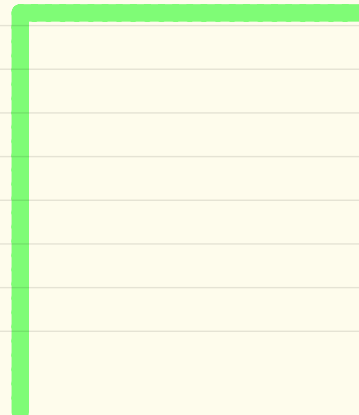


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

ضرب

جلد ۱۱



NON-Linear FEM - 2-3-6

آرکی رسته معادله دیفرانسیل غیرخطی به صورت زیر درآید

$$L(u) = P$$

$$L(u_i) = P_i \quad \text{for } i=1, \dots, N \quad (a)$$

$$L(u_1 + u_2) = L(u_1) + L(u_2)$$

بامیانده این معادله خطی تعریف می شود:

$$R_i(q_i) = L_i(q_i) - P_i \quad (b)$$

برای حل عددی خطی معادله ای ابتدا باید آن را خطی سازی کرد و سپس باردهی سعی و خطا (Iteration) آن را حل کرد.

A - خطی سازی (باردهی Newton-Raphson)

برای حل معادله (b) ابتدا حدسی برای تابع q می زنیم که طبیعتاً مقدار R برای آن منفی می شود. حال باید حدس جدیدی به گونه ای بزنیم که حدسی های جدید به سمت صفر شدن حرکت کنند. شماره هر حدس با Iteration I نشان

Iteration residual

می دانیم (اسپتیلور یا تعریف دیفرانسیل) (c)

$$R_i^{I+1} = R_i^I + dR_i^I \doteq 0$$

که در آن (d)

(جبرتانوری $\equiv k_{ij} dq_j$)

$$dR_i = \sum_{j=1}^N k_{ij} dq_j$$

(e) تانژانت تابع (سبب تابع)

$$k_{ij} = \frac{\partial R_i}{\partial q_j}$$

if $R_i^{I+1} \doteq 0 \xrightarrow{(c)} k_{ij} dq_j = -R_i$ ($[K]\{dq\} = \{F\}$)

حال این یک معادله خطی سازی شده است. یعنی یک معادله ماتریسی است که می توان

برامتی آن راحل کرد. $\left(\equiv -\frac{R}{K} \right)$ (سبب بقانونه)

$$\Rightarrow dq_j = -\frac{R_i}{k_{ij}}$$

Iteration - B

هدف از حل دسته معادله (a) یافتن مقادیر q_i است. برای این مقصود باید چند

می توان گفت:
(g)

$$q_i^{k+1} = q_i^k + d q_i^k$$

اما برای دقت بیشتر می توان بجای یامتی مقدار جدید برای q_i ها، میزان تغییراتشان را یافت:

$$\Delta q_i^{k+1} = \Delta q_i^k + d q_i^k$$

$$\xrightarrow{(f)} \Delta q_i^{k+1} = \Delta q_i^k - \frac{R}{k} \quad (h)$$

به هر صورت مقدار Iteration ها برای یامتی جواب درس در هر استپ زمانی در نرم افزارهای مدرک نشان داده می شوند.

2.4 . Temporal Integration (حل زمانی)

در معادلات وابسته به زمان، مشتق تابع بر حسب زمان دیده می شود. این مشتقات نسبت به زمان را با روشی Finite difference در زمان جایگزینی می کنند.

- Explicit Euler Forward: $\theta|_n = \frac{\theta_{n+1} - \theta_n}{\Delta t} \rightarrow \theta_{n+1} = \theta_n + \theta|_n \cdot \Delta t$

سرچ، Conditionally stable، limited time step، در مسائل دینامیکی کم مدت

زمان با آنکه این خیلی کوتاه است روشی سریع یا دقیق بهترین دهد. همچنین در مسائل غیر خطی کار را سخت تر

- Implicit Euler Backward: $\theta|_n = \frac{\theta_n - \theta_{n-1}}{\Delta t} \rightarrow \theta_{n+1} = \theta_n + \theta|_{n+1} \cdot \Delta t$

ضمنی، Unconditionally stable، large time step

سرعت جواب می دهد چون نامهارا بزرگتری توانیم بگیریم.

2-5 - رفتار مادہ

- EOS (Equation of State) رابطہ ترمو دینامیکی میں فشار، انرژن داخلی و کمپریسیبلٹی

- Strength معیارہ کشش و کرنش

- Failure خرابی و منہدم شدن در حلقے، گمانند آسیب
تقریب آتے نہ خرابی (امان راضعیت سے گندولی حذف نمی کنند)

- Erosion امان حذف شود

- Cutoffs سرحد ہمای عددی ہے۔ اگر مثلاً تقریباً شکل یا کرتی
از یک حدی بیشتر شد چون ردی عددی جواب نہیں دے
حل راضع میں کنند۔ هزینه حساباتی را کم می کنند۔

EOS - 2.5-1

معادله حالت معادله ای است که ارتباطی با پارامترهای ترمودینامیکی را مشخص می کند. قلمت سس همیدر ابع کد در این قلمت بکار می آید

یک نمونه ساده را قبلاً دیده بودیم:

$$PV = nRT \quad (\text{ideal gas}) \quad (a)$$

متغیرهای ترمودینامیکی مستقل: فشار، حجم ویژه، دما، آنترپی، آنتالپی، انرزی داخلی

و یا برای گازها:

$$PV^n = \text{cte}$$

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| linear / shock | - برای فولاد |
| Polynomial / shock | - برای آب |
| puff / porous | - مواد دوزار و متخلخل |
| ideal gas | - گاز ایده آل |

اسی

- مواد منفجرہ معمولی اجناسی

Lee-Tarver

- ملہ منفجرہ تریک با ضرب

powder Burn

- باروت

Compaction

- فوم

ortho

- مواد ارتروسیک

Strength - 2.5.2

معمده deviatoric تنش در این مقده به کار می آید. در مواد تراکم ناپذیر (تخلیل پلاستیک) از مقده volumetric مرتفعی گفته.

