

常時微動計測による低層 RC 造建物の伝達関数に
地盤・建物動的相互作用が及ぼす影響
Effect of Soil-Structure Interaction on Transfer Function
Estimation of Low-Rise R.C. Buildings using Microtremor

八木 茂治*, 飛田 潤**, 福和 伸夫***

Shigeharu YAGI, Jun TOBITA, and Nobuo FUKUWA

Based on the microtremor tests on 68 buildings with similar structural characteristics, correlation between estimated transfer function and soil-structure interaction of low-rise R.C. buildings is discussed. In many cases, the estimation of vibration system based on the transfer function is difficult for low-rise buildings. So, it is discussed that the transfer function of low-rise buildings correlate with base and ground condition, and the rocking vibration properties of low-rise R.C. buildings correlate with the foundation input motion by Rayleigh wave. These results show that the transfer function of low-rise R.C. buildings is correlated with soil-structure interaction, and the estimation of transfer function of the buildings is affected by the foundation input motion by Rayleigh wave.

Keywords : transfer function, microtremor, soil-structure interaction, natural frequency, low-rise R.C. building, Rayleigh wave

伝達関数, 常時微動, 動的相互作用, 固有振動数, 低層 RC 造, レーリ ー波

1. はじめに

常時微動計測によって建物の振動特性の把握を行う研究は古くから数多く行われてきた^[1]。特に, 高層建築物では振動実験の事例が多く, 近年では RD 法を用いた精度の高い地盤・建物連成系の減衰評価が行われており, 常時微動レベルにおいても振幅依存性が大きいことなどが明らかになってきている^[2]。しかし, 高層建築物などの重要構造物と比べ, 沖積平野上の都市部に多くみられる中低層 RC 造での検討^{[3]-[6]}は少ない。都市部に建設される建物の多くは中低層 RC 造建物であり, 今後施行される性能設計においてその地震荷重を適切に評価するためには, 中低層 RC 造建物の振動特性の検討を行うことが必要不可欠である。また, 現在都市圏にストックされている中低層 RC 造建物には, 新耐震設計法以前に建築された既存不適格建築物が数多くあり, これらの耐震診断・改修が急務であることを勘案すると, 中低層 RC 造の耐震診断の基礎資料としてもその固有振動特性を把握することは重要である^{[4]-[6]}。

常時微動計測によって中低層 RC 造の固有振動特性を検討する場合, その応答特性には地盤の影響が強く現れるため, 最上階のスペクトルだけでは建物の振動システムの推定が困難な場合が多い。このように, 動的相互作用の影響が大きい際に, 上部構造の特性を把握するためには, 地盤もしくは建物基部と建物最上階での記録を基にした伝達関数推定^[7]が有効であるが, 地盤の剛性に比べて建物の剛性が大きく, 地盤・建物動的相互作用の影響が顕著な低層 RC 造では, 地盤・基礎条件によっては振動システムの同定ができるような伝達関数が推定されないことも多い^[8]。また, 伝達関数推定結果から振動システムの同定を行う場合, その振動システムへの入力を検討することが重要であることが指摘されている^[7]。常時微動計測に基づく振動システム推定に, 風による建物上部入力が与える影響を検討した研究としては, 和泉ら^[7], 飛田^[8], 石橋ら^[9]の研究があり, 位相やコヒーレンスの形状から風による上部入力の影響を考察できることが指摘されている^[8]。

* 株式会社飯島建築事務所・修士 (工学)

** 名古屋大学工学部社会環境工学科・助教授・工博

*** 名古屋大学先端技術共同研究センター・教授・工博

Iijima Structural Design Office, M. Eng.

Assoc. Prof., Dept. of Civil Eng. and Architecture, Nagoya Univ., Dr. Eng.

Prof., CCRST, Nagoya Univ., Dr. Eng.

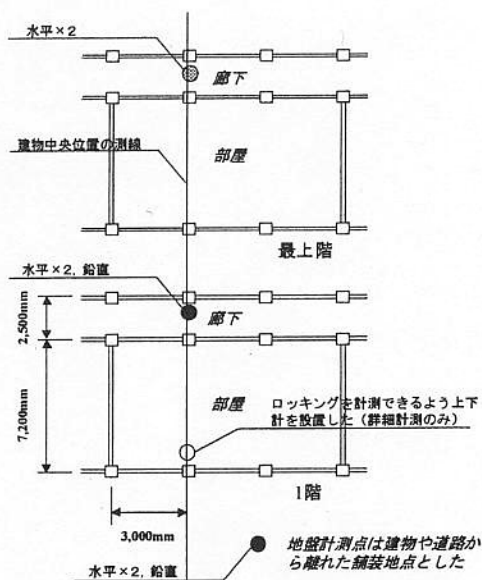


図1 計測対象基本平面プラン、計測点概要
(図中の寸法は詳細計測対象を含む代表的な寸法)

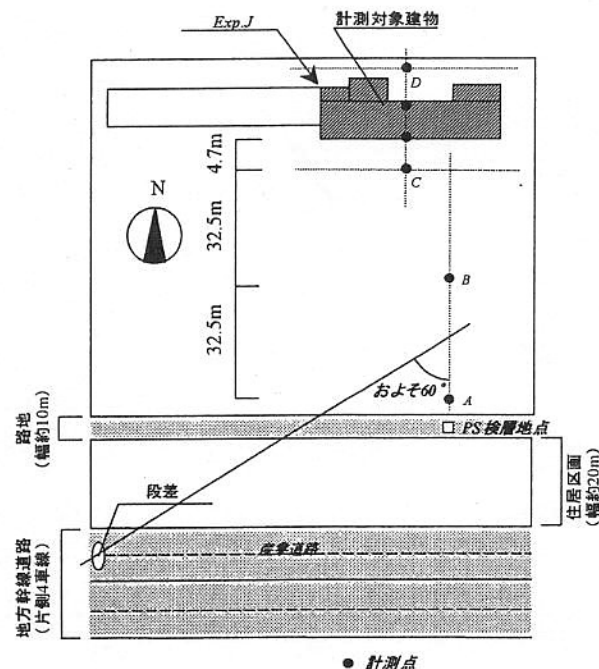


図2 建物Hでの地盤測線・建物1階の計測点概要

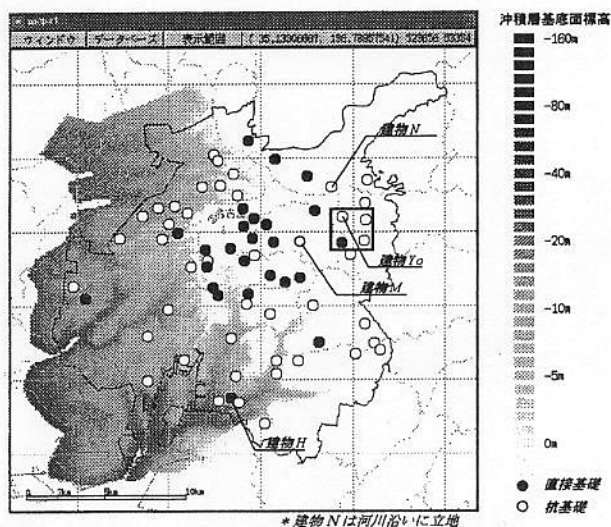


図3 計測対象建物、基礎形式および名古屋市内における沖積層の分布^[17]

