

5年間の研究成果（第5報）

THE AUTHOR'S RESEARCHES DURING LAST 5YEARS (5TH REPORT)

青木 繁¹⁾

Shigeru AOKI¹⁾

Abstract : The author's researches during last 5 years are outlined. Contents of the researches are random vibration, nonlinear vibration, reduction of residual stress of welded joints using vibration, drilling of FRP using vibration, base isolation system using friction bearing for reduction of seismic response, oil dampers for reduction of seismic response of two story houses. Those researches contain reliability of structure and secondary system with nonlinear elements such as hysteresis loop characteristic, gap and friction subjected to artificial time histories, simplified calculation method for integral of mean square response of system subjected to nonstationary random excitation, analytical method for single-degree-of-freedom system and continuous system with collision, continuous system with elasto-plastic damper, system with impact damper, reduction of residual stress using low frequency and ultrasonic vibrations, drilling of FRP using ultrasonic vibration, development of base isolation system for tall system and some types of oil dampers.

Key Words : Vibration, Random Vibration, Nonlinear Vibration, Residual Stress, Drilling, Friction Bearing, Oil Damper

1. 緒言

本校に就任して 25 年が経過した。既報[1-4]に引き続き、平成 19 年 4 月 1 日から平成 24 年 3 月 31 日までの 5 年間にを行った研究をまとめた。

この間に、不規則振動に関する研究で、動的信頼性および応答の自乗平均値の積分値の推定法、非線形振動に関する研究、振動を利用した溶接残留応力の低減に関する研究、振動を利用した積層材の穴あけに関する研究、摩擦軸受に関する研究、オイルダンパに関する研究を進めてきた。これらの研究について以下にまとめる。

2. 不規則振動に関する研究

地震動のような不規則振動入力を受ける構造物に対して、その信頼性および応答特性を推定することは重要なことである。耐震設計においては、構造物モデルとして 1 自由度系がよく用いられる。一方、機械構造物はそれが設置されている建物などの主構造物系から入力を受けることが多いために、付加構造物系または 2 次系とよばれる。そのため、付加構造物系および主構造物系をそれぞれ 1 自由度系でモデル化した 2 自由度系が用いられることも多い。このような構造物の信頼性を推定することは動的信頼性問題とよばれる。付加構造物系の動的信頼性、1 自由度系および付加構造物系を対象とした不規則振動応答特性（応答の自乗平均値の積分値）を求める研究を進めた。

2.1 動的信頼性に関する研究

地震動入力を受ける構造物の信頼性を評価する上で応答が最初に特定のレベル（破壊レベル）を超過した瞬間に破壊が生じるものとする初通過破壊が起こる確率（初通過破壊確率）を求めることは重要なことである。耐震設計では 1 自由度系の最大応答を表す応答スペクトルが用いられる。耐震設計用入力として応答スペクトルに適合する模擬地震波が使われている。一方で、構造物には非線形特性がみられる。

このようなことから、入力として応答スペクトルに適合する模擬地震波を受ける付加構造物系を対象に、非線形特性を考慮して初通過破壊確率を推定するための理論的な手法を提案した。

まず、過大な入力を受けた構造物の応答は塑性域に入り、履歴特性をもつ。履歴特性として **bilinear** 履歴特性をもつ場合の初通過破壊確率の推定法[6][7]を示した。次に、構造物の支持部や接合部に見られるがた特性[8][9]や摩擦特性[5][8][9]がある場合の推定法を示した。これらの研究で、破壊レベルを非線形特性がない付加構造物系の最大応答で無次元化すると固有周期によらずに初通過破壊確率を推定することができることを明らかにした。また、破壊レベルを非線形特性を考慮した付加構造物系の最大応答で無次元化すると、非線形パラメータによらずに初通過破壊確率を推定することができることを明らかにした。さらに、シミュレーションで上記のことを検証した[5][8][9]。

