

**fe-safe**  
**超越金屬的全面性疲勞分析軟體**



## 準確性、快速、易用性

達梭系統的SIMULIA/fe-safe是第一個專注於現代多軸應變疲勞方法的商用疲勞分析軟體，使您能夠更佳量身定制和預測產品的壽命。

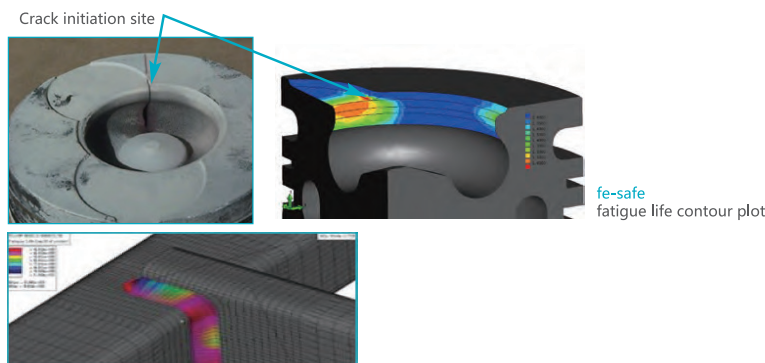
自1990年以來，fe-safe不斷與各行業合作，其功能已能夠滿足最苛刻的產業應用，包括已被汽車、卡車、非公路用車、海事、軍事、離岸、發電、風能、醫療工程等眾多行業的領先公司所使用。

fe-safe可分析金屬、橡膠、熱機電和潛變效果和焊接疲勞，無論使用者是否具備疲勞專業知識、分析模型有多複雜，都可以順利融入設計過程。fe-safe作為耐用性評估和預防故障的技術領導者，準確的測試結果也為疲勞分析設定基準指標。

## 關鍵優勢

fe-safe可與有限元素分析 (FEA) 套件直接接口，例如Abaqus、Ansys、I-Deas、Nastran (MSC, NEI, NX) 和Pro/Mechanica。介面採用直覺式單螢幕，基於Windows的圖形使用者介面所驅動。

- 優化設計以減少材料。
- 減少產品召回和保修費用。
- 優化與驗證設計和測試程序。
- 在單一用戶界面中改善測試和分析之間的關聯性。
- 減少原型測試時間。
- 加速分析時間，從而減少工時。
- 通過「第一次就成功」的產品設計測試，以提高對其產品質量的信心。



## 功能

### 焊接縫疲勞

#### Fatigue of Welded Joints

fe-safe標準化了BS7608分析，可以添加其他S-N曲線。fe-safe擁有Battelle公司開發的Verity結構應力方法的獨家許可。Verity是由產業聯合小組所開發，並經由超過3500次疲勞測試驗證，為結構焊縫、接縫焊縫、點焊的分析帶來了更高度的準確性。

### 振動疲勞

#### Vibration Fatigue

fe-safe其強大的功能，用於分析對施加負載有動態響應的彈性元件和結構，隨機瞬態分析和PSD亦為囊括在內的分析方法。

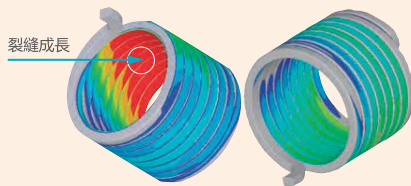
### 測試程序確效

#### Test Program Validation

fe-safe讓使用者得以創建加速的測試疲勞程序。並在fe-safe中進行驗證，以確保臨界疲勞區域與全部工作裝載中獲得的區域相同，也可找出疲勞壽命與疲勞損傷分佈的關聯性。

### 臨界距離 Critical Distance

臨界距離方法使用來自FEA的次表面應力來考慮應力梯度效應。根據fe-safe從有限元素模型中讀取的資料，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。