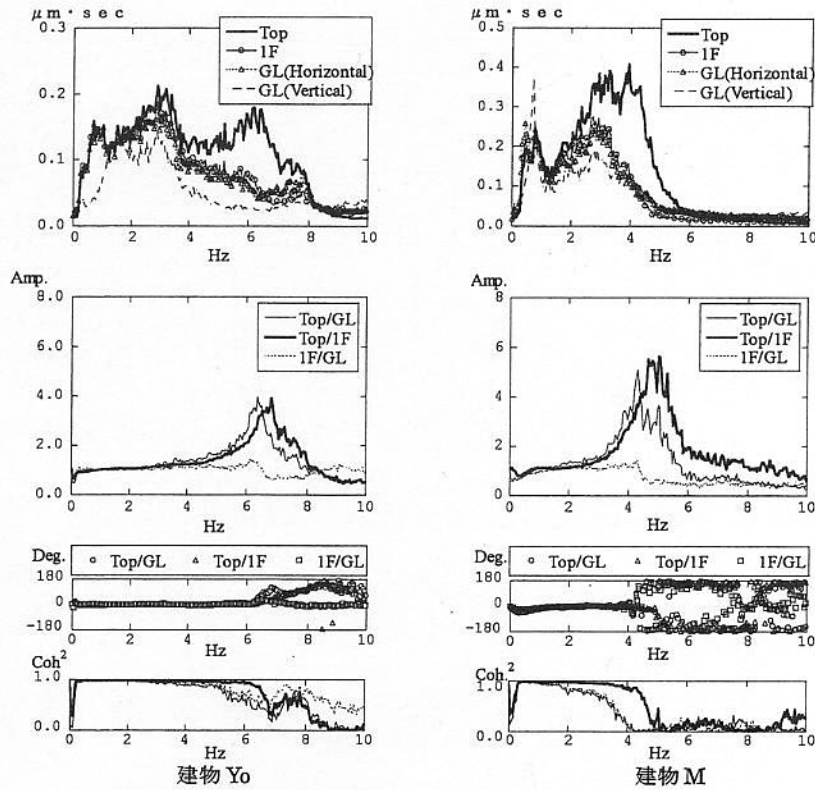
また、振動システムをSRモデルと仮定し、水平入力動によって励起されるロッキング動が伝達関数推定に及ぼす影響を検討した研究としては、山谷ら^[10]、石橋ら^[11]、原口ら^[12]の研究があるが、これらは主にパラメータスタディに基づいており、また、回転入力動が伝達関数に与える影響の検討は行っていない。一方、地盤面での常時微動の鉛直成分にはレーリー波が卓越していることが指摘されている^[13]。また、福和ら^[14]、西阪^[15]は多点同時実測記録に基づいて交通振動について詳細な検討を行っており、交通振動によって生じる地盤上下動成分は、振源から表面波的に伝播していることを指摘している^[14]。通常、常時微動計測による伝達関数推定を行う際には、そ

の振動システムへの入力を地盤もしくは建物基部への水平入力動としているが、レーリー波のように場所によって位相差のある入力卓越する場合、基礎・地盤条件によっては回転入力動が卓越し、伝達関数推定結果を乱す可能性があると考えられる。しかし、この点について実測記録に基づいた検討を行った研究は少ない^[16]。

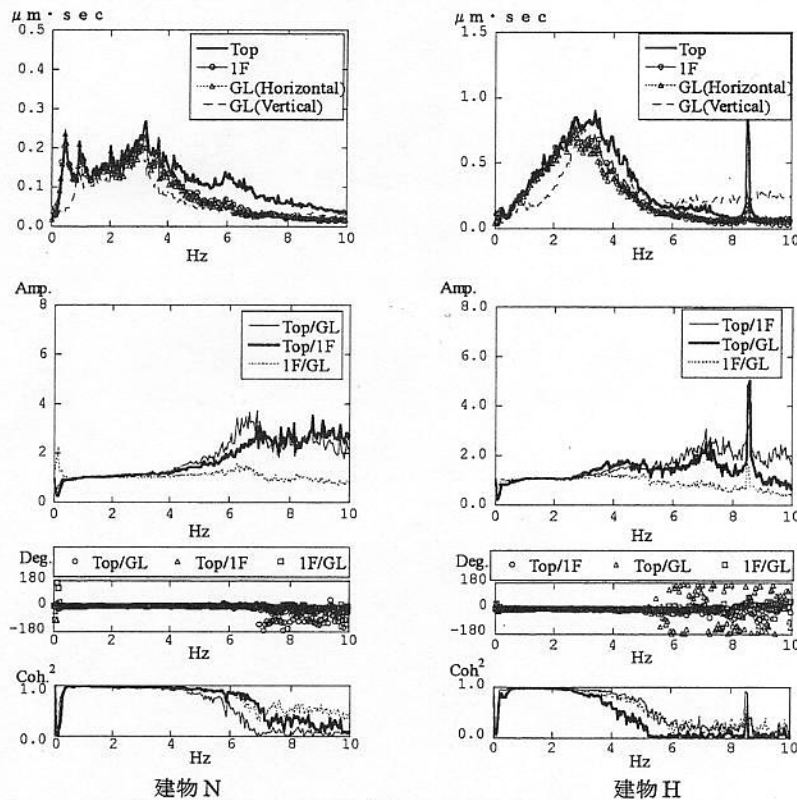
そこで、本論では参考文献[6]で対象とした建物群において典型的な伝達関数が得られた3棟とそれらと上部構造形式がほぼ同じ建物1棟で、建物周辺地盤と動的相互作用・レーリー波入射およびそれに伴う回転入力動の把握を目的に新たな計測を行い、動的相互作用が伝達関数推定結果に与える影響について検討する。なお、本論では論旨の展開上必要と判断したものについては、参考文献[6]の一部を再録している。

2. 建物・計測概要

本論で考察に用いる常時微動計測記録は、64棟の3階建低層RC造での簡易な計測(以下、簡易計測)とロッキング動の計測も行った4棟の詳細な計測(以下、詳細計測)のものである。詳細計測の4棟は、建物M(4階建・洪積台地・杭基礎)、Yo(3階建・洪積台地・杭基礎)、N(3階建・沖積平野・杭基礎)、H(3階建・沖積平野・直接基礎)である。対象とした建物群の基本平面プランおよび計測概要を図1に示す。桁行方向スパンは、概ね3000mm、張間方向スパンは部屋が7200mm、廊下が2500mmである。張間方向の基礎平面規模はほぼ一致しており、建物規模の違いは主に桁行方向のスパン数によって決まっている。計測点は簡易、詳細計測とも



(a) 固有振動数特性が明瞭な伝達関数推定の例(上段より, 平均フーリエスペクトル, 伝達関数(Hv 推定)の振幅・位相・コヒーレンス)



(b) 固有振動数特性が不明瞭な伝達関数推定の例(上段より, 平均フーリエスペクトル, 伝達関数(Hv 推定)の振幅・位相・コヒーレンス)

