

強大的疲勞分析工具

疲勞壽命發展

fe-safe™ 使用先進的臨界面多軸疲勞，且有內建的塑性模型，能夠事後處理來自彈性有限元素分析的結果。相關結果可以輪廓圖的方式呈現，顯示裂縫位置及疲勞壽命。

裂縫會成長嗎？

fe-safe™ 使用臨界面距離方法來檢查裂縫是否會成長。允許裂縫生成，但不成長到導致故障，如此便能容許較高的工作應力，並產生較輕且較有效率的設計。

哪裡可以節省材料？哪裡必須額外增加的材料？

fe-safe™ 計算可容許的應力或負載，以達到指定的使用壽命，這即是強度係數 (FOS)。

fe-safe™ 完全涵蓋負載或應力改變可能造成的任何塑性變化。

fe-safe™ 以輪廓圖來顯示在設計每個節點上，有多少部分超過強度或未達到強度。

這個設計有多可靠？

「保固要求」計算式結合了材料強度的變化以及負載的變化，以估算元件在任何使用期間後不發生裂縫的比例。計算的結果可用來讓組件的不同部位達到一致的可靠性。

強度係數 (FOS) 及存續或然率計算式可在單一次執行時，結合初始疲勞壽命計算式，這些計算式共同顯示設計應力裕度與元件可靠性之間的交互作用。

哪些負載造成疲勞破壞？

fe-safe™ 執行負載敏感度分析，顯示每個施加的負載的效應，結果可用來修正設計，並且設計和證實加速疲勞測試。

一旦確認臨界和非臨界的負載，便可去除不具代表性的測試，讓測試程式最佳化，並證實其有效性。

什麼原因造成疲勞裂縫？

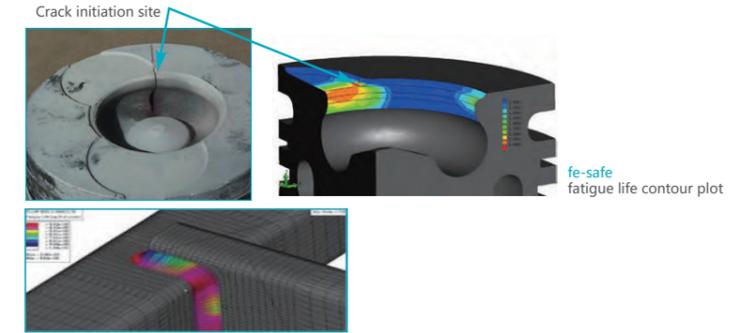
fe-safe™ 可提供熱點區域或者個別元素或節點的詳細結果、經計算的應力和應變之時間歷程、疲勞循環和破壞統計圖、Haigh 圖與 Smith 圖，以及其他許多可解釋疲勞壽命何以如此的圖形。



關鍵優勢—快速、準確、使用簡易

- 在模型上計算每個點的疲勞壽命，產生輪廓圖來揭示疲勞壽命及裂縫位置。臨界面位置不會遺漏。
- 判定必須改變多少應力，才能達到目標設計壽命，清楚顯示元件在何處受力，或何處可節省材料及重量。
- 根據故障或然率來估計保固要求曲線。
- 找出工作週期中的哪些部分最具有破壞性。在原型測試時，這可能表示測試時間較短，且執行次數較少。
- 可納入製造效應，例如來自壓印或塑形部位的殘餘應力，或鑄造和鍛造時的材料差異效應。
- 使用接觸疲勞演算法，自動偵測接觸。
- 不需特殊的網格切割 (meshing)。fe-safe™ 從一個標準的四面體網格 (free tet mesh) 開始運作，實體元素和殼元素可結合在同一個模型上。
- 使用 Verity® 結構應力方法，為焊接縫的疲勞壽命進行獨一無二的計算。

- 使用物理應用的多重連續技術 (Multi-Continuum Technology, MCT) 方法，為複合材料進行獨一無二的計算，這些方法可在 fe-safe/Composites™ 取得。
- 先進的多軸演算法是 fe-safe™ 的核心。
- fe-safe™ 有許多預設的設定，且會根據選擇的材料，自動挑選最適合的演算法。
- 標準分析可儲存，因此是非專業疲勞分析者最理想的工具。
- 高階使用者可對 fe-safe™ 做高度的配置。
- 介面採用直覺式、單螢幕、視窗應用的圖形使用者介面，可與領導的有限元素分析套件直接接合，例如 Abaqus、ANSYS、I-deas、Nastran (MSC、NEI、NX) 及 Pro/Mechanica 等。



