



LS DYNA

جلد سوم (۱)

www.A-Rahmati.ir

نرم افزار المان محدود دینامیک غیر خطی
FEM
متد پایه ها
که توسط تحلیل دینامیک اجزای مرده تحلیل های استاتیکی
و شبه استاتیکی هم قابل انجام است.

رفتار غیر خطی - سفت بارگذاری زیاد باشد.

که مدل رفتار ماده غیر خطی باشد.

ساده ترین حالت : از حالت الاستیک خارج و وارد حالت پلاستیک شود.

DYNA 3D → LS-DYNA 3D → LS-DYNA



مراجع آموزش
کتاب ها

(۱) مقدمه ای بر نرم افزار LS-DYNA با کاربرد صنایع دفاعی
نماد : دانشگاه مالک اشتر
مؤلف : مهندس حمید دربان

آموزش و روش مقدماتی نرم افزار FEM B ، شبیه سازی ضربه ، تقویت ، انحراف

(۲) آنالیز دینامیک غیر خطی در کمک نرم افزار LS-DYNA
نماد : فذک ایساتیس
مؤلف : دکتر مجید شهبوس - مهندس احمد رحمتی علایی

(۳) مقدمه ای بر مسائل کلاسیک ضربه با راهکارها در نرم افزار LS-DYNA
نماد : دانشگاه تربیت مدرس
مؤلف : دکتر سعید حسینی ، دکتر علاء الحسینی

روش LS-pre post 2.4 مسائل ضربه

فقط اپریتور نسبت و توضیح تئری و محکم هر سوال و معاینه نتیجه با نتایج تئری با Expome
ntal



توضیح راجع به وزن های نرم افزار

اصطلاحاً با Release (R) مشخص می شود

LS-DYNA	R	4.2	2.4	LS-prepost
"	R	6	3.2 *	پس و پس پردازشگر
"	R	7		"
"	R	8	4.3	"

LS-DYNA یک حلگر است یعنی یک کد عددی است که فایل یا مدل را می خواند یا خنیم به این کد می دهیم و برای ما Run می گیرد و نتایج را write می کند جزئیات در LS-DYNA ما مدل نفر کنیم و نتایج را نفر کنیم

LS-pre post پس و پس پردازشگر که وقتی نرم افزار LS-DYNA را نصب می کنیم به همراه آن نصب می شود و هم چنین می توانیم آن را به صورت جداگانه هم نصب کنیم. LS-pre post از ورژن 3.2 به بعد هیچ تغییراتی نگرفته اما 2.4 متفاوت است با LS-pre post 3.2 و LS-DYNA 6

FEM B → در ورژن های جدید یعنی R 6 کامل حذف شده و فقط LS-pre post را داریم. FEM B در ورژن 4.2 موجود است.

فقط Crack ورژن 4.2 را داریم و Crack ورژن 6 را نداریم در نتیجه از 3.2 LS-pre post استفاده می کنیم و Run را با R 4.2 می کنیم.

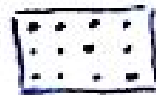
SPH : Smooth Particle Hydrodynamics

هیدرو دینامیک ذرات روان که با FEM مقابله است

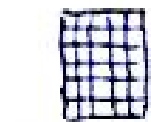


FEM : شبکه بندی یا منبسط بندی

SPH : به جای آنکه part را به صورت همان یا شبکه بسازیم به صورت نقطه
 در سازیم



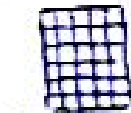
مثلاً در یک ضربه یا برخورد می توانیم هر دو part را با یک روش مدل کنیم.
 یا هر part را با یک روش مقابله که در این صورت می توانیم کوپل SPH و FEM



