論文集, Vol.I-41, No.577, pp.257-267. | 佐藤誠 |
| 1997 | 可変減衰装置の開発と減衰力の制御システムの構築 | 土木学会論文集, Vol.I-40, No.570, pp.203-215. | 土岐憲三 佐藤誠 |
| 1997 | ニューラル・カルマンフィルターを用いた構造物の地震時応答特性の同定 | 土木学会論文集, Vol.I-39, No.563, pp.23-32. | 佐藤誠 |
| 1997 | 3号神戸線月見山地区における構造物被災と入力地震動 | 橋梁と基礎, Vol.31, No.3, pp.17-23. | 谷口信彦 前川順道・西森孝三 足立幸郎・太田晴高 |
| 1997 | 兵庫県南部地震における強震域での加速度応答スペクトルの推定 | 土木学会論文集, Vol.I-39, No.563, pp.149-159. | 北勝利 前田知就 |
| 1996 | A Predicted Control Algorithm for Active Structural Seismic Response Control | Journal of Natural Disaster Science, Vol.18, No.1, pp.11-25. | Kai QI , |
| 1996 | Estimation of Peak Acceleration in the Severely Damaged Area during the 1995 Hyogo-Ken Nanbu Earthquake | The 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake -Investigation into Damage to Civil Engineering Structures - Spatial Issue of Japan Society of Civil Engineers, pp.35- | |
| 1996 | Strong ground motion during the1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake | The Kobe Earthquake :Geodynamical Aspects, Computational Mechanics Publications, pp.17-38. | J. Kiyono and K.Toki |
| 1996 | 遺伝的アルゴリズムを用いたライフライン網の最適復旧過程に関する研究 | 土木学会論文集, Vol.I-35, No.537, pp.245-256. | 一井康二 |
| 1995 | Simulation of stochastic waves in a non-homogeneous random field | Soil Dynamics and Earthquake Engineering, pp.387-396. | J. Kiyono ,K. Toki and H. Mizutani |
| 1995 | Estimation of Peak Ground Motion on the Base Rock and its Amplification During the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake | Journal of Natural Disaster Science, Vol.16, No.3, pp.47-58. | J. Kiyono |
| 1995 | AL法の確率応答計算への拡張とその地盤震動解析への応用 | 土木学会論文集, Vol.I-31, No.513, pp.179-190. | 清野純史 土岐憲三 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|--|
| 1995 | 可動質量型制振装置を用いた構造物の閉開ループ震動制御 | 土木学会論文集, Vol.I-33, No.525, pp.201-211. | 土岐憲三 望月俊宏・吉川正昭 |
| 1994 | 1993年グアム島地震震害調査報告 | 土木学会論文集, Vol.I-30, No.507, pp.291-303. | 山崎文雄 睦好宏史・東畑郁生 |
| 1993 | 構造物の地震応答における自己学習能力を有する震動制御 | 土木学会論文集, Vol.I-24, No.471, pp.115-124. | 土岐憲三 橋本雅道 |
| 1992 | 地盤 - 基礎前体系オンライン地震応答実験手法 | 土と基礎, No.40, pp.5-10. | 土岐憲三 吉川正昭・清野純史 |
| 1991 | Estimation of Seismic Intensity of Ground Motion During the 16 July 1990 Philippine Earthquake | Journal of Natural Disaster Science, Vol.13, No.1, pp.39-52. | J. Kiyono |
| 1991 | 大規模ライフラインの地震時における信頼性解析法 | 土木学会論文集, Vol.I-17, No.437, pp.153-161. | 土岐憲三 濱田尚人 |
| 1991 | 作用時間遅れを考慮した構造物の震動制御 | 土木学会論文集, Vol.I-15, No.428, pp.193-202. | 土岐憲三 橋本雅道 |
| 1991 | Seismic Behavior of Pile Groups by Hybrid Experiments | Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.20, pp.895-909. | K.Toki, J.Kiyono, N.Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1990 | Active Control of Seismic Response of Structures | Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Vol.1, pp.447-475. | K.Toki |
| 1990 | Optimal Control of Seismic Response of Structures | Structural Engineers/ Earthquake Engineers. Proceedings of Japan Society of Civil Engineers, Vol.7, No.1, pp.179-188. | K.Toki and Sugiyama,K. |
| 1990 | Hybrid Experiments on Non-Linear Earthquake - Induced Soil-Structure Interaction | Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.19, pp.709-723. | K.Toki, J.Kiyono, N.Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1990 | 1989年10月17日ロマブリエタ地震の地盤震動特性 | 自然災害科学, Vol.9, No.1, pp.27-41. | |
| 1989 | Identification of Long-Term Climatic Variations Based on Tree Ring Widths of Japanese Cypresses | Journal of Natural Disaster Science, Vol.11, No.2, pp.37-50. | A. Yamashita, and M. Tanaka |
| 1989 | Estimation of Seismic Intensity of Ground motion During the 21 August 1988 Earthquake in the Nepal-India Border Region | Journal of Natural Disaster Science, Vol.11, No.2, pp.21-36. | J. Kiyono |
| 1989 | Identification of Structural Parameters and Input Ground Motion form Response Time Histories | Proceedings of Japan Society of Civil Engineers, Vol.I-12, No.410, pp.243- | K. Toki and J.Kiyono |
| 1987 | Dynamic Behavior and Identification of Non-Uniform Ground by the Discrete Wave Number | Soil-Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.6, No.2, pp.116-123. | K. Toki and Sato,K. |
| 1987 | 地震波の因果性を用いた1979 Imperial Valley 地震の多重震源解析 | 土木学会論文報告集, Vol.I-7, No.380, pp.475-484. | 辰巳安良 |
| 1986 | ライフライン要素の破壊ポテンシャル評価のための地盤震動と液状化解析法 | 自然災害科学, Vol.5, No.2, pp.1-18. | |
| 1985 | Synthesizing Design Ground Motions From Microearthquake Records | Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers, Structural Engineering /Earthquake Engineering, Vol.2, No.2, pp.423-433. | K. Toki and J.Kiyono |
| 1984 | Seismic Reliability Analysis of Lifeline Networks Taking into Account Fault Extent and Local | Natural Disaster Science, Vol.6, No.2, pp.51-72. | |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|---------------------|
| 1983 | Seismic Response Analyses of Ground with Irregular Profiles by the Boundary Element Method | National Disaster Science, Vol.5, No.1, pp.31-52. | K. Toki |
| 1981 | Separation and Sliding Between Soil and Structure during Strong Ground Motion | Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.9, pp.263-277. | K. Toki and F.Miura |
| 1980 | 強震時における地盤と構造物の間の剥離と滑動 | 土木学会論文報告集, No.302, pp.31- | 土岐憲三・三浦房紀 |
| 1976 | 地盤中を伝播する非線形調和波動 | 土木学会論文報告集、日本土木学会, No.247, pp.21-34. | 土岐憲三 |
| 1975 | 地震時の地盤内応力とヒズミ- 土の非線形性の影響 - | 土と基礎、日本土質工学会, Vol.23, No.214, pp.51-58. | 柴田徹 |
| 1974 | One-Dimensional Acceleration Waves in a Mixture of 2Phases | Proceedings of the 22nd Japan national Congress for Applied Mechanics, Vol.22, pp.89-102. | K. Toki |
| 1973 | 飽和した多孔質弾性体中を伝播する非線形波動に付いて | 土木学会論文報告集 ,No.209, pp.30-50. | 後藤尚男 |

査読付解説論文

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---------------------------------|------|
| 2005 | 建設分野における構造同定アルゴリズムに関する最近の話題(2) | 信号処理 ,Vol.9, No.1, pp.363-370. | 吉田郁政 |
| 2004 | 建設分野における構造同定アルゴリズムに関する最近の話題(1) | 信号処理 ,Vol.8, No.5, pp.3-9. | 吉田郁政 |
| 2001 | 非線形構造同定に関する最近の話題 | 橋梁振動コロキウム2001論文集 土木学会, pp.1-12. | |
| 1995 | 地盤工学における逆解析 1講座を始めるに当たって 2逆解析の分類と定義 3逆解析の手法 | 土と基礎, Vol.43, No.4, pp.55-60. | |
| 1995 | 地盤工学における逆解析 3 逆解析の手法 | 土と基礎, Vol.43, No.5, pp.67-72. | |
| 1995 | 地震時の砂地盤の液状化 | 混相流, Vol.9, No.3, pp.187-202. | |
| 1992 | 地盤と構造物の動的相互作用の解析法 | 土と基礎, No.40, pp.63-70. | |

査読付発表論文

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|--|----------------------------|
| 2004 | Estimation of Fragility Curve by Using Limit Seismic Intensity and Markov Chain Monte Carlo | 9th ASCE Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability | I. Yoshida |
| 2004 | Application of Stochastic Characteristics of Phase Spectrum to Random Vibration Analysis of S.D.O.F System | 9th ASCE Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability | Y. Murono |
| 2004 | Effect of Phase Spectrum Uncertainty on Earthquake Motion | 9th ASCE Specialty Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability | Y. Murono and T. Kawanishi |
| 2003 | Modeling of Phase Spectra For Simulation of Near-Fault Design Earthquake | Advancing Mitigation Technologies and Disaster Response for Lifeline Systems, No.25, pp.769-778. | Y. Murono and M. Murakami |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|--|---------------------------------|
| | Remapping Scheme in ALE Method for Liquefaction Simulation | 16th ASCE Engineering Mechanics Conference July 16-18, 2003, University of Washington, CD-ROM | Yuan Di |
| 2003 | Influence of Vertical Acceleration on Soil Liquefaction: New Findings and Implications | Proceedings of the Soil and Rock America 2003 -12th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Vol.1, | J. Yang , S. Savidis and X.S.Li |
| 2003 | Exclusive non-Gaussian Process Noise for Damage Detection Using Monte Carlo Filter | Proceeding of the Third World Conference on Structural Control, | I. Yoshida |
| 2002 | Effects of Saturation on Earthquake Response of Liquefiable Ground | 12th European Conference on Earthquake Engineering CD-ROM133 | J. Yang and S. Savidis |
| 2002 | Modeling of Phase Spectra for Near-Fault Earthquake Motions | 12th European Conference on Earthquake Engineering CD-ROM279 | Y.Murono and M.Murakami |
| 2002 | Simulation of Earthquake Motions Based on Phase Information | 12th European Conference on Earthquake Engineering CD-ROM487 | Y.Murono |
| 2002 | Identification of Damping Ratio Using Monte Carlo Filter Based on Exclusive Non-Gaussian Process | 15th ASCE Engineering Mechanics Conference (CD-ROM) 387.pdf | I. Yoshida |
| 2002 | A New Simulation Method for Liquefaction and Induced Ground Flow | 2nd Canadian Specialty Conference on Computer Applications in Geotechnique, pp.197-204. | Y.Di and Y. Moon |
| 2002 | 断層近傍地震動の位相特性の経験的なモデル化 | 第11回日本地震工学シンポジウム, Vol.1, pp.521-526. | 室野剛隆 村上昌彦 |
| 2002 | 加速度観測に基づく線形同定法 | 第11回日本地震工学シンポジウム, Vol.1, pp.1965-1968. | 荻山和樹 |
| 2001 | Large Deformation dynamic Analysis of Porous Medium Using FEM-FDM Coupled Method | Proceeding of the International Conference on Computational | Y. Di |
| 2000 | Design Earthquake Motions Used in Japanese Railway Facilities | Proceedings of Sixth International Conference on Seismic Zonation, Vol.2, pp.699-704. | Y. Murono and A. Nishimura |
| 2000 | Saturation Effects of Soils on Free-Surface Motion due to Incident SV-Waves | Proceedings of Sixth International Conference on Seismic Zonation, Vol.1,pp.459-464. | J. Yang |
| 2000 | Interpolation of Earthquake Motions using Observed Phase Spectra | Proceedings of Sixth International Conference on Seismic Zonation, Vol.1, pp.327-332. | T. Kawanishi |
| 1999 | Modeling of Phase Spectrum to Simulate Desing Earthquake Motion | Proceedings of Optimizing Post-Earthquake Lifeline System Reliability, | Y. Murono and A. Nishimura |
| 1998 | H Filtering Technique and Its Application to Structural System Identification | Proceedings of the Second World Conference on Structural Control, Vol.3, pp.2149-2158. | Kai QI |
| 1998 | A Hybrid Structural Control Experiment Using Variable Damper | Proceedings of the Second World Conference on Structural Control, Vol.1,pp.387-396. | S. Tanaka |
| 1998 | Structural Identification Using Neural-H Filter | 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.2297-2302. | Kai QI |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|--|
| 1998 | Seismic Response of a Partially Saturated Sand Layer | 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.799-804. | J. Yang |
| 1998 | Development of a Kalman Filter with Fading Memory | Structural Safety and Reliability, pp.387-394. | K. Takei |
| 1998 | Effects of Hydraulic Interface Conditions on Seismic Reflection and Transmission | Proceedings of the 11th European Conference Earthquake Engineering | J. Yang |
| 1998 | A Method to Estimate Phase Spectrum Taking into Account the Source, Path and Site Effects | Proceedings of the 11th European Conference Earthquake Engineering | Y. Murono and A. Nishimura |
| 1994 | ACTIVE CONTROL OF SEISMIC RESPONSE OF STRUCTURE BY A MASS DRIVER SYSTEM | Proceedings of the First World Conference on Structural Control, Vol.3, pp.133-142. | K. Toki, M. Yoshikawa, M. Kurimoto and K. |
| 1994 | OPTIMAL CLOSED-OPEN LOOP CONTROL LAW FOR THE SEISMIC RESPONSE OF STRUCTURES | Proceedings of the First World Conference on Structural Control, Vol.2, pp.212-221. | K. Toki, M.Mochizuki, and M. Yoshikawa |
| 1994 | AM Dによる模型構造物の地震応答制御 | 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.2, pp.1921-1926. | 土岐憲三 望月俊宏・吉川正昭 栗本雅裕・稲葉金正 |
| 1994 | 不整形境界の不確定性を考慮した地盤震動解析法 | 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.1, pp.517-522. | 清野純史 土岐憲三 |
| 1994 | 自己学習機能を有する構造同定アルゴリズム | 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.2, pp.1729-1734. | 佐藤誠 |
| 1994 | Modeling of Phase characteristics for Synthesizing Strong Earthquake | 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.3, pp.25-30. | R. Matsuoka |
| 1992 | Risk Spectrum Taking into Account Fault Rupture Mechanisms | Proceedings of the 10th World Conference Earthquake Engineering, Vol.2, pp.787-792. | J. Kiyono |
| 1992 | Seismic Reliability Analyses of Large Lifeline Networks Taking into Account the Failure Probability of the Components | Proceedings of the 10th World Conference Earthquake Engineering, Vol.9, pp.5591-5596. | K. Toki |
| 1991 | Estimation of Peak Acceleration for Seismic Macrozonation Taking into Account the Fault Extent | Proceedings of the 4th International Conference on Seismic Zonation, San Francisco, Vol.III, pp.731-738. | K. Toki and J.Kiyono |
| 1991 | Time Integration Scheme for Soil-Structure Systems with Frequency Dependent Complex Stiffness | Proceedings of the Seventh Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, pp.1209-1214. | K.Toki, J.Kiyono, N. Kishi, M.Kitazawa and M.Arano |
| 1991 | Hybrid Experiments on Nonlinear Earthquake-Induced Soil-Structure Interaction | Proceedings of the Seventh Conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, Vol.2, pp.881-886. | K. Toki ,J. Kiyono, N. Kishi, K.Oshima and M.Yoshikawa |
| 1991 | Estimation of Peak Acceleration for Seismic Macrozonation Taking into Account the Fault Extent | Proceedings of the Fourth International Conference on California, Vol. , pp.731-738. | K. Toki and J.Kiyono |
| 1990 | Active Control of Seismic Response of Structures | Intelligent Structure, ELASEVIER APPLIED SCIENCE, pp.282-298. | K. Toki |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|--|
| 1990 | A Method for Analyzing Seismic Reliability of Realistic Large Lifeline Networks | Proceeding of the 8th Japan Earthquake Engineering Symposium, pp.2115- 2120. | K. Toki and H. Hamada |
| 1990 | Modeling of Spatial Variation of Ground Motion on Irregular Profiles | Proceeding of the 8th Japan Earthquake Engineering Symposium, pp.331- 336. | K. Toki and J.Kiyono |
| 1990 | Seismic Observation and Simulation of a Soil- Pile System | Proceeding of the 8th Japan Earthquake Engineering Symposium | K. Toki ,J.Kiyono, N. Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1990 | Hybrid Experiment on Pile Groups Taking into Account Earthquake- Induced Nonlinear Soil- Structure Interaction | Proceedings of the 8th Japan earthquake Engineering Symposium, pp.1491- 1496. | K. Toki ,J.Kiyono, N. Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1989 | Identification of Constitutive Parameters of Soil Using Pressure Meter Test | Numerical Methods in Geomechanics, Vol.4, pp.2227- 2234. | T.Shibata and Y.Hirai |
| 1989 | Generalized Constitutive Equations of Saturated Sand | Numerical Methods in Geomechanics, ol.1, pp.287- 292. | Pradhan Tej B.S. and T.Shibata |
| 1988 | Critical Components for Upgrading Seismic Reliability of Large Lifeline Networks | Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering | K. Toki and T. Sekiya |
| 1988 | Attenuation of Peak Acceleration Taking into Account Multiple Fault Rupture Mechanisms | Proceedings of 9th World Conference on Earthquake Engineering ,Vol. , pp.373- 378. | K. Toki ,J.Kiyono and T.Matuoka |
| 1987 | Upgrading Seismic Reliability of Large Scale Lifeline Networks | Recent Advances in Lifeline Earthquake Engineering, pp.21- 38. | K. Toki |
| 1986 | Seismic Reliability Analysis of Large Scale Lifeline Networks | Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium , pp.2023- 2028. | I. Suetomi |
| 1986 | Attenuation of Peak Ground Motion Taking into Account the Fault Extent | Proceedings of the 7th Japan Earthquake Engineering Symposium , | J.Kiyono and T.Matuoka |
| 1985 | Identification of Constitutive Parameters of Soil | Proceedings of the Specialty Session on Constitutive Laws of Soils at XIth I.C.S.M.F.E. San Francisco ,pp.164- 167. | T.Shibata and Tej B.S.Pradhan |
| 1985 | Earthquake Damage to Buried Pipes and Their Renovation by House Lining | Proceedings of the 1985 Pressure Vessels and Piping Confernce, New Orleans ,Vol.98- 4, No.PVP, pp.125- | T.Shibata |
| 1985 | Simplified Dynamic Analyses of Embankments | Proceedings of the Fifth International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, pp.1425- 1431. | T.Shibata and Y.Sunasaka |
| 1984 | A Simplified Method for Dynamic Analysis of Embankment | Proceedings of the 8th World Conference on Earthquake | Y.Sunasaka |
| 1983 | Seismic Response Analysis of Ground with Irregular Profiles by the Boundary Elements Method | Proceedings of the 5th International Conference on Boundary Element, pp.699- 708. | T. Sato |
| 1982 | 構造系の振動解析における数値積分法の誤差評価 | 第 6回日本地震工学シンポジウム論文集 ,pp.1049- 1056. | 日野徹 |
| 1982 | Seismic Hazard Analysis of Lifeline Incorporation Soil and Geologic Effects | Proceedings of the 3rd International Congress of Microzonation for Safer Construction, pp.1701- 1711. | A.D.Kiureghian |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|---|
| 1982 | Evaluation of Ground Shaking Considering the Nonlinear Properties of Soil | Proceedings of the 4th International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, pp.427-435. | A.Der-Kiureghian |
| 1982 | Seismic Hazard Analysis of Lifelines Incorporating Soil and Geologic Effects | Proceedings of Third International Earthquake Microzonation Conference, Vol.III, pp.1701-1711. | A. Der-Kiureghian |
| 1982 | 時系列理論による強震動予測モデルとその応用 | 第6回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.385-391. | 土岐憲三・江尻譲嗣 |
| 1981 | Seismic Reliability of Flow and Communication Networks | Proceedings of the 2nd Specialty Conference on Lifeline Earthquake Engineering, pp.81-96. | Moghtaderizadeh M , R.K.Wood, A.Der-Kiureghian and R.E.Barlow |
| 1981 | Dynamic Behavior of Sandy Soil and Liquefaction | Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, pp.683-686. | T.Shibata and R.Ito |
| 1980 | Estimation of Damage of Water Distribution Systems by Earthquake | Recent Advance in Lifeline Earthquake Engineering in Japan, ASME, pp.89-96. | K. Toki |
| 1980 | Detection of Dynamic Properties of Structural System by AR-MA Process through Microtremor Observation | Proceedings of the 7th World Conference on Earthquake Engineering, Vol.6, pp.9-16. | |
| 1980 | Separation and Sliding Between Soil and Structure to Strong Earthquake Motion | Proceedings of the 7th world Conference on Earthquake Engineering, Vol.5, pp.213-220. | K. Toki and F.Miura |
| 1980 | Dynamic Behavior and Liquefaction of Saturated Sandy Soil | Proceedings of the International Symposium on Soil Under Cyclic and Transient Loading, pp.523-532. | T. Shibata and M.Kosaka |
| 1979 | Variational Approach for the Elimination of Temporary Boundary Effect from Finite Element Method | Proceedings of the 3rd International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, pp.889-897. | K. Toki |
| 1977 | Dynamic Behaviour of Soil and Sub-surface Ground | Proceedings of the 9th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.2, pp.393-396. | T. Shibata and D.S.Soelarno |
| 1977 | Seismic Response Analysis of Surface Layer with Irregular Boundaries | Proceedings of the 6th World Conference on Earthquake Engineering, Vol.1, pp.409-414. | K. Toki |
| 1966 | A Study on the Stress-Dilatancy Relation of a Sand Sample | Proceedings of the 16th Japan National Congress for Applied Mechanics, Vol.16, pp173-178. | K. Kubota |

