

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

應用 XML 技術於通用型有限元素後處理系統之發展研究

A Universal Post-Processor for Finite Element Computations Using XML Technique

計畫編號：NSC 89-2211-E-002-129

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：謝尚賢 國立台灣大學土木工程學系

計畫參與人員：薛格閔 國立台灣大學土木工程學系

蔡承恩 國立台灣大學土木工程學系

一、中文摘要

為解決有限元素分析軟體輸出檔案資料格式不一致，導致後處理軟體通用性降低之問題，本研究應用目前因全球資訊網之普及與蓬勃發展而崛起之延伸式標籤語言(eXtensible Markup Language, 簡稱XML)概念與相關技術，做為有限元素資料儲存與共享之機制。

本研究為了增加有限元素後處理軟體之再用性，將後處理系統設計成三個模組來實作，首先為資料轉換模組，負責將有限元素分析軟體輸出之文字檔案轉換成XML格式，接著為資料後處理模組將XML資料加以處理及進行插值運算，最後則是資料檢視模組以圖形化及視覺化之方式來繪製幾何模型及分析結果。此三個模組間之資料傳遞與溝通也都是以XML技術為基礎，所以可以彼此協調運作完成有限元素後處理之各項工作。

關鍵詞：延伸式標籤語言、有限元素後處理、有限元素分析

Abstract

The main objective of this research is to design a universal post-processor for FEA programs using XML (eXtensible Markup Language) technique. A prototype of the designed system has also been implemented to demonstrate and verify the proposed design. To increase the reusability of the post-processor developed, this research

divides the post-processor into three independent modules. The first one is the data translation module, which is responsible for translating ASCII files into XML format. The second one is the post-processing module that is in charge of the processing of XML data and numerical smoothing of FEA results. The last one is the visualization module that renders geometric model and analysis results by using graphics and visualization techniques. The data transfer and communication between these modules are based on XML technology and through XML files, so these modules can easily cooperate with each other to complete post-processing tasks.

Keywords: XML, Finite Element Post-Processing, Finite Element Analysis

二、緣由與目的

有限元素分析方法[1]之理論基礎已相當完備且有相當程度的標準化，在工程界的應用也已經相當的普遍。然而，在有限元素分析軟體的應用實務上，至今尚未有一套標準的有限元素資訊表達方式，可供不同應用軟體方便地交換與共享資訊。目前有限元素分析軟體所輸出的分析成果往往為文字檔，所以還需要發展一套後處理軟體來重建並顯示文字檔裡所描述的有限元素模型及其分析結果。雖然這些模型及分析結果不外乎是描述各元素的幾何與物理特性、各元素之關係、及各元素之行為反應（包括位移與應力應變等），但是不

同的分析軟體所使用的資訊表達方式與資料格式差異很大，使得後處理軟體皆是針對某一個特定之分析程式來量身訂作的，無法直接應用於處理其他之分析軟體所產生之分析結果。若要處理其他分析軟體所產生之分析結果，除了撰寫檔案格式轉換的程式，便是得修改軟體，增加一能讀寫其他分析軟體檔案之程式模組。不管是前述哪一種方法，當欲涵蓋之不同分析軟體數量增加時，甚至分析軟體之版本亦可能更新而修改其檔案格式，皆會使得後處理軟體之維護及擴充日益困難。

當然，若能統一有限元素軟體之資訊表達方式與檔案格式，應可解決前述之困境。然而，目前已有許多已發展多年之著名有限元素軟體（例如，ABAQUS、ANSYS、SAP2000 等等），要其放棄其使用多年之格式來遵循一新的統一格式，談何容易，加上標準格式之制訂本身牽涉之層面很廣，不僅常需時甚久，亦非個人或單一團體可輕易達到。因此，本研究並不朝這個方向努力，而是應用目前因全球資訊網之普及與蓬勃發展而崛起之延伸式標籤語言(eXtensible Markup Language，簡稱XML)[2]概念與相關技術，讓不同分析軟體之資料能夠包裝成標準格式(XFEML, eXtensible Finite Element Markup Language)，之後以此標準格式為基礎來開發一有限元素後處理軟體。

而為了讓各種分析軟體輸出資料能夠方便的轉換成為 XML 格式，本研究允許使用者利用 XML 語法來撰寫資料格式描述檔(XDFF, eXtensible Data Format File)，該檔案一方面描述了分析軟體之資料格式，另一方面則定義如何將文字資料包裝成 XML 格式，資料轉換模組透過定義檔的解讀可以自動將分析軟體檔案中各種有關有限元素後處理之資訊包裝成為本研究草擬的 XFEML 標準格式，之後使用者可以利用資料後處理模組與資料檢視模組以電腦繪圖與網頁瀏覽器來檢視有限元素分析結果。如此，便可達到讓後處理軟體不必因要處理其他分析軟體所產生之分析結果，或因分析軟體之檔案格式版本更新，而必須麻煩地修改擴充程式碼，只要簡單地增加或更新不同分析軟體所對應之定義檔便

