

建造物を地震から守る！

RINGFEDER® フリクシヨンスプリングが地震から建物を守ります

Partner for Performance
www.ringfeder.com



クリストチャーチ市での巨大地震

2011年にニュージーランドを襲った巨大地震は、第2の都市クリストチャーチ市に大きな損害をもたらしました。この巨大地震の前年、2010年9月4日に発生した地震とその後の余震が、特に都市中央部および東部エリアの建造物を弱体化させていた事もより被害を大きくしたとされています。

- 同市の中央ビジネス地区の75%以上のビルが致命的なダメージ
- 124kmの水道管と300kmの下水管が破壊
- 除去すべき液状化泥は50万トン
- 600kmの道路が深刻な破損
- 道路補修5万箇所
- 他の学校をシェアした学生は55%
- 36箇所あったホテルの中で、13のホテルは閉鎖
- 推定被害総額400億NZドル（約3兆円）
- 185人の犠牲者



推定被害総額400億NZ\$と復旧予算の配分

住居	50%
商業施設	25%
政府と自治体	15%
インフラ施設	10%

RINGFEDER® フリクションスプリングによる地震対策

全てのダメージを防げたとは言いきれませんが、画期的なエネルギー吸収体であるRINGFEDER®フリクションスプリングで対策していれば、2010年と2011年の大地震で受けた損傷の大半は避けられていたと思われます。この自然災害の経験から、ニュージーランドのTe Puni学生寮、One Market Laneの大型複合ビ

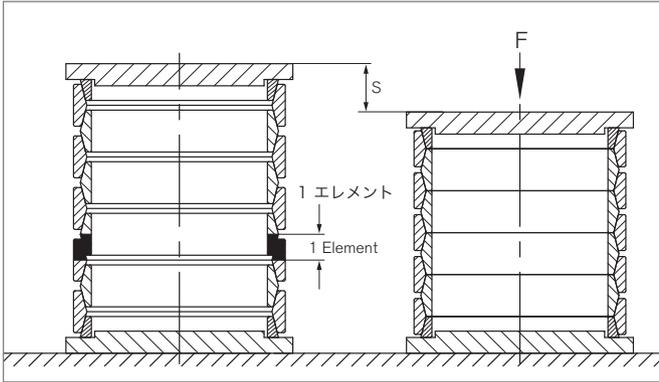
ル、さらにTait Communication Campusなどの建造物にはRINGFEDER®フリクションスプリングが装備されました。Te Puni 学生寮にいたっては、2013年7月21日に発生したマグニチュード (MMS)6.5と、余震のMMS5.8に見舞われましたが、建物は特段の損傷も受けずその効果を証明しました。



Te Puni 学生寮

RINGFEDER® フリクシヨンスプリングの構造と原理

RINGFEDER® フリクシヨンスプリングは外輪と内輪のテーパリングで構成され、それぞれの接触面はテーパ面で吻合しています。下の図面は負荷前と負荷後を表しています。軸方向からの外力が負荷されると外輪は拡大方向に、内輪は収縮方向に弾性変形します。負荷された外力の2/3はそれぞれのテーパ面で摩擦熱に轉換され、エネルギーを吸収することができます。



RINGFEDER® フリクシヨンスプリングの動作

垂直アプリケーション

図1と3：フリクシヨンスプリングのテーパ面に塗布されているグリースにもよりますが、入力されるエネルギーの最大66%を吸収することを示しています。

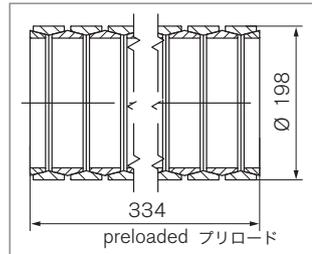


図1: フリクシヨンスプリングのタイプ20000で、8個の外輪と7個の内輪および2個のハーフ内輪で構成されたユニットのエネルギー吸収の図です。このユニットのセット長は334mmで、200kNのプリロードが負荷されています。最大ストロークは38mm、エネルギー吸収容量は13,400ジュール(J)です。最大6,000ジュールのエネルギーを吸収すべきアプリケーションに使用されました。

