

常時微動計測に基づく鉄骨造大規模工場建屋の振動特性に関する研究

名古屋大学工学部社会環境工学科
建築学コース飛田研究室 吉田圭佑

1. 研究の背景と目的

南海トラフの巨大地震が切迫している日本では産業への影響を考慮すると、適切に工場などの建屋の地震応答を予測することが急務である。しかし、大規模な工場を対象とした振動計測の事例は少なく、その挙動を明確に把握できていない。そこで本研究では、3つの工場建屋を対象に常時微動計測を実施し、その振動特性を解明することを目的とする。

2. 対象建物の概要

対象建物は、愛知県内の3工場であり、A工場、B工場、C工場と呼称する。本稿では、観測体制が最も充実しているA工場について考察する。図1、2に建物概要を示す。対象建屋は鉄骨造の鋸屋根をもつ平屋で南北140m、東西240m、柱スパンは梁間方向に20m、桁行方向に10mである。1970年に竣工された。東西に大梁トラスがあり、南北に小屋組みがあるため、東西が梁間方向、南北が桁行方向と考える。柱はH型鋼であり、桁行方向が強軸となるように配置されている。軒高5.5m、最高部高さ8.9mで、高さ4.4mに点検用の歩廊がある。

3. 常時微動計測の概要

計測日は2012年12月16日である。計測配置は3種類あり、センサー配置を図1及び図2に、常時微動計測の内容を表1に示す。観測点は地盤上の1点、4本の柱の上下にそれぞれ1点ずつの計9点で動コイル型微動計を1台ずつ設置している。なお、対象とする柱は表1に示した解明する目的に合わせ変更している。計測配置1では張間方向と桁行方向、計測配置2では柱の中間、計測配置3では壁面の振動特性の把握を目的とした。

4. 常時微動計測に基づく振動特性の分析

4.1. 計測配置1

地盤北とB-8下とB-8上の速度フーリエスペクトルを成分ごとに図3に示す。アンサンブル平均区間は40.96秒に設定し、重ね合わせデータ数は43個である。B-8上に着目すると、1~3Hzに張間方向で1.4Hz、2.1Hz、2.9Hz付近に、桁行方向で1.7Hz、2.3Hz付近にピークが存在する。他の柱3点のスペクトルを見て共通する振動数は梁間方向で1.4Hz、2.9Hzで桁行方向では1.7Hzであった。これらは建屋の固有振動数と考えられる。地盤北とB-8下の各方向で7.9Hz、8.5Hz、9.3Hzのピークが見られるが、B-8上ではピークの卓越は小さい。

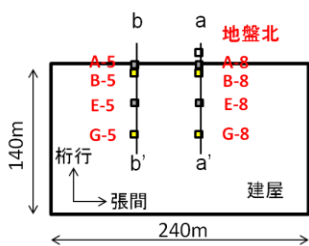


図1 平面図及びセンサー配置

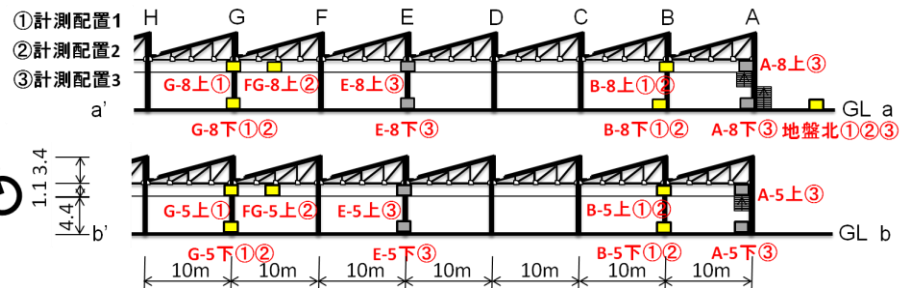


図2 a-a'断面図、b-b'断面図及びセンサー配置

これらは機械による振動数と考えられる。

建屋の振動特性を考察するため図4にB-8上/B-8下の伝達関数を示す。ほとんどの振動数ではコヒーレンスは0に近い値を示しており、相関は小さい。また、振幅倍率から減衰定数の評価は難しい。図3で地盤、柱脚にて卓越が確認された7.9Hz、8.5Hz、9.3Hzでは振幅倍率は谷になっており、微動時に建屋に対する影響は小さい。

