



## شبیه سازی نرم افزاری رفتار مکانیکی دودکش های بتنی تحت بار انفجارهای هوایی و سطحی

سید حامد عزیزی کاشی<sup>۱</sup>، آرمین عظیمی نژاد<sup>۲</sup>، مهدی عسگرپور<sup>۳</sup>

۱- مدیریت آموزش و پرورش کاشان، S.H.AziziKashi@Gmail.Com

۲- دانشگاه علوم و تحقیقات تهران، Armin.Aziminejad@Gmail.Com

۳- شرکت عمران شهرهای جدید، Me.Asgarpour@Gmail.Com

### چکیده

خطر انفجار از تهدیدات اساسی برای سازه های استراتژیک از جمله دودکش های صنعتی می باشد، لذا در راستای بررسی رفتار دودکش های بتن مسلح صنعتی تحت بارهای انفجاری، در دو حالت انفجار هوایی و سطحی ماده ی منفجره از نوع TNT با اوزان مختلف (۵۰-۱۰۰۰) کیلوگرم را در موقعیت های مکانی گوناگون (ارتفاع از سطح زمین و فاصله افقی از مرکز سازه به میزان متغیر [۰-۴۵] متر) شبیه سازی و رفتار دودکش با مقایسه و تحلیل پارامترهای پاسخ همچون تغییر مکان افقی نوک دودکش، تغییر مکان جانبی دودکش، میزان و وسعت توزیع خرابی کششی و فشاری و کرنش پلاستیک بتن و آرماتورها، آنالیز گردید.

در تمامی حالات مدلسازی، بارانفجاری به صورت مستقیم و با استفاده از روش Conwep موجود در نرم افزار اجزا محدود آباکوس ۱۰-۶ به صورت سه بعدی مدلسازی و بر جداره داخلی و خارجی پوسته بتنی سازه وارد گشت، که بررسی نتایج حاصل از شرایط مختلف بارگذاری نشان می دهد:

با افزایش وزن ماده ی منفجره ی TNT هنگامیکه محل وقوع انفجار ثابت است، شدت بار انفجاری وارد بر سازه، افزایش یافته و به طبع آن میزان خرابی سازه افزایش می یابد، بالعکس با افزایش فاصله ی افقی محل وقوع انفجار از مرکز سازه هنگامیکه مقدار و موقعیت ارتفاعی ماده منفجره ثابت است، شدت بار انفجاری وارد بر سازه بدلیل افزایش زمان رسیدن موج انفجار به سازه، کاهش یافته و در نتیجه میزان خرابی سازه نیز کاهش می یابد. با افزایش ارتفاع محل وقوع انفجار از سطح زمین، هنگامیکه مقدار و فاصله ی افقی ماده منفجره از مرکز سازه ثابت است، شدت بار انفجاری وارد بر سازه ثابت می ماند، ولیکن با عنایت به تغییر موقعیت ارتفاعی محل وقوع انفجار، شکل ویژه ی سازه (مخروط ناقص) و بلندی و لاغری آن نحوه ی اعمال بار انفجاری به سازه متفاوت خواهد بود، به طوریکه می توان ارتفاع محل انفجار به میزان ۳۵ متری از سطح زمین را به عنوان ارتفاع بحرانی در نظر گرفت. در نهایت، با افزایش مقاومت فشاری مصالح بتنی سازه ی دودکش، هنگامیکه مقدار و موقعیت مکانی ماده منفجره ثابت است، مقاومت دودکش در برابر شدت بار انفجاری وارده افزایش یافته و به طبع آن خسارت سازه نیز کاهش می یابد. لازم به ذکر است در تمامی موارد بارگذاری در حالت انفجار سطحی، خسارت وارده از موارد متناظر در بارگذاری انفجاری هوایی بیشتر می باشد. در جهت اطمینان از اصابت ترکش، خاک اطراف سازه، لرزش زمین و موج شوک انفجاری منتقل شده از زمین به سازه صرف نظر گردید.

**واژه های کلیدی:** دودکش بتن مسلح، ضوابط بار گذاری دودکش، انفجار هوایی، سازه امن، اجزا محدود، آباکوس.

### ۱. مقدمه

دودکش ها از جمله تاسیسات مهم در صنایع استراتژیک هر کشور نظیر پالایشگاه ها و نیروگاه ها می باشند که بدلیل دفع حرارت و گازهای آلاینده مورد استفاده قرار می گیرند، لذا باید از ایمنی بالایی در برابر حملات نظامی و تروریستی برخوردار باشند [۹]. شکست سازه ای دودکش ها پس از وقوع انفجار، علاوه بر زیان اقتصادی می تواند سبب خسارت به سایر تجهیزات شده و ادامه ی کاربری واحدهای دیگر را متوقف سازد [۱۶]. در استاندارد ACI ۳۰۷، مواد، ساخت، و نیازهای طراحی برای دودکش های بتنی پیش ساخته و ساخت درجا، ارائه گردیده است، همچنین بارهای طراحی و روش های آنالیز دودکش های بتن مسلح در این استاندارد بیان شده است [۷]. بارهایی که برای طراحی دودکش باید در نظر گرفت شامل بارمرده، بارزنده، بارباد، بارزلزله، بارهای ناشی از اختلاف فشار در دودرو و بارهای حرارتی می باشد ولی بدلیل نوپا بودن تحقیقات با موضوع تحلیل و طراحی لرزه ای دودکش های بتنی و همچنین عدم دسترسی به منابع و نتایج پژوهش های محرمانه مرتبط با بارگذاری انفجاری این نوع سازه ها، در این راستا در طرح مطالعاتی پیش رو، دودکشی بتن مسلح به ارتفاع ۴۵ متر با سه قسمت فونداسیون، پداستال و پوسته بتنی با استفاده از نرم افزار Sap2000 مدلسازی و مطابق با آیین نامه های مربوطه طراحی و سپس رفتار سازه مذکور تحت بارگذاری انفجاری در نرم افزار آباکوس شبیه سازی و مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، به جهت بررسی تاثیر مقدار وزن ماده منفجره در چگونگی رفتار دودکش بتنی در برابر بارهای انفجاری هوایی و سطحی، ماده منفجره TNT با وزن مشخص به مقادیر ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در فاصله افقی از پیش تعیین شده ی ۱۰ متری از مرکز سازه دودکش با موقعیت ارتفاعی ده و یک متری از سطح زمین مدلسازی شد. (\*-1-Air-Surface-Blust).