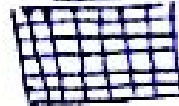
FEM



SPH



FEM



FEM

احمد رحمتی علایی

وب سایت



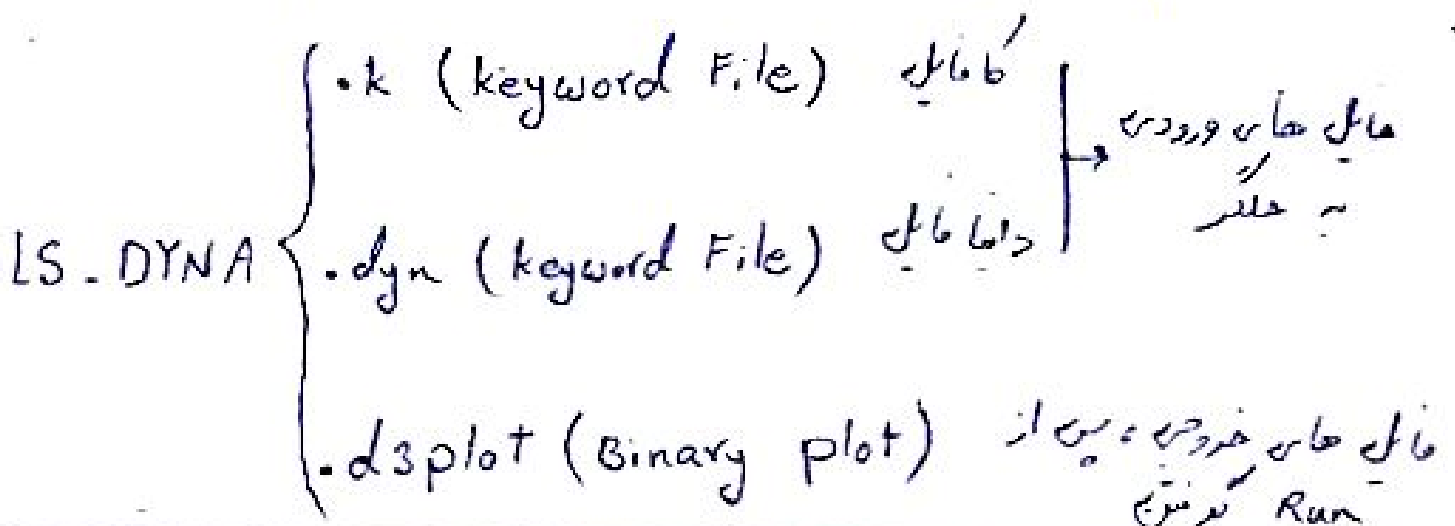
www.A-Rahmati.ir

lancemore.jp

انواع اینمیسین شبیه سازه LS-DYNA

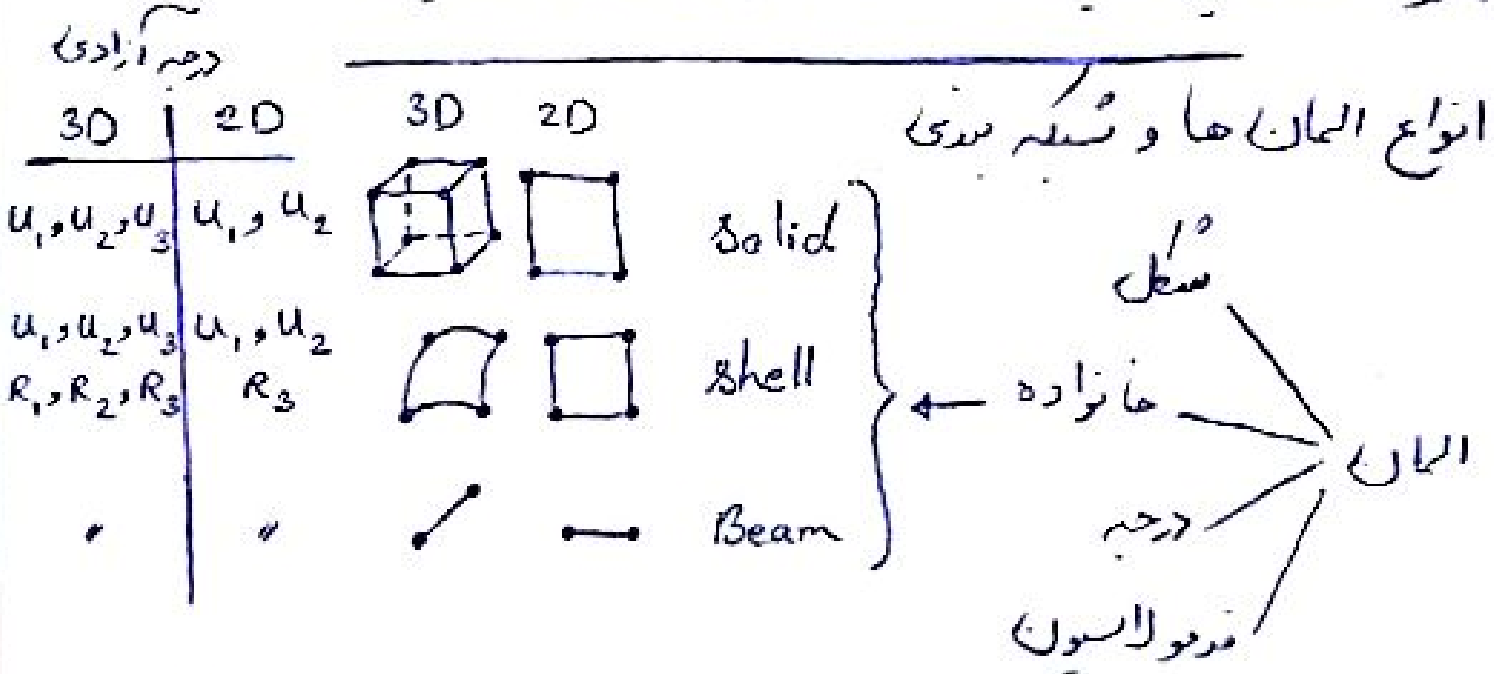
یک سایت رایجی که انواع شبیه سازه ها به ضربه ، انفجار ، نفوذ ، لایطم ،
 سیالاتی که این شبیه سازه ها مربوط به مقالاتی است که در سایت dynamobok
 آمده

فایل ها در هدر دم اجرایی می شوند حاضرند دارند که آنها را از هم متجانس کنند



مرجع آموزشی در این زمینه :