国際発表論文

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|----------------------------|
| 2005 | Effect of phase spectrum uncertainties of earthquake motion on seismic fragility curve of steel bridge pier, | Second International Conference on Urban Earthquake Engineering, March 7-8, 2005, Tokyo Institute of Technology, pp.9-20. | M. Masumoto and I. Yoshida |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|----------------------------|
| 2004 | Research for Mitigating Earthquake Damage to Lifeline Systems | Proceedings of the Seventeenth KKCNN Symposium on Civil Engineering, pp.27-32. | |
| 2004 | Estimation of Seismic Fragility Curve of a Steel Bridge Pier through Dynamics Analysis | Proceedings of the Seventeenth KKCNN Symposium on Civil Engineering, pp.455-460. | I. Yoshida and M. Masumoto |
| 2004 | Damage Detection and Localization Using Chaotic Excitation and Recurrence Analysis | Proceedings of the Seventeenth KKCNN Symposium on Civil Engineering, pp.127-132. | Y. Tanaka |
| 2004 | H _∞ Neural Network Training and Pruning for System Identification | Proceedings of International Symposium on Network and Center-Based Research for Smart Structures Technologies and Earthquake Engineering, pp.75-80. | H. Tang and S. Xue |
| 2004 | Nonlinear structural system identification using shaking table test data of five-story model building | Proceedings of SPIE, Health Monitoring and Smart Nondestructive Evaluation of Structural and Biological Systems III, Vol.5394, No.58, pp.475-484. | K. Ogiyama |
| 2004 | Efficient system identification algorithm using Monte Carlo filter and its application | Proceedings of SPIE, Health Monitoring and Smart Nondestructive Evaluation of Structural and Biological Systems III, Vol.5394, No.57, pp.464-474. | Y. Tanaka |
| 2004 | Structural damage detection using neural network and H _∞ filter algorithm | Proceedings of SPIE, Health Monitoring and Smart Nondestructive Evaluation of Structural and Biological Systems III, Vol.5394, No.56, pp.454-463. | H. Tang |
| 2004 | Numerical Simulation of Lateral Displacement Between Non-Liquefiable Ground and the Liquefied Subsoil Layer | Proceedings of the 17th ASCE Engineering Mechanics Conference June 13-16,2004, University of Delaware, Newark, DE, No. 81 | Y. Di |
| 2004 | Portable System to Identify Structural Parameters | Proceedings of the 4th International Workshop on Structural Control, pp.232-237. | K. Ogiyama and R. Honda |
| 2004 | Seismic Reliability Analysis of a Large Scale Gas Network | Proceedings of the Third Taiwan-Japan Workshop on Lifeline Performance and Disaster Mitigation, pp.281-287. | Y. Omichi and Y. Ogawa |
| 2004 | A Method to Analyze Ground Spreading Caused by Liquefaction | Proceedings of the Third Taiwan-Japan Workshop on Lifeline Performance and Disaster Mitigation, pp.165-173. | T. Matsumaru |
| 2004 | Damage Process of Pile Foundation in Liquefied Ground During Strong Ground Motion | Proceedings of The 11th International Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering /The 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, | S. Miwa |
| 2004 | H _∞ -adaptively applied to Liquefiable Soil in Nonlinear Analysis of Soil-Pile Interaction | Proceedings of The 11th International Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering /The 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Vol.1, | X. Tang |
| 2004 | Arbitrary Lagrangian-Eulerian Formulation for Large Deformation Analysis of Saturated Soils | Proceedings of The 11th International Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering /The 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Vol.1, | Y. Di |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|---|
| 2004 | Numerical Simulation of Induced Ground after Liquefaction using Adaptive Remeshing Scheme | Proceedings of The 11th International Conference on Soil Dynamics & Earthquake Engineering /The 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Vol.2, | E. J. Lee |
| 2003 | Prioritization of Seismic Reinforcement for Road Bridges Based on the Concept of Life Cycle Cost | Life-Cycle Performance of Deteriorating Structures, pp.219-228. | I. Yoshida and M. Masumoto |
| 2003 | Efficient system identification algorithm applicable to large scale system | International Workshop on Advanced Sensors, Structural Health Monitoring, and Smart Structures 10-11November 2003, Keio University, Japan, pp.167- | Y.Tanaka |
| 2003 | 3-Dimensional Simulation of Pile-Ground System During Liquefaction and Following Ground Flow Process | Proceedings of the Eighth U.S.-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Liquefaction, | T. Matsumaru, F. Zhang, Y. Moon and R. Uzuoka |
| 2003 | Effect of Phase Spectrum Uncertainty on Structural Response | Proceedings of The Sixteen KKCNN Symposium on Civil Engineering, pp.185-190. | Y. Murono |
| 2003 | Effect of Phase Spectrum Uncertainty on Fourier Amplitude Spectrum of Earthquake Motion | Proceedings of The Sixteen KKCNN Symposium on Civil Engineering, pp.45- | Y. Murono and T. Kawasishi |
| 2003 | Efficient system identification algorithm applicable to large-scale system | Structural Health Monitoring and Intelligent Infrastructure, Vol.1, | Y.Tanaka |
| 2003 | Error Estimation and Adaptive Mesh Refinement in Update Lagrangian FEM for Liquefiable Soil | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.175-185. | Xiaowei Tang |
| 2003 | Efficient System Identification Algorithm Applicable to Large Scale Systems | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.82-90. | Y. Tanaka |
| 2003 | Prioritization of Seismic Reinforcement for Road Bridges Based on the Concept of Life Cycle Cost | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.113-120. | M. Masumoto |
| 2003 | 3-Dimensional Response of a Pile-Ground System during Liquefaction and Flow Process of the Ground | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.55-64. | T. Matsumaru, Y. Moon, F. Zhang and R. Uzuoka |
| 2003 | A Linear Structural Identification Using the Concept of Equivalent External Force and Partial Structural Responses | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.26-33. | K. Ogiyama |
| 2003 | Simultaneous Identification of Structural Parameters and Time History of External Excitation by Using ICA and MCF Algorithm | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.7-14. | S. Ichida |
| 2003 | Development and Application of a Wireless Data Acquisition System for Structural Identification | Proceedings of NTU/NCREE-KU Joint Seminar on Civil Engineering Research, pp.1-6. | K. Ogiyama and M. J. Chung |
| 2002 | New System Identification Algorithms Combining Monte Carlo Filter and Genetic Algorithm | Proceedings of the International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research, Vol.3, pp.579-586. | T. Sakanoue and I. Yoshida |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|----------------------------------|
| 2002 | Simulation and Interpolation of Earthquake Motions Using Observed Group Delay Time | Proceedings of the International Conference on Advances and New Challenges in Earthquake Engineering Research, Vol.3, pp.321-326. | T. Kawanishi |
| 2002 | Structural Identification Algorithm Combining Genetic Algorithm and Monte Carlo Filter | Proceeding of the US- Korea Workshop on Smart Infra-Structural Systems, pp.301-308. | T. Sakanoue and I. Yoshida |
| 2002 | A Linear Algorithm to Identify Structural Systems Using the Concept of Adjusting Equivalent External Force | Proceedings of 15th KKCNN 2002 Symposium on Civil Engineering, pp.220-225. | K.Ogiyama |
| 2002 | Modeling of Phase Spectra for Simulation of Near-Fault Ground Motions | Proceedings of 15th KKCNN 2002 Symposium on Civil Engineering, pp.95-100. | Y.Murono and M.Murakami |
| 2002 | Simultaneous Identification of System Parameters and Time History of External Force | Proceedings of 15th KKCNN 2002 Symposium on Civil Engineering, pp.226-231. | T.Sato , S.Ichida |
| 2002 | Unfilled Analysis by the Fluidal-Elasto-Plastic Constitutive Equation of Liquefaction and Ground Flow Phenomenon | Proceedings of the Fourth China-Japan -USA Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, pp.9-25. | Y.Moon and R. Uzuoka |
| 2002 | Simulation of Earthquake Motions Based on Phase Information | Proceedings of the 3rd International Workshop on Performance-Based Design and Retrofit of Transportation Facilities, pp.79-87. | Y. Murono |
| 2002 | Simulation of Earthquake Motions Using Observed Phase Spectra - Case Studies for the 1999 CHI-CHI Earthquake- | Proceedings of the Second Japan-Taiwan Workshop on Lifeline Performance and Disaster Mitigation, | T. Kawanishi |
| 2002 | System Identification Focused on Adaptability to Non-Stationarity | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.150-155. | S.Ichida and R.Honda |
| 2002 | Development of the Algorithm to Identify Structural System Using Statistical Filter Theories | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.141-149. | T.Sakanoue and I.Yoshida |
| 2002 | A Linear Algorithm to Identify the Structural System Using the Acceleration Data | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.133-139. | K.Ogiyama |
| 2002 | Dynamic Analysis of Saturated Porous Medium by 3D FEM-FDM Coupled Method Considering Large Deformation | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.83-88. | X. Tang and Y. Di |
| 2002 | 3- Dimensional Effective Stress Analysis of Pile Foundation Subjected to Lateral Flow of Liquefied Ground | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.59-64. | T.Matsumaru , Y.Moon and F.Zhang |
| 2002 | Analytical and Numerical Study on the Unified Modeling of Liquefaction and Flow Processes | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.53-58. | Y. Moon and R. Uzuoka |
| 2002 | Numerical Simulation of Seismic Response of Site Overlying on Liquefiable Soil Layer | Proceedings of KAIST- Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.47-52. | Y.Di and Y. Moon |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|-----------------------------------|
| 2002 | Ground Deformation Measuring System Using Optical Fiber Sensors | Proceedings of KAIST-Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.15-22. | N.Takegawa and R.Honda |
| 2002 | Simulation of Earthquake Motions using Observed Phase | Proceedings of KAIST-Kyoto Univ. Joint Seminar on Earthquake Engineering, pp.1-7. | T.Kawanishi |
| 2001 | Application of Adaptive Kalman Filter to Identify a Five story Frame Structure using NCREE Experimental Data | Proceeding of U.S.-JAPAN cooperative research on urban earthquake disaster mitigation, pp.302-311. | R. Honda and T. Sakanoue |
| 2001 | Response Characteristics of Base Isolation Structures Using Seismic Records During Taiwan Chi-Chi Earthquake | US-Japan Workshop on Smart Structures for Improved Seismic Performance in Urban Regions, pp.119- | Y. Murono |
| 2001 | Adaptive Monte Carlo filter and structure identification | Proceedings of the International Conference on Monte Carlo Simulation Monte Carlo, pp.441-447. | K. Kaji |
| 2000 | Non-Linear Structural Identification using Robust and Adaptive Kalman Filter | Proceedings of the First MCEER Workshop on Mitigation of earthquake Disaster by Advanced Technologies, | K. Kaji |
| 2000 | Modeling Phase Spectra of Recorded Earthquake Motions During the 1999Chi-Chi Taiwan E earthquake | 2nd International Workshop on Mitigation of Seismic on Transportation Structures, pp.211-221. | Y. Murono |
| 2000 | MODELING OF PHASE SPECTRA AND ITS APPLICATION FOR INTERPOLATION OF EARTHQUAKE MOTIONS OBSERVED DURING THE 1999 CHI-CHI EARTHQUAKE | International Workshop on Annual Commemoration of Chi-Chi Earthquake, pp.233-243. | Y. Murono and T. Kawanishi |
| 2000 | Response Characteristics of Base Isolation Structures Using Seismic Records during Taiwan Chi-Chi Earthquake (1999) | Proceedings of Second Japan-Iran Workshop on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation, pp.107-112. | Y. Murono |
| 2000 | Simulation of Earthquake Motion from Phase Information | Proceedings of Second Japan-Iran Workshop on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation, pp.65-70. | Y. Murono |
| 2000 | Saturation Effects on Ground Surface Motion in Horizontal and Vertical Components | Proceedings of the Thirteenth KKNN Symposium on Civil Engineering, pp.261-266. | J.Yang |
| 2000 | Ground strain measuring system using optical fiber sensor | Proceedings of SPIE- The International Society for Optical Engineering, Vol.3986, pp.180-190. | R.Honda, S.Shibata and N.Takegawa |
| 1999 | Evaluation of in-situ saturation state of soils and its effect on earthquake ground response | Proceedings of the 5th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics, pp.549-552. | J.Yang |
| 1999 | Characteristics of Ground Motions at a Liquefiable Site | Proceedings of the Seventh U.S.-Japan Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Soil | J.Yang |
| 1999 | Interpolation of Observed Earthquake Motions Using Spatially Correlated Group Delay Time | Proceedings of the International Workshop on Chi-Chi, Taiwan Earthquake of September 21, 1999, | Y. Murono |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|-------------------------------------|
| 1999 | Application of Adaptive H-Infinity Filter to Nonlinear Structural Identification | Proceedings of The Twelfth KKNN Seminar / Workshop on Civil Engineering, pp.165-170. | Kai QI |
| 1998 | Earthquake Damage to Buried Water Supply Pipes and Their Renovation by Hose Lining Technology | Proceedings of the 7th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, pp.39-53. | I.Yagiand, H. Sakuragi and T.Driver |
| 1998 | Simulation of Near-field Earthquake Motion to be Used for Structural Design | Asia-Pacific Workshop on Seismic Design and Retrofit of Structures, | |
| 1998 | A Linear Algorithm to Identify Nonlinear Structural System Equations | Part of the SPIE Conference on Mathematics and Control in Smart Structures, Vol.3323, pp.154-166. | M. Kikukawa |
| 1998 | Identification algorithm for time-varying structural systems using the adaptive H filter | Part of the SPIE Conference on Mathematics and Control in Smart Structures, Vol.3323, pp.130-141. | Kai QI |
| 1997 | SUMMARY FOR DISCUSSION OF THE JAPAN-CHINA WORKSHOP ON PREDICTION AND MITIGATION OF SEISMIC RISK IN URBAN | Proceeding of the Japan-China joint workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Region, | Yao-zian YE |
| 1997 | Dissipation Effect on Seismic Waves at a Saturated Porous Solid Boundary | Proceedings of International Symposium on Natural Prediction and Mitigation, pp.171-180. | J.Yang |
| 1997 | Identification of Time-Varying Structural Systems Using the Adaptive H Filter | Proceedings of International Symposium on Natural Disaster Prediction Mitigation, pp.137-148. | Kai QI |
| 1997 | H Filter and Its Application to Linear Structural Identification | Proceedings of the Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Region, | Kai QI |
| 1997 | Identification of Linear and Nonlinear Structural Systems by Linear Optimization Scheme | Proceedings of the Japan-China Joint Workshop on Prediction and Mitigation of Seismic Risk in Urban Region, | M. Kikukawa |
| 1997 | A Linear Algorithm to Identify the Nonlinear Structural System Equations | Proceedings of The Seventh KAIST-NTU-KU Tri-Lateral Seminar/Workshop on Civil | M. Kikukawa |
| 1997 | Estimation of Peak Ground Motion in the Southern Kyoto Area | Proceedings of The Seventh KAIST-NTU-KU Tri-Lateral Seminar/Workshop on Civil | E.Verdeja, Y.Kashiwai and M. Nakano |
| 1997 | Real-time Robust Identification Algorithm for Structural Systems with Time-varying Dynamic Characteristics | Proceedings of SPIE / Smart Structures and Materials 1997 Mathematics and Control in Smart Structures, Vol.3039, | K. Takei |
| 1996 | Modeling of a Variable Damper and its Application | Proceedings of the Fourth U.S.-Japan Workshop on Earthquake Protective Systems for Bridges, pp.105-114. | M. Sato, S. Tanaka and K. Toki |
| 1996 | Modeling of a Variable Damper and Its Application | Proceedings of the 2nd International Workshop on Structural Control, Hong Kong, pp.482-489. | M. Sato, S. Tanaka and K. Toki |
| 1996 | Estimation of Response Spectra in the Severely Damaged Area During 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake | Proceedings from the Sixth Japan-U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures Against Soil | K. KITA and T. Maeda |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|--|
| 1996 | A Recursive Non-Linear Structural Identification with Fading Memory | Proceedings of the Sixth NTU-KU-KAIST Tri-Lateral Seminar / Workshop on Civil Engineering | K. Takei and N. Yamashita |
| 1995 | Structural Identification Algorithm Using the Neuro-Kalman Filter | Proceedings of the fifth NKU-KAIST-NTU Tri-Lateral Seminar, pp.139-144. | M.Sato |
| 1995 | Causality requirement for equivalent linearization analysis of the non-linear seismic response of layered ground | Proceedings of the First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Vol.1, pp.499-504. | S.Sawada, K.Toki and Y.Shiomi |
| 1995 | Real Time Conditional Simulation of Earthquake Ground Motion | Proceedings of the 6th U.S.-Japan Workshop on Earthquake disaster prevention for Lifeline Systems, pp.221-234. | H. Imabayashi |
| 1995 | Optimization of Post-Earthquake Restoration of Lifeline Networks Using Genetic Algorithms | Proceedings of the 6th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, pp.235-250. | K. Ichii |
| 1995 | Self-learning Structural Identification Algorithm | Proceedings of the Smart Structures and Integrated Systems, Vol.2443, pp.503- | M.Sato |
| 1994 | Identification and Simulation of Time-Spase Field of Earthquake Ground Motion | Proceedings of the Fourth KAIST-NTU-KU Tri-Lateral Seminar/Workeshop on Civil Engineering, pp.45-50. | H. Imabayashi |
| 1994 | Identification and Simulation of Earthquake Ground Motion | Priceedings of International Workshop on Inverse Analysis in Geomechanics '94, pp.37-45. | H. Imabayashi |
| 1994 | Development of Stochastic Discrete Wave-Number Method for Seismic Response Analysis of the Ground with Irregular Interfaces | Proceedings of the Second Conference on Earthquake Resistant Construction and Design, pp69-76. | K. Toki and J. Kiyono |
| 1994 | Instantaneous conditional simulation of earthquake ground motion | Proceedings of the Second Conference on Earthquake Resistant Construction and Design, pp.85-92. | H. Miyanishi |
| 1994 | Seismic Risk Analysis of Large Scale Lifeline Networks | Proceedings of Second China-Japan-U.S. Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, pp.231-238. | K. Toki and K. Ichii |
| 1994 | Closed-Open-Loop Control of Seismic Response of Structure with Active Mass Driver System | Proceedings of the Third U.S.-Japan Workshop on Earthquake Protective Systems for Bridges, pp.381-394. | K. Toki, T. Mochizuki and M. Yoshikawa |
| 1993 | Estimation of Peak Ground Motion Taking into Account the Source, Path, and Site Effects | Proceedings of the International Workshop on Strong Motion Data, | J. Kiyono |
| 1993 | Seismic Risk Analysis Taking into Account the Fault Extent | Proceedings 2nd International Conference on Emergency Planning and Disaster Management, pp.297-308. | K. Toki and J.Kiyono |
| 1992 | Seismic Reliability Analyses of Large scale lifeline Networks | Proceedings of Workshop on China-Japan Joint Research for Earthquake Disaster Prediction and Mitigation, | K. Toki |
| 1992 | Optimal Control of Seismic Response of Structures Using Mass Damper System | Proceedings of Workshop on China-Japan Research for Earthquake Disaster Prediction and Mitigation, pp.159-169. | K. Toki |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|--|
| 1992 | Active Control of Seismic Response of Structures with Base Isolation System | The Second U.S.-Japan Workshop on Earthquake Protective Systems for Bridges, pp.495-506. | K. Toki |
| 1992 | Seismic Reliability Analyses of Large Scale Lifeline Networks Using Fuzzy Set Theory | U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, pp.199-214. | K. Toki and Y. Fujita |
| 1992 | Ilas -A Computer Program for Analyzing Lifeline Systems- | Proceedings from the Forth Japan -U.S. Workshop on Earthquake Resistant Design of Lifeline Facilities and Countermeasures for Soil Liquefaction, | H. Kawakami, J. Ejiri, M. Doi, K. Suda and M. Sato |
| 1992 | Predictive Control of Seismic Response of Structure Taking into Account the Soil Structure Interaction | Proceedings of the 1st European Conference on Smart Structures and Materials, Glasgow, pp.245-250. | K. Toki |
| 1991 | Seismic Reliability Analyses of Large Scale Lifeline Networks | Proceedings 3rd U.S. Conference on Lifeline Earthquake Engineering, pp.673-682. | K. Toki |
| 1991 | Seismic Reliability Analyses of Large Scale Lifeline Networks Taking into Account the Failure Probability of the Components | Proceedings of 4th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline System, No. J10, | K. Toki |
| 1991 | Vibration Control of Seismic Response of Structures Using Mass Damper System | Proceedings of US/China/Japan Trilateral Workshop on Structural Control, Shanghai, pp.235-244. | K. Toki |
| 1991 | Hybrid Experiments on Nonlinear Earthquake-Induced Soil-Structure Interaction of Pile Foundations | Proceedings of International Symposium on Natural Disaster Reduction and Civil Engineering, Japan Society of Civil Engineers Kansai Chapter, pp.257-266. | K. Toki, J.Kiyono, N. Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1990 | Main Causes of Building Damage Done by the 1988QUAKE Nepal-India Earthquake | Ninth Symposium on Earthquake Engineering(9SEE-90), pp.333-340. | T.Fujiwara, T. Kubo and Murakami,Hitomi,O. |
| 1990 | Pattern of Casualty Occurrence Due to the 1988 Earthquake in the Nepal-India Border Region | Ninth Symposium on Earthquake Engineering(9SEE-90), pp.325-332. | Murakami,Hitomi,O. , T. Fujiwara and T. Kubo |
| 1989 | Identification and Upgrading of Critical Components for Improving Seismic Reliability of Large Lifeline Networks | 3rd U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, pp.184-195. | K. Toki and T. Sekiya |
| 1989 | Optimal Control of Seismic Response Structure | Proceedings of the Japan- China (Taipei) Joint Seminar, pp.191-200. | K. Toki and K. Sugiyama |
| 1989 | Hybrid Study on Nonlinear Soil-Structure Systems | Proceedings of the Japan- China (Taipei) Joint Seminar, pp.135-144. | K. Toki, J.Kiyono, N. Kishi, S.Emi and M.Yoshikawa |
| 1985 | Seismic Risk Analysis and Assessment of Lifeline System | Proceedings of U.S.-Japan Workshop on Seismic Behaviour off Buried Pipelines and Telecommunications System, | H. Kameda |
| 1982 | Dynamic Behavior of Ground for Seismic Analysis of Lifeline Systems | Report UCB/EERC- 82/01Earthquake Engineering Research Center, pp.1- | A. Der- Kiureghian |
| 1980 | Estimation of Damage of Water Distribution systems by Earthquakes | Proceedings of the Recent Advance in Lifeline Earthquake Engineering in Japan, ASME, San Francisco, pp.89-96. | K. Toki |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|-----|-----|------|-----|
|-----|-----|------|-----|