### 屬性映射 Property Mapping

鑄造或鍛造模擬的結果可用於變換每個有限元素節點的疲勞特性，接著使用不同的材料資料分析每個節點；運行中的溫度變化、多軸應力狀態、殘餘應力等其它效應也可納入。

### 表面檢測 Surface Detection

fe-safe 會自動檢測元件表面，使用者可選擇只分析表面、或者整個模型。次表面裂縫形成也可檢測到，並考量到表面處理的效應。

### 表面接觸 Surface Contact

表面接觸會被自動檢測出來。特殊演算法會分析接觸應力的效應。該功能已用於軸承設計，和鐵路的輪/軌觸點分析。

### 向量圖 Vector Plots

向量圖顯示熱點中每個節點或整個模型的臨界面方向；每個向量的長度和顏色指出疲勞損傷的程度。

### 信號處理 Signal Processing

信號處理、負載歷程操作，應變計疲勞和加速測試信號的生成，是標準功能的一部份。

### 材料資料庫 Material Database

fe-safe提供材料資料庫，使用者可以添加自己的材料資料，並建立新資料庫。材料資料可製成圖和表格，也可以圖形方式看到溫度、應變率等的效應。





## 強大的疲勞分析工具

### 疲勞壽命發展

fe-safe使用內建塑性模型的進階臨界面多軸疲勞，後處理彈性FEA的結果；相關結果可以顯示為輪廓圖，顯示裂紋位置和疲勞壽命。

### 裂縫會成長嗎？

fe-safe使用臨界距離方法檢查裂縫是否會擴散。允許裂縫生成但不進一步擴散導致故障，可容許更高的工作應力，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計算容許應力或負載，以達到指定的使用壽命。即為強度係數（FOS）。

fe-safe充分涵蓋負載或應力改變引起的塑性變化。

fe-safe以輪廓圖顯示每個節點設計有多少部份超過或不足強度。

### 設計是否可靠？

「保修要求」計算將材料強度和負載的變異性結合起來，估算元件在使用期間後未發生裂縫的比例。

其計算結果可用於在元件的不同部份實現一致的可靠性。

強度係數（FOS）及存續機率計算可與初始疲勞壽命計算合併在單一次執行中，這些計算同時顯示設計應力邊界和元件可靠性之間的相互作用。

### 哪些負載造成疲勞損傷？

fe-safe進行負載敏感度分析，以顯示每個施加的負載效應，結果可用來修改設計，並早日進行設計和驗證疲勞測試。

一旦確定了臨界和非臨界負載，可去除不具代表性的測試，並優化和驗證測試程序。

### 什麼原因造成疲勞裂縫？

fe-safe可提供熱點區域或個別元素或節點的詳細結果、經計算的應力和應變的時間歷程、疲勞週期和損傷長條圖、Haigh圖與Smith圖，及許多其他可解釋疲勞壽命原因的圖表。



### 每區塊折耗 Damage per block

從多個測量或模擬的加載歷程、動態響應分析、區塊加載程序和設計負載範圍的多個塊創建複雜的負載歷史記錄。可以指定每個塊的重複計數。fe-safe還會導出每個“負載區塊”的疲勞損害(例如，從車輛驗證地面上的每個道路表面或風力渦輪機上的每個風狀態)導出。這清楚地表明了那些負載區塊造成了最大疲勞的損害。重新設計可以專注於這個負載區塊，並且可以生成和驗證加速的疲勞測試程序。

### 結構最佳化 Structural Optimisation

fe-safe可無縫整合在SIMULIA的Isight和Tosca、Nastran、I-DEAS、Ansys Workbench中，以針對疲勞性能進行最佳化設計。

### 保修曲線 Warranty curve

fe-safe結合了材料疲勞強度的差異和負載變化性，以計算一定範圍的使用壽命的存續機率。

### 平行處理 Parallel Processing

平行處理已納入標準功能，不需要額外取得授權。

### 熱點自動形成 Automatic Hot-Spot Formation

fe-safe會根據使用者定義或預設標準自動識別疲勞熱點。熱點可用於快速設計變更研究和設計敏感度分析。

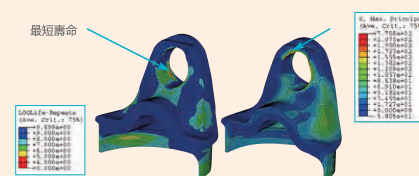
### 虛擬應變測量表 Virtual Strain Gauges

fe-safe中可指定虛擬應變測量表（單軸向應變計和三軸向應變計），以測量資料關聯性。並可針對所施加的負載導出應變歷程，並可通過與測量資料進行比較，來驗證有限元模型。

### 製造效應 Manufacturing Effects

對成型、或裝配過程、或冷軋、或表面處理（如冷軋或珠擊）進行彈性塑料有限元素分析，其結果可讀入fe-safe，且相關效應可納入疲勞分析。評估的殘餘應力也可以對模型區域加以界定，進行快速的「敏感度分析」。

最大主應力



### fe-safe 客製模塊架構 (CMF)

fe-safe自定義模塊框架允許用戶創建和修改疲勞分析方法。機密算法是使用C++ API在插件庫中創建的。使用自定義模塊框架，可以將算法添加到fe-safe提供的算法中，以在fe-safe環境中無縫操作。

fe-safe使用自己強大的疲勞裝載能力來組裝張量歷時，這些歷史記錄傳遞給了自定義疲勞算法。支持應力應變和溫度變化、逐節點材料屬性變化，及自定義有限元變量。用戶定義的材料屬性可以從材料資料庫中檢索。經過分析後，標準和用戶定義的輪廓，日誌和歷史記錄將返回到fe-safe，以利用其報告功能。同時也支援批處理和分佈式處理。

