T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on reinforcement mechanism of elastomer using butadiene rubber/resin composite
著者(和文)	高橋佑季
Author(English)	Yuki Takahashi
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11235号, 授与年月日:2019年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中嶋 健,宍戸 厚,川内 進,古屋 秀峰,扇澤 敏明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11235号, Conferred date:2019/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　　　　号		学位申請者氏名	高橋　佑季	
		氏　名	職　名		氏　名	職　名
論文審査 審 査 員	主査	中嶋　健	教授	審査員	古屋　秀峰	准教授
	審査員	宍戸　厚	教授			
		扇澤　敏明	教授			
		川内　進	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Study on reinforcement mechanism of elastomer using butadiene rubber/resin composite（ブタジエンゴム・樹脂複合体を用いたエラストマーの補強メカニズムの研究）」と題し、英語で書かれ、全８章で構成されている。

第１章「Introduction（序論）」では、ゴム産業の背景、ゴム補強の先行研究、本研究で用いるポリブタジエンおよびブタジエンゴム・樹脂複合体（VCR）について概説し、本研究の目的と意義について述べている。

第２章「Theory（理論）」では、過去に提唱されているゴムの補強に関する数々の理論について概説している。また、本研究の実験に用いるナノ触診 AFM について概説するにあたり、AFM の仕組み、ナノ触診のベースとなるフォースマップ測定、その解析に必要な接触力学モデルと JKR２点法について概説している。

第３章「Experiments（実験）」では、実験に用いるポリマー（ブタジエンゴム（BR）、VCR など）の合成手順、加硫シートを作製するための配合加工方法、各種分析とその使用条件について記載している。

第４章「Basic study of butadiene rubber/resin composite（ブタジエンゴム樹脂コンポジットの基礎研究）」では、VCR の合成について説明している。ブタジエン重合の２段反応として、先に BR を合成し、続いてシンジオタクチックポリブタジエン樹脂（SPB）を合成することで VCR を得ている。VCR は、機械的に SPB 粉末を BR に混合させたブレンド物やカーボンブラック（CB）充填 BR よりも引張弾性率に優れている。ナノ触診 AFM により VCR を観察したところ､弾性率の低い BR 相と弾性率の高い SPB 相の間に中間の弾性率を有する界面領域が 50 nm ほどの厚みで存在しているとともに、引張試験で得られたヤング率を、マトリクスと界面領域を合わせた領域の平均弾性率で説明できることを明らかにしている。

第５章「Observation of deformed samples（変形試料の観察）」では、応力歪み曲線で得られる VCR の高い引張弾性率の起源を探るべく、伸長状態の VCR および CB 充填 BR のナノ触診 AFM による観察をしている。伸長によって VCR では、SPB が伸長方向に配向し、SPB ドメインに沿って高応力を担うマトリクスが連続相となるネットワーク構造が形成されていることを明らかにした。一方、CB 充填 BR は CB 粒子をジャンクションとしてマトリクス全体に均一に応力がかかる構造を有しており、先行研究のモデルと一致した。さらに VCR および CB 充填 BR それぞれの補強モデルに当てはめた弾性率の変化量によって、引張試験で得られた応力歪み曲線を再現できることを明らかにしており、モデルの妥当性を示唆する結果を得ている。

第６章「Effect of cyclic deformation（繰返し変形の影響）」では、変形履歴を与えた際の VCR のモルフォロジーや弾性率分布の変化、古くから提唱されているマリンス効果がナノ構造に与える影響について精査している。実験の結果、繰返し歪み下でも SPB ネットワークは保持され、繰返し伸縮することが明らかになっている。また、マトリクスの弾性率が低下し、界面領域の面積が減少しており、この結果は先行研究の CB 充填ゴムの傾向と酷似したものである。その結果を反映し、2 回目以降の応力歪み曲線は、マトリクスの弾性率で説明できることを明らかにしている。一方、1 回目の応力歪み曲線における高い引張強度は、界面領域を介して SPB とマトリクスがネットワークとして連動することが重要であることを明らかにしている。

第７章「Improvement of VCR（VCR の改良）」では、VCR の改良を目的に、相溶化剤を含有するグラフト VCR を合成し、SPB ドメインの微細化に成功している。破断伸びが向上したものの、VCR 以上の高弾性率が得られなかったが、SPB が微細化し、界面領域の面積が増加したことで、接着性が向上し、かつサイズ効果で応力集中の抑制により破断伸びが向上している。一方、SPB が微細化することで VCR 特有の SPB のネットワークが形成できず､CB 充填系の補強構造に近づいたため、高強度が得られなかったと考察している。

第８章「Conclusion and future work（結論と今後の研究）」では、各章で得られた結果を総括し、今後の展望について述べている。

これを要するに本論文は、VCR で発現した優れた機械的性質を、ナノスケールでの定量的な計測によってそのメカニズムを追求し、さらにはゴムの補強メカニズムを理解するための新しい指針を初めて提供したものである。以上のように本研究は工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。