

日本道路公団 正員 中村正人 田中克則
フジタ工業㈱ 正員 小谷勝昭 ○安武 実

1. まえがき

筆者らは、豊浦標準砂を用いて飽和地盤及び盛土模型を作製し、矢板締め切り工の有無に着目した破壊実験や共振実験をはじめとする一連の実験を行うとともに^(1~8)、弾性FEMによる固有値解析と静的解析を行った。本報告では、実験の共振振動数と解析の固有振動数が比較的良好に一致することに基づき、固有値解析と同じ物性値を用いた静的解析の全応力値を一つの目安とし、液状化による破壊実験における間隙水圧値について考察する。

2. FEM解析における物性値と境界条件

解析の対象とした実験模型は橋軸方向模型と橋軸直角方向模型の2種類であり、図-1及び図-2はそれぞれの有限要素分割図を示す。図中のP1~P6は間隙水圧計を意味し、両模型とも矢板の有る場合と無い場合がある。また、実験模型の地盤及び盛土部の単位体積重量・縦弾性係数・ポアソン比を表-1に示す。なお、縦弾性係数とポアソン比は板たたき法による弾性波試験から求めた。

解析における境界条件は、両側端では水平方向固定、鉛直方向自由とし、底部では水平・鉛直両方向固定とした。矢板締め切り工のある場合には、矢板両側に剛性の小さい縦長の薄い有限要素を入れ、矢板下端はヒンジとして計算を行った。

3. 共振実験とFEM解析の固有振動数の比較

図-2に示した橋軸直角方向模型の矢板の有る場合の共振実験で得られた共振曲線とFEM解析の周波数応答曲線の比較を、図-3に示す。共振実験は、水平加速度振幅を10galから30, 100, 150, 210, 300galまで順次大きい加速度へ移行する計6回行った⁽⁸⁾。図中の丸印によれば、実験の共振振動数は45Hz付近にあるが、模型材料の非線形特性のために、加速度振幅の大きい共振実験ほど共振振動数が低くなるとともにその応答倍率も小さくなっている。これに対して、FEM解析では板たたき法による弾性波試験から求めた表-1の定数を用いており、固有振動数は54Hzとなる。共振実験では50Hzまでの加振であるため、実験値と解析値を直接比較することはできないが、実験における10galや30

表-1 FEM解析に用いた実験模型の物性値

	単位体積重量 (t/m^3)	縦弾性係数 (t/m^2)	ポアソン比
盛土部	1.39	3100	0.39
地盤部	1.92	5100	0.29

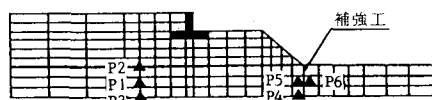


図-1 橋軸方向模型の有限要素分割図

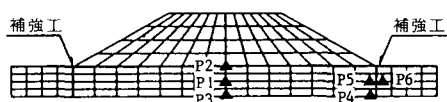


図-2 橋軸直角方向模型の有限要素分割図

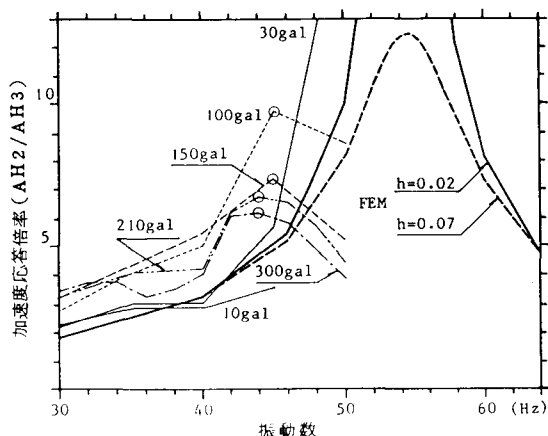


図-3 実験の共振曲線とFEMの周波数応答曲線

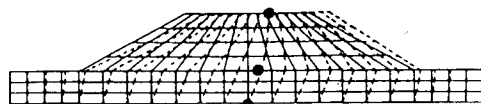


図-4 実験模型の固有振動形

galの小さい加速度振幅ではその共振振動数が50 Hz以上となり、実験値と解析値は比較的良好一致しているものと考えられる。図-4は解析による実験模型の固有振動形を示しており、図中の丸印は実験の共振振動数における加速度振幅から求めたものである。