図4 平均フーリエスペクトルと伝達関数推定結果例

に, 建物内は1階と最上階の中央部廊下の柱わき, 地盤上は建物や道路から離れた舗装された地点とし, 詳細計測の際にはあわせて張間方向のロッキング動の把握を目的として1階の両端部で上下動成分の計測を行った(図1)。建物Hにおいては交通振動の伝播とその入力が振動システムに与える影響を考察するために, 地盤上に直線アレイを設置した(図2)。

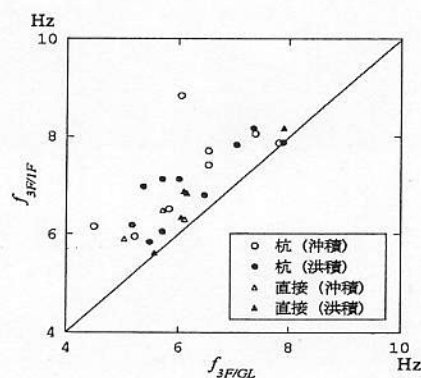
図3に簡易計測を行った64棟と詳細計測を行った4棟の地盤・基礎条件を示す。図より, 対象とした建物群はほぼ名古屋市全域に分布しており, 概ね一般的な地盤・基礎条件を網羅していると考えられる。

3. 動的相互作用が固有振動特性に与える影響

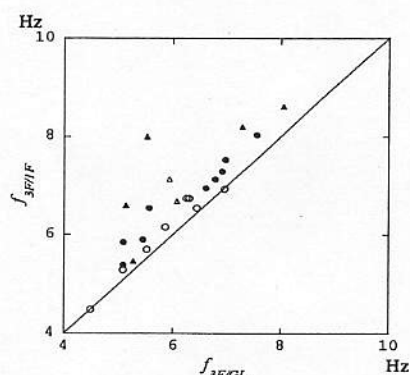
図4に詳細計測を行った4棟について, 常時微動計測記録から求めた平均フーリエスペクトルとHv伝達関数推定結果(それぞれ1サンプル20.48sec, サンプル数60。以下, 伝達関数推定結果はすべてHv推定法^[8])を計測結果の例として示す。本論で行った計測結果は, 建物Yo, Mのように伝達関数の振幅・位相もしくは振幅から固有振動数を同定することが可能なもの(図4(a))と, 建物H, Nのように振幅のピークは広く, 位相がほぼ0°, コヒーレンスも低いため固有振動数を同定できないもの(図4(b))に大別された。なお, 建物Hにおける8.4Hzの卓越は建物周辺で行った予備計測によって, 敷地北側にある工場から伝播している振動によるものであることが分かっている。

振動システムをSRモデル, 入力を一様水平入力動と仮定した場合, 1階床に対する3階床の伝達関数(以下, $H_{3F/1F}$)はスウェイを除いた上屋+ロッキングの特性を与え^[1], 地表に対する3階床の伝達関数(以下, $H_{3F/GL}$)は地盤・建

物連成系の特性に対応する。しかし、常時微動による地動入力動は様な水平入力動ではなく、場所によって位相差があるため回転入力動が励起され伝達関数の形状が変化する。また、伝達関数の形状は基礎の根入れによる入力損失効果の影響も受けている。このため、伝達関数の形状に依存した考察は困難になるが、卓越振動数に着目した考察は可能である。本節では、伝達関数の振幅・位相もしくは振幅のみから固有振動数が判別できた推定結果(桁行33棟、張間29棟、内共通するもの28棟)に基づいて、地盤入力動を水平と仮定し、地盤・建物動的相互作用が対象建物群の固有振動数に与える影響について考察を行う。図5は $H_{3F/1F}$ と $H_{3F/GL}$ から求めた固有振動数 $f_{3F/1F}$ と $f_{3F/GL}$ の相関を、桁行方向と張間方向について示したものである。図より、張間方向では基礎種別による差異が明確で、杭基礎の場合に概ね $f_{3F/1F} = f_{3F/GL}$ 、直接基礎の場合に $f_{3F/1F} > f_{3F/GL}$ となっている。これに対し桁行方向では全体的に $f_{3F/1F} > f_{3F/GL}$ となっている。図6に地盤条件が固有振動特性に与える影響を考察するために、GL-10mまでの平均N値と $f_{3F/1F}/f_{3F/GL}$ の相関を示す。図より、桁行・張間方向ともに平均N値が増加すると $f_{3F/1F}/f_{3F/GL} = 1$ に収束している傾向があり、特に張間方向では平均N値がほぼ同程度の場合、直接基礎の $f_{3F/1F}/f_{3F/GL}$ は杭基礎と比べ大きくなる傾向にある。図7に建物規模が固有振動特性に与える影響を考察するために、桁行方向



(a) 桁行方向

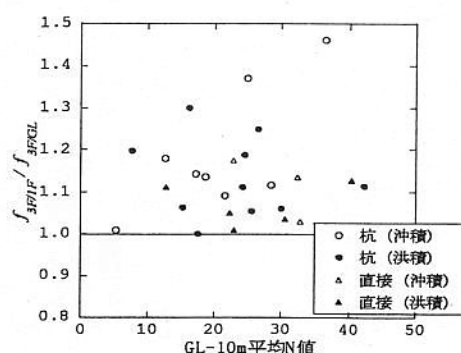


(b) 張間方向

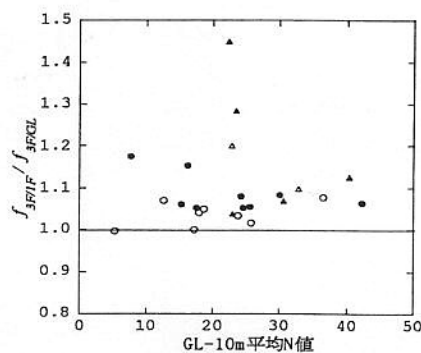
図5 $f_{3F/1F}$ と $f_{3F/GL}$ の相関

の基礎寸法と桁行方向の $f_{3F/1F}/f_{3F/GL}$ の相関を示す。図より、基礎寸法・建物規模が大きくなるに従って $f_{3F/1F}/f_{3F/GL} = 1$ に収束する傾向があるが、規模が同程度の場合、基礎種別・地盤条件による有意な差異は確認できない。図5~7の傾向は地盤・建物動的相互作用を考慮すると以下のように考察できる。

1. 対象建物群はその平面プランの特徴から、張間方向は剛体的に挙動しロッキング動が卓越しやすく、同一の地盤・基礎条件の場合、基礎幅がほぼ同一なので建物規模によるロッキング剛性のばらつきが小さい。これに対し、桁行方向は建物長さによる影響が大きく上部構造の弾性変形とスウェイが卓越しやすい。