2.2 応答の自乗平均値の積分値の推定法

地震動は非定常不規則振動であるため、構造物の応答も非定常不規則振動となる。不規則振動の特徴を表す統計量として自乗平均値がよく使われる。非定常不規則振動入力を受ける構造物の応答の自乗平均値を理論的に求めることは困難である。一方で定常不規則振動の自乗平均値は比較的容易に求めることができる。入力として定常白色雑音に非定常包絡関数を乗じて得られる非定常白色雑音[10][12][14]および地盤の振動特性を考慮して非白色雑音に包絡関数を乗じて得られる非定常非白色雑音[11-13][15-18]を用いた。構造物の非定常不規則振動応答の自乗平均値を定常不規則振動応答の自乗平均値と包絡関数の自乗の積で近似した。1自由度系[10][12-17]および付加構造物系[10][11][15][18]に対して応答の自乗平均値を時間に関して0から無限大まで積分した値を求めた。その結果、この近似解法によって求めた積分値は厳密解と一致することが明らかになった。さらに、包絡関数が異なってもこのことが成立することを明らかにした[16][17]。

3. 非線形振動に関する研究

1自由度系および連続体を対称に、非線形特性を考慮した場合の応答計算を行った。

3.1 1自由度系の衝突振動

1自由度系が調和励振を受けて対称な衝突をする場合の応答計算法を示した[19][21]。衝突におけるエネルギー吸収と衝突時間の両方を考慮するために、反発力が四角形の履歴特性で表されるものとした[19]。この場合には反発係数が速度に依存するために、実際の現象とよく合う。反発力をフーリエ級数に展開して共振曲線を求める理論式を導いた。また、簡単のために反発力が三角形の履歴特性をもつものとした場合の共振曲線を求める式を導いた[21]。三角形の履歴特性を用いた場合の共振曲線は四角形の履歴を用いた場合の共振曲線に近い値となることが明らかになった。

3.2 連続体の衝突振動[20]

片持ちはり任意の位置で衝突する場合に、反発力が三角形の履歴特性で表されるものとして共振曲線を求める理論式を導いた。反発力をフーリエ級数に展開した。得られた解の安定性を判別する方法を示した。実験装置を作製し、理論解との比較をした。理論解では解が得られない領域がある。実験ではこのような領域では多くの周波数成分を含む複雑な振動が生じていることが明らかになった。また、入力振幅の大きさによって、共振曲線

が異なり、跳躍現象がみられることがあることが明らかになった。共振曲線の安定性は衝突時間に依存することがわかった。

3.3 断塑性ダンパをもつ連続体の衝突振動

配管の振動を低減するために用いられている断塑性ダンパは塑性変形によるエネルギー吸収を利用したダンパである。配管の1スパンを対象に、一端が完全固定されているはりと一端が単純支持されているはりの他端に断塑性ダンパが取付けられているときのはりの応答を求める理論式を導いた[22]。履歴特性としては完全弾塑性履歴特性を考慮した。断塑性ダンパを用いた場合と履歴特性のない弾性支持の場合との共振曲線を比較した。その結果、断塑性ダンパは応答の低減効果が大きいことを明らかにした。はりの振動モードも求め、それぞれの共振点近傍で対応する振動モードが卓越することが明らかになった。

3.4 衝撃ダンパによる応答低減

衝突を利用して主振動体の応答を低減するための衝撃ダンパの応答低減について検討した[23]。主振動体を1自由度系とし、衝撃ダンパを対象な衝突をする1自由度系とした。主振動体が地震動を想定した非定常非白色雑音入力を受ける場合の応答の自乗平均値を等価線形化法を用いて求める方法を示した。衝突のない弾性ダンパを取付けた場合と比較した。その結果、衝撃ダンパは応答を早く低減する効果があることが明らかになった。

4. 振動を利用した溶接残留応力の低減

溶接は多くの構造物に用いられている接合法である。溶接は局部的に熱を加える加工法であるために残留応力が発生する。表面の引張残留応力は部材の疲労強度に悪影響を及ぼすために、その低減法が考えられている。振動を加えながら溶接することによって残留応力を低減する方法を提案し、その有効性を検討した。

