



竜巻が与える重要施設への影響評価 —高圧ガス貯蔵施設の風圧分布—

研究・開発機関 : 清水建設株式会社 技術研究所
 利用施設 : スーパーコンピュータ「京」
 計算規模 : 総計算コア数6,144
 利用ソフトウェア : OpenFOAM

Before

- 従来の風洞実験を用いた手法では、計測装置の設置数や場所等の制約があるため、竜巻通過時における施設全体の風圧分布を把握することが困難です。
- そのため、局部風圧等の詳細を把握できないため、高度な耐風安全性設計および形状最適化を行うことができませんでした。

After

- 数値流体解析の手法を採用して、スーパーコンピュータ「京」を用いた大規模計算を実施することにより、竜巻の再現と施設の詳細な風圧分布を評価することができました。
- これに伴い、施設の骨組みだけでなく、外装材などまでの詳細な耐風設計を行えるようになりました。

背景と目的

近年、我が国では竜巻による突風で建物や鉄道施設等に甚大な被害が発生しています。米国でも、2011年に発生した竜巻では多数の死傷者の発生に加えて原子力発電施設の稼働に影響を与えるなど、国際社会にも大きなインパクトを与えました。

竜巻は台風等による強風と異なり、その発生局所性と突発性故に、いつどこで起きるか分からないため、通常の観測網での早期捕捉が難しく、実測データも非常に少ないのが実情です。また、竜巻の性質を把握するために工学的なモデルを用いた室内実験がありますが、その殆どは実験計測装置などの制約により、非常に小さいスケール(1/1,000以下)で行われています。そのため、施設全体の影響の評価が困難です。現在の多くの施設設計では、竜巻の特性を考慮せずに、従来の強風対策の考えを基に対応しているため、竜巻に対する安全性に大きな懸念を抱いています。

そこで、スーパーコンピュータ「京」を用いた大規模数値流体解析システム^(1, 2)や工学的なモデルに基づく竜巻シミュレーター⁽³⁾を構築しました。ここでは、被災時の社会的波及効果の極めて大きい重要度施設のひとつである高圧ガス貯蔵施設(図1)を対象として、その施設へ竜巻が与える影響の評価結果を紹介します。

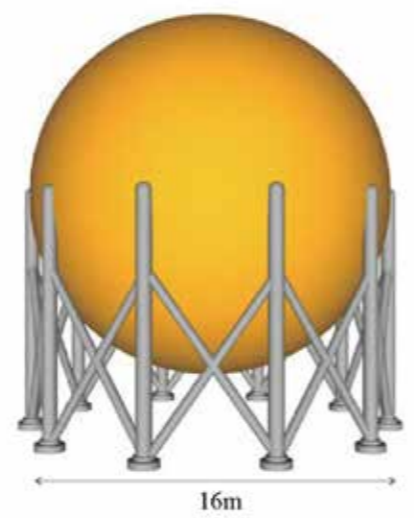


図1 高圧ガス貯蔵施設

利用成果

図2に計算モデルの全体図を示します。計算モデルの総メッシュ数は約10億で、解析条件として想定とした竜巻規模は藤田スケールF3(建て付けの良い家でも屋根と壁が吹き飛ばす等のレベル)です。

図3に、スーパーコンピュータ「京」を用いた解析から得られた竜巻の通過前(a)、通過直前(b)、通過中(c)、通過後(d)における高圧ガス貯蔵施設の風圧分布を示します。竜巻の通過前または通過後には高圧ガス貯蔵施設の表面で局所的に強い正圧、施設上への通過中には建物の全面で負圧が生じることが確認できました。

これにより、竜巻通過時における高圧ガス貯蔵施設の局部風圧は時間的・空間的に複雑に変化していることがわかります。今後は、これらの解析結果をその施設の竜巻に対する性能分析に活用する予定です。

