

コンサートイベント時のドーム周辺の地盤振動予測とその対策法の提案

岡山大学大学院 学生員 北富 信吾
岡山大学大学院 フェロー会員 ○竹宮 宏和

1. はじめに

本研究では、ロックコンサートにおいて観客が発生させる地盤振動に焦点を当てる。まず、実験により、曲に合わせて観客がジャンプ行動をした場合の床への加振特性を把握した。その結果を基に、振動問題が現実発生しているイベント・ドームを対象に施設及びその周辺地盤を有限要素によるモデル化をし、コンピュータ・シミュレーションから振動の発生と伝播を究明し、それへの振動対策法 WIB による減振予測を試みた。

2. コンサートにおける振動源特性

コンサートにおける振動特性を把握するために実験を行った。コンサートでの振動が激しかった 3 組のアーティストの曲に乗っての試験者のジャンプ行動時の床振動を計測をした。計測した時刻歴直変位波形、フーリエスペクトルは、各代表曲における卓越振動数からコンサートにおける加振振動数は 2~3Hz であることが分った。現実には、これらの振動が地盤へ伝達されるものと思われる。

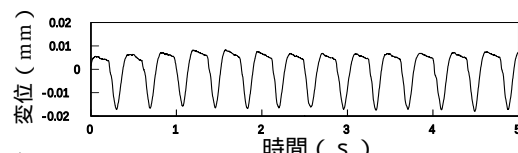


図-1 時刻歴鉛直変位波形図

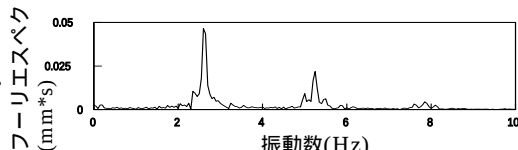


図-2 フーリエスペクトル図

3. 対象サイトの地盤振動特性

まず、対象サイトの地盤振動特性を表-2の地盤物性値に基づいて薄層要素法から究明した。その結果、図-3の波動分散に関する

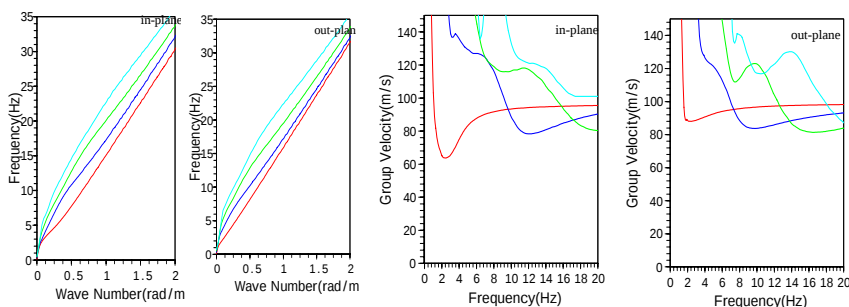


図-3 波動伝播特性（右2つは位相速度，左2つは群速度）

情報として、面内波動では 2.3Hz、面外波動では 2.0Hz にエアー相が見られ、これらに対応する伝播波の波長はそれぞれ約 100m、55mと予測される。

つぎに 2 次元時間領域 FEM-BEM プログラムを用いて、コンサート時のドーム周辺地盤における振動を明らかにした。幅 420m、深さ 61.1m で、地盤は 9 層の FEM モデルを用いた。中心から 98m がドームであり深さ 1m まではコンクリートとなっている。また、中心から 56m、84m には杭の直径 3.5m、長さ 35.6m のコンクリート杭が施工されている。

加振力は図-1に示す波形で、加振振動数 2.6Hz、最大荷重振幅が 10.290kN の時刻歴波形とした。ただしコンサート・イベント時の座席の配置を考慮して空間的には図-4 の载荷分布としたが、入力波形を 7m 置きに配置した。観測点は 0m、80.5m、119m、161m に設置した。

図-5 に距離減衰図を示す。鉛直方向では 0m 地点で最も大きな加速度応答で、遠方に向かうに従って徐々に減衰している。一方、水平方向ではドーム範囲内は小さい値だが、ドーム端より振動が徐々に増幅しているのが確認できる。計測値と解析値を比較するとほぼ同様の傾向を示しており、解析モデルが妥当であると言える。