可輕易達到目的。因此，後處理軟體之開發與維護便可專注於後處理功能之擴充，而不再需要花費許多心力於其與分析軟體之介面溝通上，且因後處理軟體之應用與服務對象不再侷限於特定之單一或少數有限元素分析軟體，其開發之相對成本降低而效益提高，應可為有限元素分析相關研究帶來相當不錯之貢獻與效益。

本研究計畫所欲應用 XML 及其相關技術於有限元素後處理領域之構想，目前仍未於國內外文獻中看到類似者，所以應可算是一個新的嘗試，有其應用上之創新性，雖然因此缺乏能直接參考之相關文獻，但因目前相關資訊技術皆已成熟且確實可行，因此並不構成問題。此外，雖然本研究將著重於設計開發通用型之有限元素後處理軟體技術，但相同之技術亦可應用於有限元素之前處理軟體與分析軟體上，甚或其他類似工程軟體上，故此技術之開發應有其普遍之應用性。至於在有限元素後處理軟體之功能與介面設計方面，則有相當多的國內外文獻可供參考（例如 [3][4] 等等）。

三、結果與討論

本研究首先要解決有限元素資料格式不一致的問題，於是提出一標準的資料格式架構 XFEML，如圖 1 所示，為了便於研究之進行，所以此架構目前僅包含有限元素必要之部分資料，如果要實際應用尚必須經過專家們的共同探討，再制定成標準的資料標籤與架構為佳。而將有限元素分析輸出之資料轉換成同樣的 XFEML 格式後的優點是，一方面可以增加後處理軟體對各種分析軟體之支援性，另一方面可以減少開發後處理軟體之複雜度。

在經過資料標準化後，本研究設計開發了三個模組來完成後處理的流程，分別對應到圖 2 中之三個方塊圖示。首先發展的是 XML Translator 模組，將分析軟體輸出之文字檔案，搭配上該類型格式的 XDFF 檔案轉換成 XML 之資料格式-XFEML，而 XDFF 之範例可參考圖 3。然後將後處理之工作集中於 FEM Post 模組來完成，而 FEM Post 模組會將 XFEML 之資料，經過插值

運算處理[1,5]與標籤轉換成為 LVGC 繪圖模組能夠解讀之格式-XVGML。最後 LVGC 模組按照 XVGML 裡包裝之資料自動繪製出幾何模型，並且藉由視覺化處理方式呈現分析資料之全貌，如圖 4 所示。

這三個模組之間也是因為使用 XML 技術來傳遞資料，才能彼此獨立運作，這也證明應用 XML 於軟體模組或元件開發上具有很好之潛力。另外藉由 ActiveX 技術使得本研究之模組能夠被重複利用，並且能與其它類型資料整合至網頁，讓使用者藉由網路來瀏覽分析結果，大幅提高軟體開發後之利用價值。

此外，藉由 XML 標籤自我描述之特性，可以讓許多資訊於本研究中之各模組共享，使得模組間之溝通更為容易，比如元素之幾何關係以及結點之空間座標資料，在每個模組的處理過程中可以一直保存下來。另外加上 XML 資料結構之彈性優點，讓模組之開發與資料定義能夠彼此不受影響，比如在設計 XVGML 時定義了許多控制繪圖功能之標籤，即使不是所有標籤都實作了對應之功能，也不會影響模組既有之繪圖功能。而且往後用來編輯 XML 資料之工具會越來越多，且介面也會更友善，使得軟體開發者不需要花許多心力在開發編輯資料之介面上，而能夠將資源用在開發軟體之功能面上。

四、計劃成果自評

本研究已圓滿達成計畫目標，並有多項相當不錯的研究成果。當初在提出此計畫時，主要是希望能將和 XML 相關之資訊技術應用於有限元素之資料儲存與共享，達到將資料標準化之目的，於是設計開發了資料轉換模組，此模組藉由外部輸入的資料格式描述檔案確實能將不同分析軟體之資料轉換包裝成一致的格式，在完成此一主要的目的後，反而衍生出繼續將 XML 技術應用在後續的資料處理以及電腦繪圖部分，於是完成了另外兩個模組，透過這三個模組運作才得以展示如圖 4 的成果，而這三個模組同樣都是以 XML 為資料輸出入的格式，使得開發出的模組具有良好的延續性，即使往後為了因應更多的需求