(a) 桁行方向



(b) 張間方向

図6 GL-10m 平均N値と $f_{3F/1F}/f_{3F/GL}$ の相関

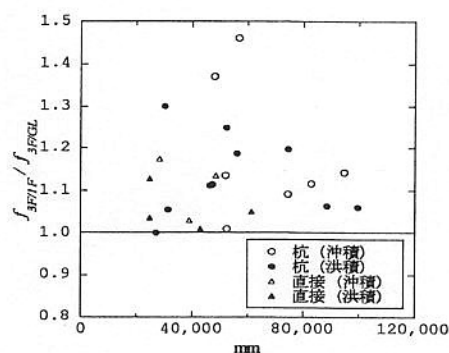


図7 桁行寸法の分布と桁行方向 $f_{3F/1F}/f_{3F/GL}$ の相関

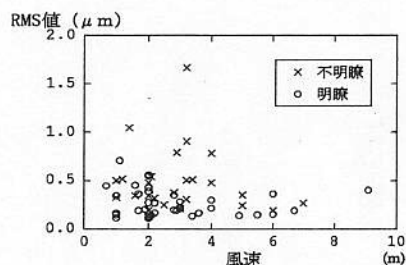
2.このため、張間方向では杭によるロッキングの固定度の影響が大きく、相互作用の影響を減じるのに対し、桁行方向では基礎幅が大きく元々ロッキング剛性が高いので地盤水平バネ剛性の影響が支配的になるため、図5(a),6(a)において地盤条件・基礎形式による差異が明確に現れなかったと推察される。

このように両方向の構造形式の違いによって建物の振動特性に及ぼす地盤の影響が異なって現れており、低層RC造建物においては、その固有振動特性は動的相互作用の影響を大きく受けていることが分かる。

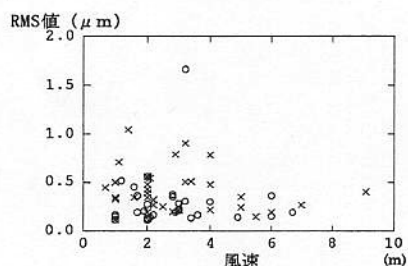
4. 動的相互作用が伝達関数推定に与える影響

本節では、図4(b)のように伝達関数推定結果が良好でなくなる要因について分析を行う。以下の考察では、伝達関数推定結果の振幅に明瞭なピークがあり、固有振動数を読みとれるものを「明瞭」、読みとれないものを「不明瞭」と呼ぶ。

本論で行った常時微動計測記録による伝達関数推定結果において風入力が支配的な影響を与えているか否かを考察するために、名古屋地方気象台での観測記録を参考に推定した計測中のおよその風速と建物最上階での平均RMS値の相関を、推定結果分類ごとに図8に示す。図より、桁行・張間方向ともに最上階の振幅および推定結果分類と風速との間には相関はない。68棟すべてにおいて、位相やコヒーレンスの形状から風による上部入力の影響^[8]は見られなかった(図4)。以上より、本論で行った計測においては、伝達関数推定結果に風入力が及ぼす影響は十分に小さいものであると考えられ、図4(a), (b)



(a) 桁行方向



(b) 張間方向

図8 10分間平均風速と最上階での平均RMS値の相関
(3階建67棟)

の差異は地盤・基礎条件による動的相互作用の影響によるものと考えられる。

図9に建物Y₀, M, N, Hでの計測波形の例を示す。図より、図4において伝達関数推定結果から固有振動数が判別できる建物Y₀, Mでは最上階と地盤もしくは1階との波形とを比較することによってある程度固有振動数を判別することができるが、建物N, Hでは地盤の振動特性が支配的であり識別は困難である。図10に地盤・基礎条件ごとの伝達関数推定結果の分類分布を示す。図より、振動方向および基礎・地盤条件によって伝達関数推定結果の分布が大きく異なることが分か

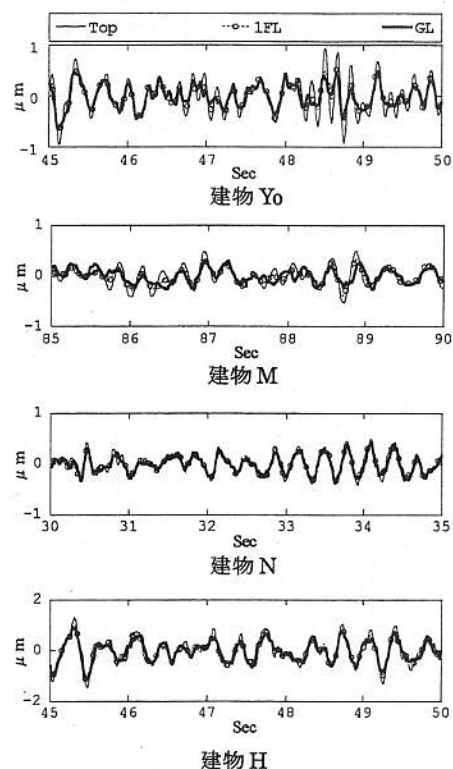


図9 計測波形例

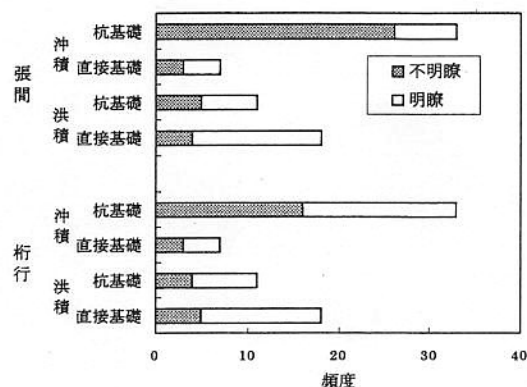


図10 地盤・基礎条件と伝達関数推定結果の分布

る。最も特徴的なのは、沖積地盤上の杭基礎の建物の張間方向では、ほぼ8割の建物において計測結果から固有振動数が判別できないことが分かる。これらから、低層RC造建物での常時微動計測結果に基づく伝達関数推定においては、基礎・地盤条件による動的相互作用の影響がきわめて大きいことが推察される。

また、図3の矩形で囲った地盤条件がほぼ等しいと考えられる地域においても、主要交通機関網に近いほど伝

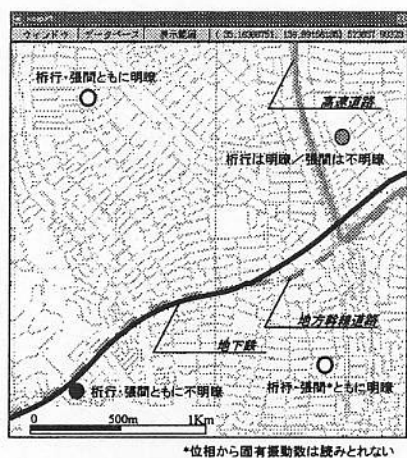
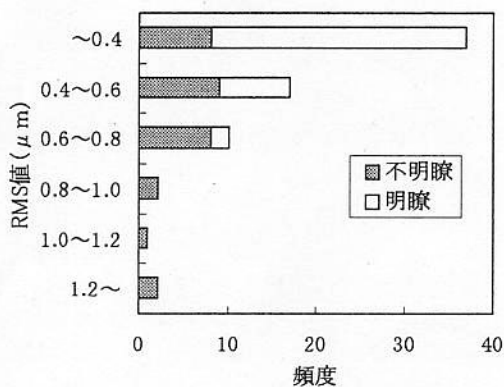
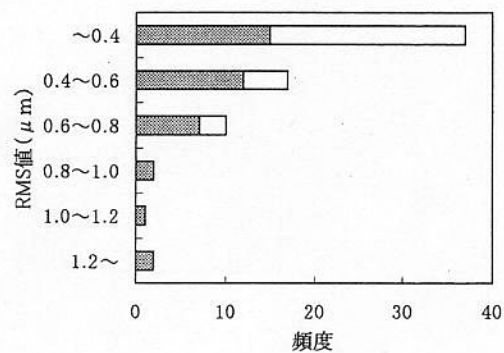