キーワード：イベント振動，地盤伝播，低周波振動，振動対策法，WIB

連絡先

〒700-88530 岡山市津島中 3-1-1 岡山大学大学院環境学研究科(環境理工学部) TEL 086-251-8146

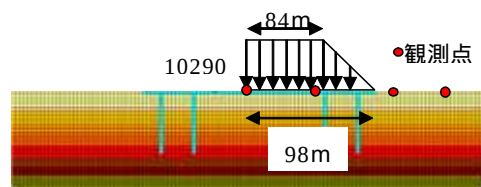


図-4 加振配置図

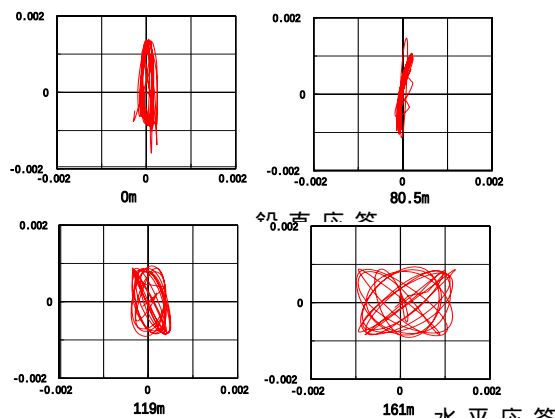


図-6 変位相関図

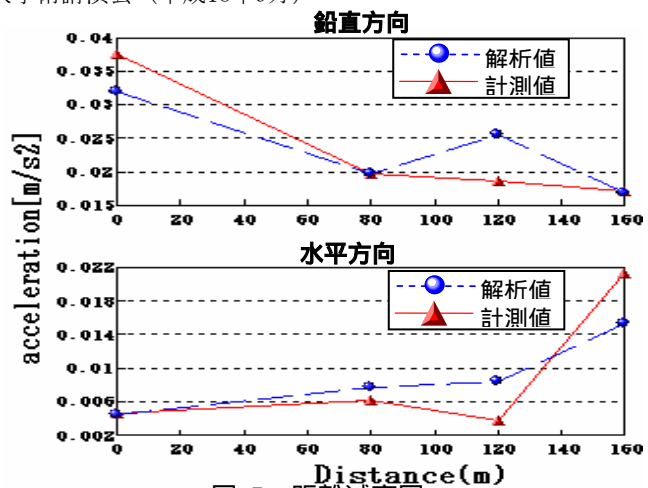


図-5 距離減衰図

地表面応答の水平と鉛直変位相関図を描くと（省略），0m，80.5m地点では鉛直振動が支配的だが，遠方では水平振動が支配的である．119m，161m地点では楕円形の軌跡を描いており，レイリー波の伝播が支配的であると分る．このことより，レイリー波が水平振動の増幅に影響を与えていると推測される．

4. イベント・ドームへのWIB適用とその効果

コンサート時のドームからの発生振動に対する対策として WIB

工法の施工を考え，それによる伝播波の減振減効果について予測を行った．WIB の設計諸元においては，当該サイトの伝播波の分散特性等を参考にして図-6とした．セルサイズは一辺が1.2mである．WIB の施工はドーム中心から100m，ドーム端から1m離れた場所を想定している．WIB の配列は4列，8列の場合を比較する．受振点対策として施工するケースでは160mの距離に民家があると想定し，157m地点から受振点対策として4列の WIB ゾーンとした．

図-8 に水平方向における最大加速度応答のコンター図を示す．伝播経路対策では減振効果が遠方地盤においても確認できる．特に，150m～190m地点では減振効果が顕著に見られる．4列施工と8列施工を比較すると WIB 施工幅の長さ に比例して水平振動は抑制され，その効果は遠方地盤においても発揮されることが確認できる．受振点対策時は WIB 施工地点で大きな振動低減効果を示している．ただ，WIB 施工地点の前方で振動が大きくなっており，これは，WIB による反射波が要因と見られる．

5. むすび

コンサートにおける加振振動数は2-3Hzで，対象としたドームの周辺地域においてレイリー波が発生し，水平振動が増幅する地点がある．ドーム周辺地盤において，伝播経路対策，また受振点対策として WIB を設置することで，水平振動に対して減振効果を得られるのがコンピュータ・シミュレーションから認められた．

参考文献

- Takemiya, Hirokazu, Field vibration mitigation by honeycomb WIB for pile foundations of a high-speed train viaduct, Soil Dynamics and Earthquake Engineering Vol.24, pp.69-87, 2004.

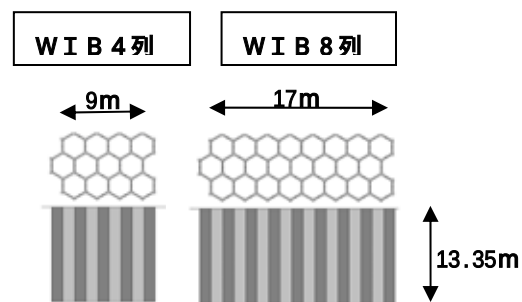


図-6 WIB形状図

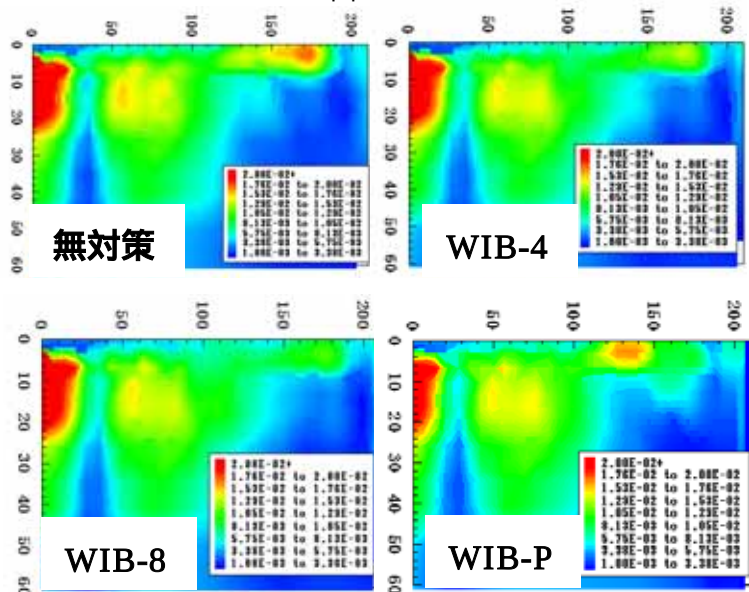


図-8 最大加速度のコンター図（水平方向）