Autodyn شبیه سازی مسائل ضربه ، نفوذ و انفجار با راهکار جامع نرم افزار
 ناست : مهندسی داریان مولف : دکتر ساعدی داریان



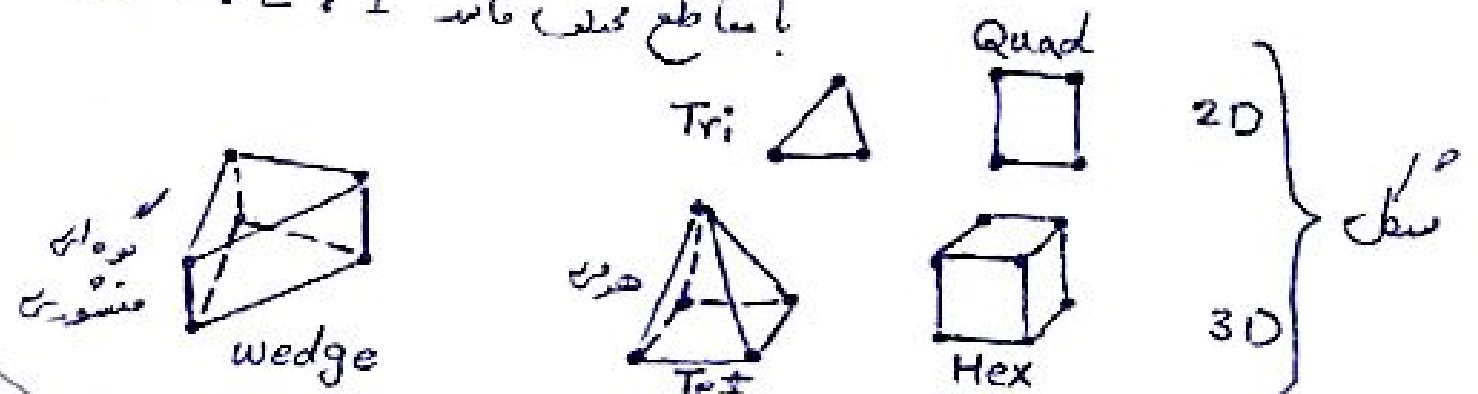
در حالت Solid به صورت درختی یا 3 عددی ، زوایای المان لزوماً به صورت قائم نیستند یعنی لزوماً مربع یا مثلث نیست بلکه می تواند به صورت متوازی الاضلاع و ... باشد.



u ← جابه جایی displacement

- در المان Solid فقط جابه جایی دارم و Rotation ندارم
- در المان Shell علاوه بر جابه جایی ، Rotation هم دارم
- تیر شامل حالت های مختلف از جمله Beam ، Truss و ...