図11 交通振動源と伝達関数推定結果の分布
(図3の矩形部分の拡大図)



(a) 桁行方向



(b) 張間方向

図12 地盤上下動平均RMS値と伝達関数推定結果の関係

達関数推定結果が乱される傾向にある(図11)。福和ら^[4]は交通振動によって生じる地盤振動成分はその振源から表面波的に伝播することを指摘している。表面波的な振動が卓越する場合、振動システムへの入力が建物基部からの水平動ではなく回転入力動が卓越することが予想され、これが伝達関数推定結果を乱す要因の一つとして考えられる。そこで、簡易的に交通振動が伝達関数推定結果に与える影響を考察するために、地盤上下動の平均RMS値と伝達関数推定結果の対応を図12に示す。図より、桁行・張間方向ともに、地盤上下動の平均RMS値が $0.8\mu\text{m}$ 以上では良好な推定結果が得られないことが分かる。これから、交通振動によって生じる位相差のある入力成分が伝達関数推定結果に影響を与えることと、地盤上下動の平均RMS値を伝達関数推定結果を判定するための簡易な指標とすることが可能であることが分かる。しかし、平均RMS値が $0.8\mu\text{m}$ 以下ではRMS値が低下すると伝達関数推定結果が向上する傾向にあるが固有振動数が判別できない場合も多くみられ、平均RMS値のみでは伝達関数推定結果の良否が判別できない。

そこで、建物Hの張間方向での詳細計測結果に基づいて交通振動が伝達関数推定結果に及ぼす影響について考察する。図13に建物Hの敷地南側地点で得られたPS検層データおよび土質柱状図を示す。地盤条件はGL-4mまで軟弱な沖積層が堆積しており、それ以深では一部に軟弱な粘土層が見られるが比較的良好な洪積層が分布している。図14に建物敷地南側の道路で大型車両が通過した時の地盤計測点A,B地点間における上下動の位相遅れとコヒーレンスを示す(サンプル数16)。図より、全振動数で比較的高いコヒーレンスは高く、地点A

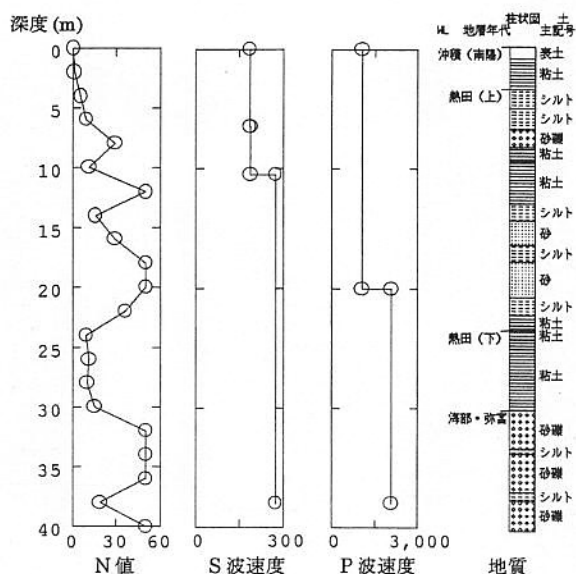


図13 建物HでのPS検層データ

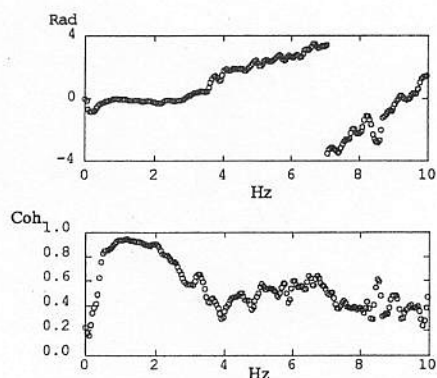


図14 図2のAB間の上下動の関係
(上段より位相遅れ, コヒーレンス)

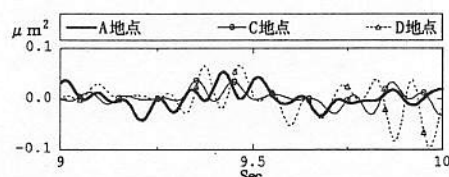


図15 地盤測線上でのA, C, D地点でのモーション
プロダクト(4~7.5Hz)

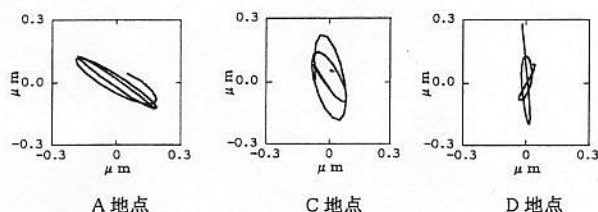


図16 地盤測線上でのA, C, D地点でのオービット
の例(6.5~7.5Hz)

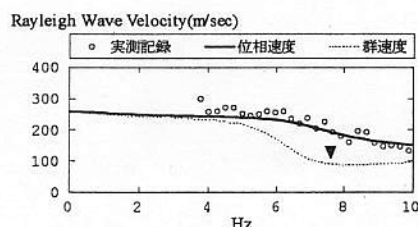


図17 実測記録による位相速度とPS検層データに
基づく位相速度の相関(▼エアリー相)

に対して地点Bで明確な位相遅れが見られる。特に4Hz以降での位相遅れの分布から位相速度に分散性が確認できることから、地点A, B間で伝播している地盤上下振動成分ではレーリー波が卓越していることが推察される。そこで、位相速度に明確な分散性がある4~10Hzにおいて、A・C・D地点での上下・水平動のモーションプロダクトを図15に示す。ただし、これ以降の考察では水平動に関しては、上下振動成分と最もコヒーレンスが高くなった南から西へ

60° 方向(図2)に補正したものを用いて計算を行った。図より、建物南側のA, C地点においては正負を繰り返しておりレーリー波が卓越し、道路側から建物へ伝播していることが推察できるが、建物を挟んだD地点では片側にシフトしており実体波が卓越していると思われる。図16に、A, C, D地点での6.5~7.5Hzのオービットを示す。図より、建物を挟んで南側のA, C地点では楕円状のオービットであるのに対して、北側のD地点では正弦波的なオービットになっている。また、方位補正を行った方角には道路上に段差(図2)があることから、建物Hでの地盤振動は、敷地南側の道路の段差付近で発生した交通振動が卓越し、それが表面波として伝播してきていると考えられる^[10]。図17に測線距離と位相差から求めた位相速度とPS検層データから求めたレーリー波の理論分散曲線を示す。ただし、測線長さは図15, 16と同様に方位補正を行っている。図より、実測から求めた位相速度はPS検層データから求めた理論分散曲線とよく対応しており、表面波が卓越しやすいエアリー相は、概ね7.6Hz付近に存在すると推察される。また、GL上下動の平均フーリエスペクトルは、交通振動源の特性を表すと考えられる3Hz付近の卓越^[10]以外に、エアリー相付近の振動数においても卓越が見られる(図4(b))。これらより、交通振動による振動伝播は表層の地盤構造によって決まるレーリー波成分が卓越していると考えられる。以上の考察から、建物Hにおいては、敷地南側にある道路での交通振動に起因するレーリー波による位相差のある地動上下動が振動システムに入力していることが推察される。

