

ANDJELKA STANIĆ

METODE ZA PORUŠNO ANALIZO MASIVNIH KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

Doktorski seminar pred zagovorom doktorske disertacije

Doktorska disertacija obravnava: (i) metode za porušno analizo trdnih teles in konstrukcij, ter (ii) končne elemente z vgrajeno močno nezveznostjo za modeliranje materialne porušitve v kvazi-krkih 2d trdnih telesih.

Za porušno analizo smo najprej preučili konsistentno linearizirano metodo sledenja ravnotežne poti s kvadratno vezno enačbo (metoda krožnega loka). Metoda omogoča izračun analize nelinearnih modelov, ki imajo izrazito nelinearno ravnotežno pot. Kljub temu standardne metode sledenja poti lahko odpovedo, kadar analiziramo nelinearne probleme z lokalizirano materialno porušitvijo (mehčanje materiala). Zato smo izpeljali nove različice metode sledenja poti z drugimi veznimi enačbami, ki so bolj primerne za probleme z lokalizirano porušitvijo materiala. Ena različica temelji na adaptivni vezni enačbi, pri kateri vodimo izbrano prostostno stopnjo. Izkazalo se je, da je metoda relativno uspešna pri analizi problemov z materialnim mehčanjem, ki so modelirani s končnimi elementi z vgrajeno nezveznostjo. Druge različice temeljijo na kontroli plastične disipacije ali plastičnega dela v neelastičnem trdnem telesu ali konstrukciji. Upoštevana je tudi disipacija zaradi širjenja razpok v elementih z vgrajeno nezveznostjo. Prednosti in slabosti predstavljenih metod sledenja ravnotežnih poti z različnimi veznimi enačbami so predstavljeni na številnih numeričnih primerih.

Za modeliranje porušitve materiala v kvazi-krkih 2d trdnih telesih (npr. betonskih) smo izpeljali različne formulacije končnih elementov z vgrajeno močno nezveznostjo v pomikih. Obravnavane formulacije temeljijo bodisi (a) na klasičnem izoparametričnem četverokotnem končnem elementu bodisi (b) na četverokotnem končnem elementu, ki je izboljšan z nekompatibilnimi oblikami za pomike. Nastanek in širjenje razpoke opišemo tako, da kinematiko v elementu dopolnimo s štirimi osnovnimi oblikami širjenja razpoke in pripadajočimi kinematičnimi parametri. Interpolacijske funkcije, ki opisujejo izboljšano kinematiko, zajemajo skoke v pomikih vzdolž razpoke. Obravnavali smo dva načina izpeljave operatorjev, ki nastopajo v lokalni ravnotežni enačbi in povezujejo napetosti v končnem elementu z napetostmi na vgrajeni nezveznosti. Kriterij za vstavev nezveznosti (razpoke) temelji na kriteriju največje glavne napetosti in je primeren za krhke materiale. Normalne in tangentne kohezijske napetosti v razpoki opišemo z dvema nepovezanima, poškodbenima konstitutivnima zakonoma za mehčanje. Predlagamo novi algoritem za sledenje razpoki za izračun širjenja razpoke v mreži končnih elementov. Algoritem omogoča formacijo razpok v več končnih elementih v enem obtežnem koraku. Izračunali smo številne numerične primere, da bi ocenili delovanje izpeljanih formulacij četverokotnih končnih elementov z vgrajeno nezveznostjo in algoritma za sledenje razpoki kot tudi delovanje metod sledenja ravnotežnih poti.

V okviru doktorskega seminarja bo predstavljena metoda sledenja ravnotežne poti, ki temelji na adaptivni vezni enačbi z eno prostostno stopnjo. Predstavljene bodo tudi različne formulacije za četverokotni končni element z vgrajeno nezveznostjo. Na koncu bomo prikazali rezultate numeričnih primerov iz doktorske disertacije.