薄板の突合せ溶接で周波数の異なる2つの振動を加えながら溶接した[24]。まず、振動数の異なる2つの超音波振動を加えながら溶接すると、引張残留応力が低減されることを明らかにした。2つの超音波振動を加えると、ひとつの超音波振動を加えた場合よりも引張残留応力が低減されることが明らかになった。また、超音波振動と振動数が部材の固有振動数に近い低周波振動を同時に加えながら溶接するとそれぞれの振動を単独で加えた場合よりも引張残留応力が低減されることが明らかになった。

薄板の突合せ溶接で超音波振動を加えながら表側と裏側を溶接した[25]。表側と裏側の両面で引張残留応力が低減されることが明らかになった。

金型の補修溶接を想定し、厚板の溝に沿って振動を加えながら溶接した[26]。超音波振動または低周波振動を加えながら溶接すると、引張残留応力が低減されることが明らかになった。引張残留応力の低減は振動による局部的な塑性変形によるものと考えられる。このことを考慮した力学モデルを用いたシミュレーションによって残留応力が低減されることを示した。

5. 振動を利用した積層材料の穴あけ加工

積層材料は軽量で強度が高いために多くの構造物に用いられている。積層材料は穴あけなどの二次的な加工をする必要がある。この際に積層面での剥離が生じて加工精度が悪化することがある。このことを防止するために超音波振動を加えながら穴あけをする方法を提案し、この有効性を検討した。

ドリルに超音波振動を加えながら切削する実験を行った。超音波振動を加えない定常切削の場合と比較すると、スラスト力とモーメントが低減され、切削初期では超音波振動切削の方が工具磨耗の進行が遅くなることが明らかになった[27]。さらに、切削距離が短い場合に表面粗さが改善されることが明らかになった[28]。

6. 摩擦軸受に関する研究

幅や奥行に対して高さのある屋内構造物は不安定で地震時に転倒しやすい。このような構造物の転倒を防止するために、摩擦軸受を4箇所を設置した免震装置を開発した。摩擦軸受は2枚の凹面板で楕円体または球を挟んだ構造になっている。

模擬地震波を入力とし、楕円体を挟んだ摩擦軸受を用いた場合の免震装置上の応答を測定した[30][32]。その結果、入力と比較して免震装置上の最大応答が低減され、自乗平均値も小さくなることが明らかになった。球体をゴムで挟んだ構造の摩擦軸受を用いた場合についても入力と比較して免震装置上の最大応答が低減され、自乗平均値も小さくなることが明らかになった[29-32]。この免震装置上にコンピュータラック[29][30][32]、事務用棚[29][31][32]、花瓶[31]を載せた場合に、これらが転倒しないことが明らかになった。さらに、免震装置をモデル化して、摩擦を考慮した不規則振動のシミュレーションにより、最大応答が低減される結果が得られた[30-32]。

楕円体のみ、球体のみを用いた摩擦軸受と両者を対角線上に配置した免震装置にコンピュータラックを載せ、実地震波を入力とする実験を行った。その結果、コンピュータラックは転倒せず、入力と比較して免震装置上の最大応答が低減され、自乗平均値も小さくなることが明

らかになった[33]。

7. オイルダンパに関する研究

2階建て住宅を対象に、地震時における倒壊を防止するためのオイルダンパの有効性について検討した。このダンパは住宅の基礎に設置し、連結棒を1階部の天井に結合させる構造になっている。

ダンパの内部に球形の物体が入っている球形ダンパ、円筒形の物体が入っている円筒形ダンパ、直方体の物体が入っている直方体ダンパを製作した。それぞれの物体の周囲はシリコンオイルで満たされている。地震時にそれぞれの物体がシリコンオイル内を移動して抵抗を受けることによって住宅の応答が低減される。