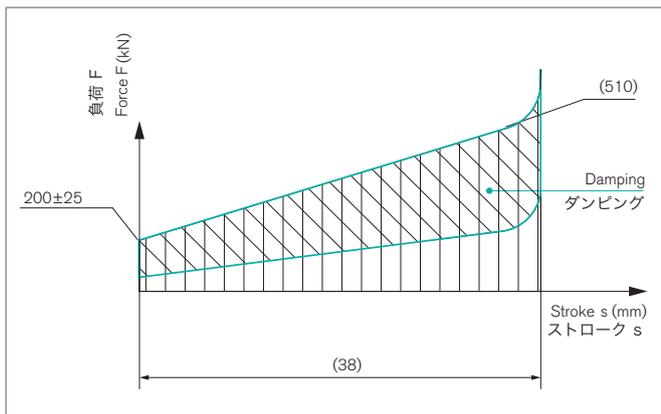


図1

図2: フリクシヨンスプリングが6,000ジュールのエネルギーが負荷され、21mm収縮したときの図です。その後原寸(セット長)に復帰するときに、負荷エネルギーの2/3に相当する4,000ジュールが熱エネルギーに轉換され、残りの2000ジュールが反力として戻ります。

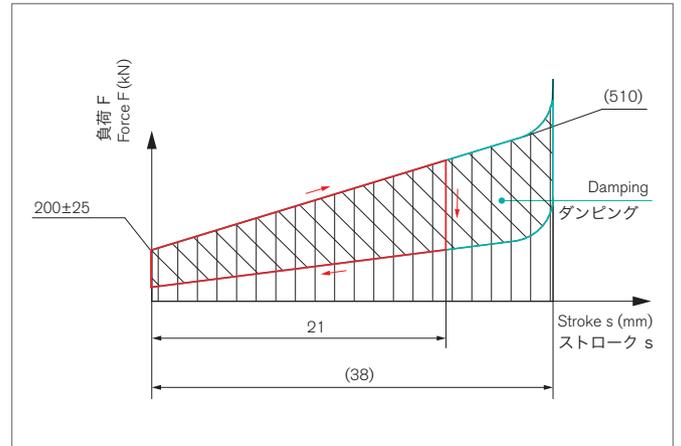


図2

図3: 残留した反力エネルギー2000ジュールがフリクシヨンスプリングに戻り、8.5mm圧縮させます。この8.5mmのストロークはフリクシヨンスプリングのユニット全体で行われ、バッファーとして機能し、全エネルギー6,000ジュールは完全に吸収されます。そしてフリクシヨンスプリングは元のセット長に復帰し、次のエネルギー吸収へのスタンバイ状態に戻ります。

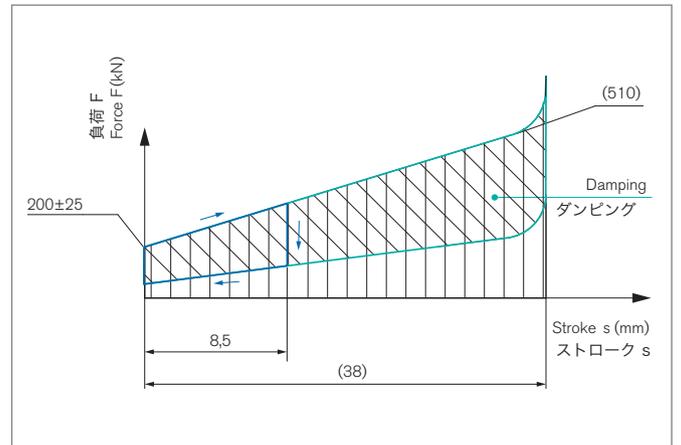


図3

RINGFEDER® フリクシヨンスプリングの利点

- 長寿命** – RINGFEDER®フリクシヨンスプリングは長寿命で繰り返し使用ができるよう設計されています。もし構成の一つが破損しても、わずかなバネストロークの減少とバネ定数の上昇が起こりますが、そのまま使用することは可能です。その際の最終的なダンピング性能は大きな影響を受けません。コイルスプリングや皿ばねの場合、破損した場合はバネとしての機能停止を招きます。

2. **ダンピング(緩衝)** – RINGFEDER® 純正のF-S1グリースを使用して頂ければ、フリクシヨンスプリングは入力エネルギーの2/3のダンピング効果を得ることができます。もしダンピング効果を低位にしたいときは、吸収量を1/3などにするカスタマイズも可能です。建物が耐震設計の場合、フリクシヨンスプリングで構造物の重量を支えるために、大きなプリロードをフリクシヨンスプリングに与える必要があります。