4. 破壊実験における間隙水圧値とFEM静的解析による全応力値

破壊実験では、振動数を5 Hz一定にし、水平加速度振幅を150, 300, 400, 500 galと段階的に増加させ、各段階で10秒間加振した。実験における加速度振幅は大きく、実験中に模型材料は非線形性を示すものと考えられる。これに対して、FEMによる静的解析では固有値解析や周波数応答解析の場合と同様に、小さい加速度振幅で得られた表-1の定数を用いており、静的解析による全応力値は破壊実験時のそれと必ずしも一致しないものと考えられる。ここでは、静的解析が最も基本的かつ容易な解析であるとの観点から、静的解析の全応力値を一つの目安と考え、破壊実験時の間隙水圧値を考察する。

表-2に、実験時の最大間隙水圧値と解析による全応力値を示す。表-2によれば、法尻部(P5, P4, P6)ではいずれの場合も間隙水圧値が全応力値よりも大きい。これに対して盛土下部(P2, P1, P3)では、矢板締め切り工の無い場合、間隙水圧値は全応力値より小さく、矢板締め切り工の有る場合には間隙水圧値と全応力値とはほぼ同程度の値を示している。解析による全応力値と実験の間隙水圧値の大小を液状化の目安と考えれば、盛土直下に比べて法尻部の方が液状化しやすいものと考えられる。また盛土直下では、矢板締め切り工の無い場合に比べて、有る場合の方が液状化しやすい。図-5は、破壊実験で得られた加速度波形の一例である。

いづれの場合も、盛土上部の加速度波形の振幅に比べて、地盤と盛土の境界部の振幅の方が大きい。これは、間隙水圧の上昇による盛土下部の地盤の液状化または軟化により、境界部の加速度計自体が大きく動揺したためと考えられる。図-5によれば、矢板締め切り工の無い場合の境界部の加速度振幅に比べて、有る場合の方が大きい。したがって、補強工の有る場合の方が無い場合より液状化の度合いが大きいものと考えられる。

5. あとがき

一般に、大きな振幅の加振を継続すれば、法尻部分はもちろんのこと盛土下部も液状化が生じ、矢板が無い場合には盛土下部の地盤自体が側方に流動するのに対し、矢板が有る場合にはこの側方流動の防止が可能となり、その耐震強度は矢板の無い場合に比べて大きくなるものと考えられる。筆者らの行った一連の実験でも同様の傾向がみられたことを付記しておく。

参考文献：(1) 中村・石橋・田中，土木学会第39回年次学術講演概要集，1984。(2) 中村・田中・中村・安武，土木学会第39回年次学術講演概要集，1984。(3) 中村・田中・中村・池見，土木学会第39回年次学術講演概要集，1984。

表-2 実験の間隙水圧値とFEMの全応力値

水平加振のみの場合			間隙水圧最大値とFEMによる全応力値 (g/cm ²)					
			P2	P1	P3	P5	P4	P6
橋軸 方向	補強有 (ケース2)	実験	8	77	86	55	40	—
		FEM	57	70	83	32	15	—
	補強無 (ケース6)	実験	12	63	65	40	—	42
		FEM	57	70	83	26	—	40
橋軸 直角方向	補強有 (ケース8)	実験	7	74	72	40	26	—
		FEM	53	71	81	33	20	—
	補強無 (ケース7)	実験	27	66	65	33	—	40
		FEM	53	71	81	30	—	40

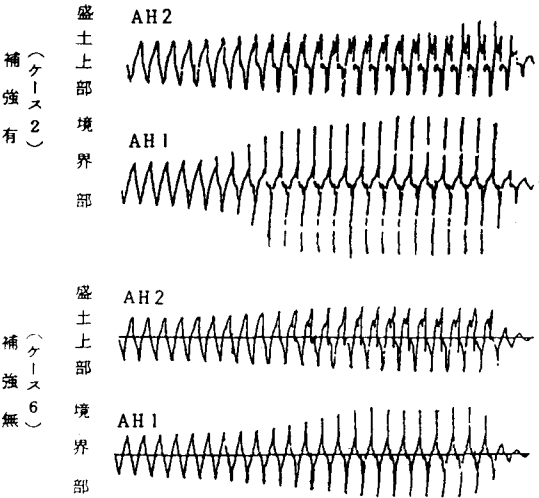


図-5 矢板締め切り工の有無による加速度波形の比較