同志社大学工学部・機械系学科と 構造工学研究室

藤 井 透*・大 窪 和 也*

1. はじめに

同志社大学は、新島襄が明治初期に創設した英学校にその源を辿ることができる。創立者、新島襄は幕末アメリカで西洋的教育を受けた。科学技術に対する思い入れも強く、Bachelor of Scienceの学位も得た。そこで、同志社には明治期、ハリス理化学学校も創設され、創立当初から教育の中に科学技術を取り入れたいとする思いがあったものの経済的理由により、やがて理化学学校も閉鎖された。しかし、第二次世界大戦の最中、同志社に機械、電気、化学の3学科からなる専門学校が設立され、思いもかけず理工学教育が再開されることとなった。戦後、専門学校は新制大学の工学部に受け継がれた。その後、工学部には新たな学科が新設、改変されるとともに、大学院も設置された。現在、工学研究科：5専攻、学部7学科からなる。著者の所属する機械系学科は、機械システム工学科とエネルギー機械工学科の2学科から構成される。1学科の定員は約145人である。留年率が1/3を超えることもあって、機械系の学部生総数は約1300人を越す（過年度生を含む）。大学院には機械工学専攻があり、博士前期課程に約200人の学生が在籍している。しかし、教員数は26人で、大学院も入れると教員一人当たりの学生数は50人を超える。本学では基本的に講座制はとられていない。しかし、研究の継続性、装置の有効利用、研究室面積が少ないことから、最近はグループ制をとっている。

2. 研究室構成と研究体制

1999年4月から大窪和也助教授が加わり、構造工学研究室も教員二人の体制となった。2001年8月現在の研究室の構成は下記の通りである。

教授1、助教授1、博士前期課程：9(M2)、12(M1)、学部(4年)生：24、研修生(社会人)：2名(FEM修得および共同研究のため)

学生が大変多い私学では1テーマ/複数人で卒研を指導する場合も少なくない。しかし、構造工学研究室ではこれまで卒研も1テーマ/1学部生を原則としてきた。ただ、

卒研生の多くは修士学生とテーマを共有し、言わば大学院生とチームを組んで研究を進めている。院生が多いので、卒研生単独のテーマはわずかである。

大学院生とチームを組んでの卒業研究体制は、教員1人当たり多数の4年次生を受け入れることができるうまいシステムでもある。また、院生は指導力を養うことができる。一方、4年生は院生からきめ細かに実験の指導を受けることができる。しかし、このような形態で卒研指導を受ける学生には、主体性が損なわれる恐れもある。単に、大学院生の手足となる恐れがある。本研究室では、毎年3月に日本機械学会関西支部が主催する卒研講演会に全員発表することを義務付けている。これにより、学生の自主性と自立を促し、マスプロ教育の弊害が低減できる。講演会ではBest Presentation Awardsが与えられるが、当研究室はここ3年受賞者数でトップを誇っている。

3. 研究テーマとゼミ活動

本研究室では、ミクロからマクロまでの構造解析技術と関連付けて、以下の4つの分野で研究を進めている。

- (I) 高分子系複合材料(PMC)の応用と材料特性評価
- (II) 高分子系接着剤を用いた継手/構造物の破壊と耐久性
- (III) 伝動ベルトの動力伝達機構の解明と耐久性
- (IV) その他(構造解析に関すること)

IおよびIIの分野では、なぜ、どのように材料が破壊するのかを科学する立場から深く掘り下げる研究を進めるとともに、複合材料を用いた構造物、例えば、大型海洋構造

図1 Glass Mat/PPスタンパブルシートを用いた浮き桟橋

* Fujii, Tohru/Ohkubo, Kazuya
同志社大学工学部 機械系学科
京田辺市多々羅都谷 1-3 (〒610-0321)
2001.8.22 受理

物(図1)¹⁾、工作機械部品、自転車(図2)²⁾等の開発研究も行ってきた。一方、Ⅲの分野では、従来解明されていない自動車用ベルトの伝動機構を、独自の数値解析モデルや有限要素法を駆使して明らかにする研究を進めている。タイミングベルトやCVT(無段変速機)などで大きな成果を挙げている。Ⅳでは、学外の依頼に応じて構造解析にまつわる諸問題、例えばブレーキディスクの熱変形・応力解析や高度な実験技術を必要とする構造解析問題を研究している。

本年度～次年度に実施している研究テーマは以下の通りである。【 】内は研究費(一部補助を含む)の出所を示す。記載が無い場合は、学生納付金の一つである実験実習費で賄われる。

I. 高分子系複合材料の応用と材料特性評価

1) 環境に優しい複合材料の創生

- (a) 高強度竹繊維の抽出【文科省高度化推進：新技術開発研究】
- (b) 竹繊維強化複合材料の開発【同上】
- (c) 天然繊維強化複合材料の開発【文科省高度化推進：学術フロンティア事業プロジェクト】
- 2) CFRPの静的および疲労特性に及ぼす樹脂じん性の効果【学術フロンティア】(公的研究機関とも共同で研究)
- 3) 繊維強化複合材料(FRC)の機械的特性と繊維/樹脂界面強度の関係 ―天然繊維強化複合材料における最適表面処理―
- 4) CFRPの静的および疲労強度特性に及ぼす水の影響【文科省高度化推進：大学院重点化研究】
- 5) 極低温下でのGFRPの強度と耐久性【大学院重点化研究】
- 6) 開織カーボン繊維布を用いたCFRPの耐久性に関する研究(公的研究機関との共同研究)
- 7) 複合荷重下でのGFRPおよびCFRPの疲労破壊メカニズムの解明(引張り・圧縮/ねじり荷重下での強度)【同志社大学学術奨励金】
- 8) 高温耐熱フェノール樹脂複合材料の開発【受託研究】
- 9) CF/GFRP製パイプの過酷環境下における耐久性評価【奨学寄付】(共同研究)