レーリー波入力振動システムに与える影響を考察するために、本論における弾性変位、ロッキング変位(以下、ロッキング)、スウェイ変位(以下、スウェイ)の定義を図18に示す。また、無質量基礎の回転応答(以下、基礎入力動・回転成分) ϕ^* をC, D間距離 $L_{CD}=18.4\text{m}$ と上下成分の差 $(z_C - z_D)$ から近似式 $\phi^* = (z_C - z_D) / L_{CD}$ によって求めた。図19に、基礎入力動・回転成分の近似式の精度を直線と正弦波の積分値の比を用いて検討した結果を示す。図19では、図17から求めたレーリー波の波長に対応する振動数も示している。図より、近似式の適用限界振動数は、4.3Hz($\lambda=55.9\text{m}$, $\lambda/3=18.6\text{m}$, 誤差8.3%)であることが分かる。なお、以下の図中では参考のため、10Hz($\lambda=15.2\text{m}$)まで示してある。図20に基礎入力動・回転成分 ϕ^* とロッキング回転角 θ の伝達関数を示す。図より、ロッキング回転角 θ は基礎入力動・回転成分 ϕ^* と比べ若干増幅しているがほぼ同一振幅、位相もほぼ同一、コヒーレンスも全振動数に渡って高い。また、建物Hは直接基礎であり、杭基礎の場合と比べ回転入力動の影響を受けやすいと考えられることから、建物Hでのロッキングは地動水平入力動ではなく、場所によって位相差のあるレーリー波に起因する回転入力動によって励

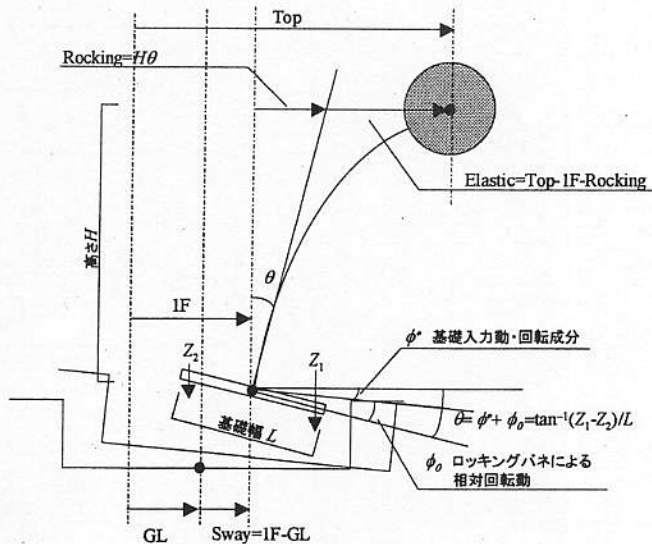


図 18 Elastic, Sway, Rocking の定義

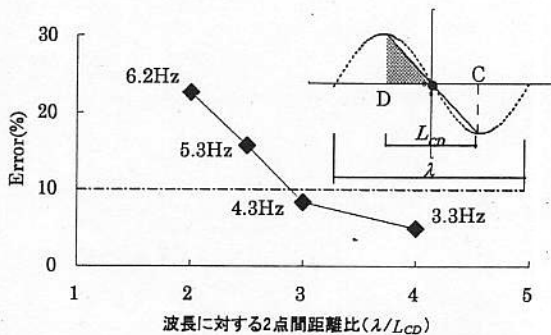


図 19 基礎入力動・回転成分近似式の精度
(正弦波と直線の積分値の比)

起されていると考察できる。図21に基礎入力動・回転成分 ϕ^* とC地点での上下動の位相差とコヒーレンスを示す。図より、C地点の上下動と基礎入力動・回転成分 ϕ^* の位相はほぼ同位相であり、ロッキング動が励起されている振動数範囲ではコヒーレンスも高いことから、簡易的には地盤上の上下成分の位相情報を基礎入力動・回転成分の位相情報と見なせることが分かる。

以下では、建物Hでの考察を基に詳細計測を行った4棟の張間方向でのレーリー波入力伝達関数推定結果に及ぼす影響の考察を行う。図22に各建物ごとの表層地盤構造による理論分散曲線とGL水平動に対する弾性変位、スウェイ、ロッキングの伝達関数を示す。なお、建物Yo, M, Nにおいては建物近傍のPS検層データを入手できなかったため、名古屋地盤図^[17]等を参考に推定した速度・密度構造からレーリー波の理論分散曲線を求めた。図より、建物Yoにおいては、弾性変位、スウェイ、ロッキングのいずれもGLの水平動とのコヒーレンスが強く、振幅・位相ともに伝達関数の卓越振動数(図4(a))で明確な振動システムが存在していることを示しており、この建物の入力主

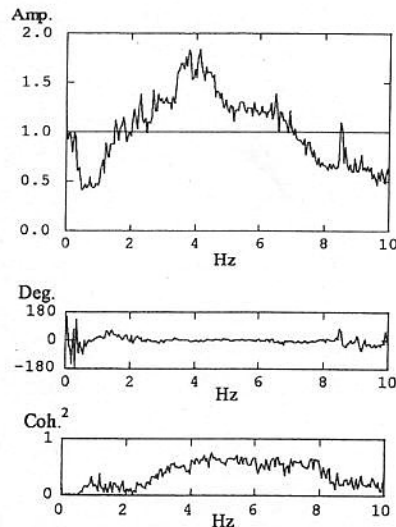


図 20 C,D 地点の上下動成分から求めた基礎入力動・回転成分 ϕ^* と Rocking 回転角 θ の伝達関数
(上段より振幅、位相、コヒーレンス)

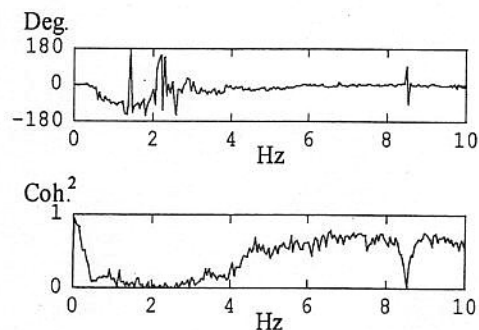


図 21 C,D 地点の上下動成分から求めた基礎入力動・回転成分と C 地点の上下動成分の相関
(上段より位相、コヒーレンス)

にGLの水平入力動であると考えられる。一方、建物M, N, Hともにエアリー相付近でロッキングのピーク振動数があるが、弾性変位、スウェイ、ロッキングのいずれもGLの水平動とのコヒーレンスは著しく低い。これらから、建物M, N, Hにおいては、ロッキングはGLの水平動ではなく、レーリー波による位相差のある地盤上下動によって励起されていると考えられる。