まず、球形ダンパおよび円筒形ダンパを2階建て住宅モデルに取付けて共振曲線を求めた。その結果、これらのダンパを用いると、1階部と2階部の1次振動および2次振動のピークが低減されることを明らかにした[34]。シリコンオイルの動粘度の影響についても検討した。また、直方体ダンパについても、球形ダンパおよび円筒形ダンパと同様に応答低減効果があることが明らかになった[35]。さらに、直方体およびダンパ内部に同じ極をもった磁石を取り付け、シリコンオイルの抵抗と磁石の反発力を利用した Magnet oil damper を開発した。このダンパによって、応答低減効果が增加することを明らかにした[36]。

これらのダンパを取付けた2階建て住宅をモデル化し、実地震波を用いた応答解析によって、ダンパを取付けることと最大応答が低減されることを明らかにした[34]-[36]。

8. その他

研究の一部を専攻科の特別研究として学生に分担させ、学会で発表させた[37][38][42][44][45][47][51][53][54][57][64][70][73][75][76][78][83][89][90]。その一部を国際会議で発表させた[34-36][77]。研究の一部を卒業研究として学生に分担させ、学会で発表させた[39-41][43][46][48-50][52][55][56][58-63][65-74][79-82][84-88]。この中には日本機械学会論文集に掲載されたものもある[20]。

9. 結言

5年間の研究成果をまとめた。これまでの研究に加えて新しいテーマにも取り組むことができた。今後はさらに研究を発展させるとともに、これまでの研究をまとめることもしたい。

