

دوره آموزشی پیشرفته شبیه‌سازی عددی مسائل غیر خطی
در نرم‌افزار LS-DYNA

(مجموعه مهندسی عمران و معدن)



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 عمران و معدن 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 ژئوتکنیک (خاک، بتن و سنگ) 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 کویلی 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 مدلهای مادی و روشهای 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 بدست 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- مدلهای مادی مناسب برای بیان رفتار خاک و بتن تحت بارگذاری شبه استاتیکی و دینامیکی با نرخ کرنش بالا

۱-۲ معرفی رفتار مواد ژئوتکنیک (خاک، بتن و سنگ) و تفاوت آن با رفتار فلزات
۲-۲ نحوه بدست آوردن ضرایب مدلهای مادی SOIL_AND_FOAM، PSEUDO_TENSOR و GEOLOGIC_CAP_MODEL برای مدلسازی خاک با استفاده از تستهای TXC و HCT و بررسی تفاوت این مدلها با یکدیگر با مقایسه نتایج با داده های تست تجربی [۲]



۳-۲ معرفی مدل‌های مادی مناسب برای بیان رفتار بتن و سنگ تحت بارگذاری شبه استاتیکی و دینامیکی با نرخ کرنش‌های بالا (مدل‌های JHC، CSCM، Concrete Damage Rel^۳ و RHT) و بررسی تفاوت این مدل‌ها با یکدیگر با مقایسه نتایج با داده‌های تست تجربی [۳]

۴-۲ نحوه کالیبراسیون ضرایب مدل مادی Concrete Damage Rel^۳ از روی تست‌های TXC و HCT و تخمین دقت نتایج با داده‌های تست تجربی [۴]

۳- مدل‌های مادی مناسب برای بیان رفتار فلزات و سرامیک تحت بارگذاری استاتیکی و دینامیکی با نرخ کرنش بالا

۱-۳ معرفی مدل‌های مادی PLASTIC_KINEMATIC، PIECEWISE_LINEAR_PLASTICITY و JOHNSON_COOK و بررسی تفاوت این مدل‌ها با یکدیگر

۴- روش حل لاگرانژی

۱-۴ معرفی روش حل لاگرانژی، بیان مزیتها و محدودیت‌های این روش با شبیه‌سازی تست تیلور و مقایسه نتایج بدست آمده با داده‌های تست تجربی [۵]

۲-۴ شبیه‌سازی تغییر شکل‌های بزرگ در مسائل تقابل سازه با خاک (Soil structure interaction) شبیه‌سازی یک مساله مفروض در این حوزه و مقایسه نتایج بدست آمده با داده‌های تست تجربی [۶]

۳-۴ شبیه‌سازی برش سنگ و مقایسه نیروهای وارد شده به دیسک کاتر با نتایج تجربی [۷]

۵- روش حل اویلری و MMAL

۱-۵ معرفی روش‌های حل اویلری و MMAL و بیان مزیتها و محدودیت‌های هر کدام از این روش‌ها با شبیه‌سازی تست تیلور و مقایسه نتایج بدست آمده با داده‌های تست تجربی [۵]

۲-۵ شبیه‌سازی فروریختن ستون آب و برخورد موج حاصل به یک مانع صلب، تخمین میزان نیروی وارد شده به مانع و مقایسه با داده‌های تست تجربی [۸]

۳-۵ شبیه‌سازی فرآیند آتش‌کاری (انفجار در سنگ)

۶- تحلیل لرزه‌ای سازه

۱-۶ شبیه‌سازی رفتار یک تیر بتنی مسلح تحت بارگذاری سیکلی و مقایسه نمودارهای هیستریزیک بدست آمده بدست آمده با داده‌های تست تجربی [۹]

۲-۶ تحلیل لرزه‌ای با در نظر گرفتن اندرکنش سازه و خاک

۳-۶ تحلیل لرزه‌ای تاج سد بتنی با در نظر گرفتن نیروی وزن سد و فشار هیدرواستاتیک آب پشت آن (این مثال بعلت پیچیدگی زیاد در دو جلسه حل خواهد شد)



- [1] W. Johnson, Impact strength off materials, Edward Arnold publisher, 1972.
- [2] Z. Z. Lee, Determination of cap model parameters using drained convectional triaxial compression test results, 27th Annual USSD Conference, 2007.
- [3] J. E. Crawford, Y. Wu, H. J. Choi, J. M. Magallanes, Sh. Lan, Use and validation or the release III K&C concrete material model in LS-DYNA, (2012) TR-11-36.5
- [4] S.J. Green & S.R. Swanson, Static constitutive relations for concrete. Air Force Weapons Laboratory (Technique Report No. AFWL-TR-72-2), Kirtland Air Force Base, 1973
- [5] 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.
- [6] C. Bojanowski, Numerical modeling of large deformations in soil structure interaction problems using FE, EFG, SPH, and MMALE formulations, Arch Appl Mech (2014) 84:743–755.
- [7] R. Gertsch, L. Gertsch, J. Rostami, Disc cutting tests in Colorado Red Granite: Implications for TBM performance prediction, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 44 (2007) 238 – 246.
- [8] M. Gomez-Gesteira et al., Sphysics - development of a free-surface fluid solver - part 2: Efficiency and test cases, Comput. Geosci., vol. 48, pp. 300–307, Nov. 2012.
- [9] E. Chalioris et al., Cyclic response of steel fiber reinforced concrete slender beams; an experimental study, Materials 2019, 12, 1398; doi:10.3390/ma12091398