3. **火災と高温** – フリクシヨンスプリングは特別なバネ鋼製で、グリースで表面はコーティングされています。素材にゴムを使用するダンパー製のショックアブソーバーなどは、火災時、機能停止しますが、フリクシヨンスプリングは高温にも耐えることができ、またグリースの再塗布で再使用も可能です。



One Market Lane

4. **反力** – 使用目的に最適なフリクシヨンスプリングの反力を決定する場合は当社にご相談ください。摩擦係数の異なるグリースの選択、あるいは外径の変更、テーパ角度の変更などで最適なソリューションをご提案します。

5. **再利用** – フリクシヨンスプリングは地震発生後も繰り返し使用可能です。長い寿命を有し安定性を維持し、メンテナンスフリーです。

6. **スピード** – 他のいかなるスプリング方式より、負荷外力に対して迅速に作動します。

7. **スペース** – 与えられた容積の中で最大のエネルギーを吸収することができます。別の言い方をすれば、コンパクトながらも大きなエネルギーが吸収可能です。

これらすべての利点の本質：

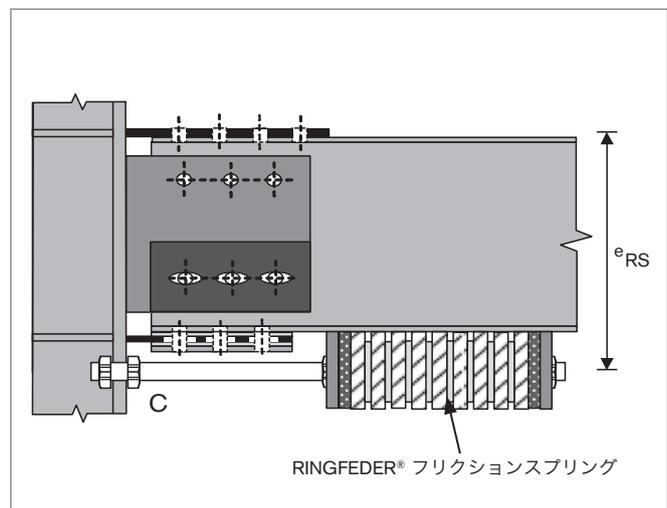
一度RINGFEDER®フリクシヨンスプリングを導入した建築物は、長期間その後のメンテナンスを考慮する必要はありません。世界各国のダンピング・テクノロジー分野のエキスパートが実証してくれています。



Tait Communication Campus

スライディングヒンジジョイント

スライディングヒンジジョイント(SHJ : sliding hinge joint)は最小限のダメージで大規模な非弾性回転を受けることができる柱梁接続で、関節の回転を可能にする非対称摩擦接続(AFCS : asymmetric friction connections)を介して構成されます。このSHJは接合強度と剛性力が独立した旧来の溶接接続より多くの利点を有しているため採用されています。またSHJのアドバンテージは容易に動的センタリング能力を改善し建設費を削減でき、さらに次の地震に備えてテンションボルトの交換が容易です。しかしSHJは1回の摺動負荷でその弾性力と剛性が失われます。そこで次世代用としてセルフセンタリング機能を有したSHJ(SCSHJ : self-centering SHJ)が開発され、そこにRINGFEDER®フリクシヨンスプリングが投入され、ジョイントの弾性強度と剛性さらにフレーム内に残留する応力の低減機能を追加し、次の地震に備える効果を追加しました。



セルフセンタリングスライディングヒンジジョイント (SCSHJ)