その他論文

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|---|
| 2004 | Computational Modeling of Large Deformation of Saturated Soils Using An ALE Finite Element Method | Reprinted from the Annuals of the Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, No.47- C, pp.171- | Y. Di |
| 2004 | Advanced Techniques for Evaluating Vulnerability of Urban Infrastructure by Integrating Multiple Evaluation Indexes | Reprinted from the Annuals of the Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, No.47- C, pp.9-23. | K.Irikura, M. Nakashima, H. Tanaka, K. Matsunami, S. Sawada, K. Suita, T. |
| 2004 | 可搬型非線形構造同定システムの開発 -5層モデルの振動台テストデータを用いた検証- | 第5回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論文集, pp.37-42. | 荻山 和樹 |
| 2004 | Development and Application of a Wireless Data Acquisition System for Structural Identification | 第5回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論文集, pp.25-30. | M. J. Chung and K. Ogiyama |
| 2003 | 構造物の入力時刻歴と構造パラメータの同時同定法 | 京都大学防災研究所年報, No.46 - B, pp.121-126. | 市田 賢 |
| 2003 | 独立成分解析を用いた構造物の動特性と入力の時同時推定法 | 第4回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論文集, pp.25-30. | 市田 賢 |
| 2002 | 構造同定問題へのモンテカルロフィルタの適用 | 第51回理論応用力学講演会, pp.41- | 坂上貴士 吉田郁政 |
| 2002 | 各種統計的フィルタ理論の合成に基づく非線形構造同定アルゴリズムの開発 | 第3回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, | 坂上貴士 吉田郁政 |
| 2002 | 光ファイバを用いた地盤変形計測システムの大型振動台実験への適用 | 第4回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, pp.83-88. | 本田利器 竹川直希 |
| 2001 | A Study of neural computing of effective properties of random composites | Advance on Neural Networks and Applications, Artificial Intelligence Series, A series of Reference Books and Textbooks, pp.421-426. | A. I. Belter and V. A.Gotlib |
| 2001 | 地震計の最適配置に関する基礎研究 | 最適シンポジウム論文集, Vol.39A | 吉田郁政・足立幸郎 |
| 2001 | 光ファイバセンサによる地盤ひずみ計測実験 | 第2回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論文集, pp.35-40. | 本田利器 柴田俊次郎 |
| 2001 | 適応型モンテカルロフィルタを用いた構造システムの同定 | 第2回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論文集, pp.1-6. | 原田俊宗 |
| 2001 | Influence of Partial Saturation of Soil on Ground Strain Induced by Earthquakes | 第2回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論文集, pp.293-298. | Jun Yang |
| 2000 | FBG光ファイバセンサを用いた地盤ひずみ計測 | 第1回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 論文集, pp.23-28. | 本田利器 柴田俊次郎 竹川直希 |
| 2000 | 常時微動計測に基づく構造同定 | 第1回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 論文集, pp.5-10. | 本田利器 梶啓介 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|--|-----------------------|
| 2000 | 台湾集集地震(1999)の観測記録を用いた構造物の応答特性 | 第4回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp.463-468. | 室野剛隆 |
| 2000 | 地震動位相情報を用いた地震動のシミュレーション | レベル2地震に対する土構造物の耐震設計シンポジウム論文集, pp.265-272. | 室野剛隆 |
| 2000 | Dip波を用いたケーソン岸壁の液状化と流動化過程に関する考察 | レベル2地震に対する土構造物の耐震設計シンポジウム論文集, pp.319-324. | 文龍 渦岡良介 |
| 1999 | 鉄道施設の設計標準における地震動強度 | 交通構造物への地震の影響を軽減するための国際ワークショップ論文集, pp.118-129. | 室野剛隆 Hai-Bo WANG 西村昭彦 |
| 1997 | Application of the Adaptive H Filter to Structural Identification | 第5回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp.165-170. | Kai QI |
| 1997 | 応答変位法を用いた地下構造物の耐震検討について | 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.437-444. | 太田擴 西田允俊 北嶋武彦 |
| 1997 | 3号神戸線月見山地区における入力地震動と構造物被災に関する検討 | 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.345-352. | 谷口信彦 足立幸郎 太田晴高 |
| 1997 | 兵庫県南部地震で発生した強震域での加速度応答スペクトルの推定 | 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.57-64. | 山下典彦 関口春子 |
| 1996 | 震度7の帯内において最大地動を推定することは可能か | 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, 土木学会, pp.45-52. | 塩見祐二 |
| 1996 | 兵庫県南部地震で発生した強震域での加速応答スペクトルの推定 | 京都大学防災研究所年報, Vol.B-2, No.39, pp.1-14. | 北勝利 前田知就 山下典彦 |
| 1996 | バリアブルダンパーによる減衰力の制御 | 免震制震コロキウム講演論文集, pp.225-232. | 佐藤誠 田中悟 |
| 1995 | 1994年三陸はるか沖地震による被害の概要 | 京都大学防災研究所都市耐震センター研究報告, No.9, pp.140-166. | 盛川仁 |
| 1995 | 地震動の条件付き実時間予測に関する基礎理論の展開 | 京都大学防災研究所年報, No.38B-2, pp.1-14. | 今林浩史 |
| 1995 | 構造物の非線形動特性のロバスト同定法 | 第4回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp.191-196. | 竹井賢二 |
| 1995 | ニューラルネットワークによる模型構造物の地震時応答特性の同定 | 第3回振動制御コロキウム PART B講演論文集, pp.119-126. | 佐藤誠 |
| 1994 | ニューラルネットワークによる線形構造系の同定 | 京都大学防災研究所年報, No.37 B-2, pp.1-14. | 佐藤誠 |
| 1993 | ATMDによる構造物の複数震動モードの震動制御 | 第3回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp.259-264. | 土岐憲三 望月俊宏 吉川正昭 |
| 1993 | 1990年フィリピン・ルソン地震被害調査報告 - カバナツアン地位域の被害調査 - | 土木学会編, 地震調査シリーズ1 | 東原紘道 小長井一男 |
| 1993 | AL法とFEMの結合による不整形地盤の震動解析 | 第7回計算力学シンポジウム, pp.279- | 清野純史 藤村和也 |
| 1993 | 自己学習機能を有する構造同定アルゴリズムの開発 | 第7回計算力学シンポジウム, pp.287- | |
| 1993 | 離散化波数法と有限要素法の結合による不整形地盤の震動解析法 | 京都大学防災研究所年報, No.36 B-2, pp.1-20. | 土岐憲三 清野純史 藤村和也 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|--------------------------------------|
| 1993 | 地震時における大規模ライフライン系のファジィ信頼性解析 | 京都大学防災研究所年報, No.36 B - 2, pp.21-36. | 土岐憲三 藤田裕介 |
| 1993 | 震動制御効果に及ぼす非制御震動モードの影響 | 第2回震動制御コロキウムPART B講演論文集, pp.135-142. | 土岐憲三 望月俊宏 |
| 1992 | 構造物への地震入力エネルギーを考慮した震動制御則 | 第6回計算力学シンポジウム報文集, pp.169-180. | |
| 1992 | 構造物への入力地震動を考慮した最適地震動制御 | 京都大学防災研究所年報, No.35 B-2, pp.17-27. | 土岐憲三 望月俊宏 |
| 1992 | 不整形地盤上の3次元震動解析 | 計算力学シンポジウム報文集, pp.329- | 清野純史 福井基史 |
| 1992 | 3次元不整形地盤の震動特性について | 京都大学防災研究所年報, No.35 B-2, pp.1-16. | 土岐憲三 清野純史・福井基史 |
| 1992 | ニューラルネットワークを用いた構造物の最適震動制御 | アクティブ制震(振)シンポジウム論文集, pp.109-116. | 土岐憲三 橋本雅道 |
| 1991 | 国内外における都市地震災害ー我が国におけるライフラインは大丈夫かー | 公開講座 都市の防災, 京都大学防災研究所, pp.73-92. | |
| 1991 | 1990年フィリピン地震の地盤震動強度と構造物の被害 | 京都大学防災研究所年報, No.34A, pp.63-80. | 東原紘道 小長井一男 |
| 1991 | 杭基礎 - 地盤形の動的相互作用モデルの構築 | 第5回計算力学シンポジウム論文集, pp.271-276. | 土岐憲三 竹内廣高 |
| 1991 | 地盤 - 構造物系の相互作用を考慮した震動制御 | 第2回システム最適化に関するシンポジウム講演論文集, pp.15-20. | 土岐憲三 橋本雅道・松島秀典 |
| 1991 | 地盤 - 構造物系の相互作用を考慮した震動制御 | 震動制御コロキウムPART.B講演論文集, pp.257-263. | 土岐憲三 松島秀典 |
| 1991 | 地盤 - 杭基礎系の動的相互作用効果を考慮したハイブリッド実験と地震観測事例の比較 | 京都大学防災研究所年報, No.34 B-2, pp.15-26. | 土岐憲三 清野純史・N.Kishi G 吉川正昭 |
| 1991 | 歴史地震データと活断層データに基づく近畿地方の地震危険度解析 | 京都大学防災研究所年報, No.34 B-2, pp.1-13. | 土岐憲三 清野純史・藤村和也 |
| 1990 | 地震時における斜面崩壊 | ロマブリーク地震震害調査報告, 土木学会耐震工学委員会報告, 土木学会論文集, Vol. -14, No.424, pp.51-57. | 北浦勝 |
| 1990 | 動的相互作用を考慮した杭基礎 - 構造物系の非線形最大応答予測 | 第4回計算力学シンポジウム報文集, pp.217-222. | 土岐憲三 宮田和 |
| 1990 | 2本杭基礎 - 地盤全体系の共振曲線と複素剛性 | 第4回計算力学シンポジウム報文集, pp.209-216. | 土岐憲三 清野純史・吉川正昭 荒野政信 |
| 1990 | 地盤 - 杭基礎系の非線形動的相互作用に関するハイブリッド実験 | 京都大学防災研究所年報, No.33 B-2, pp.13-23. | 土岐憲三 清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 吉川正昭 |
| 1990 | 不整形地盤上の地震動野空間分布特性とそのモデル化 | 京都大学防災研究所年報, No.33 B-2, pp.1-11. | 土岐憲三 清野純史・西岡勉 水谷治弘 |
| 1990 | 杭基礎 - 地盤系の振動数依存性に関する一考察 | 構造物の基礎と地盤との相互作用に関するシンポジウム, 土質工学会, pp.109-116. | 土岐憲三 清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 吉川正 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--|---|---|
| 1990 | 杭基礎系の非線形動的相互作用に関するハイブリット実験 | 構造物の基礎と地盤との相互作用に関するシンポジウム、土質工学会、pp.129-136. | 土岐憲三・清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 江見晋・ |
| 1989 | 作動遅延時間を考慮した地盤 - 構造物の最適震動応答制御 | 第3回計算力学シンポジウム、pp.373-380. | 杉山和久 |
| 1989 | 年輪を用いた長期的気候変動特性の抽出 | 京都大学防災研究所年報、No.32 B-2、pp.279-289. | 八嶋厚・田中琢 |
| 1989 | カルマンフィルタを用いた多入力系の入力地震動の推定 | 京都大学防災研究所年報、No.32 B-2、pp.23-38. | 土岐憲三・清野純史・竹内廣高 |
| 1989 | 地震動に含まれる位相特性のモデル化 | 京都大学防災研究所年報、No.32 B-2、pp.1-10. | 土岐憲三・森口康弘 |
| 1989 | 杭基礎の非線形復元力に関するハイブリット実験 | 京都大学防災研究所年報、No.32 B-2、pp.11-22. | 土岐憲三・清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 吉川正昭 |
| 1989 | 地盤 - 構造物系の非線形動的相互作用に関するハイブリット実験システムの開発 | 第34回土質工学シンポジウム、pp.91-98. | 土岐憲三・清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 江見晋・吉川正昭 |
| 1988 | ホモモロフィックフィルタを用いた地震動位相特性の抽出 | 京都大学防災研究所年報、No.31 B-2、pp.39-66. | 土岐憲三・石塚憲 |
| 1988 | 地盤 - 構造物系の非線形動的相互作用に関するハイブリット実験法の開発 | 京都大学防災研究所年報、No.31 B-2、pp.23-38. | 土岐憲三・清野純史・Nozar Kishi Garmroudi 吉川正昭 |
| 1988 | 地盤 - 構造物系の非線形復元力特性の同定 | 京都大学防災研究所年報、No.31 B-2、pp.1-21. | 土岐憲三・清野純史・市川和彦 |
| 1988 | 非弾性動的相互作用を考慮した地盤 - 構造物系の最大応答予測 | 第2回計算力学シンポジウム報文集、pp.281-286. | 土岐憲三・宮田和 |
| 1988 | 地盤との動的相互作用を考慮した構造系の時間応答解析法 | 第2回計算力学シンポジウム報文集、pp.287-292. | |
| 1987 | 短周期地震波の位相速度の検出法 | 京都大学防災研究所年報、No.30 B-2、pp.1-18. | 土岐憲三・清野純史・西岡勉 |
| 1987 | 等価線形化を用いたRC橋脚の非弾性応答予測 | 第1回計算力学シンポジウム報文集、pp.335-340. | 土岐憲三・藤岡晃 |
| 1987 | プレッサメータ - 試験による砂の構成定数の同定 | 第1回計算力学シンポジウム報文集、pp.221-226. | 柴田徹・平井芳雄 |
| 1987 | 木曽檜の年輪を用いた長期的気候変動特性の抽出 | 京都大学防災研究所年報、No.30 B-2、pp.191-202. | 八嶋厚・田中琢 |
| 1987 | 自然災害データベース"SAIGAIKS"の検索法 | 自然災害科学、Vol.6、No.3、pp.23-34. | 石原安雄・松村一男 |
| 1986 | 地盤震動と液状化を考慮したライフライン要素の破壊ポテンシャル | 第1回地盤工学における数値解析法シンポジウム論文集、pp.247-254. | |
| 1986 | カルマンフィルタ - を用いた断層破壊過程の同定 | 京都大学防災研究所年報、No.29 B-2、pp.1-16. | 土岐憲三・清野純史・市原和彦 |
| 1985 | ファジィ理論に基づく斜面崩壊資料の整理と崩壊予測法 | 京都大学防災研究所年報、No.28 B-2、pp.63-86. | 寺田倫康 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|---|---|----------------|
| 1984 | 統計的手法による模擬地震波の最大加速度と断層の位置との関係について | 京都大学防災研究所年報, No.28 B - 2, pp.1-11. | 土岐憲三・清野純史・若林治郎 |
| 1984 | 離散化波数法に基づく不整形地盤の震動特性と同定 | 第1回境界要素法シンポジウム論文集、境界要素法研究会, pp.199-204. | 土岐憲三 佐藤清隆 |
| 1984 | 地震動のアレ - 観測に基づく不整形地盤の震動特性とその同定 | 京都大学防災研究所年報, No.27 B - 2, pp.1-18. | 土岐憲三 佐藤清隆 |
| 1982 | 護岸構造物の振動特性について | 京都大学防災研究所年報, No.25 B - 2, pp.67-83. | 柴田徹 |
| 1980 | 時系列理論による強震動のシミュレ - ション | 京都大学防災研究所年報, No.23 B - 2, pp.1-12. | 土岐憲三・江尻譲嗣 |
| 1979 | 時系列理論による強震動特性の推定 | 京都大学防災研究所年報, No.22 B - 2, pp.25-36. | 土岐憲三 |
| 1978 | 井筒基礎の震動特性に関する実験的研究 | 京都大学防災研究所年報, No.21 B - 2, pp.29-40. | 土岐憲三・三浦房紀 |
| 1978 | 自己回帰・移動平均法による構造物の動的パラメータの推定 | 京都大学防災研究所年報, No.21 B - 2, pp.57-68. | 土岐憲三 生木泰秀 |
| 1978 | 時系列理論による構造物特性の推定 | 第5回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.1009-1016. | 土岐憲三・ |
| 1977 | 護岸構造物の振害予測に関する考察 | 京都大学防災研究所年報, No.20 B - 2, pp.15-32. | 柴田徹 辰巳安良 |
| 1975 | 有限要素法による擁壁の動的解析 | 第4回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.455-462. | 柴田徹 辰巳安良 |
| 1975 | 非線形挙動をする表層地盤の震動解析 | 京都大学防災研究所年報, No.18 B, pp.349-365. | |
| 1974 | 非線形挙動をする表層地盤に置ける地震時応力 | 京都大学防災研究所年報, No.17B, pp.403-415. | 土岐憲三 |
| 1973 | 地盤の非線形挙動を考慮した振動土圧 | 関東地震50周年記念地震工学シンポジウム, pp.187-194. | 柴田 徹・三浦 克 |
| 1973 | 砂質土の弾性定数に関する一考察 | 京都大学防災研究所年報, No.16A, pp.697-710. | 柴田 徹 |
| 1971 | 非線形多孔質弾性体の振動性状に関する研究 | 京都大学防災研究所年報, No.14A, pp.133-252. | 後藤尚男・土岐憲三 |
| 1966 | 突き固め土の強度に関する研究 | 京都大学工業教員養成所研究報告, 第3号, pp.21-26. | 久保田敬一 |
| 1965 | 砂質土のダイレタンシーに関する研究 | 京都大学工業教員養成所研究報告, 第2号, pp.28-33. | 久保田敬一 |
| 1964 | 砂の強さと間隙水の関係について - 特に負圧を加えて見かけの粘着力を与えた場合 - | 京都大学工業教員養成所研究報告, 第1号, pp.45-50. | 久保田敬一 |