功能

焊接縫疲勞

fe-safe™ 將 BS7608 分析納入為標準分析。其他 S-N 曲線可加入。也擁有 Battelle 公司開發的 Verity® 結構應力方法的獨家授權證照。Verity® 是由一個產業聯合小組所發展，其有效性已獲得超過 3500 次疲勞測試的證實，為結構焊、縫焊及點焊的分析帶來了更高度的準確性。

震動疲勞

fe-safe™ 包含強大的功能，可分析對施加負載有動態反應的彈性元件及結構，納入的分析方法包括穩態模態分析、隨機瞬時分析以及 PSD。

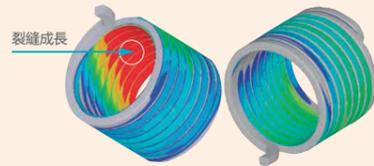
測試程序證實

有了 fe-safe™，使用者能夠創造加速的測試疲勞程式，並證實其有效性，確保臨界面疲勞區域與從完全使用負載獲得的區域是相同的。

fe-safe™ 也可找出疲勞壽命與疲勞破壞分佈的關聯性。

臨界面距離 - 裂縫會成長嗎？

臨界面距離方法使用來自有限元素分析的表面上應力，以獲得應力梯度的效應。fe-safe™ 會從有限元素模型讀取資料，這種方法可應用於單一節點、疲勞熱點或任何其他選擇的區域，包括整個模型。



屬性對應

鑄造或鍛造模擬所產生的結果可用來修改在每個有限元素節點的疲勞屬性。每個節點接著會在不同的材料資料下接受分析。使用中的溫度變化、多軸應力狀態以及殘餘應力等其他效應也可納入。

表面偵測

fe-safe™ 會自動偵測元件表面。使用者可選擇只分析表面，也可選擇分析整個模型。表面下的裂縫生成可被偵測，且表面處理的效應會受到考量。

表面接觸

表面接觸會自動被偵測出來。特殊的演算法會分析接觸應力的效應。這項功能已被用來支援設計，以及分析軌道車輪 / 鐵軌接觸。

向量圖

向量圖顯示在熱點或整個模型中每個節點的臨界面方向。每個向量的長度和顏色指出疲勞破壞的程度。

單工處理

fe-safe™ 已將許多特徵納入為標準功能，包括單工處理、負載歷史操縱、來自應變計的疲勞以及加速測試信號的產生等。

每個區塊的破壞

從多個測量或模擬的負載-時間歷程、動態反應分析、區塊負載程式以及設計負載頻譜，可創造複雜的負載歷程。可為每個區塊指定重複計數。fe-safe™ 也可匯出每個負載「區塊」的疲勞破壞。可清楚地顯示工作週期的哪些部分造成最多的疲勞破壞。重新設計可將焦點集中於這個

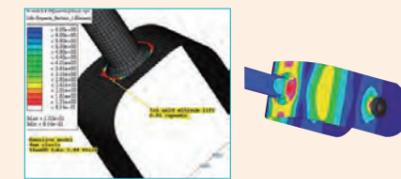
工作週期，且加速疲勞測試程式可以產生並受到有效性的證實。

熱點自動形成

fe-safe™ 會使用者定義或預設的標準，自動形成疲勞熱點。這些熱點可用於快速設計變更研究，以及設計敏感性分析。

材料資料庫

fe-safe™ 提供材料資料庫，使用者可加入自己的材料資料，並創造新的資料庫。材料資料可製成圖和表格。使用者也可以圖形方式來觀看溫度、應變率等的效應。



保固曲線

fe-safe™ 結合了材料疲勞強度的差異以及負載變化性，以計算一定範圍的使用壽命的存續或然率。

平行處理

平行處理功能被納入為標準功能 - 不需額外取得授權。

分散式處理

可透過網路或叢集利用分散式處理，提供線性可擴充性。支援 Windows、Linux 及 Unix 應用的混合網路。已納入節點下線後的故障 - 安全方法以及自動負載平衡。

結構最佳化

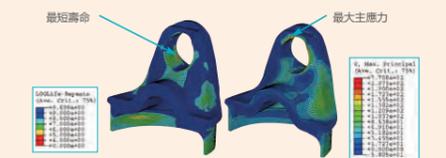
fe-safe™ 無縫地整合在 SIMULIA 的 Isight、ANSYS Workbench、FE-Design 的 TOSCA 以及 Altair 的 Optistruct 中，讓 fe-safe™ 完整的各種功能構成設計最佳化過程不可或缺的部分。