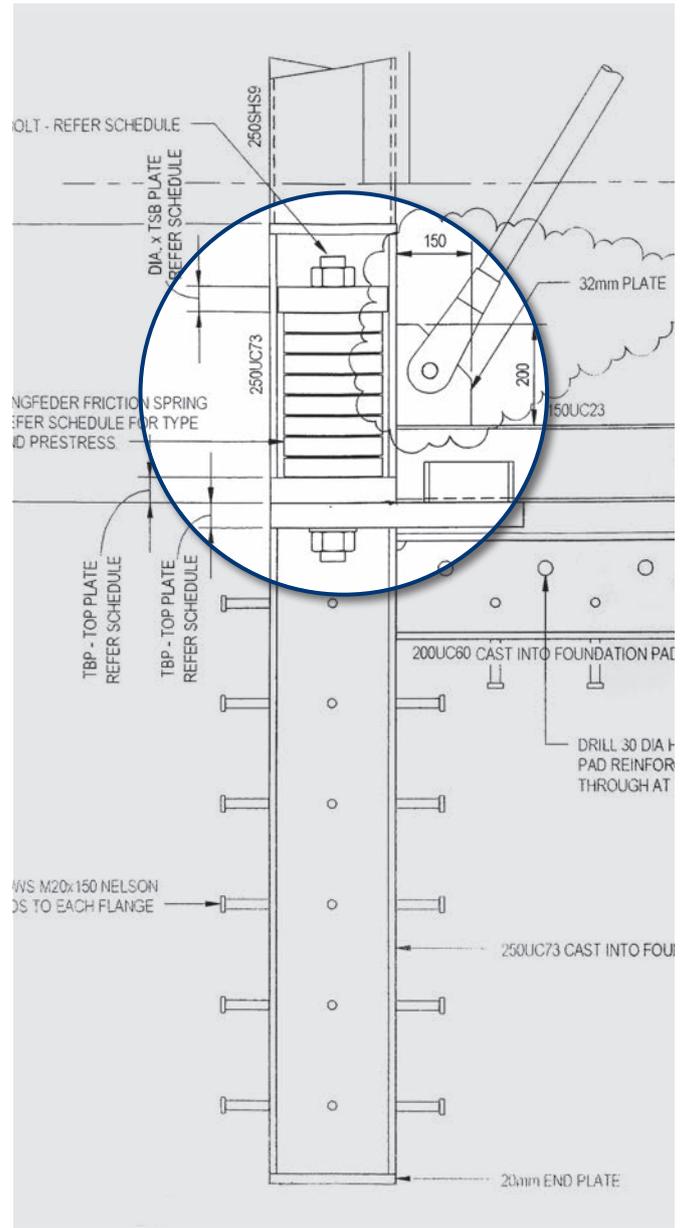
ビームは、回転点として機能する上部フランジ板を介してコラムに接続されている。AFCS(AFCs : Asymmetric Friction Connections)は、下フランジとウェブのボルトグループにインストールされています。接合部の特性はリングばねによって与えられるモーメント容量の割合を変えることによって変更することが可能です。このようにモーメント容量がAFCとの組み合わせであるリングばねとSCSHJ、AFCSのみによって開発された標準SHJ、フリクションスプリングジョイント(RSJ)に分類することができます。SCSHJを研究し、10階建てのフレーム上で分析した。25%の総ジョイントモーメント容量(PRS)の割合を持つフレームは、フレームのダイナミックリセントリング特性を開発する上で、その実行可能性を示す、0.2%以内の残留ドリフトを持っています。



Taranaki Street

大きなスプリングが建物の構造体をダメージから守ります

壁の垂直方向のコラムと対角へのブレースが採用されている鉄鋼フレームに、フリクションスプリングが搭載されています。ヨーロッパの鉄道で見る事の出来るバッファーのようなモノです。

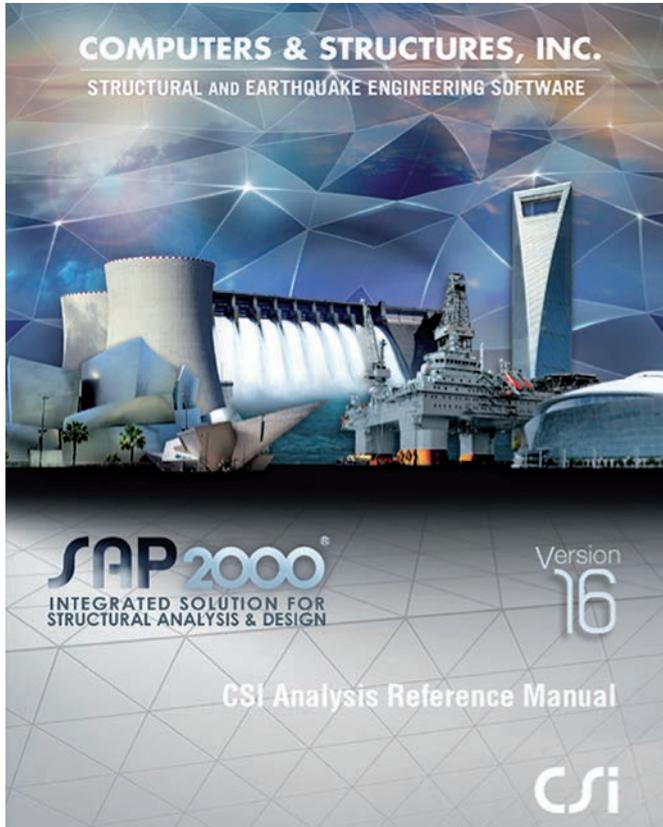


コラムベースにRINGFEDER®フリクションスプリングが採用されている図面

地震が発生した際に、これらのフリクションスプリングが建物へのダメージを防ぎます。コラム1個につき、ベース部に2~4個のスプリングが使用されています。スプリングサイズは色々に対応可能で、大きいモノではφ300mmの径や、高さ1,000mmのものもございます。ウェリントンや地震発生の可能性が高い都市では、今後も耐震性を高めた建物が建築されていくと思われます。

