地工技術，第72期（民國88年4月）第89-90頁
SINO-GEOTECHNICS, NO.72 (.APR.,1999) PP.89-90

讀者回響

我們為什麼要發展土壤模式?

秦中天

土壤模式(Soil Model)，簡單的說，就是以一組關係式來描述土壤整個應力，應變和強度的行為。這組關係式基本上則是有其力學的依據，例如:彈性和塑性的理論。

過去大地工程分析往往要把問題簡化來處理。做穩定分析時，工程師假設土壤是到達了塑性的狀態;而計算變形的大小，則假設土壤是線彈性的。有了完整合理的土壤模式，我們可以全面的掌握土壤行為，對要解決的問題做出更可靠，更深入，更完整的分析。

土壤模式的發展應該溯源於1960年代劍橋大學Critical State Soil Mechanics的發展。在這個架構之下，劍橋的研究又很成功的根據彈塑性理論，以一組式子來描述土壤試驗所展現出來的行為，這就是著名的Cam Clay Model。後來為了改進預測的能力，又在1968年發展了Modified Cam Clay。今天實務界大部份用的土壤模式都是Modified Cam Clay;學術界用來發展新模式的也都是以Modified Cam Clay做基礎。1970年代開始，有更多的研究投注在土壤模式的發展上。尤其1970年代也是有限元素法快速發展的年代，因此土壤模式也在1970年代就被應用在解決實際的問題上，例如Wroth早在1975就以Modified Cam Clay進行I-95路堤沉陷的預測。1994年Prof。 Duncan在ICSMFE XIII報告中更指出:先進的土壤模式會在工程應用上日益普遍。

我們之所以需要建構在有限元素程式上的土壤模式，就是因為它幫助工程師合理的，完整的，深入的，有系統的解決大地工程的問題。說它合理，是因為它有力學的理論和土壤的行為做依據;說它完整，是因為它給我們每一個階段每一處土壤應力和應變的狀態;說它深入，是因為從它完整的資料中我們可以找出問題的機制和關鍵的參數;說它有系統，是因為它分析的程序是合乎邏輯，按部就班的。

我們看看國內一般是如何處理深開挖的問題:工程師先要假設主動被動土壓力的分佈，決定連續壁貫入深度;在黏土中，還要檢核隆起破壞的問題;然後再用一些程式(如RIDO，FREW)，計算連續壁的變形;再將這個變形，考慮連續壁的構築和抽水造成的壓密，去估算臨近地區的沉陷。我們想想這裡面有多少假設?而且有多少假設是互相矛盾而沒有依據的?深開挖時，兩側土壤分別到達了主動被動土壓力嗎?深開挖時，孔隙水壓如何變化?解壓時負的超額孔隙水壓消散，如何影響連續壁的變形?大家現在都知道遠處地表的沉陷和土壤勁度的非線性行為有密切的關係，分析時是如何考慮的呢?這裡面實在還有太多太多的問題!

當然國內現在處理一般深開挖的問題好像問題不大，但是我們的設計是最安全經濟的嗎?碰到特殊的複雜的深開挖問題，現在這套分析模式有把握嗎?我們使用先進的土壤模式，用有限元素法來

解問題，就可以得到很大的幫助。以深開挖為例，我們就看到了很多使用先進土壤模式的分析得到了非常令人鼓舞的成績!

那為什麼土壤模式在工程界用的這麼少呢?我認為要從事實上的困難和認知上的錯誤來探討。

事實上使用土壤模式是比較困難。工程師不只是找一個公式，代幾個數字。除了對有限元素程式要有些了解外，要有一些基本的力學觀念，這些知識其實是很重要而並不困難的。只是我們工程界因為時間和經費的限制，有時為了急於處理手邊的問題往往就找一些現成的公式，而沒有深究土壤的行為和力學的機制!所以，我們為什麼要發展土壤模式?一方面是提高解決問題的能力，另外一個重要的因素就是希望工程師把基本功夫練好-能有健全的力學觀念，能充分掌握土壤複雜的行為。

有些認知上的錯誤也應該澄清:

在80年代對於使用土壤模式一個很大的疑慮，就是模式複雜的程度超過了我們對土壤行為的了解。這個問題現在已經不存在了!因為這十多年來，土壤行為的研究有驚人的成績，例如:非均向性，剪應變速率，小應變的勁度等等研究。今後更一定會因為這些對土壤行為更深入的了解發展出更理想的土壤模式。

我們常碰到另一個疑慮就是土壤模式需要使用太多的參數。這也並不正確，大家想想Modified Cam Clay，用這麼少的參數就能描述這麼多土壤的特徵，實在是非常經濟，非常不容易。除了早年一些需要去描繪一些特定曲線的土壤模式(如Prevost早期的土壤模式)，現在土壤模式用的參數實在並不多。即使是為了更精確描述土壤行為而必須增加參數的數目，一般也都是在可控制的數目之內，而這些參數絕大多數都是可直接量測的-事實上，這也是推導土壤模式的精義!

還有一個常碰到的問題就是有人認為土壤模式需要的參數沒有物理意義，這其實並不正確。 大家要想想彈簧係數這樣一個完全無法由試驗決定，真正誤導工程師的參數是如何普遍的被使用在土壤結構互制的問題之中!今天的土壤模式參數，絕大多數都是可直接量測的，或許有極少數的參數要用參數分析決定，即使如此，這些參數仍都有其物理意義，都是在控制一些特定的土壤行為。相較於彈簧係數，這些參數的意義要明確具體的多!

土壤模式當然有其限制和問題，沒有一個土壤模式適用於所有的大地工程問題，也不是所有的大地工程問題都可以用土壤模式解決。只是這個方向是正確的，這方面的成果是可觀的，這個潮流是擋不住的!

我深切的盼望國內大地工程界的同仁一起來努力，學術界的朋友能在土壤行為的研究和土壤模式的發展上，更上層樓;實務界的朋友能夠更普遍的接受與應用土壤模式!讓我們一起往這個方向努力，全面的提升國內大地工程界的水準，走向二十一世紀!

後記:本文是日前與台灣科技大學劉泉枝先生討論其博士論文，重讀1994年Prof。 Andrew J。 Whittle 在

Whitman Symposium的Why We Need Improved Soil Models一文，有感而作。其中有許多是針對國內現象的感想，也有不少是與原作者有共同的看法。其原文更為嚴謹，也更需要一些土壤模式的背景，有心於這方面的朋友不妨再找來一讀。