با مقاطع مختلف مانند T, E, I سطح



اگر بعد از هندسه وقت گذاشته باشیم و آن را لازم دانسته باشیم میتوانیم آن را SAVE کنیم و دوباره load کنیم. گزینه ها Save و load در قسمت پایین

نکته: یکی از ترفندها در رسم هندسه این است که میتوانیم هندسه دوباره کنیم و آن را به سه بعدی تبدیل کنیم. $\text{شش بعدی} \rightarrow \text{هندسه}$

به همین ترتیب میتوانیم $\text{شش بعدی} \rightarrow \text{دو بعدی}$ را هم سه بعدی کنیم از قسمت \downarrow

Element Generation

با توجه به اینکه در کتاب مرخواهم چه نوع Beam shell \checkmark solid
 المانها سازم. solid را با استفاده از چه نوع مدله مرخواهم
 Solid by: سازم.

Shell Drag (sel. shell) پنجره را بوجمله باز می شود به اسم

یعنی صفحه را انتخاب کنیم در نتیجه Visible را میزنیم، کل صفحه انتخاب می شود.

Thickness ضخامت
 Segment ضامته که دادیم مرخواهم به چند بخش تقسیم شود.

Direction در چه راستایی ضخامت دهیم؟
 در هر راستایی که خواستیم زود آن طبق مرکنیم مثلاً اگر

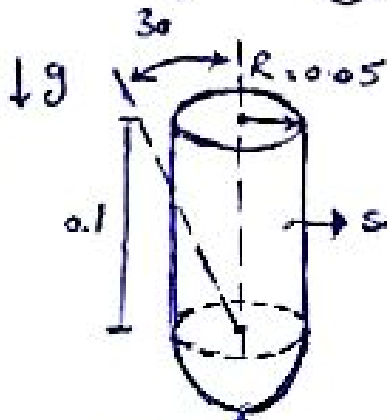
در راستای z خواهم بود z طبق مرکنیم که z، 1 مرشد و x و y صفر
 اگر بکار دیگر بود z طبق مرکنیم -1 مرشد یعنی خلاف جهت z

shell > Create و Accept ← دوباره در صفحه FEM
 solid >



E_k : ضربه سازگی بر خورد پویانه (مَرصَم) یا هدف فولادی

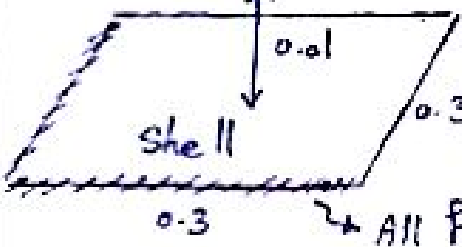
هندسه مورد نظر ترکیبی از استوانه و نیم کره



solid $\rho = 00002 \text{ m}$ $V = 50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\text{m} \leftarrow \text{kg} \leftarrow \text{s}$

ضخامت صغیر، در صفت keyword گام برکنیم



$\left. \begin{array}{l} \text{MAT} = \text{steel} \\ \rho = 7850 \quad E = 1e^{11} \quad E_{\text{pl}} = 1e^9 \\ \nu = 0.3 \end{array} \right\}$
 مقدار مشخصه
 مشخص تسلیم
 مدول یانگ
 پواسون

چگونگی چک کردن کیفیت المان با نرم افزار

model and part >> keyword manager >> model check

>> Element Quality $\xrightarrow[\text{حسب المان از هر نوعی که}]{\text{Solid}} \rightarrow \text{check}$