而更改了資料的格式，也不會影響到模組的正常運作，所以將 XML 技術應用於軟體開發是相當具有價值的。另外本研究亦嘗試將 XML 技術應用於模組功能的控制，藉由 XML 的標籤來控制模組運作時的參數，可以達成相當良好的效果，甚至經過良好的設計，可讓使用者依照需求來搭配不同控制單一功能之標籤來完成複雜的工作。

參考文獻

- [1] Cook, R. D., D. S. Malkus, and M. E. Plesha (1989). *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*, 3rd Ed., John Wiley & Sons, New York.
- [2] W3C (1999). "Extensible Markup Language (XML)," <http://www.w3.org/XML>。
- [3] Twu, M. J., and B. P. Wang (1992). "A New Method for Contour Plotting in Finite Element Analysis," *Computers and Structures*, Vol. 45, No. 5/6, 1097-1102.
- [4] Panthaki, M. J., J. F. Abel, and P. A. Wawrzynek (1989). "Graphical Post-processing for 3-D Mesh Quality Evaluation," *Engineering Computation*, Vol. 6, 25-34.
- [5] Hinton, E. and J. S. Campbell (1974). "Local and global smoothing of discontinuous finite element functions using a least squares method," *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, Vol. 8, 461-480.

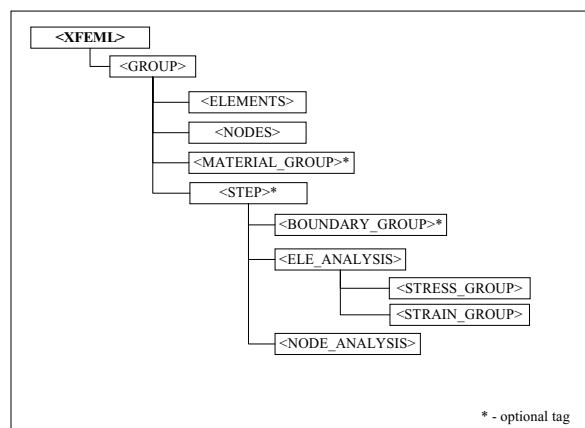


圖1 XFEML 之標籤主架構圖

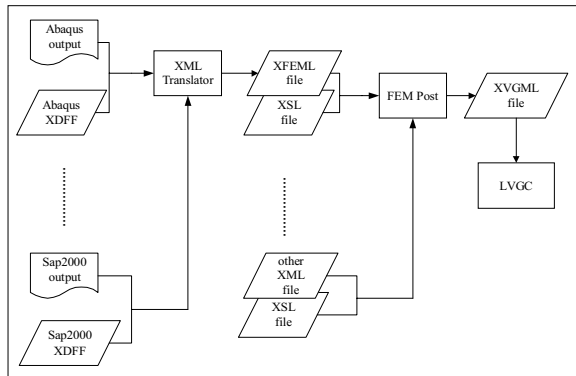


圖 2 有限元素後處理應用流程圖

```

- <NODES keyword="NODEDEFINITIONS" appear="Node">
- <POINT rownum="NumBlock" appear="Node">
  <ID entity="i4" appear="Attribute" />
  <X entity="r4" appear="Attribute" />
  <Y entity="r4" appear="Attribute" />
  <Z entity="r4" appear="Attribute" />
</POINT>
</NODES>
  
```

圖 3 結點資料區塊之 XDF 範例

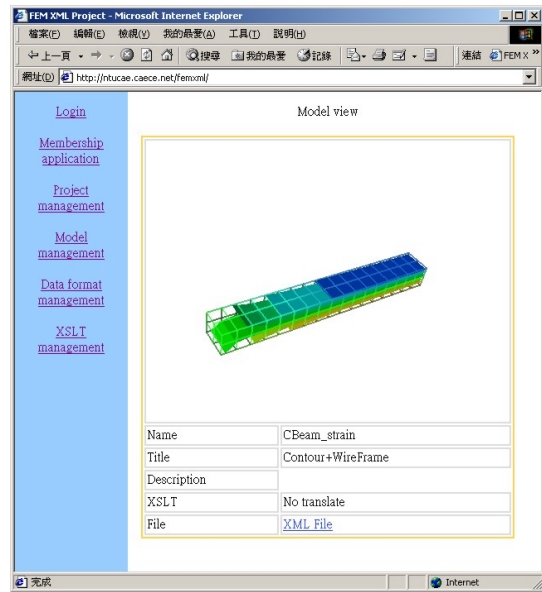


圖 4 懸臂樑經過 Color-Mapping 與 Contour 處理之效果