図23に、レーリー波と相関が高いと考えられるGLの上下動^[13]に対する弾性変位、スウェイ、ロッキングの伝達関数を示す。図より、建物Yoでは弾性変位、スウェイ、ロッキングの卓越振動数付近でコヒーレンスが大幅に低下していることから、振動システムの入力はレーリー波によるものではないことが分かり、前述の考察結果と一致している。また、建物M, N, Hでのコヒーレンスは、図22よりも向上している。特に建物Mでは地盤・建物連成系の固有振動数付近で急激に低下することから、ロッキングとGLの上下動・レーリー波との相関が高い

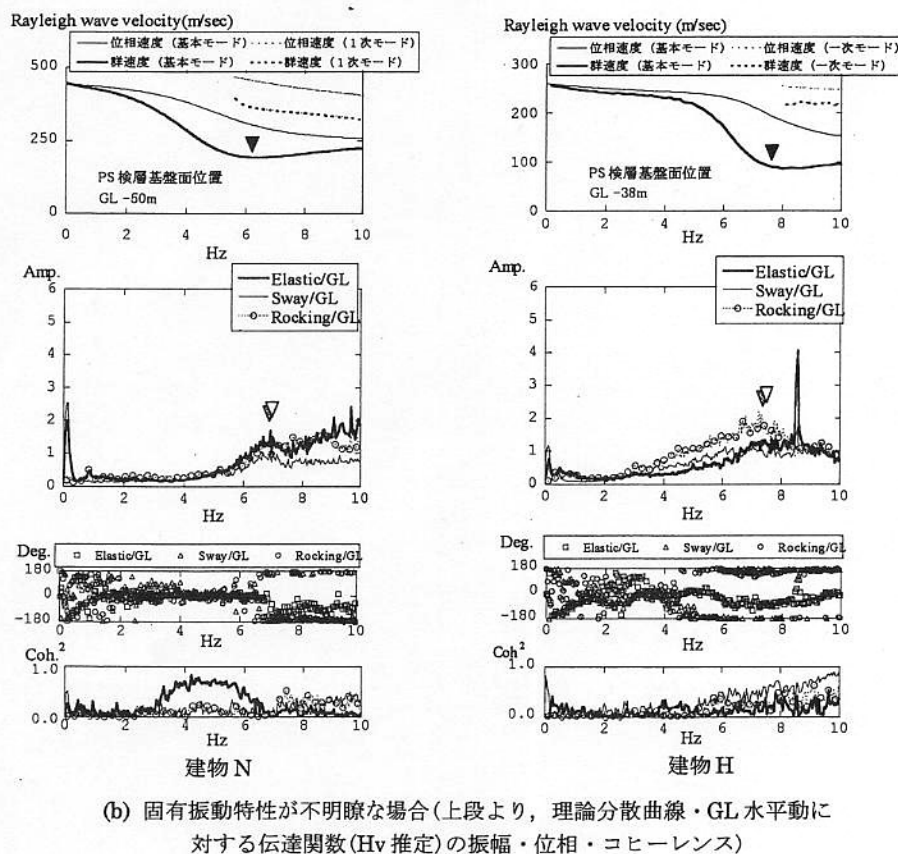
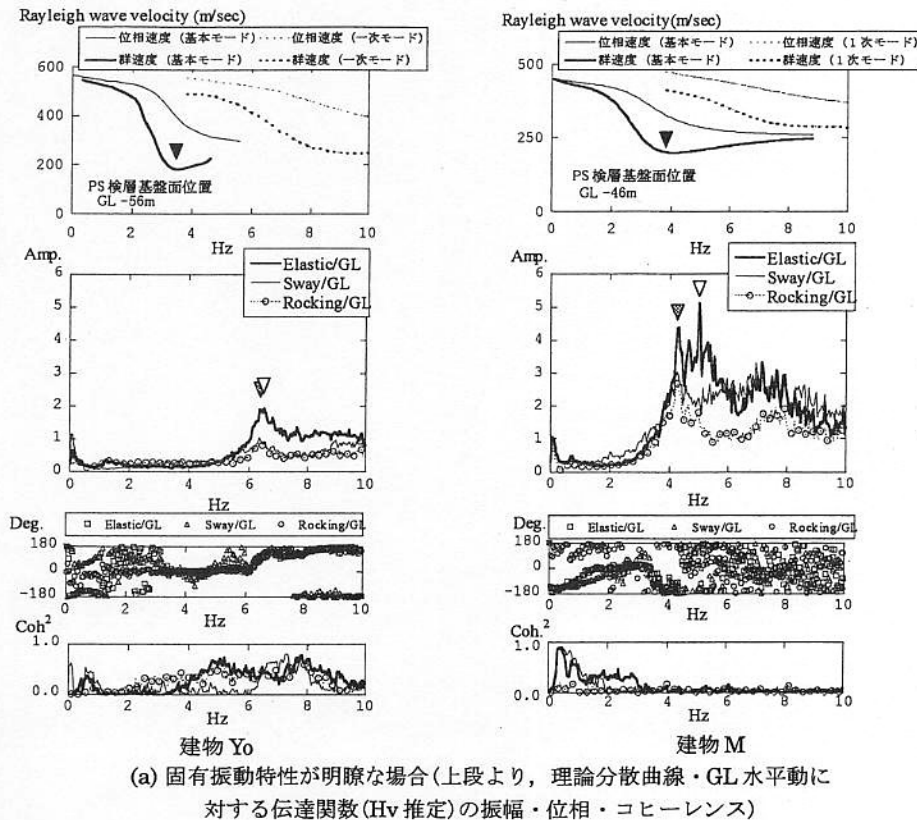


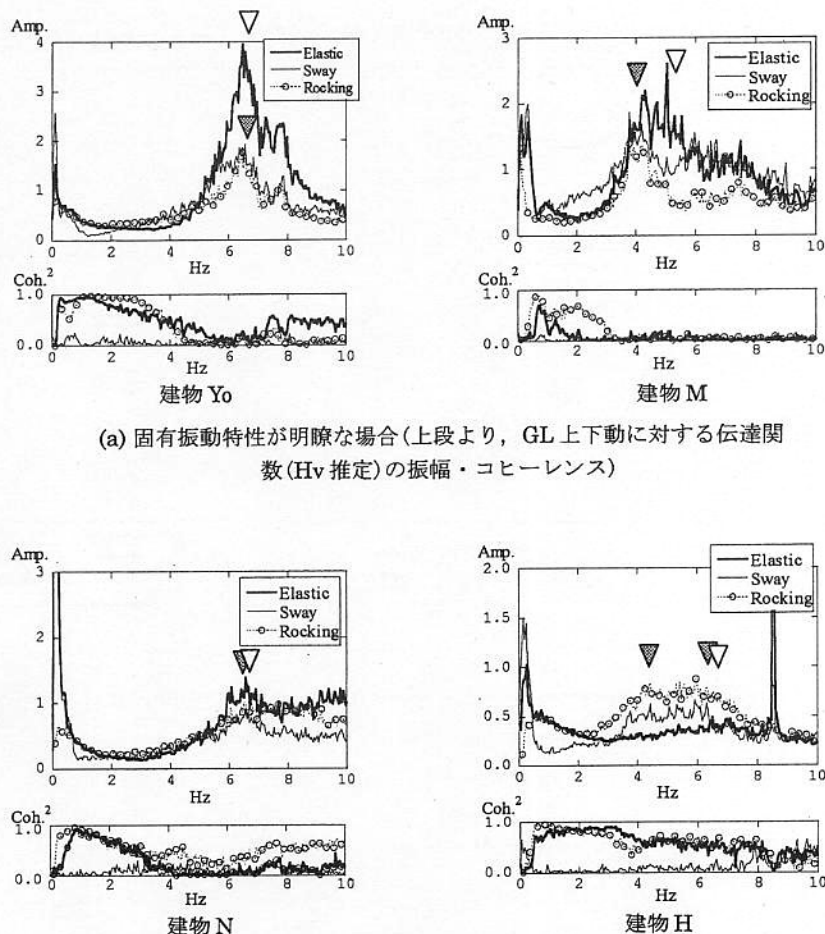
図 22 Rayleigh 波の理論分散曲線と GL 水平動に対する Elastic, Sway, Rocking の伝達関数 (▼エアリー相, ▽ Elastic, ▽ Rocking の卓越振動数)