参考文献

- [1] 青木繁, 5年間の研究成果, 東京都立工業高等専門学校研究報告, 28号, pp.1-6, 1993.
- [2] 青木繁, 5年間の研究成果(その2), 東京都立工業高等専門学校研究報告, 33号, pp.1-7, 1998.
- [3] 青木繁, 5年間の研究成果(その3), 東京都立工業高等専門学校研究報告, 38号, pp.1-6, 2003.
- [4] 青木繁, 5年間の研究成果(第4報), 東京都立産業技術高等専門学校研究紀要, 第2号, CD-ROM, 2008.
- [5] Aoki,S., An Estimation Method for First Excursion Probability of Secondary System with Friction Subjected to Seismic Loading, *Advances in Vibration Engineering*, Vol.6, No.3, pp. 267-280, 2007.
- [6] 青木繁, 地震動入力を受ける弾塑性特性をもつ構造物の最大応答を利用した初通過破壊確率の推定法, *数理科学論文集*, Vol.9, No.1, pp.3-8, 2007.
- [7] Aoki,S., Reliability of System with Hysteresis Loop Characteristic Subjected to Earthquake Excitations, *Transactions of ASME, Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol.131, No.3, pp. 041801-1-6, 2009.
- [8] Aoki,S., Estimation Method for First Excursion Probability of Secondary System with Friction and Gap Subjected to Seismic Loading, *JSME, Journal of System Design and Dynamics*, Vol.2, No.3, pp. 908-918, 2008.
- [9] Aoki,S., An Estimation Method for First Excursion Probability of Secondary System with Gap Subjected to Seismic Loading, *Advances in Vibration Engineering*, Vol.9, No.2, pp. 165-176, 2010.
- [10] Aoki,S. and Fukano,A., Simplified Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Random Response, *Proceedings of the Third Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM'07) and the Eleventh International Conference on the Enhancement and Promotion of Computational Methods in Engineering and Science (EPMESC XI)*, CD-ROM, 2007.
- [11] Aoki,S. and Fukano,A., Approximate Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Response of Secondary System, *Information*, Vol.12, No.1, pp. 65-70, 2009.
- [12] Aoki,S. and Fukano,A., Approximate Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Random Response, *Proceedings of the Tenth International Conference on Structural Safety and Reliability*, CD-ROM, pp.3645-3651, 2009.
- [13] 青木繁・深野あづさ, 非定常不規則振動応答の自乗平均値の積分値の近似計算法(地盤の振動特性を考慮した場合), *数理科学論文集*, Vol.11, No.1, pp.21-25, 2009.
- [14] 青木繁・深野あづさ, 非定常不規則振動応答の自乗平均値の積分値の近似計算法, *数理科学論文集*, Vol.11, No.1, pp.81-83, 2009.
- [15] Aoki,S. and Fukano,A., Simplified Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Seismic Response, *JSME, Journal of System Design and Dynamics*, Vol.4, No.1, pp. 200-210, 2010.
- [16] Aoki,S. and Fukano,A., Approximate Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Response, *Nuclear Engineering and Design*, No.240, pp. 899-904, 2010.
- [17] Aoki,S. and Fukano,A., Approximate Calculation Method for Integral of Mean Square Value of Nonstationary Response (Examination for Various Excitations), *Information*, Vol.13, No.3(A), pp. 557-560, 2010.
- [18] 深野あづさ・青木繁, 非定常不規則振動応答の自乗平均値の積分値の簡易計算法(付加構造物系への応用), *数理科学論文集*, Vol.12, No.2, pp.17-21, 2011.
- [19] 青木繁, 衝突振動における反発力のモデル化について, *数理科学論文集*, Vol.10, No.1, pp.27-31, 2008.
- [20] 青木繁・酒井康徳, 非対称履歴特性を有する連続体の定常衝突振動解析, *日本機械学会論文集(C編)*, 76巻, 767号, pp.1692-1699, 2010.
- [21] 青木繁, 衝突振動における反発力のモデル化について(三角形の履歴特性による検討), *数理科学論文集*, Vol.12, No.10, pp.3-7, 2010.
- [22] Aoki,S., Approximate Analytic Method of Piping Systems with Elasto-Plastic Damper, *Advances in Vibration Engineering*, Vol.11, No.1, pp.1-14, 2012.
- [23] Aoki,S., Effect of Impact Vibration Absorber with Hysteresis Damping, *Advances in Vibration Engineering*, Vol.11, No.1, pp.15-25, 2012.
- [24] Aoki,S., Nishimura,T., Hiroi,T. and Hirai,S., Effect of Vibrations with Different Frequencies on Reduction of Residual Stress of Welded Joint, *JSME, Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, Vol.2, No.4, pp. 428-436, 2008.
- [25] Aoki,S., Nishimura,T., Hiroi,T. and Hirai,S., Reduction of Residual Stress of Welded Joint Using Ultrasonic Vibration, *Advances in Vibration Engineering*, Vol.7, No.2, pp.207-215, 2008.
- [26] Aoki,S., Nishimura,T., Hiroi,T., Kurita,K., Hirai,S. and Koshimizu,S., Analytical Method for Reduction of Residual Stress Using Low Frequency and Ultrasonic Vibrations, *Proceedings of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011*, No.11-203, CD-ROM, Paper No. OS14-1-1, 2011.
- [27] 青木繁・朝比奈奎一, 超音波振動ドリルを利用したFRP積層板の穴あけに関する研究(切削抵抗および表面粗さ), *日本機械学会東海支部第58期総会講演会講演論文集*, No.093-1, pp.253-254, 2009.
- [28] 青木繁・朝比奈奎一, 超音波振動ドリルを利用したFRP積層板の穴あけに関する研究, *日本機械学会関*