که هر چیزی که در خواهم مانند Aspect Ratio

Max Angle

Colour bar به ما می دهد

AIE Eulerian

Negative Volume حجم منفی

لاگرانژی

اولی

اینها من لاگرانژی - اولی

دیدگاه های ضربه سازی

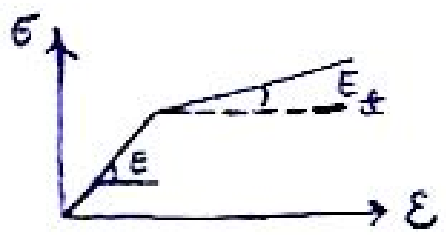
یک قاعده به طور این است که پیش فرض ها را تغییر ندهیم مگر آنکه کاملاً در مورد آنها اطلاعات داشته باشیم.



5) تعریف مدل مواد MAT

نکته ای که باید توجه کنیم این است که در IS-DYNA خود ماده را تعریف کنیم یا ماده را داریم یعنی رفتار شش - کرنش مواد. مثلاً فولاد را تعریف کنیم باید بدانیم که steel چه نوع رفتاری دارد. اینکه steel ما چه الاستیک و پلاستیک خطی مانند شکل بود در دارد.

مدل ماده plastic kinematic



E_t : Tangent Module MAT 003 - Plastic - kinematic

یا توجه به نوع مدل ماده مورد نظر انتخاب keyword manager >> MAT-003
 MID شماره ماده

تعریف امپلر E_0 در 2.PNG در فایل هاربر جلسه سوم آمده است.

Title : steel R_0 , E , PR , $SIGY$, $ETAN$
 به نوع مدل ماده وارد می کنیم. Isotropic < 1 < Beta < kinematic
 یا ایزوتروپیک

ضرایب مدل ماده را از کجا به دست آوریم ؟

نرم افزار IS-DYNA گمانه ای ندارد که بتوانیم ضرایب را از کجا پیدا کنیم ولی نرم افزارهایی مانند ANSYS یا Solidworks یا Autodyn گمانه مواد دارند و می توانیم از آن ها استفاده کنیم علی الخصوص Autodyn که مدل ماده ها به اسم هستند مانند TNT در حالی که در این نرم افزار IS-DYNA به اسم وجود ندارند مانند High-Explosive-Born که در این جا باید این را انتخاب کنیم.

Explicit v.s. Implicit methods
 صریح ضمنی



احمد رحمتی علایی
 وب سایت



www.A-Rahmati.ir

$$[k]_e^{n \times n} \{u\}_e^{n \times 1} = \{F\}_e^{n \times 1} \rightarrow \text{Force}$$

\downarrow \downarrow
 Stiffness Displacement
 matrix matrix

$n =$ درجه آزادی هر تیر \times تعداد تیر

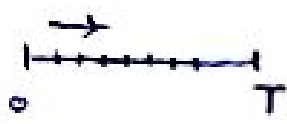
در روش دینامیک باید این دستگاه را از زمان t_0 تا t_1 حل کنیم.

اساس تساوت این دو دیدگاه به حل دستگاه در زمان t_0 \rightarrow t_1 تعریف شده بر می گردد.

Explicit روش: $F(t_2) = F(t_1, t_0)$

Implicit روش: $F(t_2) = F(t_2, t_1, t_0) \rightarrow$ تکرار

F: Function



تقسیم بندی زمان t_0 تا t_1 و
 پس در هر گام به گام بر اساس
 حدس و خطا که مقداری ممکن است زمان ببرد.
 بحث اصلی در این جا شرط همگرایی است.

