

原子力における荷重の多様化と新たな評価手法に関するシンポジウム

－ 衝撃荷重と構造健全性 －

(第 53 回国内シンポジウム)

原子力プラントにおける衝撃荷重と開発ニーズ

株式会社テプコシステムズ

吉田 伸司

原子力の分野では、従来から、使用済燃料輸送キャスクや航空機などに対して、衝突や落下を想定した衝撃荷重に対する構造健全性評価が行われてきた。さらに、近年、新たな規制基準における安全対策として竜巻飛来物、津波漂流物等の衝突からの防護や、シビアアクシデント時に発生した水素の爆発による構造物への影響等、衝撃荷重を受ける構造物の構造健全性評価の重要性が高まっている。このような状況から、現在、原子力プラントに対する衝撃荷重に対する技術的基盤の整備が進められているところである。本講演では、原子力プラントで考慮する衝突、爆発等による衝撃荷重に対する構造健全性評価の必要性について紹介する。

衝撃現象にかかる解析の現状技術と課題

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

西田 明美

原子力発電所の安全確保の観点から、竜巻飛来物や航空機による衝突等にかかわる検討が進められている。一方、構造物の衝撃現象を把握するための数値解析法の開発や研究については、近年の計算機のめざましい発展に加えて、最近の計算工学、破壊力学等の発展により、複雑な衝撃現象の時刻歴応答解析が可能となってきている。しかしながら、構成材料の速度効果、数値解法上の接触問題、解析手法の妥当性確認等、幾つかの課題が残されている。本発表では、衝撃に関する数値解析の現状と特徴についてまとめるとともに、衝撃解析ソフトウェアを用いた詳細解析の最近の事例を紹介する。

衝撃荷重の計測：スプリット・ホプキンソン棒法による衝撃変形試験の基礎

防衛大学校 システム工学群 機械工学科

山田 浩之

衝撃負荷（ひずみ速度 10^2s^{-1} 以上）を受ける構造物の塑性変形に関して有限要素解析を行うためには、材料強度のひずみ速度依存性を考慮した材料構成則（Cowper-Symonds, Johnson-Cookモデルなど）を用いることが重要である。この材料構成則の取得に必要な高ひずみ速度における機械的特性評価方法の代表格がスプリット・ホプキンソン棒（SHB）法である。しかし、SHB法は試験装置が産学に広く普及しておらず、残念ながら試験方法自体が知られていない。本講演では、SHB法による衝撃変形試験の基本原理、材料構成則、衝撃試験結果のケーススタディーを紹介する。

竜巻飛来物の衝突による原子力施設防護対策に関する耐貫通設計ガイド

一般財団法人 電力中央研究所

白井 孝治

原子力発電所の新規制基準において、設計・運転で考慮すべき自然現象として竜巻が新たに設定され、竜巻に対する影響評価が求められている。このため、巨大竜巻によって発生する高速飛来物が既存施設へ衝突した際の構造健全性評価法の整備が喫緊の課題となっている。日本機械学会では、実務者に有用な竜巻飛来物の衝突による防護対策に関する耐貫通設計ガイドを示すため、「竜巻飛来物の衝撃荷重による構造物の構造健全性評価手法ガイドライン（案）」を制定中である。本案では、鉄筋コンクリートや鋼製構造施設を対象に、衝撃応答解析に要求される項目と応力の多軸性を考慮した限界ひずみによる評価方法が示されており、その概要を紹介する。

津波避難ビルの耐（対）津波設計

国立大学法人東京大学

中埜 良昭

大地震時に想定すべき被害の一つに津波被害があげられる。2011年東北地方太平洋沖地震では、津波により1万8千人を超える死者・行方不明者が生じたが、今後その発生が危惧される南海トラフ巨大地震では、震源域が都市域により近接することから、さらに強い地震動に見舞われることや、より早期の津波到達と高い浸水深が想定され、防波堤の設置、早期警報システム、高地避難計画・誘導とともに津波避難ビル等の設置が急務となっている。特に地震発生後ただちに津波が来襲する沿岸域では、津波避難ビル等の適切な配置は津波防災上の有効な手段の一つである。本講演では建築構造の視点から、津波外力や津波避難ビルの構造上の要件について紹介する。

航空機衝突の衝撃作用による建造物の損傷評価

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

坪田 張二

本報告では、最初に原子力発電所施設を対象とした、航空機衝突に対する国内外の基準・ガイドラインを紹介する。次に鉄筋コンクリート構造を対象として実施した F-4 Phantom 戦闘機を用いた実大衝撃実験および、2001 年同時多発テロの航空機衝突による鉄骨造超高層建築のニューヨーク WTC ビルの崩壊シミュレーション解析を中心に航空機衝突の衝撃作用による各種建造物の損傷評価研究の結果を紹介する。最後に、当該分野における最近の実験および解析研究の現状および今後の課題について報告する。

水素・酸素混合ガスの爆轟に対する配管健全性評価手法

株式会社日立製作所

根布 景

沸騰水型原子炉の主蒸気には、放射線分解により生じた水素と酸素がわずかに含まれる。閉塞分岐管に蓄積した水素・酸素混合ガスが燃焼し、配管が破断したケースが 2001 年に国内で初めて報告された。これを機に、混合ガス蓄積防止および配管破断防止を目的とする民間ガイドラインが策定された。本講演では、ガイドライン策定の過程で実施した、混合ガス爆轟による炭素鋼配管破断試験と、試験を基に策定した爆轟時配管健全性評価手法を紹介する。試験によると、爆轟で生じる高ひずみ速度下でも配管は延性破壊する。このことから配管破断を評価する指標に塑性ひずみを用い、有限要素法で予測したひずみと比較することで、破断の有無を評価できる。