- 東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集, No.090-1, pp.319-320, 2009.
- [29] 青木繁・中西佑二・富永一利・大高武士・西村惟之・稲垣光義・金澤光雄, 摩擦軸受を用いた屋内設備の地震応答低減法, 第6回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム (JCOSSAR2007) 論文集, Vol.6, pp.539-544, 2007.
- [30] Aoki,S., Nakanishi,Y., Tominaga,K., Otaka,T., Nishimura, T., Inagaki,M., Kanazawa,M. and Kawaguchi,S., Reduction of Seismic Response of Mechanical System by Base Isolation System with Friction Bearing, Proceedings of 2007 ASME Pressure Vessels and Piping Division Conference, PVP2007-26302, pp.1-7, 2007.
- [31] Aoki,S., Nakanishi,Y., Nishimura,T., Tominaga,K., Inagaki, M., Otaka,T., Kanazawa,M. and Kawaguchi,S., Protection from Overturn of Furniture and Antique during Earthquake Excitation, Proceedings of Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, CD-ROM, pp.1-7, 2007.
- [32] Aoki,S., Nakanishi,Y., Tominaga,K., Otaka,T., Nishimura, T., Inagaki,M., Kanazawa,M. and Kawaguchi,S., Reduction of Seismic Response Using Friction Type Base Isolation System (Fundamental Experiment and Its Application), Proceedings of 12th Asia Pacific Vibration Conference, CD-ROM Paper No.41, pp.1-10, 2007.
- [33] 青木繁・栗田勝実・中西佑二・富永一利・金澤光雄, 摩擦軸受を用いた地震応答低減法 (模擬地震波と実地震波による検討), 構造物の安全性および信頼性に関する国内シンポジウム (JCOSSAR2011) 論文集, pp.119-120, 2011.
- [34] Aoki,S., Iwanami,K. and Sakakibara,K., Passive Control for Seismic Response of House with Oil Damper, Proceedings of SICE Annual Conference 2008 (International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology), CD-ROM, pp. 1733-1736, 2008.
- [35] Aoki,S., Kurita,K. and Yokoyama,Y., Reduction of Vibration of Structure Using Oil Damper (Examination from Simulation Method), Proceedings of the 10th International Conference on Motion and Vibration Control, CD-ROM Paper No. 1A13, pp.1-9, 2010.
- [36] Aoki,S., Kurita,K. and Shimizu,K., Development of Damper Using Oil and Magnet for Reduction of Seismic Response of Houses, Proceedings of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011, No.11-203, CD-ROM Paper No. 09-5-2, 2011.
- [37] 青木繁・岩浪孝一・榊原健人, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (円筒形ダンパおよび球形ダンパを用いた場合), 山梨講演会講演論文集, pp.215-216, 2007.
- [38] 青木繁・岩浪孝一・榊原健人, 地震応答低減のための住宅用オイルダンパ, 地震工学会・大会 - 2007 梗概集, pp.132-133, 2007.
- [39] 青木繁・長谷川収・成澤哲也・村上幸一・岡崎皓平, FRP 材料を用いた構造物の成形に関する研究 (製造法および振動特性), 日本機械学会関東支部第 14 期総会講演会講演論文集, No.080-1, pp.467-468, 2008.
- [40] 青木繁・岩浪孝一・関秀明, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (球形ダンパを用いた場合), 日本機械学会関東支部第 14 期総会講演会講演論文集, No.080-1, pp.471-472, 2008.
- [41] 青木繁・岩浪孝一・中島弘貴, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (四角形ダンパを用いた場合), 日本機械学会関東支部第 14 期総会講演会講演論文集, No.080-1, pp.473-474, 2008.
- [42] 青木繁・岩浪孝一・榊原健人, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (円筒形ダンパおよび球形ダンパのモデル化), 日本機械学会関東支部第 14 期総会講演会講演論文集, No.080-1, pp.475-476, 2008.
- [43] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・野村泰之, 超音波振動を利用した溶接残留応力の低減に関する研究 (溶接による検討), 日本機械学会関東支部第 14 期総会講演会講演論文集, No.080-1, pp.503-504, 2008.
- [44] 青木繁・岩浪孝一・榊原健人, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (種々の形状のダンパの比較), 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2008 講演論文集, No.08-14, CD-ROM 421, 2008.
- [45] 青木繁・岩浪孝一・榊原健人, オイルダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (種々の形状のダンパの比較), 山梨講演会講演論文集, pp.51-52, 2008.
- [46] 青木繁・酒井康徳, 片持ばりの衝突振動解析, 日本機械学会関東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集, No.090-1, pp.293-294, 2009.
- [47] 青木繁・榊原健人, オイルダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (シミュレーションによる検討), 日本機械学会関東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集, No.090-1, pp.305-306, 2009.
- [48] 青木繁・榊原健人・石渡和貴, ダンパによる構造物の振動低減に関する研究 (直方体・円筒形・球形ダンパを用いた場合の振幅依存性), 日本機械学会関東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集, No.090-1, pp.307-308, 2009.
- [49] 青木繁・村山祐樹, 超音波振動を利用した溶接残留応力の低減に関する研究 (溶接による検討), 日本機械学会関東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集, No.090-1, pp.317-318, 2009.
- [50] 青木繁・依田拓也, 超音波振動加振を利用した溶接