著 書

| 発表年 | 書名 | 発行所 | 役割 |
|------|----------------|------|----|
| 2003 | 新領域 土木工学ハンドブック | 朝倉書店 | 共著 |

| 発表年 | 論文名 | 発表誌名 | 共著者 |
|------|--------------------|------------------|-----------|
| 2003 | 防災学講座2地震災害論 | 京都大学防災研究所編,三階堂 | 共著 |
| 2002 | 防災学辞典 | 日本自然災害学界監修,築地書店 | 共著 地震災害幹事 |
| 2001 | 防災学ハンドブック | 京都大学防災研究所編,朝倉書店 | 共著 |
| 1997 | 地域防災計画の実務 | 京都大学防災研究所編,鹿島出版会 | 共著 |
| 1989 | 動的解析と耐震設計法 動的解析の方法 | 土木学会編,技法堂出版 | 共著 編集幹事 |

都市基盤施設の地震災害軽減を目指して

佐藤忠信

要 旨

本稿は、昭和49年4月に助手として防災研究所に採用されてから平成17年3月に退職するまでに行ってきた研究の流れをまとめたものである。研究テーマとして取り上げたものは、設計用入力地震動のモデル化、地盤内を伝播する波動の解析、地盤の液状化・流動過程の解析、地盤と構造物基礎の動的相互作用の解析、構造物の振動制御、構造物のヘルスマonitoring、ライフラインの耐震性解析、構造物のライフサイクルコストの評価法などである。年代順に行なってきたことを概説した後、最近の10年間に行なってきた都市基盤施設の地震災害を軽減するための研究成果をまとめると共に、残された課題の解決法を模索する。

キーワード: 設計地震動, 地震動位相, 液状化地盤の流動過程, 構造同定, ライフライン, 地震時信頼性, ライフサイクルコスト, モンテカルロシミュレーション, ランダム振動解析

1. はじめに

昭和43年春に故後藤尚男先生(京都大学名誉教授)の研究室に所属して、耐震工学の手ほどきを頂いてからもう37年が経過した。地盤を伝わる非線形波動に関連する研究をやってみたいと思っていたので、幾つかのテーマの中から地盤の液状化の課題を選択した。このテーマは、当時京都大学防災研究所耐震基礎部門の助教授をされていた土岐憲三先生(京都大学名誉教授, 立命館大学教授)が出されたものであるとのことで、土岐先生とお会いしたのが契機となって、土岐先生には今日まで公私にわたりひとかたならぬお世話になった。当時は学園紛争の真最中で、卒論をまとめるころには京都大学は学園としての機能を果たさなくなっていたが、実験をするにはなんの支障もなかった。また、幸いに京都大学の大型計算機センターに富士通のFACOM230-60が導入され、近代的な計算機としての体裁を整えた最初の本格的な計算機であったので、計算機を使用する時の煩わしさを知らなくてすむ最初の世代となった。

修士課程に進み、土を水で飽和された非線形多孔質弾性体と考へて場の方程式を誘導し、地震時に地

盤内に発生する動的間隙水圧を差分法で解いた後、こうした物体中を伝播する準線形波動には2種類のP波と2種類のS波があることを示し、それらの伝播速度を物体中に発生するひずみの関数として表現した(後藤・佐藤, 1971)。

博士課程に進学して、しばらくの間は2相混合体の中を伝播する不連続面の伝播問題について解析した(Toki and Sato, 1972)。この問題は固体力学の分野ではかなり研究され、研究の価値もそれなりに認められるようになっていたが、非線形地盤震動の問題に直接利用できるようなレベルにはなっていなかった。博士課程を終了するころには、研究テーマを具体的な問題に変更する必要性を感じるようになった(土岐・佐藤, 1976)。このため、2相混合体を伝播する波動の問題は、不飽和地盤内の波動伝播解析(Yang and Sato, 1998a, 1998b, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2001, 2002)を行うようになった平成9年ごろまで研究の対象とはならなくなった。

博士課程に進学するに際し、地盤震動の問題を研究するには防災研究所耐震基礎部門の方が研究環境

が整っているとのことで、柴田 徹先生（京都大学名誉教授，福山大学名誉教授）の研究室にお世話になることとなった。柴田先生の周りには土の構成式を統一的に表現しようとする地盤工学の俊秀が集まっていて，土系ゼミで戦わされていた議論に多に刺激を受けた。砂地盤の液状化解析(Sato, Shibata and Kosaka, 1980)や砂の構成式に関する研究(Sato, Shibata and Ito, 1982)ができたのは，こうした環境に置いて頂いたおかげである。地盤の液状化・流動過程に関する研究は継続的な研究課題となっており，第4節で最近の研究成果を紹介する。

博士課程の単位を習得し昭和49年に防災研究所の助手として採用されたのち，博士課程での研究成果を柴田先生のご指導の下で博士論文としてまとめ，昭和50年9月に博士号を修得した。その後，新しい研究テーマとし，不整形地盤の震動解析(Toki and Sato, 1977, 1979, 1983, Toki, Sato and Sato, 1987)と自己回帰移動平均過程を利用したシステム同定の研究(Sato, 1980)を開始した。

昭和55年3月からの1年間，亀田弘行先生（京都大学名誉教授）の紹介でカリフォルニア大学バークレー校のKureghian教授の所で，ライフラインの地震時信頼性解析の研究グループに参加する機会を得た。それまで，耐震工学における確率論的な研究については，ほとんど白紙状態であった私にとって，確率論的な研究分野を苦手としなくてすむようになった得がたい機会であった。ライフライン系の地震時信頼性解析(Moghtaderizadeh et al 1981)アルゴリズムの開発や遺伝的アルゴリズムを使ったライフラインの最適復旧戦略の研究(佐藤・一井, 1996)などは，この経験が無ければできなかったものである。この研究は，現在進行中の大都市大震災軽減化特別プロジェクトの中でさらに改良が加えられている。このプロジェクトで行っている研究は第5節で紹介する。

帰国して，地震断層の広がりや破壊過程を考慮した設計用の入力地震動を模擬するための方法論の開発(Toki, Sato and Kiyono, 1985, 1988)を行った。この時に開発したプログラムが1995年兵庫県南部地震の地盤震動特性の解明に役立った。設計用の入力地震動を規定するためにはその振幅特性だけでなく位相特性を明確にしなければならないが，位相特性と振幅特性を独立には規定できないことに着目して位相特性のモデル化の研究を始めたのが昭和58年頃からであり(辰巳・佐藤, 1987)，現在も進行中の研究課題になっている。位相特性のモデル化に関しては，第2節で紹介する。

昭和63年から平成3年までの4年間は奥村組と共同

研究でケーソン基礎や杭基礎をスウェーロッキングモデルに置換して，その非線形履歴特性を抽出するための疑似動的実験システムの開発(Toki, Sato and et al, 1990, 1991, 1992)を行った。この過程で複素剛性の実数部と虚数部の周波数依存性は独立には規定できず，ヒルバート変換の関係で結び付けられることがわかった(Sato et al. 1991)。

平成4年から平成5年の2年間は同じ奥村組の方々と構造物の震動制御に関する共同研究を行い，開発済みの閉閉制御則(Sato et al, 1990a, b, 佐藤他, 1991, 1993)の有効性を実験的に検証した(Sato et al, 1994, 佐藤他, 1995)。その後，振動制御装置としての可変減衰装置を開発(佐藤他1997a, b, 2000)して，開制御の有効性をさらに詳しく調べた。これらの共同研究は土岐先生をチームリーダーとして推進したものであったが，民間と大学の実験施設の格差が非常に大きくなったことを実感した。そこで，振動制御の研究から，構造物の損傷検知ならびに健全度監視システムのためのソフトとハードの開発に研究テーマを移し，現在もこの研究を継続している。この詳細は第4節で解説する。

平成10年ごろから，既存構造物の保守・管理に関連して，都市基盤施設のライフサイクルコスト評価技術の開発を行っている。都市基盤施設のライフサイクルコストを求めるためには，構造物のみに着目しても構造物の耐用年数(既存構造物では残存耐用年数)の評価法，イベント遭遇確率の評価法，イベント遭遇時の損傷復旧コスト評価法，平常時の点検補修コスト評価法などを確立しなければならない。また都市基盤施設が損傷を受けた時の機能不全が社会・経済に及ぼす影響のコストは非常に大きくなるので，ハードの分野の研究だけではなく，都市施設や構造物の地震時における損傷が社会・経済的にどの程度のインパクトを与えるかを議論できる社会経済学的なアプローチも必要になる。また，地震時の損傷による経済的なロスをカバーするための地震保険や債券などに関する研究も行う必要がある。こうした課題のいくつかは現在進行中の研究テーマとなっている。これらの最新の成果は第6節で紹介する。

以上が，これまで行ってきた研究の概略であるが取り上げた研究テーマは，設計用入力地震動のモデル化，地盤内を伝播する波動の解析，地盤の液状化・流動過程の解析，地盤と基礎構造物の動的相互作用，構造物の震動制御，構造物のヘルスマonitoring, ライフラインの地震時信頼性評価，構造物のライフサイクルコスト評価のための方法論の開発の8項目に分類される。以下に，現在も継続中である第1

番目, 3番目, 6番目, 7番目と8番目の研究課題に付いて, 得られた成果の概要を紹介する.

2. 設計用入力地震動のモデル化

1995年兵庫県南部地震は, ごく普通の中型地震であったにもかかわらず, 都市直下に発生する内陸型地震による災害の厳しさを示し, 電力・ガス・上下水道などの供給網の機能障害, 電話やコンピュータに代表される情報機能の混乱など, ライフライン施設に大きな被害を生じた. 特に, 交通網の被害は甚大であった. また, 埋立地盤では液状化現象が広範囲に発生し埋設構造物や構造物の基礎に大きな被害が発生した. この地域では六甲山地から海岸線までの十数キロの間で, 露頭岩盤から堆積層の厚さが数百メートルとなるような急激な地盤条件の変化があり, 地盤地震動の際だった特徴としては, 沖積層厚が数メートルから十数メートルの地盤上に南北方向に幅が約2Km, 東西方向に長さ約30Kmにわたって震度7の帯が出現したことであった.

我が国における M クラスの内陸型地震は十数年一度の割合で発生しているが, 兵庫県南部地震は都市直下をおそった地震としては約60年前の1948年福井地震以来であった. 福井地震の後, 我が国では高度経済成長とともに都市部は急速に発展をとげたが, 大都市圏において直下の地震を経験することはなかった. この間アメリカにおける1989年のロサンゼルス地震や1994年のノースリッジ地震における被害によって, 近代都市における高速道路やライフライン施設など都市施設の地震に対する脆弱さが指摘されたにもかかわらず, 我が国ではそのための対策がまだ十分でなかった状況で兵庫県南部地震が発生し, 住宅や都市施設などの被害が大きくなった.

こうした観点から地震後に各種の都市基盤施設の耐震設計基準が改定された. 改訂に当たり, 設計入力地震動の設定法として何が課題となったかを, 以下にまとめる.

2.1 何が課題として提起されたのか

兵庫県南部地震では, 地震断層の位置や破壊過程が地震被害の特徴と関連付けられて詳細に検討された. その過程で, 地震動を設定しそれを設計に反映するために議論された事項を列挙すれば以下のようである.

[1] 断層の破壊過程を考慮した地震動の設定法

a) シナリオ地震による地震動の設定: 従来のような再現期間を100-200年とする地震危険度解析では, 兵庫県南部地震のような地震動強度の推定は困難で

あるとの観点から, 地震動強度の推定に活断層の存在を考慮したシナリオ解析的な方法論を導入する必要性が提起された. しかし, 従来の危険度解析に基づく地震動の設定法とどこで整合させるかが課題となった.

b) 震源破壊過程の予測法: 活断層を考慮して地震動を設定するに際して, 将来発生する地震の震源破壊過程をどのように設定すべきか. 既往の震源破壊過程からその統計的な予測が可能であるか否か, 可能な場合その不確実性がどの程度まで評価できるのかが課題となった.

c) 活断層情報の予測モデルへの変換: 活断層の情報として, 位置情報ぐらいしか入手できない場合に, その情報を生かして地震動を設定するための方法論を構築できるのか.

[2] 耐震設計のための地震動強度の設定

a) 設定すべき地震動のレベル: 兵庫県南部地震の際に記録された地震動の加速度応答スペクトルはその振幅が2Gになるものであったが, 設計用の地震動のレベルとしてどの程度のものと考えればよいか.

b) 設計地震動強度の保証レベル: 活断層の情報が十分でない地域では, 従来の方法論により設計用の地震動の設定を行わなければならないが, 設計用の地震動の最低保証レベルとしてどのような地震動を設定すればよいか.

c) 距離減衰式: 従来の方法論で地震動強度を設定する場合には, 震源近傍での距離減衰特性の詳細な検討が必要である. また, 地震動の継続時間に関する検討も必要である. 震源断層からの距離をどのように定義すべきか. 地震動の方向性や断層の破壊過程を設計用の距離減衰に反映する必要があるのかどうかなども検討する必要がある.

d) データの供用: わが国における断層近傍の地震動観測記録は少ないので, 震源特性の似ている外国の記録を有効に活用する必要がある.

[3] 地震動に対する地盤構造の影響評価

a) 地震動の設定基盤: 設計用の入力地震動をどこで定義するか. 地表面か, 工学的基盤面か, 基盤岩盤上か. 工学的基盤面ならどこにそれを設定すればよいか.

b) 不整形地盤構造の評価: 地盤の浅層構造だけでなく深層構造の不整形性が地盤の増幅特性に大きな影響を与えた. この影響を設計用の地震動にどのように反映すべきか.

c) 土の非線形性のモデル化: 等価非線形解析に基づく1次元解析(SHAKE等)で不十分な場合もあるので, 2・3次元の有効応力解析を行う必要性が認

識され、実用的に簡便な構成式を開発する必要性が提起された。

[3] 今後考えなければならないこと

a) 地震動の評価指標: 地震動の破壊力を表現する指標としてこれまで、最大加速度、速度、変位、応答スペクトル、計測震度、SI値など様々なものが用いられているが、最適な指標は何か。

b) 位相のモデル化: フーリエスペクトルや応答スペクトルと言った地震動の振幅特性だけではなく位相特性のモデル化も必要である。

c) 設計用地震動の設定法の統一化: 都市基盤施設としては道路構造物、鉄道構造物、河川・港湾構造物、ガス・上下水道・通信ライフライン施設、ダムなど各種の構造物が対象となるが、こうした構造物の設計に用いられている地震動の設定法は仕法書、基準、指針ごとに異なっているのが現状である。同一設計対象地点における地震環境は構造物ごとに異なるわけではないので、地震動の設定法の統一化を図る必要がある。

d) 耐震性能の統一化: 構造物の耐震設計に当たっては、構造物に要求される耐震性能を構造物の重要度に応じて設定できる性能規定型の設計法が一般的になりつつあるが、耐震性能を規定する統一的な見解が無いので、仕法書、基準、指針ごとに、独自の判断が示されているのが現状である。耐震性能を設定するための統一的な見解を横断的な機関が中心となってまとめる必要がある。

e) 耐震技術の国際化: わが国は地震の多発国であり、耐震設計に関する技術水準は世界的に見てもトップレベルにあると考えられるので、欧米諸国の耐震設計規範との整合性に関しても十分な調整を図る必要がある。わが国に対する諸外国からの規制緩和と要求に対処するためにも、わが国の耐震技術を世界市場に受け入れてもらう戦略が必要であり、そのための受け皿となる機関の設定が急務である。

f) それでも構造物が破壊に至る可能性は残る: 土木構造物は一般の建物とは異なって公共性の高い構造物であることが多いので、要求される耐震性能は一般の建物より高いところに設定されるべきであるが、当該地点で推定される地震動には各種の不確実性が含まれているため、将来発生する地震動の最大値を必ずしもカバーできているわけではない。したがって、想定以上の地震動が襲来すれば、構造物に設定された耐震性能ではカバーしきれない損傷が発生することは避けられない。この場合には、震後の復旧過程を迅速にすることによって、地震被害の拡大を最小限に留める方策が必要である。

2.2 地震動の位相特性のモデル化

鉄道橋や道路橋などの土木構造物の耐震設計規定では、地震動の特性は設計応答スペクトルの形で表現されていることが多い。しかし、地盤や構造物の動的解析を行う場合には、具体的な地震動波形が必要となる。その場合には、設計応答スペクトルに準拠した波形が必要となるので、位相スペクトルのモデル化が必要となる。

従来は、振幅特性に重点がおかれ、位相スペクトルについてはあまり研究されてこなかった。設計用の入力地震動の時刻歴波形を作成する方法として、地震動の継続時間を与えて包絡形状を決定し、位相ランダム仮定を用いて波形を合成することが多い。また、特定の実地震観測波の位相をそのまま用いる場合もある。ただし、これらの方法では、位相の持つ情報が不明瞭である。

こうした観点から、断層破壊過程をインパルス列でモデル化し、基盤から地表面までの伝播の影響はその伝達関数の位相が最小位相推移関数で表せると仮定して、それぞれの群遅延時間（位相の角振動数に関する一回微分）を定式化した（佐藤・室野・西村，1999）。ただし、直達S波を対象としたモデル化であったので、断層近傍の地震に対しては有効であるが、表面波等の後続波の影響がある場合には適用が困難であった。また、この手法では、考慮する断層情報や地盤条件が必要であった。

