

# (109) 波動遮断ブロック(WIB)の杭基礎に対する制振効果

岡山大学大学院

学生員 江草 弘章

岡山大学環境理工学部

正会員 竹宮 宏和

## 1. はじめに

大型土木構造物の建設が軟弱地盤にも積極的になされる現状にある。構造物は各種の震動源を持ち、例えば、産業構造物における機械振動、高架橋の走行振動などがある。震動源から発生した振動が軟弱地盤の固有周期と共振し、構造物自体の安全性を脅かす。また、地盤内を伝播して周辺他構造物へ振動障害を与えることになる。

このような現況のなかで、軟弱な地盤上の基礎形式として杭基礎が使用され、これは軟弱層下の支持層にまで先端支持杭として打設するものである。構造物からの振動は杭基礎を通じて軟弱層内に伝播され、軟弱層での振動はかなりの程度のもとなり、振動数の帯域によっては軟弱層の固有振動数を惹起させる可能性がある。これまでの表面基礎に対する WIB (Wave Impeding Block) による波動遮断に関する研究では、剛体の (あるいは剛性の高い) ブロックを基礎下に人為的に導入することによって、有効になされることが判っている。1) また、杭基礎の場合は、振動の範囲が  $1/\beta$  以内に限られるが、それによって側方への波動エネルギーの伝播が生じる。この波動を対象波長の観点から、杭の周りにリング状の剛性の高いブロック WIB を所定の深さに層状に建設して、波動遮断効果を得ることができると否かを調べたので報告する

## 2. 解析手法およびモデル化<sup>2)</sup>

図1に示した先端支持杭による基礎を考える。杭頭はフーチングに剛結され、杭先端は剛基礎中に完全に固定されているものとする。解析のモデル化として杭と近傍地盤を軸対象に配置する。

解析手法として、杭-地盤相互作用系に三次元軸対象 FEM を用いる。ここでは杭の剛性や質量を地盤のそれらに重ね合わせている。地盤の側方への半無限性は、表面波の伝播に基づく伝達境界に置き換えることで考慮される。また近傍地盤の内部減衰効果は複素弾性定数を採用することによって考慮する。定式化については、円筒座標系で変位および応力を周方向にフーリエ級数展開し、振動パターンに従うフーリエ次数を採用した。なお、本解析は定常調和加振に対する振動数領域解析である。

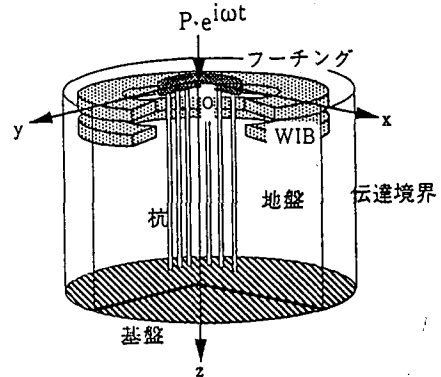


図1 波動遮断ブロック(WIB)を建設した地盤-杭図

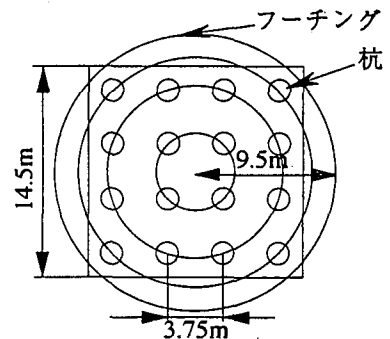


図2 フーチングモデル図

表1. 地盤、WIB、フーチング、杭の物性値および諸元

	層厚 (m)	密度 (tf/m <sup>3</sup> )	せん断波速度 (Vs/s)	ポアソン比	減衰率 (%)	
						第一層
第二層	14.5	1.6	125.992	0.47	5	
第三層	6.0	1.7	200.000	0.47	5	
WIB	1.0	2.2	1000.000	0.28	0	
	質量 (tf)	厚さ (m)	半径 (m)	基礎質量慣性モーメント (t · m <sup>2</sup> )		
				Jx	Jy	Jz
フーチング	708.82	1.0	9.5	16214.98	16214.98	31985.50
	密度 (tf/m <sup>3</sup> )	ポアソン比	減衰率 (%)	ヤング率 (tf/m <sup>2</sup> )	直径 (m)	
						杭