- 残留応力の低減（加熱装置による検討），日本機械学会関東支部総会第 15 期総会講演会講演論文集，No.090-1，pp.321-322，2009.
- [51] 青木繁・榊原健人，オイルダンパを用いた構造物の応答低減に関する研究，日本機械学会 2009 年度年次大会講演論文集(1)，No.09-1，pp.1-2，2009.
- [52] 青木繁・酒井康徳，連続体の衝突振動解析（第二報；フーリエ級数近似解の安定性について），日本機械学会関東支部ブロック合同講演会－2009－前橋講演論文集，No.090-3，pp.73-74，2009.
- [53] 青木繁・栗田勝実・横山雄紀，地震応答低減のための住宅用オイルダンパの開発（シミュレーションによる検討），日本機械学会関東支部ブロック合同講演会－2009－前橋講演論文集，No.090-3，pp.77-78，2009.
- [54] 青木繁・栗田勝実・横山雄紀，地震応答低減のための住宅用オイルダンパの開発，日本地震工学会 大会－2009 梗概集，pp.62-63，2009.
- [55] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・茅野創大，摩擦軸受を用いた地震応答低減法（重心位置による影響），日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.57-58，2010.
- [56] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・浜島啓介，摩擦軸受を用いた地震応答低減法（ベアリングの組み合わせによる影響），日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.59-60，2010.
- [57] 落合弘和・栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄，摩擦軸受を用いた地震応答低減法（振幅特性について），日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.61-62，2010.
- [58] 青木繁・栗田勝実・岡本浩平，住宅の地震応答低減のための球形ダンパの改良，日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.163-164，2010.
- [59] 青木繁・栗田勝実・磯田拓也，住宅の地震応答低減のための新しい装置の開発，日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.165-166，2010.
- [60] 栗田勝実・青木繁・沼田尚人，剛性変化がある構造物の振動特性に関する研究，日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.179-180，2010.
- [61] 栗田勝実・青木繁・山崎文靖，構造物の損傷検出に関する基礎研究（損傷を持つ部材の振動特性），日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.181-182，2010.
- [62] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・栗田勝実・越水重臣・岩淵龍司，低周波振動を利用した溶接残留応力の低減法，日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.491-492，2010.
- [63] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・栗田勝実・越水重臣・坂牧英人，超音波振動を利用した溶接残留応力の低減法，日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集，No.100-1，pp.493-494，2010.
- [64] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・大木聖洋，摩擦軸受を用いた地震応答低減装置の振動実験，第 13 回日本地震工学シンポジウム論文集，CD-ROM，pp.3719-3725，2010.
- [65] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・和田正文，摩擦軸受を用いた地震応答低減法（凹面板の曲率変化による影響），日本機械学会中国四国支部第 49 期総会講演会，No.115-1，pp.139-140，2011.
- [66] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・栗田勝実・越水重臣・田川貴康，低周波振動を利用した溶接残留応力の低減法（加振周波数の影響），日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.139-140，2011.
- [67] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・栗田勝実・越水重臣・細井大輔，超音波振動を用いた溶接残留応力の低減法（振動加速度の影響），日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.141-142，2011.
- [68] 青木繁・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・栗田勝実・越水重臣・岩淵龍司，振動を利用した溶接残留応力低減の統計的評価，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.143-144，2011.
- [69] 栗田勝実・青木繁・中村佑紀，損傷がある構造物の振動特性の把握とその評価，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.205-206，2011.
- [70] 青木繁・栗田勝実・横山雄紀，地震応答低減のための住宅用オイルダンパの開発，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.217-218，2011.
- [71] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・長井鴻紀，摩擦軸受を用いた小型地震低減装置の振動特性，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.219-220，2011.
- [72] 青木繁・栗田勝実・糸藤匠，建物の防振を目的としたオイルダンパに関する研究（実験及びシミュレーションによる検討），日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.227-228，2011.
- [73] 青木繁・栗田勝実・清水健一，オイルとマグネットを併用したダンパの開発，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.231-232，2011.
- [74] 青木繁・栗田勝実・橋野雄介，マグネットダンパによる建物の振動低減に関する研究，日本機械学会関東支部第 17 期総会講演会講演論文集，No.110-1，pp.