Ⅱ. 接着継手・構造物の静的および疲労強度に関する研究

- 1) 接着界面の強度に及ぼす水の影響【科研費：基盤C】
- 2) 単純重ね合わせ継手におけるき裂の偏向について

図2 Air Bagを用いたRTM成形法により製作されたGFRPモノコックフレーム・ミニサイクル

3) 接着接合はく離技術の開発【受託研究】

- 4) フジツボの接着メカニズムの解明(他大学との共同研究予定)

Ⅲ. 自動車用伝動ベルトに関する研究

- 1) 金属Vベルトを用いた湿式自動車用CVT(無段変速機)の伝動メカニズムの解明と変速シミュレーション技術の確立【奨学寄付】(共同研究)
- 2) 乾式CVTの伝動機構に関する研究1：ベルトのマクロ特性評価とプリー中でのブロックの挙動解明【奨学寄付】(共同研究)
- 3) 乾式CVTの伝動機構に関する研究2：FEMによるベルトの伝動機構解析(共同研究：連携大学院客員教授指導)
- 4) 乾式CVTの伝動機構に関する研究3：ベルトの伝達効率解析(共同研究)

Ⅳ. その他

- 1) ブレーキ・ディスクの繰り返し熱疲労に関する研究【受託研究】(共同研究)
- 2) 同ディスクの鳴き低減技術開発(同上)
- 3) クラッチ用皿バネの非線形バネ特性に関する研究(共同研究)
- 4) 絵画のひび割れの特徴抽出と定量化(他大学との共同研究)
- 5) コラーゲン薄膜の強度に及ぼす要因に関する研究【奨学寄付】(共同研究)

本年度の研究費総額(各種補助金、受託費、奨学寄付金を含む)は、約3,500万円である。本年度はこれ以外に、大型装置購入として約2,500万円配分されている。

1990年以来修士課程学生には少なくとも一回、海外の国際会議での研究発表を義務付けている(図3)。これにより、国際的なコミュニケーションに英語の必要性を実感させるとともに、米国、ヨーロッパの幾つかの大学、研究機関を訪問させ、世界で通用する研究とはどういうものかを認識させることを試みている。これまで、40人を超える学生が国際会議で発表し、また、大学、自動車会社等を訪問してきた。多くの失敗を土産に帰国するが、彼らは異口同音に英語力、オリジナリティーに重点を置いた研究と

図3 FISITA 2000(自動車に関する世界最大の国際会議)で最優秀論文賞を受賞した修士学生(2000年6月)

それを強調して成果を説明する必要性を感じたようである。

4. 最近の研究成果の概要

これまでの構造工学研究室の研究成果の中、最近の主な成果を示す。

- (1) 組合せ応力下における FRC の変形と強度および耐久性について³⁾
 - ・引張り/せん断組合せ応力下での降伏と応力-ひずみ挙動および破壊、また、内部損傷蓄積に及ぼす負荷経路の影響
 - ・引張り/せん断組合せ応力下での疲労特性と損傷力学に基づく寿命予測
 - ・引張り/せん断組合せ疲労荷重下での応力-ひずみ挙動における特異な振る舞い。
- (2) 接着破面のフラクタル解析⁴⁾
- (3) 接着継手の繰り返し荷重下におけるき裂成長と 2 次き裂進展の存在の確認
- (4) 金属 V ベルトを用いた CVT の伝動機構解析

5. 産官学共同・受託研究概要

FRP 製軽量自転車の開発や浮き桟橋の開発などでは実用化、上市できた。CFRP を用いたボーリングバーでは、本学機械力学研究室も参加し、バーの(長さ/直径)>6 でもびびり振動を発生することなく旋削でき、従来のタンゲステンカーバイト製のボーリングバーに比べて高いびびり限界性能を有する製品を開発することができた(図 4)⁵⁾。企業との共同研究で得られた成果の中、知的所有権(特許)は共同で研究を進めている企業に還元している。これまで受託、共同研究先との連携で、10 数件の特許を出願している。直接製品開発とは異なるテーマのもとでの共同研究でも、材料、構造物の破壊や伝動メカニズムがわかることにより、新しい技術と製品開発につながる幾つかの特許を得ている。

6. おわりに

構造工学研究室は、FEM をはじめとする応力解析技術を基盤に、高度な実験技術と組み合わせて機械構造分野の諸問題を解決し得る能力を備えた人材を世に送り出し、社会に貢献したいと望んでいる。そのため、新人、中堅技術者の教育、研修(問題点解決能力の付与、向上:-FEM

図 4 高弾性一方向 CFRP を用いた高剛性・高減衰ボーリング・バー試作品

をはじめとする構造解析に関する高度な技術、知識ならびに基礎的、先端的な実験手法を取得一)も積極的に引き受けている。

参 考 文 献

- 1) Fujii, T., Hirose, K., Yamamoto, T. and Kuroda, S.: *J. of Advanced Materials (SAMPE)* Oct. Issue, 32(1996)
- 2) 藤井 透, 阿部 稔: 精密工学会誌, 64(2), 197 (1998)
- 3) 例えば, Amijima, S., Fujii, T. and Hamaguchi, M.: and: *COMPOSITES*, 22(4), 281 (1991)
- 4) 例えば, Naito, K. and Fujii, T.: *Int. J. Adhesion and Adhesive*, 15(3), 123 (1995)
- 5) Nagano, S., Koizumi, T., Tsujiuchi, N. and Fujii, T.: *Proc. Of the 27th Int. SAMPE Tech. Conf.*, 397 (1995)