

دوره آموزشی پیشرفته شبیه‌سازی عددی مسائل غیر خطی

در نرم‌افزار LS-DYNA

(مجموعه مهندسی مکانیک)



مهندس حمید رخی
دکتر احمد رحمتی علائی



نرم افزار LS-DYNA که توسط شرکت LSTC برای بیش از ۴۰ سال توسعه یافته است، یک کد المان محدود بسیار پیشرفته غیر خطی می باشد که برای شبیه سازی مسایل پیچیده واقعی استفاده می شود. این کد که ابتدا توسط دکتر John Hollquist در سال ۱۹۷۶ در مرکز تحقیقات لیورمور کالیفرنیا توسعه داده شد، امروزه توسط بسیاری از شرکتهای معتبر بخصوص شرکتهای بزرگ خودروسازی، صنایع هوافضا و . . . مورد استفاده قرار می گیرد.

در این دوره آموزشی، به معرفی قابلیتها و نحوه استفاده از این نرم افزار در مهندسی مکانیک و هوافضا پرداخته خواهد شد. بر خلاف دیگر دوره های برگزار شده در حوزه شبیه سازی عددی، ابتدا سعی شده که تئوری ها و نحوه بدست آوردن ضرایب مدل های مادی از داده های تستهای آزمایشگاهی برای بیان رفتار مواد فلزی با ارائه مثالهایی ساده ولی کاربردی شرح داده شود.

در ادامه روشهای حل لاگرانژی، اویلری، MMAL و SPH به طور مختصر معرفی شده و سپس با ارائه مثالهای متنوع، هر کدام از این روشهای حل عددی به طور کامل توضیح داده شده تا کاربر بتواند با توجه به نوع مساله خود، یکی یا کویل بین آنها را انتخاب کند. سعی شده که مثالهای ارائه شده برای طیف وسیعی از دانشجویان و مهندسان مفید و قابل استفاده باشد. همچنین مثالهای مطرح شده تا حد امکان با روشهای تئوری و مقالات معتبر مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. در این دوره آموزشی، تمامی مثالهای ارائه شده از ابتدا تا انتها در نرم افزار مدلسازی خواهند شد. سیلابس این دوره آموزشی به صورت زیر خواهد بود:

۱- معرفی نرم افزار LS-DYNA

۱-۱ معرفی قابلیتها، کتابخانه مدل های مادی و روش های حل موجود در این نرم افزار برای شبیه سازی ضربه و انفجار

۲-۱ شبیه سازی یک تک المان تحت بارگذاری فشاری و مقایسه نتایج به دست آمده با روابط تحلیلی
۳-۱ شبیه سازی برخورد محوری یک قطعه صلب به انتهای آزاد یک میله الاستیک و مقایسه نتایج عددی با روابط تحلیلی [۱]

۲- مدل های مادی مناسب برای بیان رفتار فلزات، ژئوتکنیک (خاک، سنگ و بتن)، سرامیک و کامپوزیت تحت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی با نرخ کرنش بالا

۱-۲ تخمین منحنی تنش کرنش پلاستیک از روی داده های تست کشش [۲]
۲-۲ معرفی مدل های مادی PLASTIC_KINEMATIC، PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY و JOHNSON_COOK و بررسی تفاوت این مدل ها با یکدیگر
۳-۲ تعیین ضرایب مدل های مادی PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY و JOHNSON_COOK از روی منحنی های تنش-کرنش پلاستیک در نرخ کرنش های مختلف



۴-۲ معرفی مدل‌های مادی مناسب برای بیان رفتار خاک (مدل‌های SOIL_AND_FOAM و GEOLOGIC_CAP_MODEL)، بتن و سنگ تحت بارگذاری با نرخ کرنش‌های بالا (مدل‌های JH۲, CSCM, Concrete Damage Rel^۳ و RHT) و بررسی تفاوت نتایج شبیه‌سازی این مدل‌ها با یکدیگر
۵-۲ معرفی مدل مادی Johnson Holmquist برای بیان رفتار سرامیک تحت بارگذاری با نرخ کرنش بالا
۶-۲ معرفی مدل مادی ENHANCED COMPOSITE DAMAGE و شبیه‌سازی یک کامپوزیت چهار لایه ۰/۹۰/۹۰/۰ تحت بار کششی و مقایسه نتایج عددی با روابط تحلیلی برای دو مدل Solid و Shell

۳- مکانیک ضربه، نفوذ، شکست و تخریب

۱-۳ معرفی مدل شکست JOHNSON_COOK و مفهوم Triaxiality (مسیر بارگذاری، حالت‌های کششی، فشاری، برشی و ...)