そこで、耐震設計に用いる標準的な位相特性（群遅延時間）をモデル化することを考え、観測波から群遅延時間特性（群遅延時間の平均値と分散を角振動数の関数として表現）を抽出して、その特性をマグニチュードMと震央距離で表現される回帰式を提案した（佐藤・室野・西村，2000）。さらに、断層近傍の地震動位相のモデル化には、断層破壊開始点の位置と破壊過程の方向性や断層の広がりなどを考慮する必要があるため、こうした影響を考慮できる断層パラメータを定義して、地震動の群遅延時間の平均値と分散を表現できる回帰式を提案した（Sato et al, 2003）。この場合、群遅延時間を模擬するにはその確率分布特性が必要となる。種々検討の結果、角振動数軸上の離散点の数をNとすれば、各離散点での群遅延時間が角振動数軸上で相関を有する次式のようなガウス分布で表現できることがわかった。

$$p(\xi^{(i)}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{r}{2}} |S^{(i)}|} \exp\left\{-\frac{1}{2} (\xi^{(i)} - \mu^{(i)})^T S^{(i)-1} (\xi^{(i)} - \mu^{(i)})\right\} \quad (1)$$

ここに、 $\xi^{(i)} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_j)^T$ $\mu^{(i)} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_j)^T$

$$\xi_j = \zeta_j \Delta\omega \quad \mu_j = \bar{\mu}_j \Delta\omega \quad S_{kl} = \bar{S}_{kl} \Delta\omega$$

なお、 $\bar{\mu}_j$ は角振動数の増分、 ζ_j は角振動数 ω_j にお

ける群遅延時間で位相 $\phi(\omega)$ を用いて、次式のように定義される。 $\bar{\mu}_j$ はその平均値であり、 \bar{S}_{ki} 共分散マトリックスである。

$$\zeta_j = \left(\partial \phi / \partial \omega \right)_{\omega=\omega_j} \quad (2)$$

2.3 位相スペクトルからの地震動の模擬

地震動の位相特性がモデル化できれば、設計用の応答スペクトルに準拠する地震動を合理的に模擬できることになる。しかし、設計用の応答スペクトルで振幅特性が拘束されることになるので、振幅と位相スペクトルは独立にモデル化されることになる。振幅と位相を各々独立にモデル化して、非定常な地震波形を合成する方法は本質的な矛盾を抱えている。それは、因果性を有する時系列のフーリエ変換の実数部と虚数部は独立ではなく、Hilbert変換の関係で結び付けられているためである。したがって、振幅スペクトルをモデル化した場合には、位相スペクトルに何らかの制限が設けられなければならない。この点を矛盾なく解決するため、位相スペクトルと振幅スペクトルの相関性を考慮できる波形の合成方法を新たに提案した(佐藤・室野, 2001, 2004)。後者の論文では、周波数領域で離散化された振幅スペクトル値 A_k と位相角 ϕ_l との間に次式の関係が得られることを示している。

$$A_l \cdot \sin \phi_l = \sum_{k=-N/2+1}^{N/2} \beta_{lk} \cdot A_k \cos \phi_k \quad (3)$$

$$= 2 \sum_{k=1}^{N/2-1} \beta_{lk} \cdot A_k \cos \phi_k + \beta_{l,N/2} \cdot A_{N/2} \cos \phi_{N/2}$$

$$\beta_{lk} = -\frac{2}{N} \sum_{m=1}^{N/2-1} \cos\left(\frac{2\pi km}{N}\right) \sin\left(\frac{2\pi lm}{N}\right) \quad (4)$$

ここに、 N は離散点の個数である。ただし、 $A_0 = 0$ (時系列信号にDC成分がないことを意味している) と仮定する。これは、 A_k に関する同次形の方程式であるので $A_1 = 1.0$ とすることにより、式(3)より A_k/A_1 の値が決定できる。

以上のことより、因果性を有する時系列では、フーリエ振幅の相対的な大きさが位相スペクトルから決定できることがわかる。振幅が決定できれば位相は与えられているので、時系列が再現できることになる。 $A_1 = 1.0$ の仮定があるので、この時系列の振幅の大きさには任意性がある。これは、位相スペクトルは虚数部と実数部の比で定義されるので、位相スペクトルから取り出せる振幅の情報は相対的なものにならざるを得ないためである。

2.4 群遅延時間のモデル化

群遅延時間 t_{gr} は相関性を有するガウス過程で表

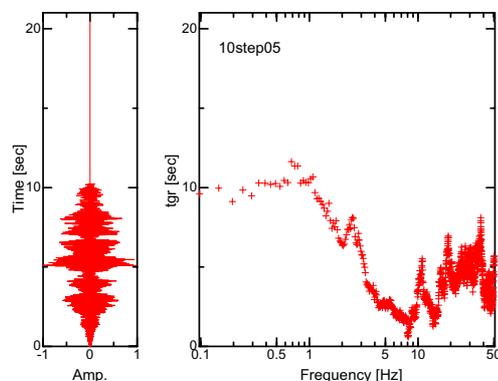
現できるので、確率微分方程式による次式の表現が便利である。

$$dt_{gr} = \{c_1(\omega)t_{gr} + c_2(\omega)\}d\omega + \{\sigma_1(\omega)t_{gr} + \sigma_2(\omega)\}dB_\omega \quad (5)$$

ここに、 $c_1, c_2, \sigma_1, \sigma_2$ は微分方程式の係数であり角振動数の関数として定義され、 B_ω はウィナー過程である。この場合、群遅延時間の平均値 μ_{igr} と分散 σ_{igr}^2 は次式で与えられるので、

$$\begin{aligned} d\mu_{igr} &= \{c_1(\omega)\mu_{igr} + c_2(\omega)\}d\omega \\ d\sigma_{igr}^2 &= \{\sigma_1^2\sigma_{igr}^2 + 2(c_2 + \sigma_1\sigma_2)\mu_{igr}\}d\omega \end{aligned} \quad (6)$$

地震記録から求められる t_{gr} をもとに、確率微分方程式の係数を同定できることになる。式(5)で定義される確率微分方程式の係数が一定値で与えられるときの、群遅延時間とそれを角振動数で積分して求められる位相スペクトルから求めた非定常時系列の一例を Fig.1 に示す。



$$c_1 = 0.05, c_2 = 0.25, \sigma_1 = 0.1, \sigma_2 = 0.5$$

Fig1 A sample group delay time (right figure) simulated by a stochastic differential equation and simulated earthquake motion (left figure) from phase spectrum obtained by integrating the sample group delay time.

2.4 ランダム振動解析への応用

以上に述べてきた地震動のモデル化と矛盾しない形式で、地震動は以下のように表現できる。

$$\ddot{z}(t) = \sum_{i=1}^{N_f} \ddot{z}_k(t) = \sum_{i=1}^{N_f} a_k \cdot \cos(\omega_k t + \phi_k) \quad (7)$$

ここに、 a_k は円振動数 ω_k における振幅、 ϕ_k は位相である。

位相の不確定性は群遅延時間を用いて式(1)で表現された多次元ガウス分布でモデル化できるので、位相特性の不確定性が構造物の応答特性の及ぼす影響は比較的簡単に評価できる。

1 自由度系を例にして具体的な方法を以下に示す。

固有円振動数 ω_0 と減衰定数 h が与えられれば運動方程式は次式のように表現できるので、

$$\ddot{y}_k + 2h\omega_0\dot{y}_k + \omega_0^2 y_k = -\ddot{z}_k \quad y = \sum_{i=1}^{N_i} y_k \quad \ddot{z}(t) = \sum_{i=1}^{N_i} \ddot{z}_k \quad (8)$$

式(8)に式(7)を代入したときに得られる解は以下のように与えられる

$$y_k = C_k \cos(\omega_k t + \phi_k + \tilde{\phi}_k) + e^{-h\omega_0 t} (A_k \cos \tilde{\omega} t + B_k \sin \tilde{\omega} t) \quad (9)$$

$$C_k = \frac{-a_k}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega_k^2) + 4h^2 \omega_0^2 \omega_k^2}} \quad \tan \tilde{\phi}_k = -\frac{2h\omega_0 \omega_k}{(\omega_0^2 - \omega_k^2)} \quad \tilde{\omega} = \sqrt{1 - h^2} \omega_0$$

$$A_k = -C_k \cos(\phi_k + \tilde{\phi}_k) \quad B_k = \frac{C_k}{\tilde{\omega}} \left\{ \omega_k \sin(\phi_k + \tilde{\phi}_k) - \frac{h\omega_0}{\tilde{\omega}} \cos(\phi_k + \tilde{\phi}_k) \right\}$$

解の中に現れる位相 ϕ_k が不確定な量であるので、

$$\phi_k = \phi_0 + \sum_{j=1}^k \zeta_j \Delta\omega \quad (10)$$

の関係式と式(1)で定義された $\zeta_j \Delta\omega$ の確率分布関数を用いれば、各種の期待値が以下のように計算できる。

$$E[\cos(\omega_k t + \phi_k + \tilde{\phi}_k)] = \cos\left(\omega_k t + \tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) \exp\left(-\sum_{i=1}^k \sum_{m=1}^k S_m\right)$$

$$E[\cos(\phi_k + \tilde{\phi}_k)] = \cos\left(\tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) \exp\left(-\sum_{i=1}^k \sum_{m=1}^k S_m\right)$$

$$E[\sin(\phi_k + \tilde{\phi}_k)] = \sin\left(\tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) \exp\left(-\sum_{i=1}^k \sum_{m=1}^k S_m\right)$$

これを用いて応答の期待値を計算すると次式を得る。

$$\bar{y}_k = C_k \left\{ \cos\left(\omega_k t + \tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) \exp\left(-\sum_{i=1}^k \sum_{m=1}^k S_m\right) + \left\{ F_k(t) \cos\left(\tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) + D_k(t) \sin\left(\tilde{\phi}_k + \phi_0 + \sum_{i=1}^k \mu_i\right) \right\} \exp\left(-\sum_{i=1}^k \sum_{m=1}^k S_m\right) \right\} \quad (11)$$

$$D_k(t) = e^{-h\omega_0 t} \frac{\omega_0}{\tilde{\omega}} \sin \tilde{\omega} t \quad F_k(t) = -e^{-h\omega_0 t} \left(\cos \tilde{\omega} t + \frac{h\omega_0}{\tilde{\omega}} \sin \tilde{\omega} t \right)$$

同様な方法を用いれば、応答の分散なども解析的に求めることが可能である。

3. 地盤の液状化・流動過程の解析

地震時の液状化現象は飽和砂地盤が繰返しせん断応力を受けた際に、有効応力の減少に伴いせん断剛性が低下し、ついには流体のようにせん断抵抗を失ってしまう現象である。さらに、液状化層の上面が緩やかに傾斜している場合や護岸構造物などの崩壊により解放面が生じる場合などには、液状化した砂と水の混相体が流動するので、液状化の発生とともに、大きな地盤の水平変位や沈下が生じ、構造物に大きな被害を発生させる。液状化に伴う流動現象については、航空写真測量の結果から、その変位量が明らかにされ、ときには 10 m 以上の水平変位が発生することが分かっている。1995 年兵庫県南部地震においても、岸壁背後地盤の流動に起因する建物や橋梁などの基礎の被害が多数報告されている。

液状化・流動現象を解析するための既往の手法は、液状化発生までは固体力学に基づく有効応力解析法

を用いており、液状化した後の砂の挙動は固体的な性質と流体的な性質のそれぞれに着目した解析手法が提案されているが、両者を融合したものはない。液状化の過程において、土要素は液状化発生前の固体的な挙動から、液状化時の流体的な挙動を経て、再び固体的な挙動を示すようになると考えられる。また、実際の液状化現象では固体・流体間の相変化過程が空間的にも時間的にも不均一に発生すると考えられ、ある時刻においては、固体的な性質を持つ領域と流体的な性質を持つ領域が混在することになる。このような問題に対応するには、固体と流体間の遷移領域を表現できる解析手法を開発する必要がある。

そこで、砂地盤の液状化・流動現象を固体・液体間の相変化過程を含んだ現象と考え、液状化時の相変化過程を表現できる構成式として、簡便かつ多次元解析にも適用可能な砂の構成式を提案した(佐藤・文・渦岡, 2002a)。これは繰返し弾塑性構成式と Newton 粘性流体構成式を α という相変化制御関数を導入して、組み合わせたものであり、これを流弾塑性構成式と名付けた。この論文では要素シミュレーションを実施し、提案した構成式の基本的挙動を検証し、液状化地盤上の盛土の遠心模型実験のシミュレーションを行い、提案した流弾塑性構成式の適用性を明らかにした。さらに、強制傾斜土槽を用いた振動台実験を対象とし、液状化した後の流動過程の流動速度と水平変位に着目し、解析を行いモデルの有効性を検証した(佐藤・文・渦岡, 2002b)。

液状化した地盤が流動するときには地盤内に発生するせん断ひずみが非常に大きくなり、微小ひずみの概念を用いた有限要素解析は適用できなくなるので、Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) 法を用いた有限要素法を展開した(Di and Sat o, 2004)。流弾塑性構成式を用い、増分形式で支配方程式を表現した上で、2 相系に対し ALE 法を定式化した。updated Lagrangian 法で展開されている既存の解析プログラムに ALE 法を operator-split 形式で導入した。この方法はラグランジェとオイラーステップの 2 段階からなっている。前者では普通の updated Lagrangian 法により解析を行い、後者でメッシュの切り替えとデータの変換を行って、大変形解析を行うものである。提案する手法の有効性を提体の動的変形シミュレーションにより検証した。以下にその概要を紹介する。

3.1 流弾塑性構成式とその定式化

[1] 構成式概念

固体力学に基づく土と水の混合体の全応力と有効

応力の関係は間隙水圧を用いて、以下のように表現できる。

$$\sigma_{ij} = \sigma'_{ij} + p\delta_{ij} \quad (12)$$

ここに、 σ_{ij} は全応力テンソル、 σ'_{ij} は有効応力テンソル、 p は間隙水圧、 δ_{ij} はクロネッカーのデルタである。土骨格を弾塑性体と仮定した場合、有効応力は弾塑性体が負担する応力 σ_{ij}^{ep} となり、式(12)は次式のようになる。

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^{ep} + p\delta_{ij} \quad (13)$$

一方、流体力学における粘性流体の全応力は一般に次のように表せる。

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^{vf} + p\delta_{ij} \quad (14)$$

ここに、 σ_{ij}^{vf} は粘性流体が負担する粘性抵抗応力である。

式(13)と式(14)を比較すると、全応力から水圧を差引いた成分が、式(13)では土骨格の有効応力テンソルに、式(14)では粘性抵抗応力に相当していることがわかる。この関係を利用して、液状化過程における固体・液体間の相変化をスムーズに表現できるモデルを構築した。すなわち、地盤が固体として振舞う過程では土・水の二相混合体の有効応力に相当する弾塑性体の応力 σ_{ij}^{ep} を用いる。一方、地盤が液体として振舞う過程では土・水の一相混合体の粘性抵抗に相当する粘性流体の応力 σ_{ij}^{vf} を用いる。そして、固体・液体間の遷移過程の応力については、固体の有効応力 σ_{ij}^{ep} と液体の粘性応力 σ_{ij}^{vf} のそれぞれが分担すると仮定し、 σ_{ij}^{ep} と σ_{ij}^{vf} の和で表すこととした。固体・液体の応力分担率は、後に示す過剰間隙水圧比に依存した相変化制御関数 α によって決定する。以上より、以下のような流弾塑性構成式を提案した。

$$\sigma_{ij} = (1-\alpha)\sigma_{ij}^{ep} + \alpha\sigma_{ij}^{vf} + p\delta_{ij} \quad (15)$$

弾塑性体の応力 σ_{ij}^{ep} は、弾塑性理論に基づいた砂の繰返し弾塑性構成式を用いて、次式で与えた。

$$d\sigma_{ij}^{ep} = D_{ijkl}^{ep} d\varepsilon_{kl} \quad (16)$$

ここに、 D_{ijkl}^{ep} は有効応力増分～ひずみ増分の関係を表す弾塑性係数テンソル、 $d\varepsilon_{kl}$ はひずみ増分テンソルである。なお、ここでは D_{ijkl}^{ep} の非線形性を考慮して、増分形で記述している。粘性流体の応力 σ_{ij}^{vf} の評価には等方のNewton粘性構成式

$$\sigma_{ij}^{vf} = D_{ijkl}^{vf} \dot{\varepsilon}_{kl} = 2\mu' \dot{\varepsilon}_{ij} + \lambda' \dot{\varepsilon}_{kk} \delta_{ij} \quad (17)$$

を用いる。ここに、 D_{ijkl}^{vf} は粘性係数テンソル、 $\dot{\varepsilon}_{kl}$ はひずみ速度テンソル、 μ' はせん断粘性係数、 λ' は体積変化に関係する粘性係数である。

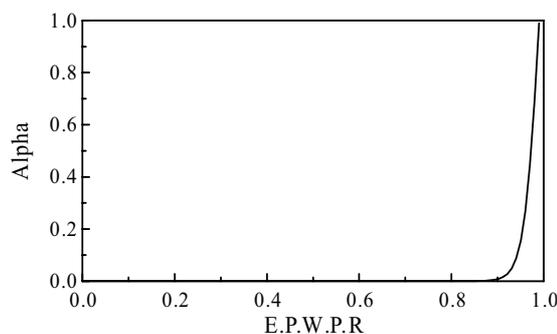


Fig.2 Phase control function α

[2] 相変化制御関数 α

これまで行われてきた多くの実験から、液状化した土が流体的な挙動を示すのは有効応力がほとんど0になっている状態のときであり、有効応力が増加すると、その剛性を回復することが分かっている。そこで、相変化制御関数 α として次式に示す関数を導入した。

$$\alpha = 1.0 + \tanh(a \times (1 - \sigma'_m / \sigma'_{m0}) - b) \quad (18)$$

ここに、 σ'_m は平均有効応力、 σ'_{m0} は初期平均有効応力、 a, b はパラメータである。なお、ここでは $(1 - \sigma'_m / \sigma'_{m0})$ を過剰間隙水圧比 (EPWR) とよぶ。

この相変化制御関数を示したのが Fig.2 である。液状化が発生している状態では α を1.0に近い値とし、過剰間隙水圧比の減少とともに、急激に0になるようにパラメータをそれぞれ $a=31.0$ 、 $b=30.7$ とした場合が示されている。これは、砂が流体的な挙動を示すのは平均有効応力が0に近い状態に限られることをモデル化したものである。

提案した流弾塑性構成式を用いることによって、液状化過程は次のように表現される。初期状態から液状化発生までの過程では、 α が0.0であるため、固体力学に基づいた砂の繰返し弾塑性構成式が用いられる。液状化が発生すると、 α が0.0～1.0の値をとるため、繰返し弾塑性構成式とNewton粘性流体構成式を組み合わせた構成式が用いられる。その後、過剰間隙水圧の消散などに起因して平均有効応力が回復する過程においては、再び α が0.0に戻り、繰返し弾塑性構成式で媒質の挙動が表現される。

3.2 数値解析例

提案した流弾塑性構成式を用いて、要素実験や液状化地盤上の盛土を想定した動的遠心模型実験を対象として、シミュレーションを実施して、提案する構成式の有用性を検討した。その結果微小ひずみの過程が成立する範囲では、液状化過程のみならずその後の流動過程の現象をうまく捉えることができ、実験結果をうまく説明できることが明らかになった。