RINGFEDER® フリクシヨンスプリングの解析ソフトウェア

建築物の解析や設計において使用されるソフトウェア SAP2000® (Computers and Structures, Inc.(CSI)) 内にはフリクシヨンスプリングも入っております。構造物解析・設計ソフトのETABS® なども開発しているこのソフトウェア会社は、1975年に創業し、米カリフォルニアを拠点としています。このソフトは世界一高い超 高層ビルであるドバイのブルジュ・ハリファ建築でも使用されました。



ソフトウェアの使用方法

地震のエネルギー吸収体であるフリクシヨンスプリングを SAP2000®ソフトから、下記の順に選択します。

Define → Section properties → Link/Support Properties → Add New Property.

その後、下記の通り入力します。

トップダウンメニューから「Select Damper-Friction Spring」チェックボックス「U1」とNon-Linearにチェックを入れ、ボックス「Modify/Show for U1」をクリックします。もし「Non-Linear」にチェックを入れない場合はスクリーン2はスキップして下さい。

This is a screenshot of the 'Link/Support Property Data' dialog box in SAP2000. The 'Link/Support Type' is set to 'Damper - Friction Spring' and the 'Property Name' is 'LIN1'. There are input fields for 'Total Mass and Weight' (Mass, Weight, Rotational Inertia 1, 2, 3) and 'Factors For Line, Area and Solid Springs' (Property is Defined for This Length In a Line Spring, Property is Defined for This Area In Area and Solid Springs). A 'Directional Properties' section has checkboxes for U1, U2, U3, R1, R2, R3, with 'U1' checked. There are 'Fix All' and 'Clear All' buttons. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

ウィンドウ 1

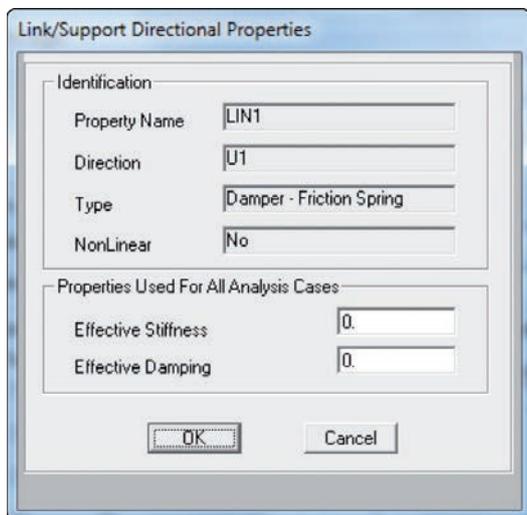
OKをクリックすると、次のウィンドウが開きます。ここで、選択したフリクシヨンスプリングのデータが入力可能です。「Damping」は66%、「standard F-S1 grease」で設定します。

This is a screenshot of the 'Link/Support Directional Properties' dialog box. The 'Identification' section shows 'Property Name' as 'LIN2', 'Direction' as 'U1', 'Type' as 'Damper - Friction Spring', and 'NonLinear' as 'Yes'. The 'Properties Used For Linear Analysis Cases' section has input fields for 'Effective Stiffness' and 'Effective Damping', both set to 0. The 'Properties Used For Nonlinear Analysis Cases' section has input fields for 'Initial (Nonslipping) Stiffness', 'Slipping Stiffness (Loading)', 'Slipping Stiffness (Unloading)', 'Precompression Displacement', and 'Stop Displacement', all set to 0. The 'Active Direction' is set to 'Compression'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

ウィンドウ 2

Attached Diagram with input values:

Effective Stiffness	= Input Spring Slope during the Loading Cycle (spring rate).
Effective Damping	= Input Damping = 66 for standard F-S1 grease.
Initial (Nonslipping) Stiffness	= Input Spring Slope during the Loading Cycle (spring rate).
Slipping Stiffness (Loading)	= Input Spring Slope During the loading Cycle.
Slipping Stiffness (Unloading)	= Input Spring Slope During the Unloading Cycle.
Precompression Displacement	= Input Preload Travel.
Stop Displacement	= Input Total Spring Travel minus Preload Travel.