۲-۳ تعیین ضرایب شکست مدل JOHNSON_COOK با استفاده از داده‌های تست کشش [۲]
۳-۳ شبیه‌سازی نفوذ یک پرتابه صلب در یک صفحه آلومینیومی و مقایسه نتایج به دست آمده (تغییرات سرعت پرتابه و مد شکست ایجاد شده در صفحه) با داده‌های تست تجربی [۳]
۴-۳ معرفی مدل شکست ADD_EROSION و نحوه کاربرد آن
۵-۳ معرفی مدل‌های شکست GISSMO و Tabulated Cook Johnson و نحوه کاربرد آن با شبیه‌سازی تست پانچ و بررسی تأثیر انتخاب نوع مدل شکست در دقت نتایج عددی [۳]

۴- روش حل لاگرانژی

۱-۴ معرفی روش حل لاگرانژی، بیان مزیت‌ها و محدودیت‌های این روش با شبیه‌سازی تست تیلور و مقایسه نتایج به دست آمده با داده‌های تست تجربی [۴]
۲-۴ شبیه‌سازی نفوذ پرتابه در بتن و تخمین حد سرعت بالستیک و مقایسه نتایج به دست آمده (تغییرات سرعت پرتابه و میزان صدمه ایجاد شده در بلوک بتنی) با داده‌های تست تجربی [۵]

۵- روش حل اوپلری و MMALE

۱-۵ معرفی روش‌های حل اوپلری و MMALE و بیان مزیت‌ها و محدودیت‌های هر کدام از این روش‌ها با شبیه‌سازی تست تیلور و مقایسه نتایج به دست آمده با داده‌های تست تجربی [۴]
۲-۵ شبیه‌سازی انفجار خرج در فضای آزاد و مقایسه فشارهای تخمین زده شده با داده‌های تست تجربی [۶]
۳-۵ شبیه‌سازی انفجار خرج و اثر آن بر سازه فلزی و مقایسه نتایج به دست آمده با داده‌های تست تجربی [۷]

۶- روش حل SPH

۱-۶ معرفی روش حل SPH، بیان مزیت‌ها و محدودیت‌های این روش با شبیه‌سازی تست تیلور و مقایسه نتایج به دست آمده با داده‌های تست تجربی [۴]
۲-۶ شبیه‌سازی نفوذ پرتابه در بتن با استفاده از روش حل SPH و المان‌های Hybrid و مقایسه نتایج با داده‌های تست تجربی [۵]



۷- ارتعاشات

- ۱-۷ تحریک ارتعاشات ناشی از حرکت تکیه‌گاه (سیستم جرم و فنر)
۲-۷ تحریک ارتعاشات اجباری (سیستم جرم و فنر)
۳-۷ تحلیل مودال و تعیین فرکانس‌های طبیعی یک سازه
۴-۷ تحلیل هارمونیک
۵-۷ تحلیل آنالیز طیفی (Spectrum Analysis)
مثال‌های این قسمت همگی از منابع درسی ارتعاشات انتخاب شده‌اند.

۸- تحلیل‌های شبه استاتیکی

- ۱-۸ معرفی روش حل Implicit برای تحلیل مسائل شبه استاتیکی
۲-۸ بیان تفاوت بین روش حل Explicit و Implicit با حل یک مسئله نمونه و مقایسه نتایج به دست آمده با روابط تحلیلی
۳-۸ نکات مهم در تحلیل Implicit (با حل چند مسئله نمونه)

۹- تحلیل تصادف

- ۱-۹ روش تعریف قیود برای بیان حرکت
۲-۹ مدل‌سازی نقطه‌جوش و پیچ
۳-۹ روش تعریف دیواره صلب (Rigid Wall)
۴-۹ معرفی مدل مادی Mooney-Rivlin برای بیان رفتار فوم‌ها و الاستومرها (لاستیک‌ها) [۸]
۵-۹ حل یک مسئله نمونه

- [1] W. Johnson, Impact strength of materials, Edward Arnold publisher, 1972.
[2] J. D. Seidt., Plastic deformation and ductile fracture of 2024-t351 aluminum under various loading conditions, The Ohio State University, PhD Thesis 2010.
[3] M. Buyuk, Development of a tabulated thermo viscoplastic material model with regularized failure for dynamic ductile failure prediction of structures under impact loading. DOT/FAA/TC-13/25, P22014
[4] T. J. Holmquist & G. R. Johnson, Determination of constants and comparison of results for various constitutive models, Journal de physique III, vol. 1, october 1991.
[5] J. Hanchak et al., Perforation of concrete slabs with 48 MPa (7 ksi) and 140 MPa (20 ksi) unconfined compressive strengths, Int. J Impact Enqng Vol. 12(1), pp 1-7, 1992.
[6] Y. Huang et al., Validation of LS-DYNA MMALE with blast experiments, 12th International LS-DYNA user's conference. 2012
[7] S. Yao et al., A combined experimental and numerical investigation on the scaling laws for steel box structures subjected to internal blast loading, Int. J Impact Enqng, (2016). doi:10.1016/j.ijimpeng.2016.12.003
[8] W. Feng, J. O. Hallquist, On Mooney-Rivlin constants for elastomers, 12th International LS-DYNA users conference, USA, June 3-5, 2012

