

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی عمران
گرایش سازه

تحلیل دینامیکی گسترش ترک خوردگی سازه‌ها
به روش ترکیبی اجزاء محدود و المانهای مجزا
(*Combined Finite/Discrete Element Method*)

استاد راهنما : دکتر سهیل محمدی

نگارش : امیر حسین جواهری

تابستان ۱۳۸۰

تقدیم به پدر، مادر
و همسر
به پاس
لحظات سرشار از مهرشان
سخنان امید بخششان
کمک‌هایی بی دریغشان
وصبر و شکیباییشان

[به کسی که به شما نیکی می کند پاداش دهید و اگر نمی
توانید تشکر کنید که تشکر و سپاس خود نوعی پاداش است.]
رسول اکرم (ص)

با تشکر صمیمانه از

استاد گرامی جناب آقای دکتر

محمدی

به خاطر راهنماییهای ارزنده و زحمات فراوانشان

فهرست

۱	۱	مقدمه
۱	۱-۱	مقدمه
۲	۲-۱	فصل بندی پایان نامه
۴	۲	پلاستیسیته
۴	۱-۲	مقدمه
۷	۲-۲	معیارهای پلاستیسیته
۷	۱-۲-۲	معیار ترسکا
۷	۲-۲-۲	معیار فون میزس
۸	۳-۲-۲	معیار رانکین
۱۰	۴-۲-۲	معیار مور-کولمب
۱۱	۵-۲-۲	معیار دراکر-پراگر
۱۲	۳-۲	رفتار سخت شدگی
۱۳	۱-۳-۲	روابط ساختاری
۱۵	۴-۲	رفتار نرم شدگی
۱۵	۱-۴-۲	فرمول بندی روابط در فضای کرنش
۱۸	۵-۲	الگوریتم تغییرات تنش در هر مرحله از بار گذاری
۲۲	۳	مکانیک شکست
۲۲	۱-۳	مقدمه
۲۳	۲-۳	روش گریفیث
۲۵	۳-۳	مودهای شکست در نوک ترک
۲۷	۴-۳	بررسی ناحیه پلاستیک نوک ترک
۲۷	۱-۴-۳	ناحیه پلاستیک با معیار فون میزس
۲۸	۲-۴-۳	ناحیه پلاستیک طبق معیار ترسکا
۲۹	۵-۳	معیارهای رشد ترک

۲۹	..... مقدمه ۱-۵-۳
۳۱	..... معیار MTS ۲-۵-۳
۳۲	..... معیار M ۳-۵-۳
۳۳	..... معیار S ۴-۵-۳
۳۴	..... معیار T ۵-۵-۳
۳۵	..... ضرایب شدت تنش ۶-۳-۳
۳۵	..... بارگذاری یک محوری ۱-۶-۳
۳۶	..... برش خالص ۲-۶-۳
۳۶	..... بارگذاری دو محوری ۳-۶-۳
۳۶	..... مدل سازی سازه و نمایش ترک در آنالیز شکست ۷-۳-۳
۳۷	..... مدل ترک مجزا ۱-۷-۳
۳۷	..... مدل ترک پخشی ۲-۷-۳
۳۸	..... مدل های رفتاری و معیارهای گسترش ترک ۸-۳-۳
۳۸	..... معیارهای مبتنی بر مقاومت ۱-۸-۳
۳۹	..... معیارهای مکانیک شکست ۲-۸-۳
۳۹	..... مدل نرم شدگی کرنش ۳-۸-۳
۴۱	..... مودهای بالاتر شکست ۴-۸-۳

۴۲

۴ روش المانهای مجزا

۴۲	..... مقدمه ۱-۴
۴۳	..... آشکار سازی تماس ۲-۴
۴۴	..... مختصات بر اساس تجزیه سلولی فضا ۱-۲-۴
۴۶	..... روش دودویی ۲-۲-۴
۴۷	..... روش آزمایش مستقیم ۳-۲-۴
۴۷	..... روش نشانه مستقیم ۴-۲-۴
۴۸	..... روش دودویی ترکیب شده با نشانه مستقیم ۵-۲-۴
۵۱	..... اندرکنش تماسی ۳-۴
۵۱	..... روشهای اعمال قید ۱-۳-۴
۵۱	..... روش پنالتی ۱-۱-۳-۴
۵۲	..... روش حداقل مربعات ۲-۱-۳-۴
۵۲	..... روش ضرائب لاگرانژ ۳-۱-۳-۴
۵۳	..... روش لاگرانژ پیچیده ۴-۱-۳-۴
۵۳	..... روش لاگرانژ افزایشی ۵-۱-۳-۴