大変形解析を行うときには、updated Lagrangian法を用いることが多いが、変形が大きくなると要素の

ゆがみが大きくなり解析が不安定になることが分かっている。それを克服するためにALE法の中のオペレータースプリット法（各積分時間ステップごとに updated Lagrangian法で応答値を計算した後、節点数を保持したまま、メッシュの配置と大きさの調整を行う方法）を用いた計算例をFig.3に示す（Di and Sato, 2003）。（a）は解析対象とした堤体のモデルであり、全体が水で飽和されており液状化しやすい状態にあるものと仮定して、構成式のパラメータを与えた上で、堤体の液状化・流動過程を解析した。（b）は updated Lagrangian法のみで解析した結果であるが、計算開始後5.1秒のところで矢印で示した要素のゆがみが大きくなった結果、計算が不安定になり、解析の継続が困難になった。（c）はALE法を用いたときの5.1秒でのメッシュの配置形状であり、ゆがみの大きいメッシュは発生していないことが分かる。（d）は地震動入力終了し、地盤内に発生していた過剰間隙水圧が減少し、流動現象が停止したときのメッシュの配置を示したものである。このときの堤頂P点の水平と鉛直変位の時刻歴を示したのがFig.4である。

以上の計算例に示したように、ALE法を用いることにより、メッシュのゆがみが大きくなることによる数値計算の不安定性を避ける事が可能になるが、解析アルゴリズムの構成はかなり煩雑になる。現在、メッシュレス法を用いることにより、解析アルゴリズムの単純化を図る努力をしている（佐藤・松丸, 2005）。

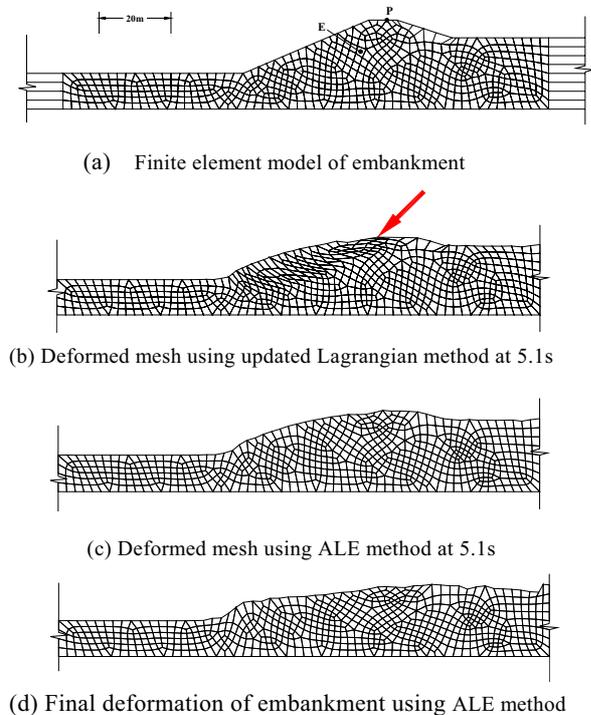


Fig.3 Comparison of mesh configurations (updated-Lagrangian and ALE methods)

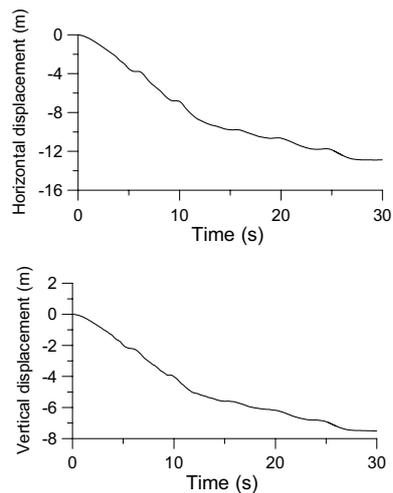


Fig.4 Time history of horizontal and vertical displacements at the crest P

4. 構造物のヘルスマonitoring

近年の地震では、古い設計基準で設計された既存の構造物に被害が集中することが多く、地震直後に個々の構造物被害の詳細を把握することは困難なことが多い。地震直後における2次被害を軽減するためには、外観検査では安全と考えられるような構造物の中から危険度の高い構造物を短時間で検出することが必要不可欠になる。したがって、構造物の動特性を実時間でモニターできる低廉で扱いやすいシステムがあれば、地震直後に目視だけでは判別しにくい既存の建物の健全度を迅速に評価することが可能である。また、都市社会資本が充実するに伴って適切な時期に既存都市施設の補強を行って都市の耐震性を向上する必要があるが、このためには継続的に都市建物群や土木施設の耐震健全度を遠隔操作によりモニターできるシステムの構築が必要である。また、地震や風などの外的要因によって構造物系の使用が困難となるような損傷が発生した土木建築構造物に対しては、損傷の大きさと対象構造物の余寿命を考え、適切な対策を行うことが必要となる。このためにも、構造物の余寿命を継続的にモニタリングする構造ヘルスマonitoringシステムが確立されなければならない。こうした観点から、構造物の動特性を実時間で同定するための研究を実施した。

以下では、まず、開発した構造同定アルゴリズムの概要を紹介した後、最近開発した構造同定アルゴリズムを内蔵した可搬型構造同定システムとそのために必要であったワイヤレスデータ転送システムについて述べる。

4.1 構造同定アルゴリズムの開発

構造物の動特性を同定するためのアルゴリズムは、

周波数領域と時間領域のデータを利用するものに大別することができる。周波数領域における構造同定の歴史は古く、構造物の動特性を強制振動実験や微動の計測から推定するために広く利用されてきたが、これは、計測データを一括処理する方法論であり、かつ線形問題にしか適用できなかった。一方、構造物の振動制御技術が実用化されるようになって、実時間で構造物の非線形動特性を把握するためのアルゴリズムが必要となったこと、また、強震時に構造物がどの程度の損傷を受けたかを地震直後に把握することが2次災害を防ぐための重要な課題となってきたことなどから、構造物の振動計測結果に基づいて時刻歴上で時々刻々と構造物の動特性を同定できるオンライン同定手法が必要とされるようになった。

オンライン同定では観測データの逐次処理が必要になるので、予測誤差法、カルマンフィルタ、 H_{∞} フィルタ等を利用したシステム同定アルゴリズムを開発した(歴史的な背景については佐藤・吉田, 2004a, 2005 を参照)。これらの研究では、非線形構造系の線形同定法も主要な研究テーマとして取り上げられた(佐藤・菊川, 1998; 佐藤・梶, 2000)。また、構造動特性の非定常な変化に追従するアルゴリズムの開発も精力的に行った(佐藤・竹井, 1997, 1998; Sato and Qi, 1998)。しかし、こうしたアルゴリズムでは初期値の不確定性、システムの不確定性ならびに観測ノイズの確率分布特性をガウス型と仮定して理論体系が構築されているので、一般性のある議論を行うためには、ガウス型以外の確率分布特性を取り扱える理論体系の必要性が指摘されてきた。こうした問題点を克服するために、モンテカルロフィルタを利用した、構造システム同定のアルゴリズムの開発を試みた(佐藤・梶, 2001; 吉田・佐藤, 2004b)。これらの研究成果のうち、過去の観測記録の影響を忘却できる適応型カルマンフィルタ、適応型 H_{∞} フィルタと適応型モンテカルロフィルタの構成は佐藤・吉田(2004a)に詳しく解説されている。

現在は Support Vector Machine (SVM) を利用した、構造同定アルゴリズムの開発を行っている (Zhang and Sato, 2005; Tang and Sato 2005)。SVM はパターン認識のための手法として開発されたアルゴリズムであり、学習信号に含まれるノイズに対する頑健性に特徴がある。この手法を用いて、構造動特性を直接推定しようとする方法である、

4.2 可搬型構造同定システムの開発

開発してきた構造同定手法を取りまとめ、アプリケーションプログラムを作成した。後で紹介するワイヤレスデータ送受信システムのホスト PC にこのアプリケーションプログラムを組み込み、可搬型構

造同定システムを構築した。構造同定手法は Fortran でプログラムし、それを MATLAB に組み込んでいる。構造系のモデルはせん断質点系とし、線形モデル及び非線形モデルが適用可能である。非線形モデルにおける復元力特性としては、Bouc と Wen らが提唱した Versatile 型モデルとバイリニアモデルが選択できる。構造系が以上の非線形復元力に当てはまらない場合には、時刻ごとに構造パラメータを可変とすることにより、任意の非線形復元力特性が再現できる機能を持たしている。以下、簡単にアプリケーションについて説明する。

[1] モデルの設定

ワイヤレスデータ送受信システムのホスト PC に組み込んだアプリケーションプログラムを立ち上げると Fig. 5 に示すようなウィンドウが表示される。左列には設定項目が並べられており、クリックすることでその項目に関する設定内容が表示される。ここでは、構造同定手法、構造系のシステム、自由度、各層の質量、観測値のタイムステップ及び得られる観測値の種類を設定する。質量は「reference」のボタンをクリックしてファイルを選ぶことで読み込まれる。Fig. 5 に示すように設定を行い、左列にある「initial」をクリックすることで次の初期値の設定へ進む。Fig. 5 では1自由度系のモデルを対象として offline 同定で拡張カルマンフィルタを用いて、線形系の構造パラメータ同定をする設定になっている。

[2] 初期値の設定

ここでは、観測誤差共分散、初期推定誤差共分散、初期状態量及び忘却係数を設定する。忘却係数とは、構造系のパラメータが時変の場合、過去の観測データの同定結果に及ぼす影響を小さくするための係数である。これらの値は、データファイルから読み込む。初期値の設定が終了したら、左列にある

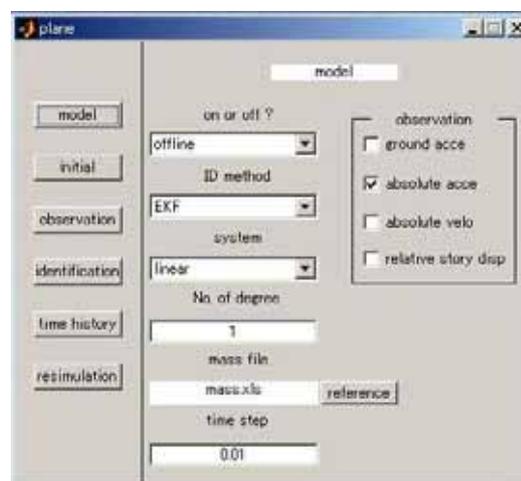


Fig.5 Interactive application program

「observation」をクリックすることで次の観測値の読み込みへ進む。

[3] 観測値の読み込み

ファイルを指定し観測データを読み込む。観測データを微積分する前にローパス、バンドパス、ハイパスフィルタを適用できる。Butterworth, Chebyshev型デジタルフィルタを選択できる。フィルタは観測値及びそれを処理して得られたもの全てに掛けることができる。

本アプリケーションでは、観測データを微積分して構造同定手法に用いる相対速度と相対変位を求める。以下に観測データ毎に行われるデータ処理を説明する。

- ・ 絶対加速度：Newmarkの法を用いて、相対変位と相対速度を得る。
- ・ 絶対速度：3次スプライン補間を用いて微積分を行い、地盤加速度と相対変位を得る。
- ・ 層間変位：3次スプライン補間を用いて1次微分を求め、相対速度とする。この場合は地盤加速度が別に必要となる。

左列の「identification」をクリックし次の構造同定に進む。

[4] 構造同定

ここでは、観測データの処理及び構造同定を行う。構造同定手法及び観測値のタイプが表記されているので、確認をし、変更する必要がなければ「data processing and identification」のボタンをクリックすると観測データの処理及び構造同定が開始される。同定が終了したら次の同定結果のグラフ化に進む。

[5] 同定結果のグラフ化

左列の「time history」をクリックすると動的結果を図化するためのウィンドウが開かれる。同定時刻歴を見たい質点及びそのパラメータを設定し、「plot」をクリックすると同定時刻歴がグラフ化される。

[6] 再現の実行とグラフ化

左列の「re-simulation」をクリックすることにより、再現応答と観測値の比較を図示するウィンドウが開かれる。「calculate」をクリックすることで、同定結果を用いた構造系の再現応答が計算される。[5]と同様に再現応答を見たい質点及びその応答を設定し、「compare」をクリックすると観測値と再現応答の比較がグラフ化される。ここで、再現に用いられる構造系の動的パラメータは同定時刻歴の最終値としている。



Fig.6 Five story building model

4.3 振動台実験結果を用いた構造同定

Fig. 6に示す5層フレーム構造モデルを用いて振動台試験を行った。柱として各層間の隅に積層ゴムを設置したが、構造物の動特性に非線形性を持たせるために、1及び3層に鉛入り積層ゴムを設置した。構造モデルの表と裏に点対称に加速度計及びレーザ変位計を各層に設置し、500Hzでデータを取得した。振動台への入力加速度は、El Centro地震加速度記録(NS成分)を最大加速度350galに調整したものをを用いた。各層の復元力特性をパイリニアモデル及び時変のVersatile型モデルと仮定して、5層フレーム構造の動特性の同定を試みた。まず、パイリニアモデルと仮定した場合について述べる。同定手法としては中央差分フィルタを用いた。同定結果の検証を行うために、同定結果から動的パラメータを設定し同じ入力を用いて、相対変位及び履歴曲線の再現を行い、観測値との比較を行う。動的パラメータは同定時刻歴の最終値とした。履歴曲線は構造システムをせん断系と仮定し、各質点の絶対加速度、層間変位及び5層フレームの各質点の質量を用いて求めた。Fig.7に第1層の履歴曲線の比較を示す。実線は再現を、点線は観測値から求めたものを示す。

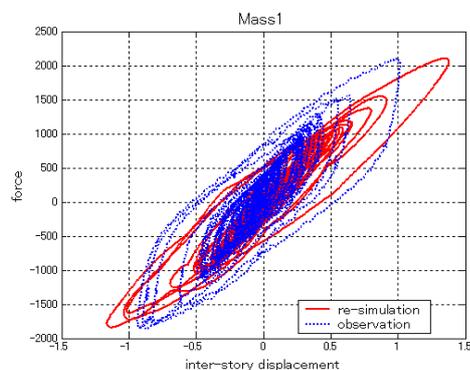


Fig.7 Assuming bi-linear hysteretic characteristic

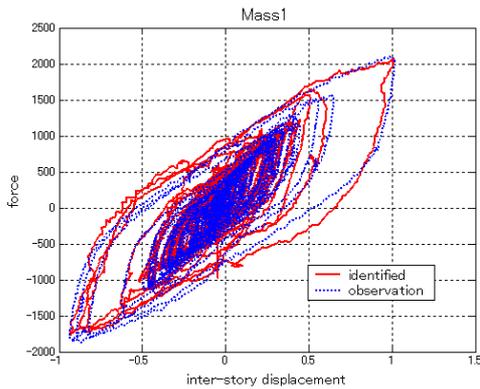


Fig.8 Assuming Versatil hysteresis model

次に各層の復元力特性を時変のVersatile型モデルと仮定した場合について述べる。Versatile型モデルのパラメタの内、累乗パラメタは1とし、その他を時変とした。その時に最適なパラメタを同定するために忘却係数を0.98とした。同定手法としては、先程と同様に中央差分フィルタを用いた。復元力の非線形特性をみるために、同定時刻歴から求めた変位及び履歴曲線の再現応答と観測値との比較をFig.8に示す。Fig.7と8を比較するとVersatile型復元力特性を仮定し、構成パラメタを時変とした履歴曲線は実験値と再現値が良く一致しているが、バイリニア型の復元力特性を仮定した場合には、実験に用いた鉛入り積層ゴムの特性を十分に表現できていないことが分かる。

4.4 ワイヤレスデータ転送システムの開発

大型構造物へモニタリングシステムを導入する場合、ワイヤ敷設に費やすコストが障壁となっていた。そこで、ワイヤ敷設コストを削減するため、TCP/IPと無線通信を用いたワイヤレスセンサネットワークシステムを提案し、その理論解析、プロトタイプ製作、評価試験を行った(長瀬・三田・矢向・佐藤, 2003)。こうした検討の結果、目標として設定した性能を満足するシステムを開発することが出来た、このシステムを用いれば、ワイヤ敷設コストと、敷設に要する時間を大幅に削減することが可能で、かつリアルタイムな損傷検知に必要なとされる高い同期性能を確保できる。

開発に当たっては、ワイヤレスセンサネットワークの理論解析を行い、その実現可能性を確認した。そこで、設定したセンサの分解能、センサステーションあたりのセンサ数、センサのサンプリングタイムと送信時間周期を用いて、センサステーションを設計し、実装した。センサステーションの外観をFig.9に示す。センサステーションはセンサからのアナロ



Fig.9 Wire less data acquisition system

グデータを1kHzでサンプリングし、デジタルに変換して、10サンプル毎にデータ送信を行う。データのワイヤレス化は日本無線(株)社製のIEEE802.11bユニットであるJRL-600およびJRL-610を用いた。JRL-600をセンサステーション側の無線ユニットとして、JRL-610を収録ホスト側の無線ユニットとして使用した。

JRL-600有線インターフェイスとして、イーサネットを採用しており、ワイヤレスセンサステーションとは、10Base-Tで接続する。一方JRL-610は有線インターフェイスが100Base-TXに対応しており、収録ホストとは100Base-TXで接続した。

ここで設計、実装したセンサステーションはA/Dコンバータ、FIFOメモリ、イーサネットコントローラチップ、CPU、1MHz水晶発信器などから構成されている。センサは物理量を電圧値としてステーションに入力するが、それをサンプリングし、デジタル化を行うのはA/Dコンバータである。このA/Dコンバータのサンプリング間隔を規定するのが水晶発信器であり、A/Dコンバータへは水晶発信器の同期の1000倍、すなわち1kHzクロックが入力される。ユニットが送信可能状態になってから、クロックに従ってCPUに割り込みが入ると、CPUはFIFOメモリに存在しているセンサデータをイーサネットのデータとして送信すべく、イーサネットコントローラに送信処理を行わせる。本センサステーションは、各ユニットに差動8chのセンサ入力が可能となっている。イーサネットコントローラで作られたパケットは無線ユニットに受信され、無線化されてデータ収集ホストへ送信される。パケットは、この無線ユニットで受信されるとイーサネットパケットとして、データ収集ホストへイーサネットインターフェイスカードを通して送信される。

本ワイヤレスセンサネットワークの特徴は、コンピュータネットワークとして最も普及してコストが安いイーサネット機器、また市販の無線LAN機器を用いている点である。このため、PCとの接続が容易

であり、センサステーション部のみの製作でワイヤレスセンサネットワークの構築が可能というメリットがある。

なお、センサ間の時刻同期を確保するために、本センサネットワークでは、データ取得作業前にデータ収録ホストから各センサユニットへ同期用ブロードキャストパケットを送信している。各センサユニットは時刻同期用のブロードキャスト信号を受信し、その時刻を0としてセンサ内部のタイムカウンタを開始させる。それ以降の計測のタイミングはセンサステーション内部の水晶発信器に従う。従って、水晶発信器の固体間誤差を無視すると、センサステーション間での同期精度を測定するためには、ブロードキャスト信号がセンサユニットへ到着する時刻の時間差を取ればよい。

5. ライフラインの地震時信頼性評価

上下水道、電力、ガス、電話、道路等のライフライン施設は市民生活や産業活動を支える重要なものである。ライフラインシステムは多くの構造物の集合体であり、この耐震性を論じるためには、個々の構造物の安全性だけでなく、システム全体としての機能の安全性を評価する必要がある。つまり、ライフライン網は節点であるノードとそれを結ぶリンクからなるネットワークとしてモデル化されるので、いくつかの要素が破壊してもシステム全体としての機能は保つことができる場合もあり、逆に、1つの要素が破壊したためにシステム全体が機能を果たせなくなってしまう場合もある。こうした点が、橋や建物といった独立の構造物の安全性を考える場合と異なっている。

