

直接基礎の動的地盤ばねに対する埋込み及び隣接効果に関する研究

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 酒井理恵子

1. はじめに

耐震設計に性能規定が導入され、建物の固有周期、減衰、増幅特性に影響を及ぼす動的相互作用は地震荷重を評価する上で重要性が高まっている。

動的相互作用は地盤条件や基礎形式、基礎平面の形状や根入れ、隣接建物の存在などによってその効果が大きく変わる。都市の構造物の多くは軟弱地盤上に近接して建っている。既往の実測による研究でも動的相互作用の影響は認められているが、現象の複雑さ故に簡略化が容易ではなく、設計に取り入れられることは殆どなかった。

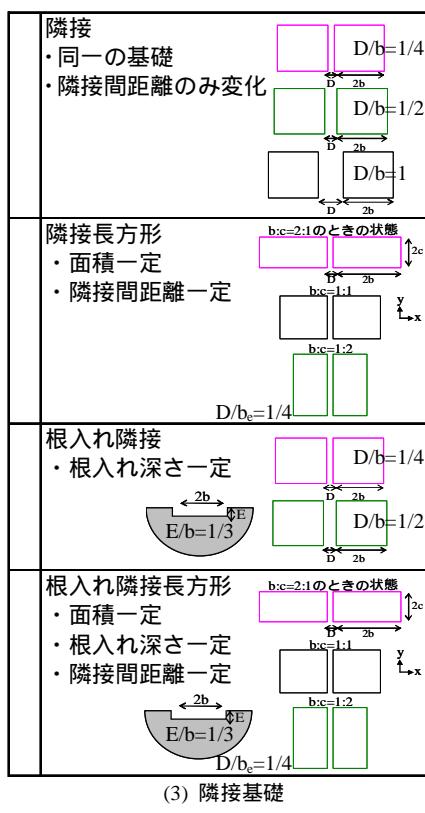
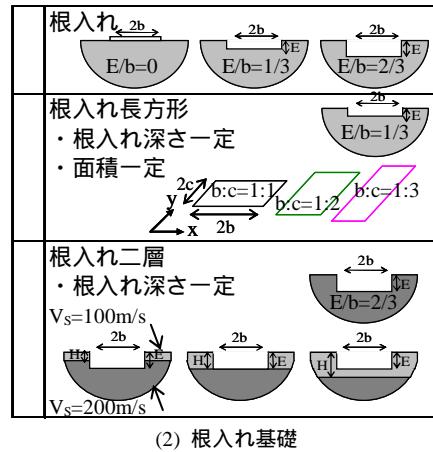
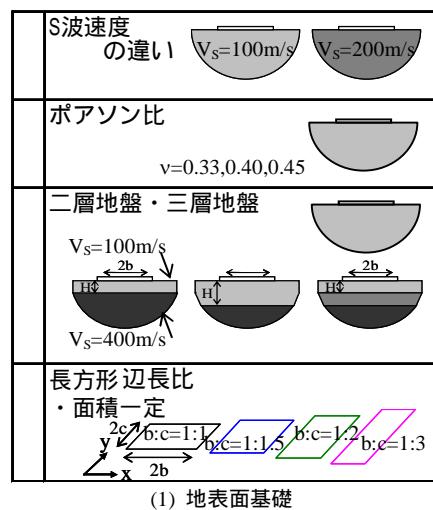
本研究では、主に動的地盤ばね(インピーダンス)に着目し、地表面基礎と埋込み基礎や隣接基礎との相違を考察する。