ウィンドウ 3

このソフトウェアは、スチールフレームの必要な剛性に対して柔軟性も高めるために必要な計算の手助けになります。

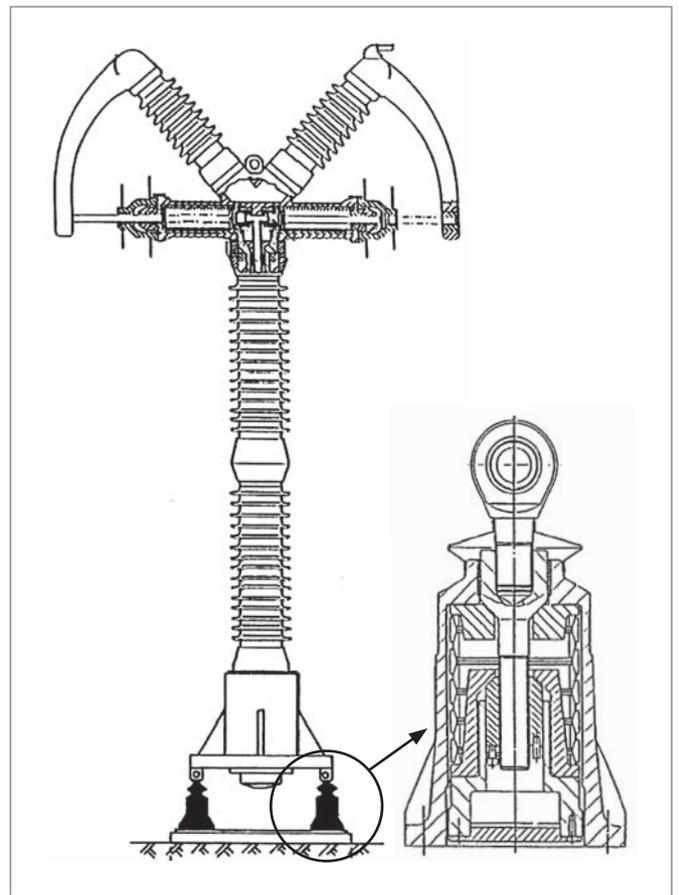
電気スイッチギヤの保護

地震が起こった際は、建物を守る以外にも電力の確保が重要です。警察、消防署、病院などへの電源供給が途絶えないようにする 必要があります。これに関してもRINGFEDER®フリクションスプリングは役立ちます。変電所やスイッチギヤ（遮断器・保護継電器）を地震から守るために、特別なタイプのダンパーを開発しました。新規設置の時に取り付けられるタイプと、旧来のモノにレトロフィットするタイプがあります。

レトロフィット（改造）タイプ

レトロフィット用はスイッチギヤのベースアンカープレートに取り付けるタイプになります。

新規設置タイプ



新規に設置するタイプは、上の図の右側拡大図にあるユニットをスイッチギヤのベースアンカープレートの下に配置します。どちらのタイプでもスイッチギヤを地面への直接固定ではなく、フロートした状態に出来ます。この構造が地震時に発生するショックから、スイッチギヤを保護してくれます。



RINGFEDER POWER TRANSMISSION GMBH

Werner-Heisenberg-Straße 18, D-64823 Groß-Umstadt, Germany · Phone: +49 (0) 6078 9385-0 · Fax: +49 (0) 6078 9385-100
 E-mail: sales.international@ringfeder.com

**竹田商事株式会社
 TAKEDA TRADE CO., LTD.**

大阪本社：530-6106 大阪市北区中之島 3-3-23
 TEL：06-6441-1503
 FAX：06-6441-1916
 東京営業所：110-0005 東京都台東区上野 5-6-10
 TEL：03-6806-0757
 FAX：03-6806-0764
 名古屋営業所：460-0008 名古屋市中区栄 1-22-16
 TEL：052-203-1103
 FAX：052-203-1104

<http://www.takeda-trade.co.jp>
mail@takeda-trade.co.jp

各種 RINGFEDER 社製品カタログは CD-ROM にて配布しております。詳しくは
 お問い合わせください。
 (Windows・Macintosh ハイブリッド)