### 3. 数値解析結果と考察

解析に用いたフーチングおよび杭のモデルを図2に示し、このフーチングの天端に図1に示した単位調和加振力を鉛直に載荷したときの地表面応答および構造物を含む近傍地盤全体の応答を求めた。対象振動数としては交通振動上、特に重要な5Hzから15Hzにおいて行った。なお、地盤、WIB、フーチング、杭それぞれの物性値および緒元については表1に記しておいた。

図3は5Hz, 10Hz, 15Hzの場合の地表面応答である。これより5Hz程度の低振動数では、WIBを2層に設置することによりフーチングの振動が1割程度抑えられているものの、全体としてみるとWIBによる制振効果はあまり見られない。しかし10Hzの場合では、WIB上の鉛直応答に関して3~4割の制振効果を見て取れる。また15Hzの場合には、WIBを1層のみで用いるとあまり大きな効果は得られないものの、2層にして用いることで、全体に渡って大きな効果が得られており、特にWIB上およびそれより外側の領域の鉛直応答は半分以下におさえられている。以上の結果より、遮断振動数内においては高振動数になるにつれ制振効果は増していくものと思われる。

図4は、上での結果に基づき、10Hz以上の振動帯域での制振効果に着目した伝達関数である。応答点としては、載荷点から(1)0m(載荷点)、(2)13m(WIB上)、(3)20m(WIBより外側)の3点とした。(1)の地点での応答に関して見ると、WIBが1層のみではほとんど効果は得られず、2層で用いても1割程度の効果しか得られていない。これは、応答点が波動遮断ブロック(WIB)よりも内側にあるためと思われる。(2)の地点に関しては、鉛直変位において、WIBを2層にして用いることで10~15Hzの帯域全体に渡って4割から6割程度の大きな制振効果が得られている。反対に水平変位においては、WIBによる応答増幅が見られるものの、この地点での応答は鉛直方向のものが支配的であるため、総合的に見るとかなりの効果が得られていると言える。また、(3)の地点に関しては、WIBを2層にしてもちいることで、鉛直方向では振動数が増すにつれ7割を越える制振効果が得られており、水平方向においても13Hz以上の帯域でわずかな増幅が見られるものの、その他の帯域では良好な結果を示している。

これまでの結果から見て、WIBを1層で用いるより、2層設置したほうが大きな制振効果が得られることは明らかである。この原因としては図5からわかるようにWIBが1層のみの場合、WIBが地盤とともにかなり大きな変形を起こしてしまうが、これに対し、WIBを2層用いることでこの地盤とWIBのキネマチックな相互作用をかなり制御することが可能になるためと考えられる。

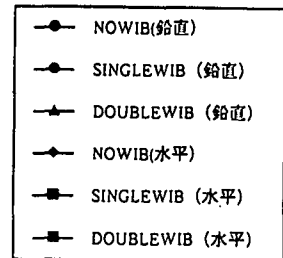
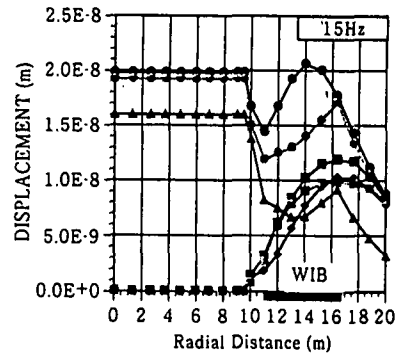
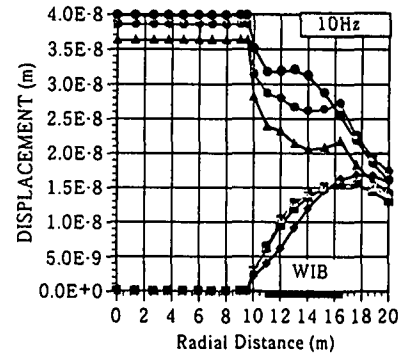
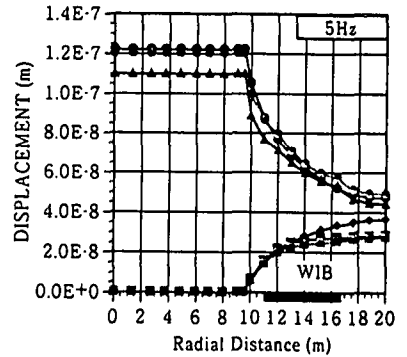
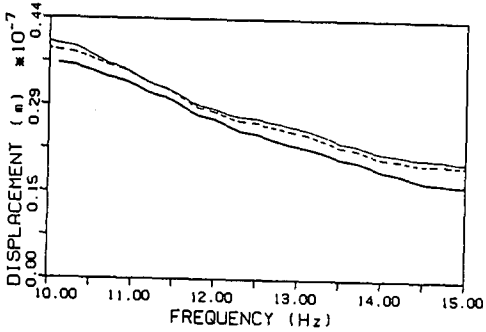