ネットワークの破壊確率は条件付確率となるので、各要素について破壊するかしないかの2つの状態だけを考えても、要素の数を n とすると、システムの損傷状態としては 2^n 個の組合せを考えなければならない。したがって、 n が 20 のときに、損傷状態の組み合わせを全て数え上げるのに1秒しかかからないアルゴリズムがあったとしても、 n が 60 の場合は約 366 世紀の計算時間が必要となる。すなわち、ライフラインの信頼性解析には常に NP-hard 問題が顕在することになる。したがって、従来の手法を用いてライフラインの信頼性解析を行う場合、ライフラインの構成要素数 n が多くなると計算不可能となり、簡単なネットワークにモデル化するか、モンテカルロシミュレーションによって近似解を求めるしか方法がなかった。

そこで、ライフラインの構成要素の破壊非破壊を

規定する領域を地震断層上で表現できる影響域の概念を提唱し、損傷したライフラインネットワークの場合分けの計算量を 2^n のオーダーから n^2 のオーダーに削減できるアルゴリズムを開発した (Sato, 1984; 佐藤・土岐・濱田, 1991)。以下では、大都市大震災軽減化プロジェクトの中で、開発したアルゴリズムを適用して大規模ガス管網の地震時信頼性解析を実施した例を紹介する。

5.1 ネットワークの地震時信頼性解析法

本研究で取り扱うネットワークは節点であるノードとそれを結ぶリンクとから構成される。ノードならびにリンクを構成する要素の破壊レベル支配する変数を Y とすれば、 Y は断層からの最短距離 r 、地震のマグニチュード M 、地盤や要素の特性を支配するパラメータ C_k の関数として、次式のような減衰則で与えることが可能である。

$$Y = F(r, M, C_k) \quad (k=1, 2, 3 \dots) \quad (19)$$

いま、要素の破壊に対する許容レベルとして Y^* が与えられれば式 (19) から逆に要素が破壊に到る臨界の距離 r^* が得られる。

$$r^* = F^{-1}(Y^*, M, C_k) \quad (k=1, 2, 3 \dots) \quad (20)$$

この距離を限界震源域距離、これを半径とする球を影響圏として定義する。ノードの影響圏は球となる。また、リンクのそれは一方の端から他方の端へ限界震源域距離が線形に変化する無数の点からなると考えて理想化すると、リンクの影響圏は両端での限界震源域距離 r_1 と r_2 により定義できる。

地震発生機構の不確定性を考慮するための領域を想定し、この領域内で地震断層がある確率をもって発生すると考える。これを潜在的断層発生域と名付ける。簡単のために、地震断層は長方形で近似できるものとし、各辺は潜在的断層発生域の各辺と平行であるものとし、潜在的断層発生域に対して回転した形状は考慮しないものとする。断層と影響圏が交わる領域内ではライフラインの構成要素が破壊した状態になるが、こうした領域を定量的に評価するためには、断層の発生位置をその中心で表現し、その拡がりを見捨てるような座標系を利用すると解析が簡単になる。Fig.10 は、断層の中心に着目した系への座標変換を表している。ここでは、ノードの影響圏が潜在的断層発生域と交わったときを考えている。この場合、破線で示すような円で表現される交面ができる。

断層の一端がこの交面と接するときの断層中心の軌跡が実線で示されているが、以後これを影響域と呼ぶ。これは、破線で示した円をその中心で4象限に分割し、それぞれに対象とする断層の長さや幅の

1/2 を加え、直線をつないだものである。リンクの影響域も同様にして構成される。なお、潜在的断層発生域は、両端をそれぞれ対象とする断層の長さと同幅に関して 1/2 ずつ狭めたものとなる。

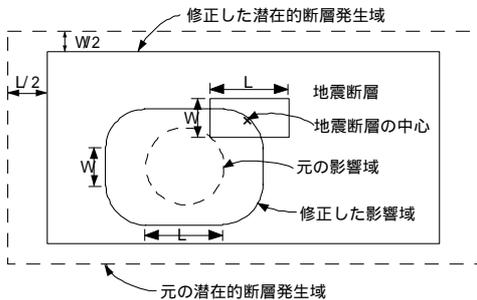


Fig.10 Active fault zone and influence region

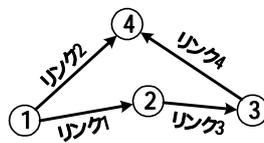


Fig.11 Sample network

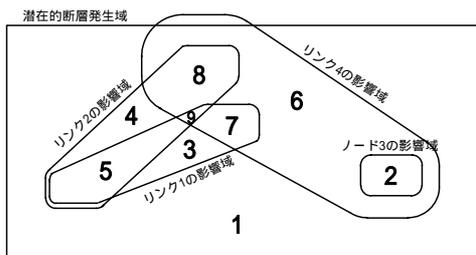


Fig.12 Subdivision of active fault zone into small regions by combination of influence regions

Fig.11 のネットワークを例にとって、開発した地震時信頼性解析手法を簡単に説明する。ここでは、信頼度基準をノード 1 からノード 4 まで到達できることとする。このネットワークの各要素の影響圏と潜在的断層発生域の交面すなわち影響域が Fig.12 のように与えられるとする。この影響域は Fig.10 で述べた座標変換を終えたものが示されている。

Fig.12 ではリンク 1, 2, 4 ならびにノード 2 の影響圏のみが潜在的断層と交わって、影響域を構成している状態が示されている。図から明らかなように、影響域の交わりは潜在的断層発生域を 9 個の領域に分けている。

いま領域 を考えると、その内に地震断層が発生する場合には、全てに要素が健全なのでノード 1 からノード 4 へ到達でき、信頼度基準は満たされている。領域 の場合、ノード 3 およびリンク 4 が破壊するがリンク 2 を通ってノード 4 へ到達できるので、

信頼度基準は満たされている。領域 , , もリンク 2 を通って、領域 ではリンク 1, 3, 4 を通って、リンク 1 からノード 4 へ到達できる。ところが、領域 および ではリンク 1, リンク 2 とともに破壊しているので、信頼度基準は満たされない。領域 もノード 4 へは到達できない。結局、領域 , , , , , の 6 つの領域内に地震断層が発生した場合にはネットワークシステム全体として信頼度基準を満たしている。したがって、この 6 つの領域の面積の和を潜在的断層発生域の面積で除して、この場合のネットワークの信頼度が計算できることになる。このように、ネットワークの損傷状態の場合分けをベン図で表現できると、場合分けに要する計算時間を構成要素数の 2 乗にしか比例しないアルゴリズムを構築できることになる。

5.2 ガス管網の地震時信頼性解析

ガスは製造所で生成後、高圧導管、中圧 A 導管、中圧 B 導管、低圧導管を通り消費者のもとへ輸送される。Fig.13 は、大阪市内のガス導管ネットワークのうち、中圧 A ガス導管および中圧 B ガス導管からなる部分を示したものである。ここでは、このネットワークを解析対象とした。なお、ガス製造所および高圧導管は、高度な耐震設計が導入されているので、地震が発生しても破壊しないものと仮定した。なお、影響圏の計算には各地点の地盤条件が必要となる。ここでは、約 5500 地点のボーリングデータをもとに、各ノードに最も近い地点のデータを用いた。

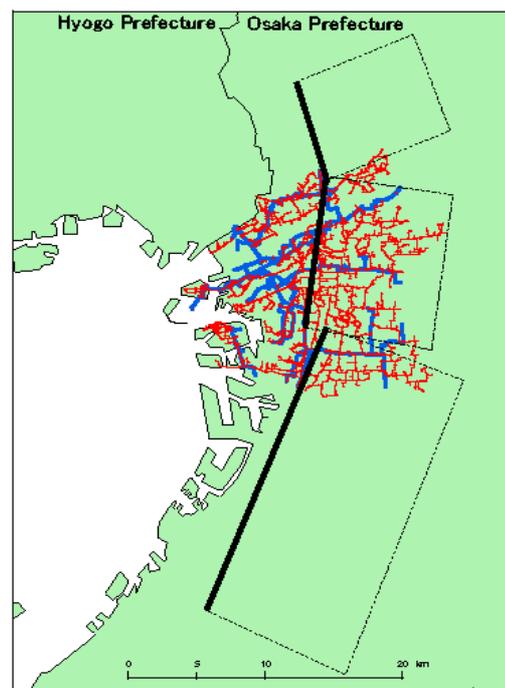


Fig.13 Gas network and active fault system

想定する地震は上町断層系に発生するものとする。これは大阪の市街地を南北に縦断する、全長 40km 以上に達する断層系である。仮に全断層系が破壊した場合、その地震規模はモーメントマグニチュード 7.0 相当になるとされている。一方、解析対象のガス導管ネットワークは上町断層系のほぼ真上に位置している。そこで、ここでは上町断層系の活動による地震を想定した。潜在的断層発生域の位置を Fig. 10 に示す。この断層発生域にマグニチュード 5 以上の地震が一様な確率で発生すると仮定し、ネットワークの地震時信頼性を計算した。Fig.14 は、モデル化された中圧 A・B ガス導管ネットワークの詳細であり、19929 個のノードと 20153 個のリンクから成る。なお、高圧ガス導管との節点（10 個）を供給点、低圧ガス導管との節点（362 個）を需要点と考えた。

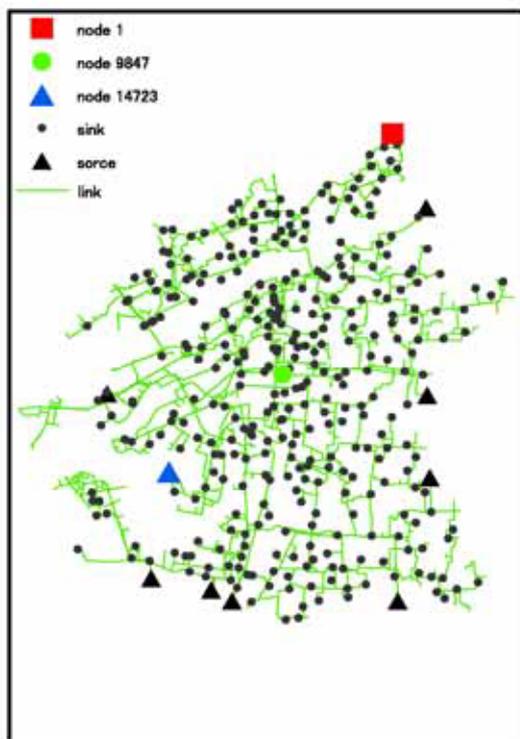


Fig.14 Detail of modeled gas network

Fig.15 にガス管の許容ひずみをそれぞれ 3%、4%、5%と仮定した場合の、解析結果を示す。なお、信頼性の評価基準は、いずれかの供給点から全ての需要点に到達できることとした。許容ひずみが大きくなるにつれて、信頼性が高くなる傾向が見られる。しかし、いずれの場合もモーメントマグニチュードが 6.5 前後になると信頼性が低くなるのが分かる。上のケースでは、信頼性評価基準を全ての需要点への連結性とした。しかし、需要点がネットワーク全体に広く分布しており、この信頼性基準を満足することは相当に厳しいと考えられる。そこで、特定需要

点への連結性に着目して解析を行った。なお、特定需要点として Fig.14 におけるノード 1、ノード 9847 およびノード 14723 を取り上げた。

Fig.16 に許容ひずみを 3%と仮定した場合の解析結果を示す。ノード 1、ノード 9847 への連結確率はモーメントマグニチュードが 6.5 前後で低くなるが、ノード 14723 への連結確率はモーメントマグニチュードが 6.5 前後でも比較的高いことがわかる。これは、ノード 14723 の位置が潜在的断層発生域から離れているためである。

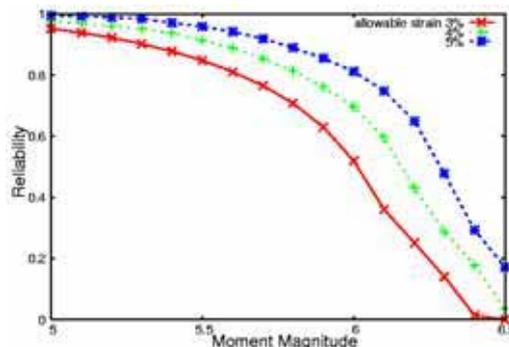


Fig.15 Result of seismic reliability analyses (Connectivity for all sinks from all sources)

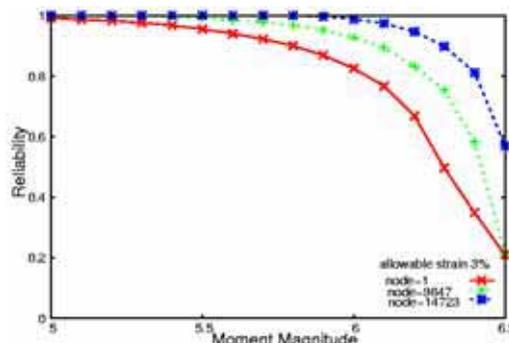


Fig.16 Result of Seismic reliability analyses (Connectivity to the node 1 from all sources)

5.3 ガス管網の補強順序の決定

開発した影響圏の概念を用いた大規模ライフラインネットワーク地震時信頼性解析プログラムでは、ネットワーク構成要素の地震時における条件付破壊確率を潜在断層発生域と構成要素の影響圏との交面（影響域）の面積で計算するので、それらのデータを保存することにより、構成要素の強度が変化するときの影響域の変化を効率よく計算できるアルゴリズムを開発した。この結果、一度地震時信頼性解析を実施したネットワークでは、信頼性解析に必要な時間の数倍で、各構成要素のネットワークの中での重要度が評価できるので、「重要度の大きい順に構成要素の補強を行う」という補強戦略を策定することが可能になった。

Table 1 Upgrading priority of element number
(The case of strengthening ratio of 50%)

(1) Connectivity to all sinks from all sources

| Step | 1th | 2th | 3th |
|------|-------|-------|-------|
| 1 | 18550 | --- | --- |
| 2 | 14262 | --- | --- |
| 3 | 18146 | 18671 | 18774 |
| 4 | 14330 | 18671 | 18774 |
| 5 | 8977 | 18671 | 18774 |

(2) Connectivity to node 1 from all sources

| Step | 1th | 2th | 3th |
|------|------|------|------|
| 1 | 1124 | 1150 | 1756 |
| 2 | 1150 | 1756 | 1822 |
| 3 | 918 | 1822 | --- |
| 4 | 1822 | | --- |
| 5 | 1639 | 2045 | --- |

具体例として、Fig.14に示したネットワークに付いて、構成要素の補強順序を決定した結果がTable1に示されている。信頼性向上計画の1ステップでは強度向上できる要素は重要度の一番大きな構成要素とし、同じ重要度を持つ構成要素が複数ある場合には、それを同時に補強することとした。ステップごとに複数の構成要素が現れるのはこのためである。各ステップの補強が完了すると、ネットワークの損傷状態は変化するので、ここで開発した方法論は補強した結果を記憶した上で、次のステップでの重要度を計算するアルゴリズムとなっている。Table 1には補強ステップ5までが示されている、表中の数字は構成要素の番号である。Table 1(1)は信頼性評価基準を全ての需要点への連結性、Table 1(2)はノード1への連結性とした場合である。表から明らかなように、需要点が異なれば補強すべき構成要素の順序が異なることが分かる。

6. 都市基盤施設のライフサイクルコストに関連する研究

高度経済成長期に急速に整備された都市基盤施設の劣化問題が社会的にも注目され、その維持管理と修復のための費用がライフサイクルコスト(Life Cycle Cost : LCC)の概念に基づいて最適化されるようになってきている。構造物の寿命をトータルで考えたLCCによって、最適な工法や維持管理計画の選択が可能となる。LCCは地震リスクマネジメントの解析にも用いられている。地震リスクを構造物のLCCの一部であると考えれば、LCCを最小化する観

点から耐震補強を行う財政的な根拠を明確にできる。しかし、複数の既存都市基盤施設に対しLCCのみを算定し、LCCの低減される対象構造物全てに対し、同時に耐震補強を行うことは現実的でなく、何らかの順位付けを行う必要がある。そこで供用期間や重要度の異なる都市基盤施設に対し効果的に耐震補強を行うために、「LCC低減額」という指標を定義し、それに基づいて構造物群の耐震補強の必要程度を相対的に評価する方法を提案した(佐藤・増本・吉田・金治, 2004)。これは、耐震補強を行わない場合のLCCと補強を行った場合のLCCの差に注目し、この差が大きいものほど耐震補強による効果が大きいものとして、複数の構造物の耐震補強優先順位を策定したものである。

LCCの計算には、構造物の地震時リスクを精度良く評価する必要があるので、構造物の地震時損傷確率の効率的な計算法を開発する研究を行っている。損傷確率の算定には限界状態関数を近似化した上で理論解を求める FOSM (first-order and second moment method) 的なアプローチがあり、広く使われてきたが、非線形性が強い場合や非ガウス分布の問題では精度や安定性に問題がある。数値積分による方法もあるが、次元が高くなると計算量が膨大になり2, 3次元程度の低次元の問題にしか適用することができないという、次元の呪いとして知られる難点がある。

モンテカルロシミュレーション(以下、MCS と略記する)は計算時間を多く要する傾向があるものの、どんな問題にも適用することができ有用性は高い。

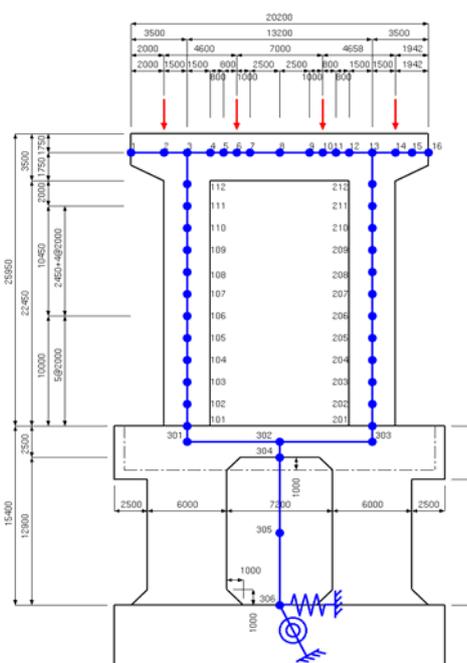
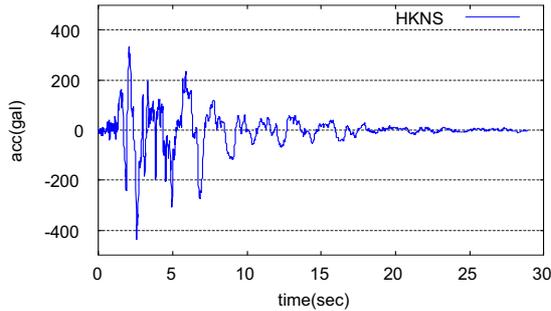


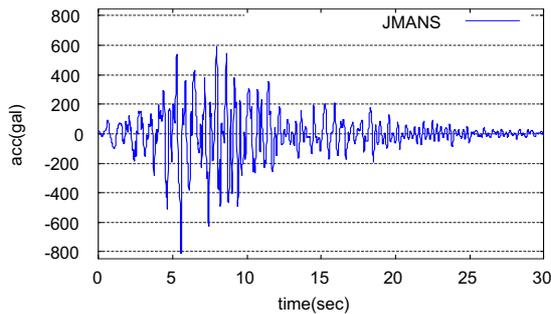
Fig.17 A beam model of box steel type bridge pier