2. 解析の概要

インピーダンスは振動数依存の複素関数で、実部は地盤剛性に、虚部を振動数で除した値は逸散減衰に対応する。図1に本論の主な解析内容を示す。

3. 地表面基礎のインピーダンス

以下に示す図中の縦軸は水平(K_H)、上下(K_V)、回転(K_R)のインピーダンスをそれぞれ G_b , G_b , G_b^3 で除して無次元化した値、



横軸は無次元化振動数 $a_0 = \omega b / V_s$ である。

正方形の地表面基礎では以下の傾向が見られる。

一様地盤では、実部は単調減少、虚部は単調増加する。

振動数依存性は水平よりも回転のほうが顕著に見られる。

地盤条件を変化させると、S波速度の大きい場合やポアソン比の大きい場合で抵抗が大きくなるためインピーダンスが大きくなる。二層地盤の場合、基盤の影響が大きくなるため表層地盤が薄い程インピーダンスが大きくなる。また、表層地盤の固有振動数付近では共振の影響でインピーダンスが変動する。(以上、図略)図1のように基礎形状を変化させて長方形基礎にした場合、図2に示すように水平では短辺方向加振の方が、回転では長辺方向の方がインピーダンスが大きい。水平では力を受ける辺の長いほうが抵抗を受けやすく、回転では断面二次モーメントが関係するためである。

以下ではより現実の状況に近い埋込み、隣接基礎の影響を考察する。

4. 埋込み基礎のインピーダンス

図3に埋込み深さによる違いを示す。埋込みが深い程側面部分にも抵抗が働くためにインピーダンスが大きくなる。側面の部分(増加分)には上下方向の場合せん断力が、水平や回転方向のときは軸力成分がかかるため、上下よりも水平や回転の方が埋込みによる影響が大きい。

側面分の影響を定量的に見るために、埋込み基礎のインピーダンスから地表面基礎のインピーダンスを引いた差を求めて比較する。結果を図3(d)に示す。

正方形基礎で埋込み深さを変えた場合、埋込みが深くなる程、低振動数では側面のインピーダンスが大きくなり、振動数が高くなるにつれて深さによる差は減っていく。静的な場合では、側面のインピーダンスは深さにほぼ比例すると言える。

埋込みの深さは一定で基礎を長方形にした場合、図4(b)のように側面分のインピーダンスに大きな差はなく、増加分はいずれも40%程度であった。したがって、埋込み深さが一定ならば側面のインピーダンスに対して基礎側面の面積の変化は大きな影響がないことが分かる。

図1 主な検討ケース

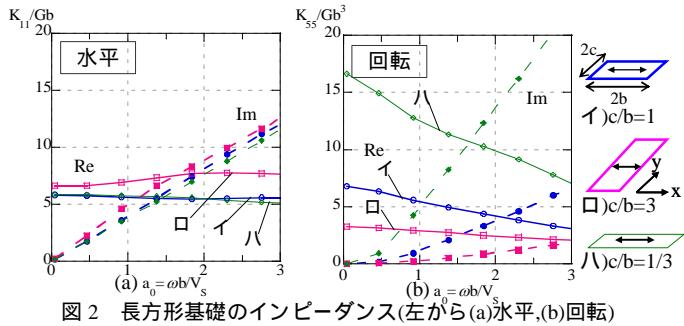


図 2 長方形基礎のインピーダンス(左から(a)水平,(b)回転)

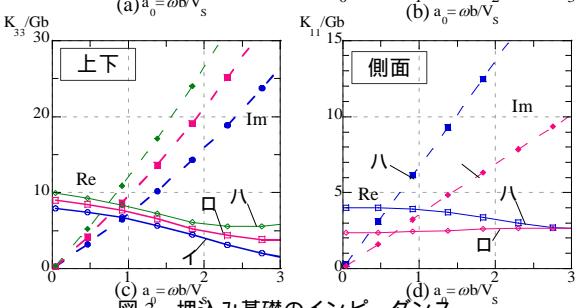
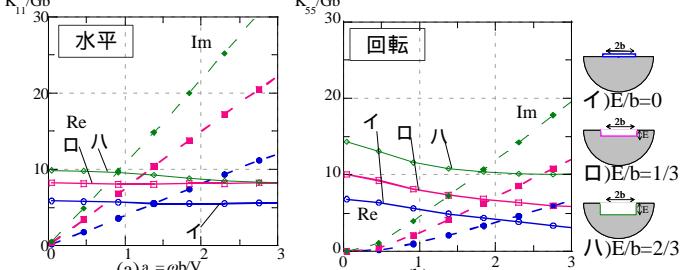


図 3 埋込み基礎のインピーダンス
(左上から(a)水平,(b)上下,(c)回転,(d)側面)