次に、柱上部どうしの伝達関数を計算し建屋の振動の一体性について考察する。図5にB-5上/B-8上、G-8上/B-8上の伝達関数を示す。張間方向の2点を計算したB-5上/B-8上に着目すると図5a)では0.8Hz~3.5Hz程度まで、振幅倍率は1に近い値を示し、位相差はなく、コヒーレンスの値は大きい。桁行方向の2点を計算したG-8上/B-8上の伝達関数では図5b)ではG-8上/B-8上が0.5Hz~4Hz程度で同様の傾向が言え、図5a)のB-5上/B-8上と比較すると、より広い周波数域で言えるため、桁行方向の一体性が高いと考えられる。柱スパンは桁行が張間の半分の10mであること、H型鋼の強軸が桁行を向いていること、計測地点は張間60m、桁行50mと桁行が10m小さいことが影響していると考えられる。

表1 常時微動計測の内容

計測配置	目的	収録時間
1	梁間・桁行方向の一体性	30min. × 2回
2	柱中間の振動特性	30min.
3	壁面の一体性と内部の柱との相関	30min.

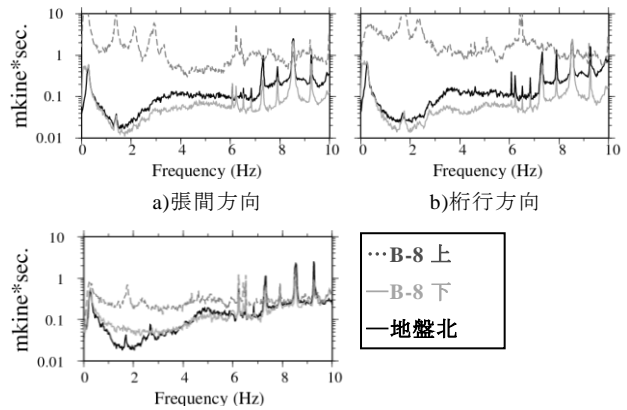


図3 計測配置1の速度フーリエスペクトル

図6に柱脚4点のフーリエスペクトルを示す。張間方向では1.4Hz、桁行方向では1.7Hzでの卓越が共通して確認される。B-5下、G-5下の桁行方向では1.9Hzでのピークが見られる。建屋に入力される振動数に違いが見られる。

4.2. 計測配置2

柱と柱の間での振動特性の把握を目的に考察する。計測配置1で柱列Gの上部に設置した微動計を柱Fと柱Gの中間に設置した。桁行方向に離れた2点の柱の伝達関数から振動特性を考察する。図7にFG-8上/B-8上の伝達関数を示す。張間、桁行方向では2Hzまでは同位相で振幅倍率は1より大きい値を示しており、図5のG-8上/B-8上と比較すると振幅倍率の値は張間方向では0.3Hzで8倍程度、5.8Hz付近で4倍程度、鉛直方向では0.3Hz付近で6倍程度、3.4Hz付近で5倍程度、7.3Hz付近では10倍程度の振幅倍率となっている。入力される振動数によって上部構造の数倍の振幅となる。

4.3. 計測配置3

張間方向、桁行方向の伝達関数から振動特性を考察する。図8にA-5上/A-8上、E-8上/A-8上の伝達関数を示す。図5と比較すると、振幅倍率、位相差、コヒーレンスは同様の形状となっているが、E-8上/A-8上の張間方向1~3Hzで振幅倍率はより大きい値となっており、壁面のA-8上の振幅が小さいためと考えられる。

以上より、壁面と内部の柱は同じ振動数でピークが見られ、壁面の振幅は内部の柱に比べ小さくなっている。

5. 結論と今後の課題

今回の研究により地盤と柱脚のフーリエスペクトルから、機械振動と考えられる7Hz~10Hzの周波数域で3つのピーク

が見られたが、上部構造への影響は小さい。建屋の固有振動数は1~3Hzに存在すると考えられる。A工場の梁間方向は3.5Hzまで、桁行方向は4Hzまでの周波数域でそれぞれ一体となって振動していることが分かった。他に計測を行った2工場についても同様の振動特性が確認された。A工場では、柱スパンが小さく、H型鋼の強軸となっている桁行方向の一体性が高いと考えられる。また、柱と柱の間では梁に対して垂直方向及び上下方向では振動数によっては上部構造の数倍程度の振幅となることが分かった。また壁面と内部の柱のフーリエスペクトルでは同じ振動数のピークが見られ、壁面の振幅は内部の柱より小さい。