Elastic

visco elastic

(ضربه های سریع و پایه) (رزش کرنش در نظر گرفته می شود)

von Mises

پلاستیک معمولی بدون رزش کرنش

Johnson Cook فلزات با در نظر گرفتن رزش کرنش، پلاستیک و دما

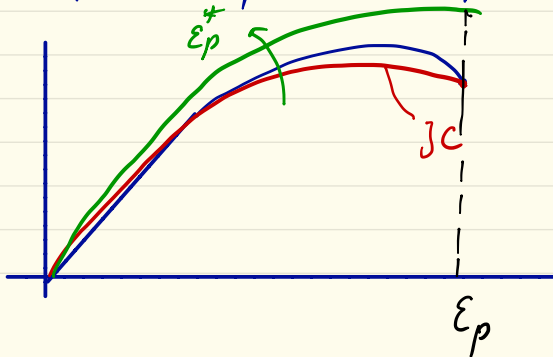
برای فولاد در مواد خردی خوب است.

$$S_y = [A + B \epsilon_p^n] [1 + c \ln \epsilon_p^*] [1 - T_H^m]$$

برای آلومینیوم خوب نیست

Strain rate : ϵ_p^*

مقدار الاستیک نزدیک به مقده



در بارگذاری دینامیکی که ماده تغییر شکل زیاد دارد و قسمتی از بیسی می‌رود این تخمین خوب مدلی می‌کند.

برای مواد مثل آلومینیم که حالت غیر خطی بیشتری نسبت به بزرگ گرتسی دارند Zerilli Armstrong -

Cowper symonds - رابطه قدیمی تری است. رابطه ساده تری دارد. (ص)

$$\sigma_y = (A + B \epsilon_{pl}^n) \left(1 + \left(\frac{\dot{\epsilon}_{pl}}{D}\right)^{1/4}\right)$$

دما در این مدل دخیل نیست در جایی که دما برای شما مهم نیست می‌تواند جایگزین Johnson Cook شود

- Von Mises پلاستیک بدون انرژخ کرنش

- Piecewise JC صورت نقاط منتهی را می‌گیرد.

- Steinberg-Guinan برای آلومینیم

مدول یا اند برشی را تصحیح می‌کنند و تست نلیم را هم تصحیح می‌کنند.

- Drucker-Prager برای خاک خوب است. مواد پودری مثل گلچمنه اصطلاحاتی

- Mo Granular برای مواد گرانولی، موادی که زینتر شده باشند (پودری ساخته شده اند)

برای ساس دنیستی و فشاراتش ^{فرايند ساخته} تيم تقويي کنه. (شس خيس، مين ها)

- Johnson - Holmquist برای سرامیک، زره ها، بدنه موکد، FGM

- RHT concrete برای مواد مختلف و موادی که تاخيس معتنه خيرهتنه و بعد از خلد

شدن تردی شوند. (بتن)

- Beam Resistance مدل برای تیرها

- Crushable Foam برای کرمی باکس های دارای فوم

- orthotropic Yeild ماده ای که در راستاهای مختلف تنش تيم مختلفي دارد
مثل کولار (امتار الاستیل قابل توجهی دارد)

- Hyperelastic برای مواد لاستیکی، رابطه تنسی دکرتسی براساس مشتق از زره
اس (Rubber) در رابطه مستقیم ندارد.

Neo-Hookean

Arruda-Boyce

mooney-Rivlin

ogden

چند نوع زیر مجموع دارد:

Yeoh

به همی خاطر عبورت مستقیم نمی توان به یک استراکچر تولید شده در نرم افزار نمی توان ساده Hyper تصنیعی داد.
بلکه باید بیرون می برنیم و بیادیم داخل نرم افزار.

- Bilinear Hardening

ممنی تست و کرنش عبورت دو خطی تعریف می شود

سلول

بیانگر زمانی است که سلول دچار خرابی می شود و خواص فیزیکی آن تضعیف می شود (مکانیک آسیب)

- Principle stress

- crack softening

در صورت ایجاد ترک حقیق در ماده عمل نمی شود
(Fracture mech.)

- orthotropic softening

مقادیر آستانه بعدی و برشی (کامپوزیت)

- Tsai-Hoffman-Hill

- Material stress

در دستگاه مادی (لاگرانژی)
(مکانیک آسیب)

$$S_{y \text{ dam}} = S_y (1-D)$$

- stochastic failure

ایجاد غیر ناملی در جسم بصورت رندوم

بیانگر شرایطی است که نرم افزار المان به همراه جرمش را حذف می کند.

- Failure

در این صورت نرم افزار هر شرایطی که در تعریف Failure بیان شده است را بران حذف المان در تعریف می کرد.

- Geometric Strain

گرنش به مقدار رسیدن المان حذف می شود

ریاوتها در اینجا عدم قطعیت دارند یعنی همه در عمل یک مقدار ثابت بران پارامترها اتفاق نمی افتد.

- Plastic Strain

گرنش پلاستیک به مقدار برسد