حالت ضعیف: $\Delta t_1 = \frac{T}{10}$

$$\frac{T}{10^5} < \Delta t < \frac{T}{10}$$

حالت صریح:

$$\frac{T}{10^{12}} < \Delta t < \frac{T}{10^6}$$

تکراری وجود ندارد

shock و Impact & Explosion

کتاب جامع در زمینه انفجار

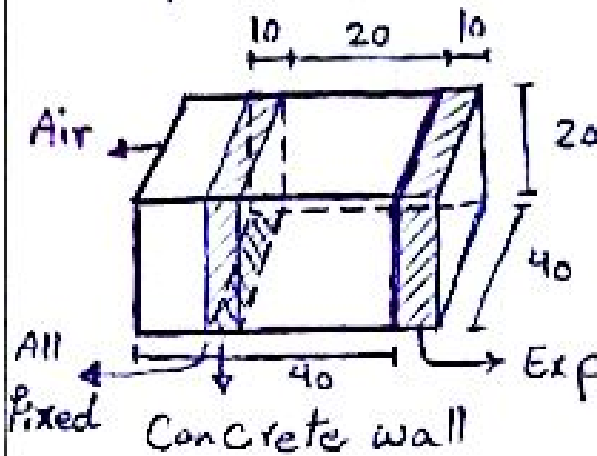
که مایل کتاب موجود است. جلسه چهارم

بررسی تأثیر انفجار و امواج ناشی از آن در محیط‌های مختلف آب، خاک و هوا
ساخت تجربی و ریاضی که به دست آمده را توضیح داده است.

{ TMS-855-1
UFC انفجار در خاک

هم چنین آیین نامه‌های انفجار

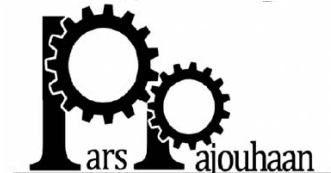
Explosion Effect on the Concrete wall : Ex



دیواره بتنی داخل هوا قرار گرفته است.

Unit \rightarrow mm, kg, ms \rightarrow $\frac{kg}{m^3}$
Gpa

زیر قسمت بتنی کاملاً مقید



پارس پژوهان
مهندسی عمران، مکانیک، معماری و هنرهای
www.parspajouhan.com

TNT $\left\{ \begin{array}{l} \rho = 163 e^{-6} \\ D = 7840 \\ PC_3 = 26 \end{array} \right.$

Air $\left\{ \begin{array}{l} \rho = 1.29 e^{-9} \\ \text{صل ماده 9} \end{array} \right.$

High Explosive Burn 8

صل ماده

مقاومت کششی تک محوره

$UTS = 0.003$

صل ماده

Concrete $\left\{ \begin{array}{l} \rho = 2.32 e^{-6} \\ \text{صل ماده} \\ TM = 24.66 \\ pr = 0.19 \end{array} \right.$

سایز دانه بندی

$ASize = 5$

wilfrith Concrete

Conm = -5

84/85

مقاومت فشاری تک محوره $UCS = 0.027$



Explicit Method

www.A-Rahmati.ir

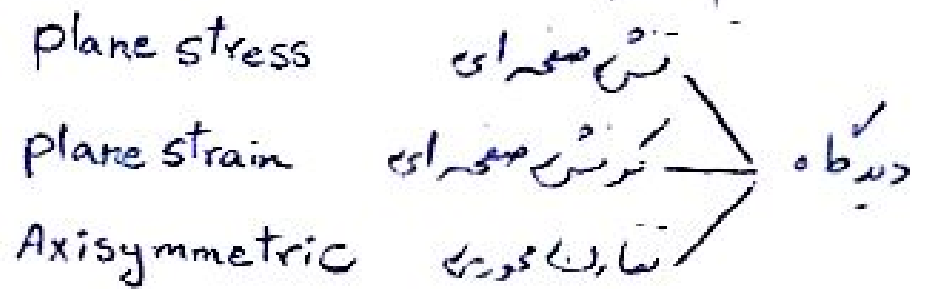
عنز و قس که جسم صلب است .

$$dt \ll \frac{l_{min}}{\sqrt{\frac{E}{\rho}}} C$$
 شرط همگرایی

$$MAT \gg Rigid \quad E \square$$

 E مدول الاستیسیته را باید وارد کنیم که برای
 جسم صلب به معنی است . در غیر این صورت اور مردود