- 233-234, 2011.
- [75] 山崎文靖・栗田勝実・青木繁, 構造物の損傷検出に関する基礎研究(損傷を持つ部材の振動特性), 日本機械学会 2011 年度年次大会講演論文集, No.11-1, CD-ROM Paper No.G100034, 2011.
- [76] 青木繁・栗田勝実・清水健一, オイルとマグネットを併用したダンパの開発(シミュレーションによる検討), 日本機械学会 2011 年度年次大会講演論文集, No.11-1, CD-ROM Paper No.G100053, 2011.
- [77] Ohki,K., Kurita,K., Aoki,S., Nakanishi,Y., Tominaga,K. and Kanazawa,M., Vibration Analysis of Reduction for Seismic Response of System Using Friction Bearing, Proceedings of International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2011, No.11-203, CD-ROM Paper No. OS09-5-1, 2011
- [78] 大喜聖洋・栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・小川信行, 摩擦軸受を用いた地震応答低減装置の振動実験とその評価, 日本地震工学会・大会2011梗概集, pp.186-187, 2011.
- [79] 青木繁・栗田勝実・柳谷諒一, 小型マグネットダンパによる構造物の振動低減に関する研究, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.535-534, 2012.
- [80] 青木繁・栗田勝実・山内太恭, 小型球形ダンパによる構造物の振動低減に関する研究, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.537-538, 2012.
- [81] 青木繁・栗田勝実・清水健一, マグネットオイルダンパを用いた地震応答の低減, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.539-540, 2012.
- [82] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・墨野倉駿, 床面を対象とした免震装置の開発, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.541-542, 2012.
- [83] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・大喜聖洋, 摩擦軸受を用いた免震装置の開発(その1 転がり支承を用いた基本実験とその評価), 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.545-546, 2012.
- [84] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・毛塚幹人, 摩擦軸受を用いた免震装置の開発(その2 ベアリングにボールと円筒状スポンジを用いた場合の特性), 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.547-548, 2012.
- [85] 栗田勝実・青木繁・中西佑二・富永一利・金澤光雄・佐藤龍也, 摩擦軸受を用いた免震装置の開発(その3 ベアリングの形状が免震性能に与える影響), 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.549-550, 2012.
- [86] 栗田勝実・青木繁・藤本一輝, 強制振動を利用した損傷を持つ部材の振動特性に関する基礎研究, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.551-552, 2012.
- [87] 青木繁・栗田勝実・横尾佑史, 履歴特性をもつ構造物の吸収エネルギーの統計的特性, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.557-558, 2012.
- [88] 青木繁・栗田勝実・越水重臣・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・中村俊平, 2つの超音波振動を利用した溶接残留応力の低減, 日本機械学会関東支部第18期総会講演会講演論文集, No.120-1, pp.567-568, 2012.
- [89] 青木繁・栗田勝実・越水重臣・西村惟之・廣井徹磨・平井聖児・森直樹, 振動を利用した溶接残留応力の低減(薄板と厚板への影響), 日本機械学会関西支部第87期定時総会講演会講演論文集, No.124-1, p.8-14, 2012.
- [90] 中村佑紀・栗田勝実・青木繁・高橋正好・平井聖児, オゾンマイクロバブルによる半導体ウェハの洗浄, 日本機械学会関西支部第87期定時総会講演会講演論文集, No.124-1, p.12-26, 2012.