虛擬應變計

fe-safe™ 中可指定虛擬應變計 (單向應變計及三向應變計)，以便找出與測量資料的關聯性。fe-safe™ 可匯出計算出來的施加負載應變時間歷程。有限元素模型可藉由比較測量資料來證實。

製造效應

對成形或組裝過程或者冷軋或珠擊等表面處理進行彈塑性有限元素分析，所產生的結果可讀入 fe-safe™ 軟體，且相關效應可納入疲勞分析。估計的殘餘應力可針對模型各區域加以界定，以便進行快速的「敏感性」分析。



fe-safe™ 客製模組架構™

fe-safe™ 客製模組架構™ 讓使用者能夠創造並修正疲勞分析方法。客戶可創造並修正機密的演算法 (使用 Python、FORTRAN、C++ 及其他語言)。fe-safe™ 使用自己的強大疲勞負載功能來組合張量時間歷程，然後被傳送到客製疲勞演算法™。只要使用客製模組架構™，使用者自己的演算法可加入 fe-safe™ 提供的演算法，在 fe-safe™ 環境中無縫地操作。

fe-safe™ 可選擇的附加模組

焊接縫疲勞

Verity® in fe-safe™ 是Battelle公司開發的革命性新網格強化結構應力方法，工程師可使用這個軟體來預測故障位置，並計算焊接縫及焊接結構的疲勞壽命。

Safe Technology Limited 已廣泛地授權 Verity® 技術。這項技術是 fe-safe™ 的附加模組，焊接及非焊接的區域可在單一次操作中分析，並顯示為一張疲勞壽命輪廓圖。

safe4fatigue™

Safe Technology Limited 所驗證的單一處理套件fe-safe4fatigue™ 已納入為 fe-safe™ 的標準部分，功能包括振幅分析、雨流循環計算、PSD 與移轉功能、信號清理、數位濾波器、來自應變計的單軸與多軸疲勞、有操作循環省略準則的測試指令信號產生，以及錄製巨集。

使用軸對稱的疲勞分析

fe-safe/Rotate™ 利用軸對稱來加速旋轉元件的疲勞分析，適合用於輪子和軸承。

熱機械疲勞

fe-safe/TMF™ 使用來自彈性有限元素模型的瞬時溫度與應變率、體積應力鬆弛、以及應變老化效應，提供完整的熱機械疲勞分析。除此之外，fe-safe/TMF™ 已成功用於火塞、排氣歧管以及汽缸蓋。

潛變疲勞

fe-safe/TURBOlife™ 是與Serco Assurance 公司合作開發的軟體，可評估潛變破壞、疲勞破壞以及潛變與疲勞的交互作用。這個軟體是使用 R5 設計碼與核能產業合作開發的，已延伸納入多軸疲勞及複雜的負載歷史。也包括好幾個估計高溫材料屬性的方法，因此可以與稀有的材料資料集一併使用。同時潛變疲勞演算法已成功應用於燃氣輪機葉片、蒸汽輪機元件、排氣元件以及渦輪增壓器葉輪。

橡膠疲勞

fe-safe/Rubber™ 可評估潛變破壞、疲勞破壞以及潛變與疲勞的交互作用。這個軟體是使用 R5 設計碼與核能產業合作開發的，已延伸納入多軸疲勞及複雜的負載歷史。也包括好幾個估計高溫材料屬性的方法，因此可以與稀有的材料資料集一併使用。同時潛變疲勞演算法已成功應用於燃氣輪機葉片、蒸汽輪機元件、排氣元件以及渦輪增壓器葉輪。

- Finite Strains - Nonlinear Elasticity
- Strain Crystallisation
- Time Dependence
- Temperature Dependence
- Ozone Attack
- Mullins Effect
- Crack closure
- Fatigue Threshold
- Microstructural crack precursor size

各產業的應用

各產業的龍頭企業都使用 fe-safe™ 軟體，包括汽車、重型卡車、非公路車輛、海運、造船工業、鐵路工業、航太工業、國防、海岸工程、發電、風力能源、醫療工程、風力能源、石油與天然氣壓力容器、及其他許多產業。

fe-safe 超越金屬的全面性疲勞分析軟體

真正實現 CAE 分析、
疲勞試驗與疲勞設計於一體的高級結構
疲勞耐久性分析和信號處理專用軟體