今後の課題としては、地震応答の予測の為にRD法を用いて自由振動波形を作成し、固有振動数、減衰定数の推定が必要である。

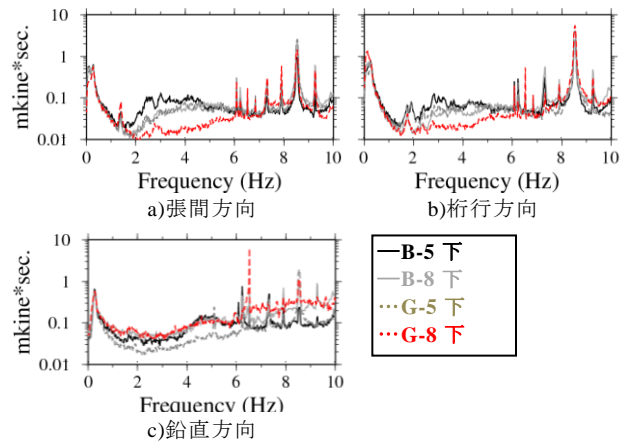


図6 計測配置1柱脚の速度フーリエスペクトル

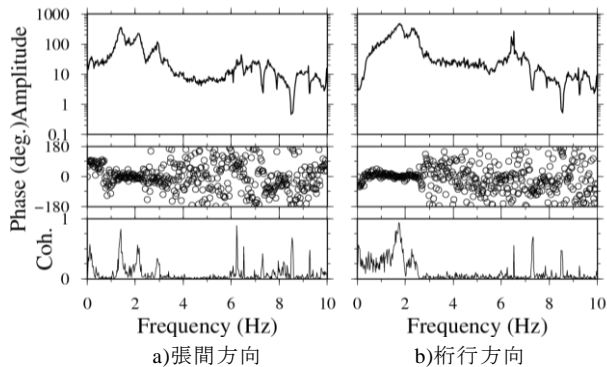


図4 計測配置1の伝達関数 (B-8上/B-8下)

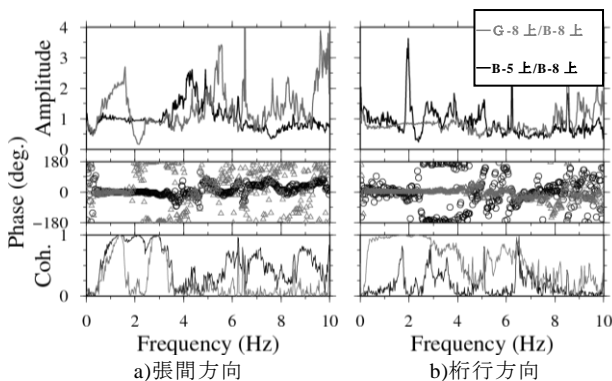


図5 計測配置1の伝達関数

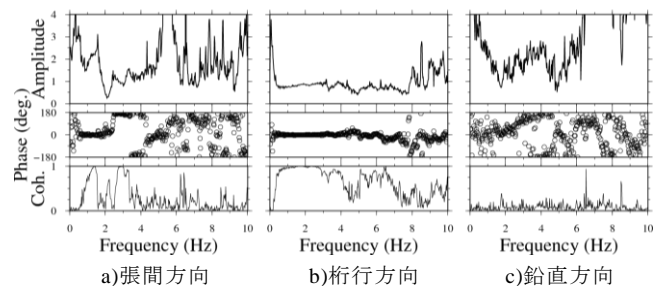


図7 計測配置2の伝達関数 (FG-8上/B-8上)

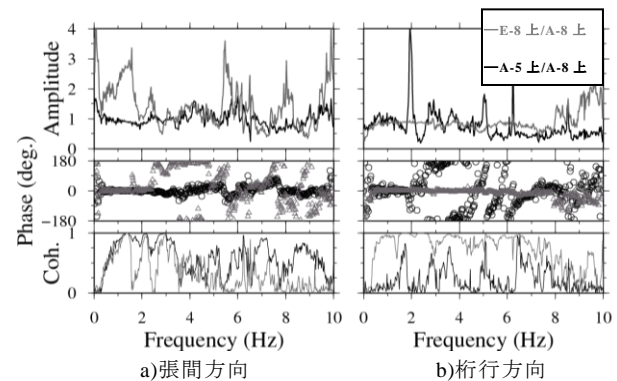


図8 計測配置3の伝達関数