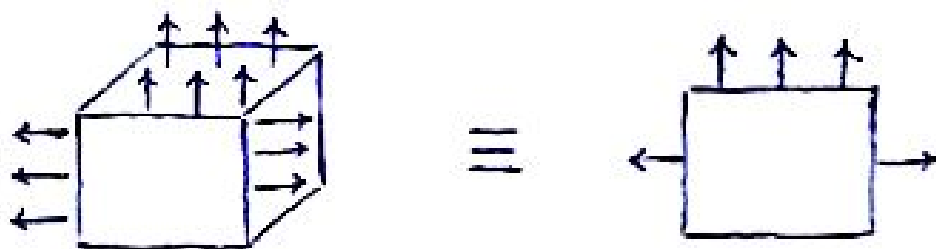
بحث توری : از دیدگاه دیگر مرتباً مسائل مورد تحلیل Finite Element را به 3 دسته تقسیم کنیم :



مسائل تشریح صفحه ای

(2) بارگذاری و شرایط مرز به یکواخت و درون صفحه

(1) ضخامت کم



مسائل کرنش صفحه ای

(2) بارگذاری و شرایط مرز به یکواخت در امتداد طول

(1) ضخامت (طول) زیاد

(3) سطح مقطع ثابت



حالت تعارن محور:

Create Entity >> Boundary >> spc >> Symmetry plane

سه به اینکه تعارن حول چه صفحه ای است یعنی با توجه به اینکه کدام صفحه،
صفحه تعارن است به صورت انوماتیک جانب چپ و راست ها و گردش ها را مقید می کند.

اداره سال حل شده:

Slave → SSTYP = 1 EQ1: part ID

چون مرخواست slave را دوباره بنویسید لطافاً درستی SSTYP را 1 می گذارید که
شماره انتخاب part ID باشد.

Master → MSTYP = 0 EQ0: part set ID

لذا چون هوا و سازه انتخابی با هم است در نتیجه باید یک set تعریف کنیم تا
توانیم Master را مشخص کنیم.

Create Entity >> set Data >> set_part >> cre

By part → انتخاب 2 پارت Title: Air + Exp → Apply

حال به قسمت قبل برگشته و Master را تعریف می کنیم.

CTYPE = 4 → جهت شعاع
DIREC = 1 → تمام شماره هم کشنده
= 2 → فقط شماره
= 3 → all Directions → همه را

→ Accept و Done

نکته: برای Merge کردن، دوباره بنویسید hidden کنیم

Beam by: Curve

num Value: تعداد المانها
 حال شرایط عزیزی را مشخص می‌کنیم:

model and part >> Create Entity >> Boundary → spc

cre <input checked="" type="checkbox"/>	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz	مفصل
	✓	✓	✓	✓	✓		
			✓	✓	✓	✓	عظمت

له در صفحه است.

Section >> Beam

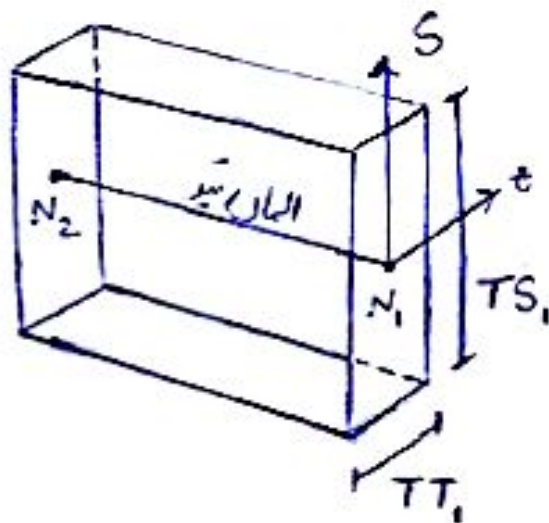
CST: Cross section type نوع سطح مقطع تیر

EQ = 0 مسطح

EQ = 2 T و I شکل و مانع → دایره

EQ = 1 دایره

تفاوت Beam و Truss ← Beam می‌تواند خم شود.
 برای Beam یک Line در کسب و تفاوتها را در قسمت کوردها (section) وارد می‌کنیم.



در این مثال:

$$TS_1 = TS_2 = 0.4$$

$$TT_1 = TT_2 = 0.2$$

احمد رحمتی علایی
وبسایت



TS1 = Beam thickness (CST = 0.0 و 2.0) or outer diameter (CST = 1) in s-direction at node n1.