

耐震と耐風

1. はじめに

三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日、マグニチュード9.0)の発生から10年経過した。今後さらに大規模地震の発生が想定されており、南海トラフ地震、首都直下型地震は今後30年以内に70%の高い確率で発生が予想されている。一方、近年、特別警報級の台風の襲来が毎年のように伝えられ、暴風雨の強度が増加する傾向にある。これは、地球温暖化による気象変動の一現象であると捉えられており、今後もその傾向が継続すると考えられる。

我が国の陸上構造物にとって耐震と耐風は古くからの課題であり、設計基準にも反映されてきた。しかし、地震や強風による構造物の応答は、現象が複雑なためにシミュレーションだけでは十分に推測できず、いまだ試験に頼らざるを得ない部分が多い。本稿では、当社が提供している大型振動台、大型風洞による耐震試験と風洞試験に関して、所有する設備の性能と試験例を紹介する。

2. 耐震試験の技術

当社ではIHI技術開発本部(神奈川県横浜市磯子区)が所有する大型振動台を用いて、製品の耐震性能を確認・検証する試験を社外から受託・実施している。当振動台は1982年に運用を開始し、今までに数多くの試験を実施し、2022年には竣工40周年を迎える。

2.1 大型振動台

図1、図2は振動台の外観、全体構造である。振動台のテーブルは4.5×4.5mの正方形をしてお

り35tonまでの試験体が積載可能である。振動台を駆動するアクチュエータは油圧作動式で、加振力約50tonf(490kN)の油圧ジャッキが水平方向風車状に4機、垂直方向に4機の計8機装備されている。その8機すべてを稼働させ、水平2方向、垂直1方向、さらに各軸の回転方向を加えた3次元6自由度の加振が可能である。1方向のみの加振はもちろんのこと、すべての組み合わせで加振できる。表1に振動台の性能を示す。

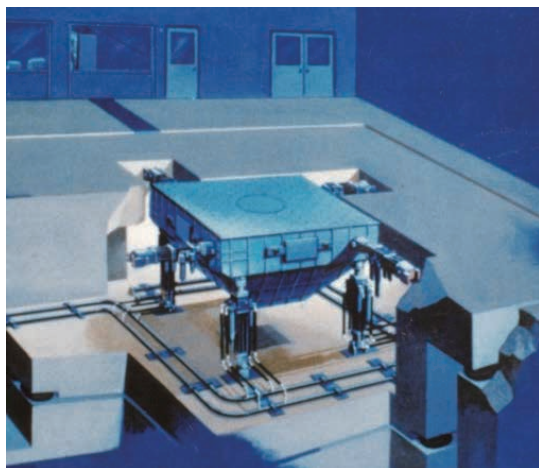


図1 振動台の構造

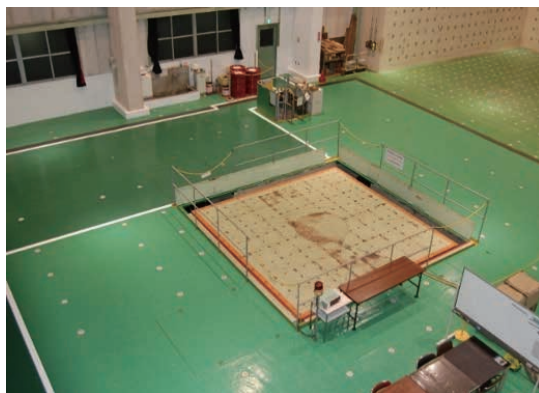


図2 振動台写真

表 1 振動台性能表

項目	仕様
加振方向	単軸、二軸同時(水平2方向、水平+上下)、三軸同時
最大変位	水平方向：±10cm、上下方向：±6.7cm
最大速度(単軸加振時)	水平方向：±75cm/s、上下方向：±50cm/s
最大加速度(最大積載時)	水平方向：1.5G、上下方向：1.0G
加振振動数範囲	DC～50Hz
最大転倒モーメント	2,207kN・m (225tonf・m)
最大偏揺モーメント	294kN・m (30tonf・m)
駆動方式	電動-油圧サーボ方式
制御方式	デジタル制御