## fe-safe 求解器

### safe4fatigue (信號處理組件)

信號處理組件是一個整合系統，結合了強大的信號處理功能，包括用於振幅分析、頻率分析和數位濾波器的模組。可管理來自測量或模擬應變信號、曲線文件和週期長條圖的先進疲勞耐用性分析；結果可能採用週期損傷長條圖、週期損傷密度圖、循環應力-應變遲滯曲線，或疲勞損傷圖。

信號處理組件可在Windows和Linux平台上使用，包括許多常見資料庫系統和資料結構的介面。另外也可從fe-safe材料資料庫獲取資料；如只需要信號處理功能，信號處理組件可作為單獨模組。典型應用包括汽車和航空航太元件驗證、“道路負載”資料分析、聯網的疲勞損傷分析，加速原型測試和土木工程結構監測。

功能強大的巨集和批處理功能，使重複的任務和常規分析易於進行配置和運行。

### fe-safe/Rotate (旋轉機械疲勞)

fe-safe/Rotate透過利用其軸對稱來加速旋轉元件的疲勞分析，它從單一的靜態有限元分析來定義旋轉元件的加載。從單個負載步驟中，fe-safe/Rotate產生了一系列附加應力結果，就好像模型已經通過一系列不同方向的旋轉。

fe-safe/Rotate特別適用於完整模型表現軸對稱性，例如：輪子，軸承等。但當只有一部份模型顯示軸對稱的情況下，也能夠以常規方式分析模型的非軸對稱部份，例如：凸輪軸。

### fe-safe Component for Isight

Isight的fe-safe組件是一種附加功能，可將fe-safe插入現有的模擬工作流程或者自定義，由Isight進行後續分析（參數研究，DOE，優化等）。

Isight的fe-safe組件的功能包括：

- 支持來自Abaqus ODB文件的有限元解決方案。
- 數值參數的參數化分析，自動啟用DOE和待定義的優化過程。
- 外部操作字符串參數

## fe-safe 可選擇的附加模組

### fe-safe/TURBOLife (潛變疲勞)

fe-safe/TURBOLife與AMEC Foster Wheeler合作開發，用於評估潛變損傷、疲勞損傷、潛變與疲勞的相互作用。已成功應用於核電廠組件、發電站鍋爐、燃氣輪機葉片、蒸汽渦輪機組件，汽車排氣組件和渦輪增壓器葉輪。

此模組可與有限元模型資料一起使用，因此不可作為信號處理組件的擴充功能。

### Verity in fe-safe (焊接疲勞)

Verity in fe-safe由Battelle Institutel原創開發，獲得網格結構應力方法的專利，可預測故障位置並計算焊接縫和結構的疲勞壽命；其允許單個操作中分析焊接區域和非焊接區域，並顯示為單個疲勞壽命輪廓圖。

Verity in fe-safe可與有限元模型資料一起使用，因此它不可作為信號處理組件的擴充功能。

### fe-safe/Rubber (橡膠疲勞)

fe-safe/Rubber是一種用於模擬橡膠中疲勞裂縫成長的工具，可研究關於材料特性、組成幾何、負載歷程的疲勞壽命效應。該工具在複雜的負載歷程下運行，以計算在特定裂紋出現之前，可容許的加載歷程的重複應用次數。它還提供了有關組件內失效位置的詳細資訊，在給定位置出現裂紋的平面、失效平面上經歷的負載歷史，以及每個週期在負載歷程中各別造成的疲勞損傷。該工具包括一個預先設定的彈性材料資料庫，並提供用戶自定義的材料。

fe-safe/Rubber系統地處理了決定橡膠成分疲勞壽命的重要因素。它能夠解決以下因素：有限元應變、非線性應力應變行為，馬林斯效應（Mullins Effect）、非線性疲勞裂紋擴展行為（如臨界點，近斷裂效應），隨時間變化的裂縫成長（隨頻率變化、臭氧腐蝕）、溫度對疲勞性能的影響、應變誘導結晶的效應（鬆弛/非鬆弛應變歷程）、初始缺陷尺寸，裂縫成長的大小、受壓裂紋的閉合、同樣來自有限元模型的多軸應力應變狀態與變幅週期。

fe-safe/Rubber將Endurica疲勞求解器技術的功能和驗證深度，和fe-safe軟體的易用性相結合；Endurica專為彈性體開發，並針對廣泛的疲勞實驗進行了詳盡的驗證。該求解器整合了諸如臨界面分析、破壞力學和雨流量計數等程序，以提供一個完整的系統，能夠考慮非常複雜的工作週期，包括多軸負載和可變振幅。