と考えられる。以上より、建物 M, N, H において、レーリー波のエネルギーが停留するエアリー相でロッキングが励起されている可能性が示唆される。また、図 4, 22, 23 より、レーリー波のエアリー相と建物の固有振動数が近接している建物 N, H と近接していない建物 Yo とでは、伝達関数の特徴は大きく異なっており、エアリー相の振動数が伝達関数推定結果に大きな影響を与えていることが考えられる。

4. まとめ

4 棟の低層 RC 造建物で行った詳細な常時微動計測結果と、64 棟の 3 階建 RC 造建物で行った簡易な常時微動計測をもとに、動的相互作用、特に地盤・基礎条件と、交通振動などに起因するレーリー波による回転入力動が、低層 RC 造建物の伝達関数に与える影響について考察を行った。その結果、低層 RC 造建物において、動的相互作用の影響が大きい場合、その伝達関数推定結果の振幅・位相から固有振動数の判別が困難になること、レーリー波のエアリー相で回転入力動が卓越し、それによるロッキング入力伝達関数推定結果に大きな影響を与えている可能性を示した。

今後は、本論の結果を踏まえて、動的相互作用が固有振動特性に与える影響の詳細な検討およびそれを踏まえた回転入力を考慮した伝達関数推定法の検討を行う予定である。



(a) 固有振動特性が明瞭な場合 (上段より, GL 上下動に対する伝達関数 (Hv 推定) の振幅・コヒーレンス)

(b) 固有振動特性が不明瞭な場合 (上段より, GL 上下動に対する伝達関数 (Hv 推定) の振幅・コヒーレンス)

図 23 GL 上下動に対する Elastic, Sway, Rocking の伝達関数
(∇ Elastic, ∇ Rocking の卓越振動数)

謝辞

本研究において実施しました常時微動計測では, 名古屋大学 美原義正技官, 森保宏助教授, 日本技術開発石田栄介博士, 豊田工業高等専門学校今岡克也助教授, 山田耕司助教授, 東京工芸大学石原競助手, 千葉大学石田理永助手, 名古屋市消防局・建築局, 名古屋大学大学院建築学専攻構造設計工学講座の各位に多くのご協力を頂きました。ここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 例えば, 大場新太郎: 基礎・地盤条件が実在建築物の固有周期に及ぼす影響, 日本建築学会論文報告集, 第 317 号, 1981, pp.23-31
- [2] 田村幸雄他: RD 法による建造物のランダム振動時の減衰評価, 日本建築学会構造系論文集, 第 454 号, pp.29-38, 1990
- [3] 今岡克也, 清家規, 大西貴史, 多賀直恒: 微動計測に基づく表層地質を考慮した建物の地震応答評価に関する研究—福岡市内の RC 建造物を例として—, 日本建築学会論文報告集, 第 490 号, 1996, pp.101-110
- [4] 阿部良洋: 鉄筋コンクリート建造物の微振動特性と耐震性能に関する研究, 東北大学学位論文, 1988
- [5] 阿部良洋他: 中低層 RC 建造物に関する耐力指標の微動周期特性

からの推定, 日本建築学会学術講演梗概集 C. 構造 II, pp.333-334, 1988

- [6] 飛田 潤, 八木茂治, 福和伸夫, 西阪理永: 常時微動計測による低層 RC 建造物の振動性状と耐震指標に関する考察, 第 10 回日本地震工学シンポジウム, 1998.11., pp.1671-1676
- [7] 和泉正哲, 勝倉 裕, 飛田 潤: 建造物の常時微動における振動システム, 日本建築学会構造系論文報告集, 第 409 号, 1990, pp.83-93
- [8] 飛田 潤: 実応答記録に基づく建築建造物の振動システムの特性に関する研究, 1988, 東北大学学位論文
- [9] 石橋敏久, 内藤幸雄: 常時微動による高層建造物の振動特性推定に及ぼす風の影響の検討, 日本建築学会論文報告集, 第 464 号, 1994, pp.71-80
- [10] 山谷博愛, 内藤幸雄, 石橋敏久: 地盤・建造物相互作用が建造物の振動特性推定に及ぼす影響—2 質点系モデルによる検討手法の検討—, 鹿島技術研究年報, 第 42 号, 1994, pp.169-174
- [11] 石橋敏久, 内藤幸雄: 基礎のロッキングを考慮した伝達関数評価法の検討, 鹿島技術研究年報, 第 42 号, 1994, pp.199-203
- [12] 原口圭, 神田順: 常時微動計測に基づく地盤と建物の相互作用を考慮した中低層建物の振動特性評価, 日本建築学会学術講演梗概集 C. 構造 II, pp.337-338, 1999
- [13] 時松孝次, 新井 洋, 酒井潤也: 短周期微動に含まれる表面波の性質と地盤構造の関係, 日本建築学会論文報告集, 第 472 号, 1995, pp.47-55
- [14] 福和伸夫, 西阪理永, 浅野三男, 多賀直恒, 寺村彰: 自動車走行外乱による地盤の振動性状に関する研究・

実測記録の分析と薄層法によるシミュレーション解析, 構造工学論文集, Vol.39B, 1993, pp.95-104

- [15] 西阪理永: 実大実験に基づく道路交通振動の振源機構と建築物への振動伝達機構に関する研究, 平成 9 年 1 月, 名古屋大学大学院学位論文
- [16] 八木茂治, 飛田潤, 福和伸夫: 常時微動計測による低層 RC 建造物の伝達関数推定に及ぼす Rayleigh 波入射の影響, 日本建築学会学術講演梗概集 C. 構造 II, pp.339-340, 1999
- [17] 土質工学会中部支部: 最新名古屋地盤図, 1988.
- [18] Havard Vold, John Crowley and G. Thomas Rocklin: New Ways of Estimating Frequency Response Functions, Sound and Vibration, November, 1984