۵۴ ۲-۳-۴- روش پینالیتی

۵۶

۵ مثالهای عددی

۵۶ ۱-۵- برخورد یک جسم صلب مربعی به یک تیر

۶۲ ۲-۵- میله‌ای بادوانتهای متحرک با سرعت ثابت

۶۸ ۳-۵- تکیه‌گاههای متحرک

۷۱ ۴-۵- ضربه یک جسم به یک تیر بتنی

۸۰ ۵-۵- برخورد یک میلهٔ مسی به یک دیوار صلب

۸۸

۶ نتایج

۸۸ ۱-۶- چکیده مطالب

۸۹ ۲-۶- پیشنهادات برای تحقیقات بعدی

۹۰

منابع

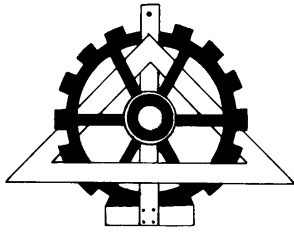
منابع

[۱] محمدی، س.، مکانیک تماس ، جزوه درسی ، ۱۳۷۹

- [2] S. Mohammadi , *Combined finite/discrete element analysis of impact loading of composite shells*, Ph.D. thesis, University of Wales Swansea, 1998.
- [3] A. Munjiza , *Discrete elements in transient dynamics of fractured media* , Ph.D.-thesis, University of Wales Swansea, 1992.
- [4] W.F. Chen and D.J. Han, *Plasticity for Structural Engineers* ,Springer-Verlag Inc., 1988.
- [5] D.R.J.Owen and E.Hinton, *Finite Elements in Plasticity* , Pineridge Press Ltd., Swansea, 1980.
- [6] H.L. Ewalds and R.J.H. Wanhill , *Fracture Mechanics* , Edward-Arnold Inc., 1991.
- [7] A.G. Atkins and Y.W. Mai, *Elastic and Plastic Fracture* , 1985.
- [8] K.J. Bathe, *Finite Element Procedure* , Prentic Hall , 1996.
- [9] S.M.A. Khan and M.K. Khraisheh, *Analysis of mixed mode crack initiation angles under various loading conditions* , Engineering Fracture Mechanics ,67: 397-419 , 2000.
- [10] A. Munjiza , K.R.F. Andrews and J.K. White , *Combined single and smeared crack model*, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 44:41-57, 1999.
- [11] G.T. Camacho and M. Ortiz , *Adaptive lagrangian modelling of ballistic penetration of metallic targets* , Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 142: 269 - 301, 1997 .
- [12] P.B. Lourenco , R.D. Borst and J.R. Rots , *A plane stress softening plastic model for orthotropic materials* , International Journal for Numerical Methods in Engineering, 40:4033-4057, 1997.

- [13] D. Peric and D.R.J. Owen, *Computational model for 3-D contact problems with friction based on the penalty method* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,35:1289-1309,1992.
- [14] A. Munjiza and K.R.F. Andrews,*Penalty function method for number of separate bodies*,International Journal for Numerical Methods in Engineering,49:1377-1396,2000.
- [15] S.P. Wang and E. Nakamachi , *The inside-outside contact search algorithm for finite element analysis* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,40:3665-3685,1997.
- [16] Z. Ren and N. Bicanic , *Simulation of progressive fracturing under dynamics loading conditions* , Communications in Numerical Methods in Engineering , 13: 127-138,1997.
- [17] Y. Mi. and M.A. Crisfield, *Analytical derivatatin of load /displacement relationship for the DCB and MMB and proof of the FEA formation* . IC-AERO report 97-02 ISSN 0308-7247, Aeronautics Department , Imperical College of Science , Technology and Medicine ,1996.
- [18] L. Jing , *Formulation of discontinuous deformation analysis (DDA) an implicit discrete element model for block system* , Engineering Geology,49:371-381,1998.
- [19] B.J. Carter , P.A. Wawrzynek and A.R. Ingraffea , *Automated 3-D crack growth simulation* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,47:229-253,2000.
- [20] K. Golos and B. Wasiluk,*Role of plastic zone in crack growth direction criterion under mixed mode loading*, International Journal of Fracture,105:341-353,2000.
- [21] J. Ozbolt and Z.P. Bazant , *Numerical smeared fracture analysis : Nonlocal microcrack interaction approach* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,39:635-661,1996.
- [22] J.G. Malone and N.L. Johnson , *A parallel finite element contact/Impact algorithm for non-linear explicit transient analysis: Part I -The search algorithm and contact mechanics* , International Journal for Numerical Methods in Engineering, 37:559-590,1994.
- [23] J.G. Malone and N.L. Johnson, *A parallel finite element contact/Impact algorithm for non-linear explicit transient analysis: Part II -Parallel implementation* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,37:591-603,1994.
- [24] Y.B. Bayram and H.F. Nied , *Enriched finite element-penalty function method for modelling interface cracks with contact* , Engineering Fracture Mechanics, 65 : 541-557,2000

- [25] J.O. Hallquist, J.L. Gondreau and D.J. Bendon, *Sliding interfaces with contact-impact in large-scale lagrangian computation* , Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering ,51:107-137,1985.
- [26] M. Cervera,E. Hinton and N. Bicanic , *Nonlinear transient dynamic analysis of three-dimensional reinforced concrete structures using a three-dimensional approach* , Numerical Methods for Transient and Coupled Problems Edited by R.W. Lewis and E. Hinton, John Wiley&Sons Ltd ,1987.
- [27] W.M. Wang, L.J. Sluys and R.De Borst, *Viscoplasticity for instabilities due to strain softening and strain-rate softening* , International Journal for Numerical Methods in Engineering,40:3834-3864,1997.
- [28] A. Munjiza , D.R.J. Owen and N. Bicanic , *A combined finite-discrete element method in transient dynamics of fracturing solids* , Engineering Computations , 12:145-174,1995.
- [29] W. Shen and C. Wu,*Computer simulation for damage-failure process of composite plate under high speed impact* , Engineering Fracture Mechanics, 42: 159-168,1992.
- [30] S. Mohammadi , D.R.J. Owen and D. Peric , *A combined finite/discrete element algorithm for delamination analysis of composites* , Finite Elements Analysis and Design,28:321-336,1998.



University of Tehran
Faculty of Engineering



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment
for Degree of Master of Science in
Civil Engineering – Structural Engineering

Dynamic Crack Propagation Analysis Using A Combined Finite/Discrete Element Method

Supervisor:
Dr. Soheil Mohammadi

By:
Amir Hosain Javaheri Kachusangi

October 2001