図3 鉛直調和加振による地表面応答



— NOWIB  
 - - - SINGLEWIB  
 — DOUBLEWIB

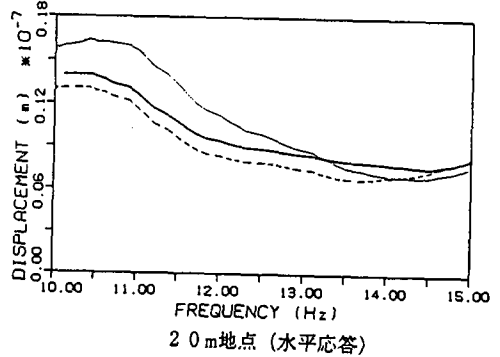
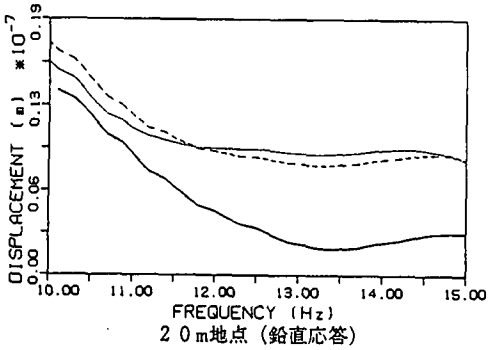
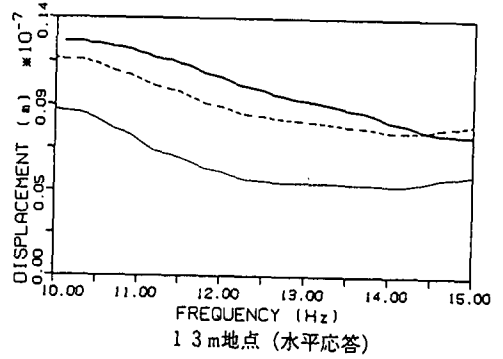
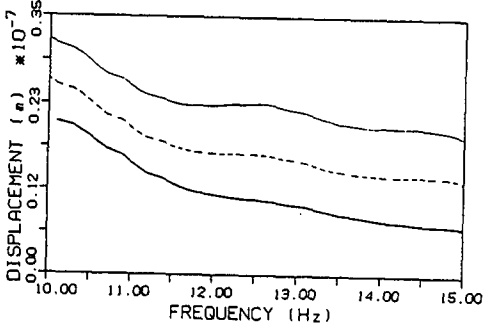
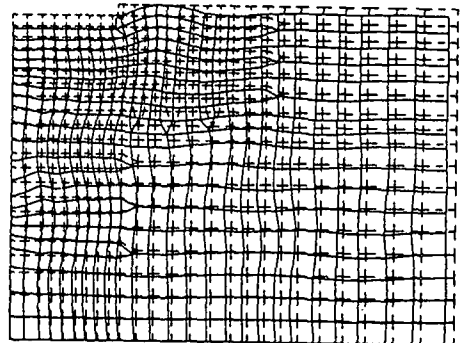
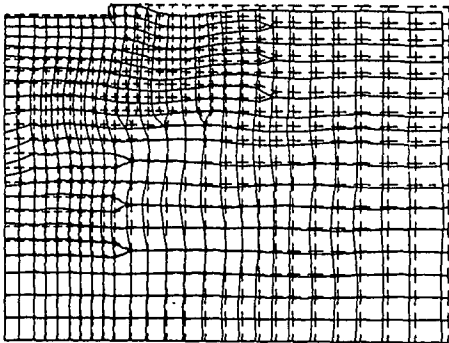


