# بررسی مدلسازی بتن در بارگذاری های انفجاری توسط مدل RHT

وحید اتقایی[۱]، سعید شجاعی باغینی[۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه ، دانشکده تحصیلات تکمیلی دانشگاه آزاد اسلامی کرمان، vahidatghaee@gmail.com
۲- استادیار ، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شهید باهنر کرمان، saeedshojaee@gmail.com

## چکیده

در این مقاله رفتار غیر خطی بتن مورد استفاده در مدلسازی بارهای انفجاری به کمک هیدروکد AUTODYN مورد بررسی قرار خواهد گرفت . بعد از تشریح مدل مصالح مناسب قابل استفاده در بارهای با نرخ بالا و تشریح مشخصات مصالح بتن، به بررسی پارامتریک مدلسازی مصالح بتن توسط مدل RHT پرداخته تا درک بهتری از چگونگی مدلسازی مصالح بتن تحت بارگذاری انفجاری و بارهای با نرخ بالا بدست آید.

**واژگان کلیدی:** مدلسازی رفتار غیرخطی مصالح بتن، مدلسازی بتن به روش RHT و بتن تحت بارگذاری انفجاری.

## ۱. مقدمه

امروزه با توجه به افزایش حملات تروریستی در سراسر دنیا و امکان بمب گذاری در نزدیکی ساختما ن ها و اماکن شهری طراحی ساختمان ها در مقابل بارهای ضربه ای ناشی از انفجار، مورد توجه ویژه ای قرار گرفته است، بر اساس آمارهای منتشر شده از سوی سازمان های بین المللی، کشور عزیز ما ایران، در یکی از پر مخاطره ترین نقاط دنیا از نظر بروز جنگ و حملات تروریستی می باشد این مسأله به خودی خود اهمیت پرداخت به مسأله پدافند غیر عامل در همه زمینه ها و به طور ویژه در طراحی ساختمان ها را مشخص می کند.

هیدروکد (Hydrocode) به آن دسته از نرم افزارگفته می شود که قابلیت حل مباحث دینامیکی با نرخ بسیار بالا را دارا می باشند، که از آن دسته مسائل درگیر با محاسبات به شدت غیرخطی هستند، تفاوت اصلی این نرم افزار ها قابلیت ویژه آنها در شبیه سازی مسائلی است که در آنها (حتی جامدات) به دلیل شدت بارهای وارده به صورت سیال رفتار می کنند که می توان گفت یکی از دلایل نامگذاری این نرم افزارها می باشد. هیدروکد انتخاب شده در این تحقیق AUTODYN نام دارد. AUTODYN یک بسته نرم افزاری تجاری در دسترس بوده که ویژه تحلیل های دینامیکی غیر خطی ناپایدار با استفاده از تکنیک های صریح تفاضل محدود، حجم محدود و اجزا محدود می باشد. AUTODYN از یک کوپل از روش های تفاضل محدود و حجم محدود برای محاسبات خود یاری می گیرد و این اجازه را می دهد تا مش بندی های سازه ای منحصر به فرد در کنار یکدیگر در فضا و زمان برای تحلیل دینامیکی کوپل گردند و علاوه بر این دارای واسط گرافیکی قابل قبولی برای مدلسازی می باشد.

رفتار و عملکرد بتن در حالت بارگذاری دینامیکی در مقایسه با بارگذاری استاتیکی متفاوت می باشد، سختی اولیه و مقاومت نهایی آن در کشش و فشار و ظرفیت کرنش بتن در بارگذاری دینامیکی افزایش می یابد. در هنگام بارگذاری زمانی که موج انفجار با بتن مورد هدف برخورد می کند، بتن تحت خرد شدن و کنده شدن قرار گرفته و سازه شامل بتن دچار لرزش می گردد. فشار موجود در دیواره شوک انفجار چندین برابر بیشتر از مقاومت فشاری محوری بتن بوده و ا غلب ایجاد فشار جانبی محصور را می نماید . بعلاوه یک موج تنش از محل برخورد موج انفجار درون سازه بتنی گسترش می یابد و در محل برخورد موج ضربه ممکن است باعث خرد شدن بتن گردد. به دلیل ضعیف بودن بتن در کشش، موج کششی در پشت سازه به دلیل برخورد موج فشاری انفجار بر روی سازه ممکن است عامل کنده شدن پشت محل برخورد انفجار با سازه گردد.

## ۲. معادلات حالت بتن :

معادله حالت یک رابطه ساده بین چگالی و انرژی درونی شیء می باشد، به دلیل مشخصات بتن ( تخلخل بتن) ، تغییر چگالی مصالح بتن همراه با افزایش فشار و خرد شدن افزایش یافته، به همین دلیل برای مدلسازی از معادله حالت (EOS)، استفاده می گردد . فشارهای بالا که حد الاستیک Hugoniot (HEL) نامیده می شوند، ماتریس بتن را به سمت فشردگی خلل وخرج، ایجاد فشردگی پلاستیک و بتن را بر سمت خرابی