Table 2 The uncertainties considered

| Uncertainties | | Mean(μ) | Standard Deviation(σ) | C.O.V | Distribution |
|--|--|---------------|--------------------------------|-------|--------------|
| Mass of upper structure observed value / design value | | 1.03 | 0.02 | 0.019 | Normal |
| Strength of component | Yield stress Mm observed value / design value | 1.15 | 0.1265 | 0.11 | Lognormal |
| | Thickness of plate Fm observed value / design value | 1.00 | 0.05 | 0.05 | Normal |
| Ground factor | Soil Spring | 1.0×Calc. | 0.1 μ | 0.1 | Normal |



a) Input motion simulated using Hikashi-Kobe record



b) Input motion simulated using JMA Kobe record

Fig.18 Earthquake motions for dynamic analyses

特に最近の計算機能力の向上を考えると、MCS は様々な問題に対して現実的な選択肢となってきた。

それでも、対象とする不確定性の数が多くなると、膨大なサンプルを発生せざるを得なくなり、計算時間がかかり実用的でなくなる。MCSの効率化を計る方法として、各種の方法が提案されているが、限界地震動指標として基盤入力の最大加速を採用し、Subset法を利用することにより、鋼製橋脚の損傷度曲線が効率的に求められることを示した（佐藤・増本・吉田・堀江，2005）。Subset法は、損傷に対して危険な部分空間を自動的に絞り込んでいくアルゴリズムであり、一種の適応型MCS手法になっており、Marcov Chain Monte Carlo (MCMC) と結合することにより、効率的にサンプルの発生個数を削減できるものである。

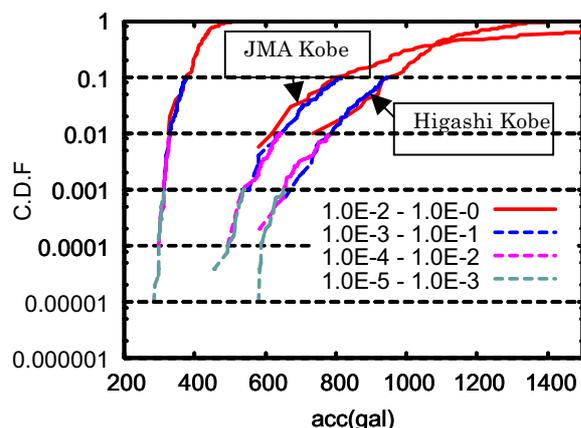
最近、MCSよりも収束効率が高く、数値積分より

も次元に対する依存度が低い方法として超一様分布列を用いた計算法が金融工学を中心として注目されている。MCSにおいても、全くの乱数を用いるよりもある程度均質に分布する乱数を用いた方が計算効率は高く、効率化テクニックとして層別サンプリング、ラテン方格法などが知られている。しかし、層別サンプリングは次元が高くなると数値積分と同様に層区分の個数が膨大となり現実的ではない。そこで、ラテン方格法では各次元について独立に層別サンプリングを行い、それらをランダムに組み合わせることでサンプルを作成している。そのため、各次元個別には均質なサンプルとなるものの、多次元空間の均質性は保証されていない。それに対して、超一様分布列は多次元空間における均質性を確保できるサンプル列である。こうした方法を用いて橋脚の損傷度曲線を求め、Subset法による結果と比較した研究も実施した（吉田・佐藤，2005）。

地震動の強度レベルの指標として、基盤における最大加速度を採り、構造物の損傷度曲線を動的解析により求める場合には、構造物に入力する地震動により、損傷度曲線の形が大きく異なることが知られている。このことをFig.17 に示すような箱型鋼製部材により作られている橋脚を等価なビーム要素で離散化した上で、その損傷度曲線を動的解析により求めた。

入力地震動は、道路橋の設計用応答スペクトルに準拠した波形とした。スペクトル準拠の地震動を模擬するためには、地震動の位相特性を与えなければならぬが、ここでは1995年の兵庫県南部地震の際に神戸海洋気象台と東神戸大橋で記録された地震の位相スペクトルを用いた。Fig.18に設計用応答スペクトル準拠の波形を示す。

この図に与えられた入力地震動の最大値を変化させることにより、Subset法によりFig.17 に示した橋脚モデルの損傷度曲線を求めたものがFig.19 である。ここで考慮した、橋脚の不確定性変数をTable 2 に示す。Fig.19 には3本の曲線が示されているが、一番左側の曲線は、プッシュオーバー解析とエネルギー



定則を利用して求めた損傷度曲線である。鋼製橋脚に対して、エネルギー一定則を用いて求めた最大応答値は、動的解析のそれよりも1.4倍程度大きくなると言われているが、動的解析により求めた損傷度曲線がプッシュオーバーのそれより右側に来るのはこのためである。また、動的解析により求めた損傷度曲線は、最大加速度を地震動指標とただけでは唯一に定めることのできず、スペクトル準拠地震動を模擬するために用いた地震動特性（位相）の影響を大きく受けることが分かる。Fig.18 に示した入力地震動のフーリエ振幅特性は応答スペクトルにより規定されているが、フーリエ位相特性としては観測された位相を用いていることが、こうした現象の起こる原因である。そこで、設計用の地震動位相を定めることが出来れば、設計用の地震動を唯一に決定できるので、こうした観点に立った研究を開始している（Sato, et. al. 2005）。

7. おわりに

防災研究所で都市施設の地震災害を軽減する研究に従事して30年が経過した。この間に多くのことを学んだ、解決が困難といわれている問題にチャレンジし、あれやこれや考えた末に結局解けなくて挫折を感じたこともたくさんあったが、いくつかの問題は解くことが出来、研究者としての喜びを感じることも出来た。また、柔軟な思考を持った沢山の優秀な学生と一緒に研究できたことも、私の大切な知的財産の一つになっている。

まえがきにも書いたが、4回生のときに地盤内を伝播する非線形波動の解析をやってみたいと思ったことが切っ掛けとなって、都市基盤施設の地震災害現象を解明するために、強震動の特性を把握し耐震設計用の入力地震動を設定する研究、地盤の非線形振動特性や構造物基礎の震動特性を解明するための研

究、構造物の震動制御とヘルスマonitoringに関する研究、ライフラインの耐震性を向上するための研究、構造物の地震時信頼性に関する研究などを手掛けることとなった。実験的研究も精力的に行ったつもりであるが、解析手法の開発に関する研究が全体の7割ぐらいとなった。大きな地震災害は都市施設が崩壊に至るような損傷を受けることで発生するので、外力となる強震動の特性把握は無論のこと、構造物の強い非線形現象を精度良くモデル化して、実際の崩壊現象を合理的に表現できなければならない。このためには、実験的な研究を避けて通ることは出来ないが、防災研究所には振動台や土の動的特性を実験的に調べるための施設が整っていたので、それを利用することが出来た。また、地球物理学的な観点から震源での地震発生機構を研究している理学系の研究者と交流できたことが、設計用の入力地震動の研究を行うにあたって、大変参考になった。

防災研究所は世界的に見ても非常にユニークな研究所であるので、国内のみならず国外でも良く知られており、京都大学防災研究所の一員であることを誇らしく感じたことも幾度となくあった。最後に、今後の防災研究所のますますの隆盛を祈念して、長年のご愛顧に感謝します。

参考文献

- 後藤尚男・佐藤忠信(1971)：飽和した多孔質弾性体中を伝播する非線形波動について，土木学会論文報告集，No. 209号，pp. 37-50.
- Toki, K., and Sato, T. (1972): One-dimensional acceleration waves in a mixture of 2 phases, Proceedings of the 22nd Japan National Congress for Applied mechanics, vol.22, pp. 89-102.
- 土岐憲三・佐藤忠信(1976)：地盤中を伝播する非線形調和波動，土木学会論文報告集，pp. 21-34.
- Yang, J. and Sato, T. (1998a): Dynamic response of saturated half-space with different hydraulic interface conditions, Archive of Applied Mechanics, Vol.68, pp.677-688
- Yang, J. and Sato, T.(1998b): Influence of viscous coupling on seismic reflection and transmission in saturated porous media, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.88, No.5, pp.1289-1299.
- Yang, J., Sato, T. and Li, X-S. (1999): Seismic amplification at a soft soil site with liquefiable layer, Journal of Earthquake Engineering, Vol.4, No.1, pp.1-23.

- Yang, J., Sato, T. and Li X-S (2000a): Nonlinear site effects on strong ground motion at a reclaimed island, Canadian Geotechnical Journal, Vol.37, No.1, pp.26-39.
- Yang, J. and Sato, T. (2000b): Influence of water saturation on horizontal and vertical motion at a porous soil interface induced by incident SV wave, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No.19, pp.339-346.
- Yang, J. and Sato, T. (2000c): Interpretation of seismic vertical amplification observed at an array site, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.90, No.2, pp.275-285.
- Yang, J. and Sato, T. (2000d): Computation of Individual contributions of two compression waves in vibration of water-saturated soils, Computers and Geotechnics, No.27, pp.79-100.
- Yang, J. and Sato, T. (2001): Analytical study of saturation effects on seismic vertical amplification of a soil layer, Geotechnique, Vol.51, No.2, pp.161-165
- Yang, J. Sato, T., Savidis, S and Li, X-S (2002): Horizontal and vertical components of earthquake ground motions at liquefiable sites, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, No.22, pp.229-240.
- Sato, T., Shibata, T. and Kosaka, M. (1980): Dynamic behaviour and liquefaction of saturated sandy soil, Proceedings of the International Symposium on Soil under Cyclic and Transient Loading, Swansea, pp.523-532.
- Sato, T., Shibata, T. and Ito, R. (1982): dynamic behaviour of sandy soil and liquefaction, Proceedings of the International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, St. Louis, pp.683-686.
- Toki, K. and Sato, T. (1977): Seismic response analysis of surface layer with irregular boundaries, Proceedings of the 6th World Conference on Earthquake Engineering, pp.409-414.
- Toki, K. and Sato, T. (1979): Variational approach for the elimination of temporary boundary effect from finite element method, Proceedings of the 3rd International Conference on Numerical Methods in Geomechanics, Aachen, pp.889-897.
- Toki, K. and Sato, T. (1983): Seismic response analyses of ground with irregular profiles by the boundary element methods, Natural Disaster Science, Vol.5, No.1, pp.31-52.
- Toki, K., Sato, T. and Sato, K. (1987): Dynamic behaviour and identification of non-uniform ground by the discrete wave number method, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.6, No.2, pp.116-123.
- Sato, T. (1980): Detection of dynamic properties of structural systems by AR-MA process through microtremor observation, Proceedings of the 7th World Conference on Earthquake Engineering, Istanbul, Vol.6, pp9-16.
- Moghtaderizadeh, M., Wood, K., Kureghian, A., Barlow, R. and Sato, T. (1981): Seismic reliability of flow and communication networks, Proceedings of the 2nd Speciality Conference on Lifeline Earthquake Engineering, Oakland, pp.81-96.
- 佐藤忠信・一井康二 (1996) 遺伝的アルゴリズムを用いたライフライン網の最適復旧過程に関する研究, 土木学会論文集, No.537/I-36, pp.245-256.
- Toki, K., Sato, T. and Kiyono, J. (1985): Synthesizing design ground motions from microearthquake records, Structural Engineering and Earthquake Engineering, JSCE, Vol.2, No.2, pp.177-187.
- Toki, K., Sato, T., Kiyono J. and Matuoke, T. (1988): Attenuation of peak acceleration taking into account multiple fault rupture mechanisms, Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering, Vol.II, pp.373-378.
- 辰巳安良・佐藤忠信 (1987):地震波の因果性を用いた1979 Imperial valley 地震の多重震源解析, 土木学会論文報告集, 第380号/I-7, pp.475-484.
- Toki, K., Sato, T., Kiyono, J., Kishi, N., Emi, S., and Yoshikawa, M. (1990): Hybrid experiments on nonlinear earthquake induced soil structure interaction, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.19, pp.709-723.
- Toki, K., Sato, T., Kiyono, J., Kishi, N., Emi, S., and Yoshikawa, M. (1991): Seismic behaviour of pile groups by hybrid experiments, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.20, pp.257-266.
- 土岐憲三・佐藤忠信・吉川正明・清野純史 (1992) : 地盤基礎全体系オンライン地震応答実験手法, 土と基礎, 第40号, pp.271-276.
- Sato, T., Toki, K., Kiyono, J., Kishi, N., Oshima, K., and Yoshikawa M. (1991): Time integration scheme for soil-structure systems with frequency dependent complex stiffness, Proceedings of the 7th Conference of the International Association for Computer Methods and Advance in Geomechanics, Cairns, Australia, Vol.2, pp.1209-1214.
- Sato, T. and Toki, K. and Sugiyama K. (1990a): Optimal

- control of seismic response of structures, *Structural Engineering / Earthquake Engineering*, JSCE, Vol.7, No.1, pp.179-188
- Sato, T. and Toki, K. (1990b): Active control of seismic response of structures, *Journal of the Intelligent Material Systems and Structures*, Vol.1, pp.447-475.
- 佐藤忠信・土岐憲三・橋本雅道 (1991) : 作用時間遅れを考慮した構造物の震動制御, *土木学会論文集*, No.428, pp.193-.202
- 佐藤忠信・土岐憲三・橋本雅道 (1993) : 構造物の地震応答における自己学習能力を有する震動制御, *土木学会論文集*, No.471, I-24, pp.115-124
- Sato, T., Toki, K., Mochizuki, T. and Yoshikawa M. (1994): Optimal closed-open loop control law for the seismic response of structures, *Proceedings of the First World Conference on Structural Control*, pp.12-21.
- 佐藤忠信・土岐憲三・望月俊宏・吉川正昭 (1995) : 可動質量型制振装置を用いた構造物の閉ループ震動制御, *土木学会論文集*, No.525/I-33, pp.201-211 .
- 佐藤忠信・佐藤誠 (1997a) : 実時間ハイブリッド震動制御シミュレーターの開発, *土木学会論文集*, No.577/I-41, pp.257-.267 .
- 佐藤忠信・土岐憲三・佐藤誠 (1997b) : 可変減衰装置の開発と減衰力の制御システムの構築, *土木学会論文集*, No.570/I-40, pp.203-215 .
- 佐藤忠信・田中悟 (2000) : 可変減衰装置を用いた構造物の実時間ハイブリッド震動制御実験, *土木学会論文集*, No.647/I-51, pp.425-433 .
- 佐藤忠信・室野剛隆・西村昭彦 (1999) : 震源・伝播・地点特性を考慮した地震動の位相スペクトルのモデル化, *土木学会論文集*, No.612/I-46, pp.201-213 .
- 佐藤忠信・室野剛隆・西村昭彦 (2000) : 観測波に基づく地震動の位相スペクトルのモデル化, *土木学会論文集*, No.640/I-50, pp.119-130 .
- Sato, T., Murono, Y. and Murakami, M. (2003): Modeling of phase spectra for simulation of near-fault design earthquake, *Advancing Mitigation Technologies and Disaster Response for Lifeline Systems*, Technical Council on Lifeline Earthquake Engineering Monograph No.25, pp.769-778.
- 佐藤忠信・室野剛隆 (2001) : 位相情報を用いた地震動のシミュレーション法, *土木学会論文集*, Vol.I-55, No.675, pp.113-123 .
- 佐藤忠信・室野剛隆 (2004) : 位相情報を利用した非定常地震動のシミュレーション法, *土木学会論文集*, Vol.I-66, No.752, pp.159-168 .
- 佐藤忠信・文龍・渦岡良介 (2002a) : 砂の榴弾塑性構成式による液状化・流動過程の統一的解析, *土木学会論文集*, Vol.717, No.I-61, pp.53-64 .
- 佐藤忠信・文龍・渦岡良介 (2002b) : 傾斜地盤の液状化・流動過程のシミュレーション, *土木学会論文集*, Vol. -61, No.722, pp.109-119 .
- Di, Y. and Sato, T.(2004): A practical numerical method for large strain liquefaction analysis of saturated soils, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol.24, pp.251-260.
- Di, Y. and Sato, T. (2003): Liquefaction analysis of saturated soils taking into account variation in porosity and permeability with large deformation, *Computers and Geotechnics*, Vol.30, pp.623-635.
- 佐藤忠信・松丸貴樹 (2005) : メッシュフリー法による地盤の液状化・流動解析, *土木学会論文集* (投稿中)
- 佐藤忠信・吉田郁政 (2004a) : 建設分野における構造同定アルゴリズムに関する最近の話題, *信号処理*, Vol.8, No.5, pp.3-9 .
- 佐藤忠信・吉田郁政 (2005) : 建設分野における構造同定アルゴリズムに関する最近の話題, *信号処理*, Vol.9, No.1, pp.363-370 .
- 佐藤忠信・菊川雅士 (1998) : 非線形構造システム方程式の線形同定法, *土木学会論文集*, No.584/I-42, pp.175-184 .
- 佐藤忠信・梶啓介 (2000) : 非線形構造システムの線形同定法, *土木学会論文集*, No.647/I-51, pp.155-165 .
- 佐藤忠信・竹井賢二 (1997) : 構造物の非定常動特性の漸化型同定法, *土木学会論文集*, No.577/I-41, pp.65-73 .
- 佐藤忠信・竹井賢二 (1998) : 適応型カルマンフィルタの構築とその応用, *土木学会論文集*, No.584/I-42, pp.163-173 .
- Sato, T. and Qi, K (1998): Adaptive H_{∞} filter : Its application to structural identification, *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE Vol.124, No.11, pp.1233-1240.
- 佐藤忠信・梶 啓介 (2001) : モンテカルロフィルタを用いた構造同定, *土木学会論文集*, Vol.I-55, No.675, pp.161-170 .
- 吉田郁政・佐藤忠信 (2004b) : 適応型モンテカルロフィルタを用いた損傷同定について, *土木学会論文集*, Vol.I-67, No.759, pp.259-269
- Zhang, J. and Sato, T. (2005): Structural health monitoring by support vector regression in original and normal coordinate, *Proceedings of the 4th KKN (Kyoto-KAIST-NTU) Student Seminar on Civil Engineering Study*, (in Printing)
- Tang, H. and Sato, T. (2005): Online LS-SVM for

- hysteretic structural system identification, Proceedings of the 4th KKN (Kyoto-KAIST-NTU) Student Seminar on Civil Engineering Study, (in Printing)
- 長井望・三田彰・矢向高弘・佐藤忠信 (2003) : 構造ヘルスマニタリング用ワイヤレスセンサに関する研究, 日本地震工学会論文集, 第3巻第4号, pp. 1-13
- Sato, T. (1984): Seismic reliability analysis of lifeline networks taking into account fault extent and local ground condition, Natural Disaster Science, No.1.6, No.2, pp.51-72.
- 佐藤忠信・土岐憲三・濱田尚人 (1991) : 大規模ライフラインの地震時における信頼性解析法, 土木学会論文集, No. 437/I-17, pp. 153-161.
- 佐藤忠信・吉田郁政・増本みどり・金治英貞 (2004) : ライフサイクルコストを考慮した道路橋の補強戦略, 土木学会論文集, No.784/I-66, pp.125-138.
- 佐藤忠信・堀江佳平・増本みどり・吉田郁政 (2005) : 限界地震動指標とMarkov Chain Monte Carlo法を用いた鋼製橋脚の損傷度曲線の算定, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.529-536.
- 吉田郁政・佐藤忠信 (2005) : 超一様分布列を用いた損傷度解析, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.351-356.
- Sato, T., Masumoto, M. and Yoshida, I. (2005): Effect of phase spectrum uncertainties of earthquake motion on seismic fragility curve of steel bridge pier, Proceedings of the Second International Conference on Urban Earthquake Engineering, Tokyo Tech CUEE, pp.9-20.

Being Striven to Mitigate Earthquake Disaster of Urban Infrastructures

Tadanobu Sato

Synopsis

This is the memoir of research activities to develop methodologies for mitigating earthquake disaster of urban infrastructures. It has passed more than 30 years since I started my research career at Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University in 1974. The research objectives taken up were , methods to simulate design earthquake motions, wave propagation characteristics in the ground, analyses of liquefaction and flow process of loosely deposited saturated sandy soil, dynamic soil-structure interaction analyses, structural vibration control, structural health monitoring, seismic safety analyses of lifeline systems, . After summarizing major research results chronologically the current on going research topics are explained in detail

Keywords: design earthquake motion, phase spectrum of earthquake motion, flow process of liquefied ground, structural identification, lifeline seismic reliability, life cycle cost, Monte Carlo simulation, random vibration