振動台を用いた加振試験は大きく2種類に分類することができる。「正弦波加振」は単一の周波数の振動を試験体に入力する加振方法である。低周波数から高周波数まで、連続的に変化させながら加振し、対象構造物の共振周波数を見つけ出す、すなわち振動特性を把握するための試験である。さらに、同定された共振周波数で加振し、試験体の耐久性を評価する、「実地震波加振」は実際に発生した地震の揺れを試験体に入力する加振方法である。気象庁や国立研究開発法人防災科学技術研究所が運営する全国各地の地震波観測データを入力し、実際に発生した揺れや、今後想定される設計地震波による加振で直接的に耐震性を評価する試験方法である。

2.2 振動台試験の実施例

IHIグループ外からの受託試験では鉄道車両などの制御盤、原子力関係の設備機器、サーバラック、医療機器、オフィス家具などお客様のニーズにお応えすべく多種多様な加振試験を実施している。その一例としてニッキヤビ株式会社から依頼されたキャビネットラックの耐震試験(2020年9月実施)の試験写真を図3に示す。本試験は実地

震波加振試験を行い、製品の耐震性能を検証した試験である。

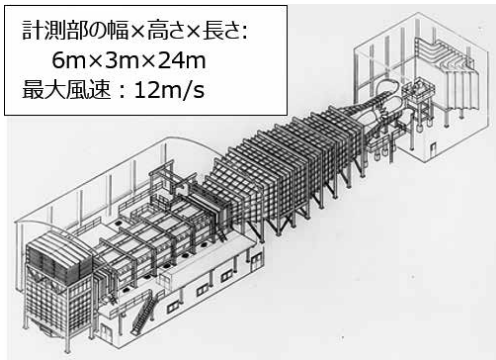


図 3 耐震試験の例

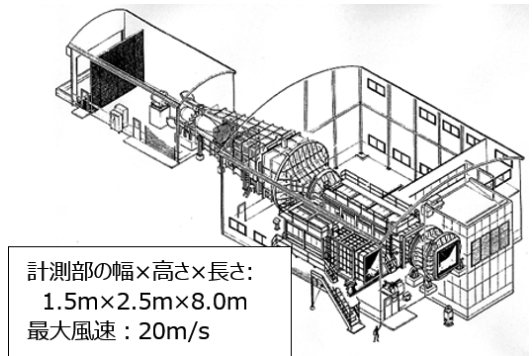
3. 風洞試験の技術

図4に風洞設備の外観と諸元を示す。これらは低風速風洞に分類され、以下の用途に適用される。

- (1) 高層ビル、橋梁、クレーンなどの大型構造物の設計風荷重評価および低減対策の検討
- (2) 発電所や焼却場などの排煙の大気拡散評価、環境アセスメント



(a) 大型大気乱流風洞



(b) 構造物安定性風洞

図4 風洞設備

(3) 高層ビルのビル風評価、複雑地形まわりの風環境評価

(4) 風による振動の評価、制振対策の検討

図5は高層ビルの風洞試験の例である。高層ビルを建設することで、風の流れが阻害され周辺に風の流れが集積してビル風と呼ばれる強風が生じる可能性がある。試験では高層ビルの建設前後で周辺の風環境がどのように変化し、ビル風のような現象が周囲に生じていないかを確認した。また、当該ビルの強度設計に用いるために、ビル本体各所に作用する風圧の分布を計測した。

4. 今後の展開

耐震、耐風の分野においても、シミュレーション技術、地震の動的応答解析やCFD（数値流体解析）が実工事の評価に適用されている。当社においてもシミュレーションと試験の相互補完的な評価法など高度なエンジニアリングの提供を進める予定である。

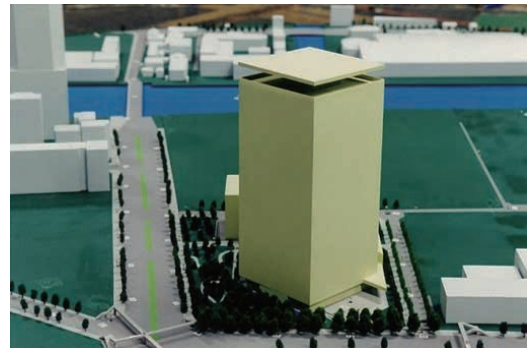


図5 高層ビル風洞試験の例

文責

計測事業部	計測技術部	磯子グループ
課長		片岡 威
計測事業部	計測技術部	
部長		上島 秀作