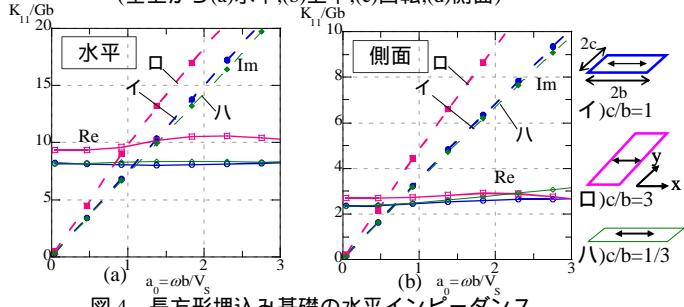


図 4 長方形埋込み基礎の水平インピーダンス
(左から(a)水平,(b)側面)

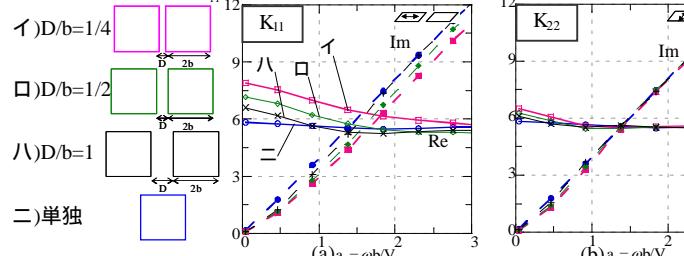


図 5 隣接基礎のインピーダンス(左から(a)K11,(b)K22,(c)K55,(d)K44)

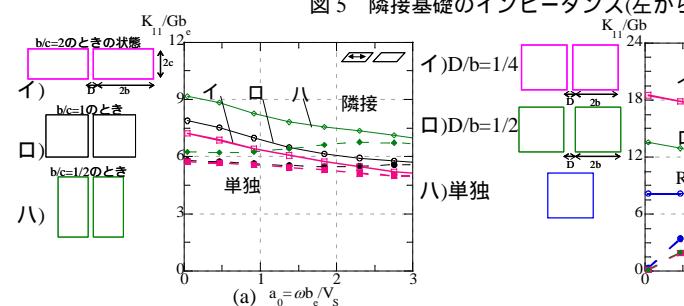


図 6 隣接基礎の水平インピーダンス((a)長方形地表面基礎(実部) (b)正方形埋込み基礎 (c)長方形埋込み基礎(実部))

5. 隣接基礎のインピーダンス

図 1 を比較した結果は図 5 のようになる。隣接する方向の地盤ばね(水平 K_{11} , 回転 K_{55})の方が直交方向(水平 K_{22} , 回転 K_{44})の場合よりも隣接の影響が大きい。隣接方向には土を介して軸力がかかる事と、力を加える方向に剛体があり抵抗が大きくなることによると考えられる。そのため隣接基礎間の距離が短い程インピーダンスは大きくなる。また回転よりも水平の方が影響が大きい。基礎間の距離が長くなると、基礎の共振による変動も見られるようになる。しかし高振動数になるとつれて単独基礎の値へ収束する。また、図 1 の結果(図 6(a))に示すように隣接間距離が等しい場合は隣接辺の長さが影響する。

隣接による影響を隣接基礎のインピーダンスと単独基礎のインピーダンスの差から検討する。

地表面基礎では、静的な場合、隣接の影響は主に隣接辺の長さによるものである。しかし隣接間距離が大きくなると隣接方向インピーダンスの差と隣接基礎間の地盤の軸剛性(EA/l)の比が大きくなることから、隣接辺の長さだけではなく基礎周辺の地盤の影響もあると考えられる。

埋込み基礎では隣接の影響は主に基礎間の土柱によるものと考えられる。隣接建物の有無による差の K_{11} と土柱の軸剛性 EA/l の比は、正方形基礎で距離を変えた場合も長方形基礎で隣接辺の長さを変えた場合のいずれも約 3.3 程度の値になる。

6. まとめ

今回の検討結果のうち、現実の状況に最も近い埋込みのある隣接基礎では隣接の影響は主に隣接基礎間の土柱によるものと思われる。しかし実際には隣接建物に大小の大きさの違いがある場合のほうが多い。より実在の状況に合った条件での検討と、実測結果からの分析が必要である。