図4 鉛直調和加振による伝達関数



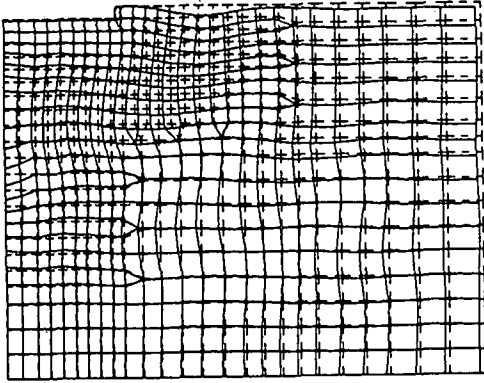


図5-3 SINGLEWIB (実部)

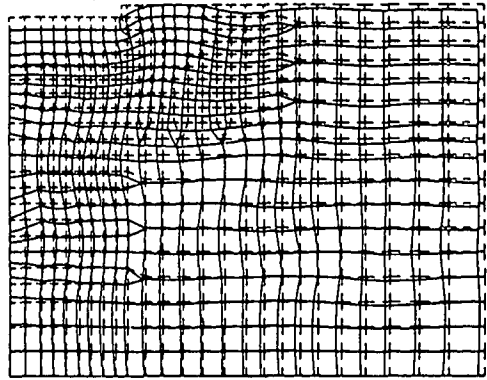


図5-4 SINGLEWIB (虚部)

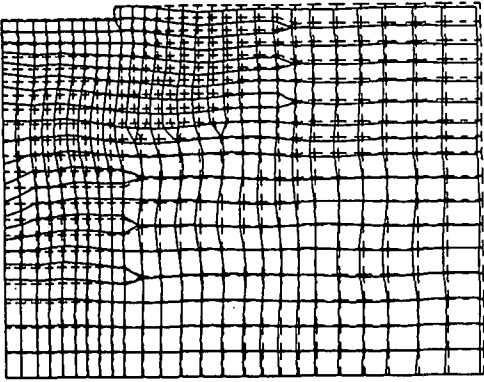


図5-5 DOUBLEWIB (実部)

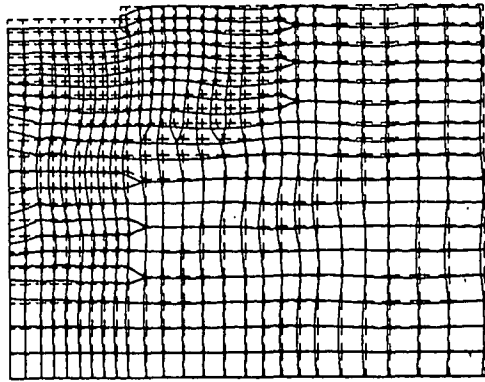


図5-6 DOUBLEWIB (虚部)

図5 有限領域変位応答 (15Hz)

#### 4. 結論

上部載荷から基礎杭に伝播して生じる振動を制御する効果的な工夫として多層WIBを提案した。その制振メカニズムは地盤-WIB間のキネマチックな相互作用から説明できた。

#### 参考文献

- 1) Takemiya, H. and Fujiwara A., Installation of a Wave Impeding Block (WIB) for Dynamic Response Reduction of Soil- Structure System, Procs JSCE, No.489/I-27, pp.243-250, 1994.4.
- 2) Takemiya, H. and J.Q.Jiang, Wave Impeding Effect by Buried Rigid Block for pile Foundation, J.Struct. mech. Earthquake Eng. JSCE, Vol.10, No.3, pp.149s-156s, Oct, 1993.
- 3) Hirokazu Takemiya, Jian-qun, Hiroshi Nakajima, "Wave Impeding Effect by Artificial Bedblock for pile Foundation", 2nd euro dyn '93, NIT, Norway, 1993.6, OKAYAMA Univ. JAPAN