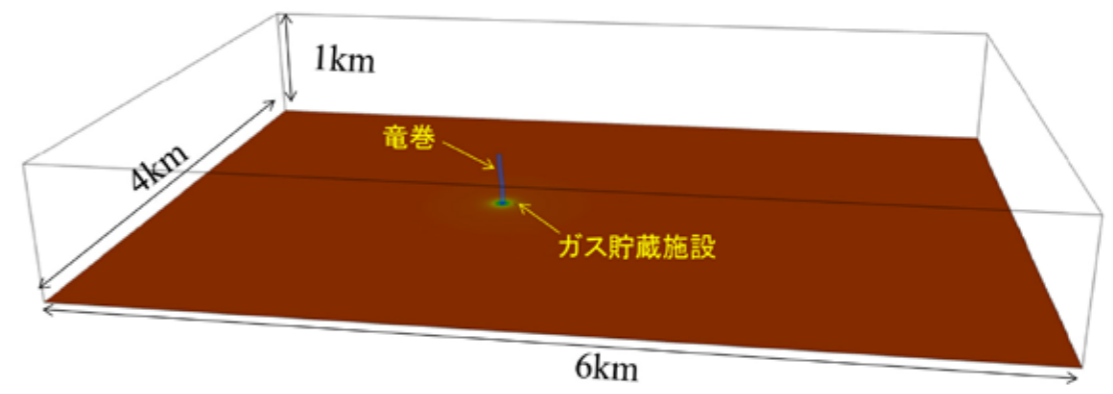


図2 計算モデルの概要

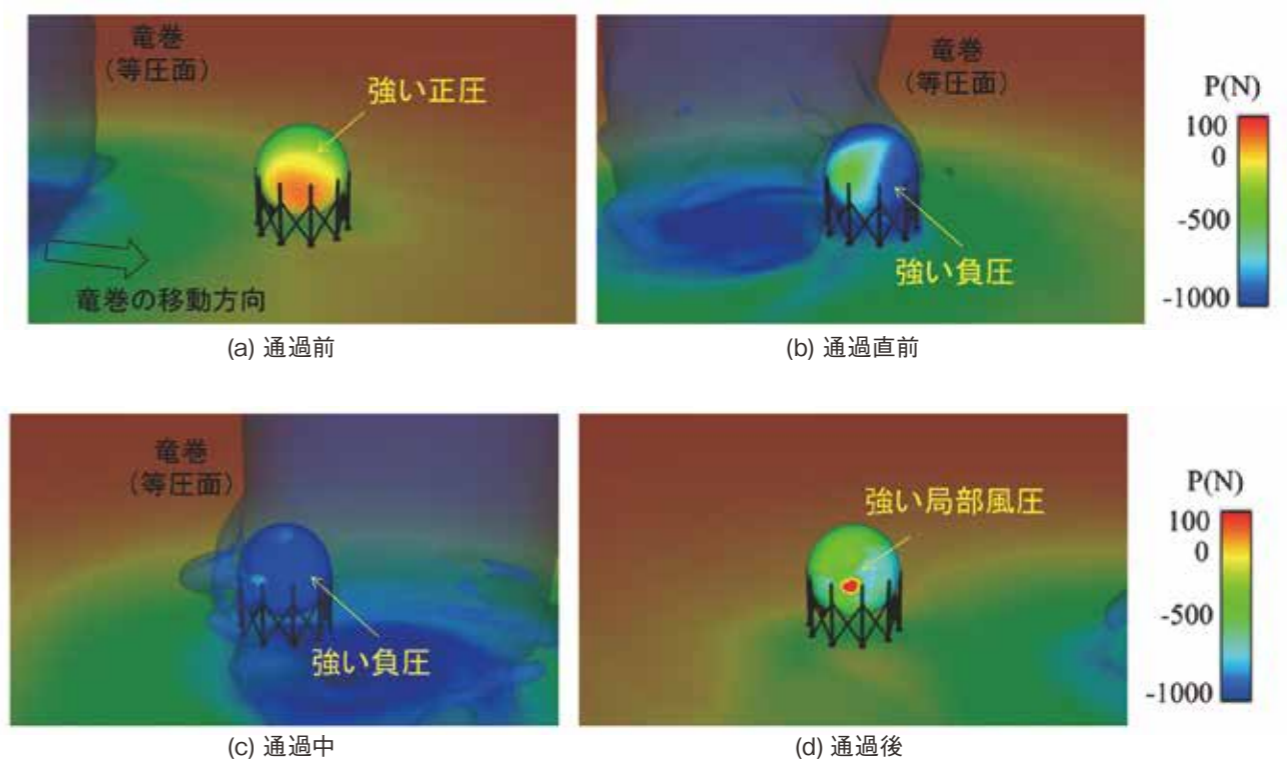


図3 竜巻通過時における高圧ガス貯蔵施設の風圧分布の変化

出典：(1) P.V. Phuc, "OpenFOAMの超大規模解析「10⁹並列規模の計算テクニック」", 第3回OpenFOAMワークショップ(2015)
 (2) P.V. Phuc, "OpenFOAMの性能強化と1千億格子規模データのポスト処理の試み", 第4回OpenFOAMワークショップ(2016)
 (3) 菊池浩利, "大規模数値流体解析を用いた竜巻等突風による建物の局部風圧力の予測", 「京」産業利用(実証利用)報告書(2016)