

1. はじめに

建物と地盤の相互作用は地震時の建物の動的挙動に大きく関係していることが関係していることが指摘されている。この相互作用は、大きく入力損失効果と地下逸散減衰効果の要素が含まれている。

本研究では、動的相互作用解析を行うプログラムの 1 つである SuperFLUSH/2D を使用し、異なる入力時振動が地盤と建物の動的相互作用による入力損失と逸散減衰の効果について検討を行ったものである。

2. 解析モデル

建物モデルは階高 3.5m とし 1、2、3、5、7、10 階の 6 種類、地盤モデルは S 波速度 100、200、300、400、500m/s の 5 種類を設定した。建物の概要を表 1 と図 1、基礎物性値を表 2、地盤物性値を表 3 に示す。解析モデルは 6 種類の建物モデルと 5 種類の地盤モデルを組み合わせ、地盤のみのモデル 5 種類、基礎－地盤モデル 30 種類、建物－基礎－地盤モデル 30 種類、計 65 の解析モデルを作成した。なお、基礎形状は建物高さ(H)の 1/2 とした。

3. 解析方法

作成した解析モデルに地震波を入力する。地震波は EL-Centro 波、HACHINOHE 波、KOBE 波、TAFT 波の 4 種類を入力し、計 260 の解析をした。入力地震波を A0 とし、出力点として建物頂部を A1、基礎上部を A2 (基礎がない場合は地盤表面)、基礎底部を A3、FEM 部底部を A4、建物より 2H 離れた地盤表面を A5 とした。地盤のみのモデルでは表層地盤 A2、基礎－地盤モデルでは基礎上部 A2、建物－基礎－地盤モデルでは建物頂部 A1、基礎上部 A2、基礎底部 A3、FEM 部底部 A4、地盤表面 A5 で加速度波形を出力した。図 2 に出力点を示した FEM モデルを示す。

4. 解析結果

解析結果は加速度波形で出力し、入力地震動毎に最大加速度を入力地震波の最大加速度 A0 で除した増幅率を求めた。建物頂部 A1 の増幅率 A1/A0 を図 3 に示す。図に示す結果より地盤が硬質になる程、増幅率は増加し、相互作用効果は低下する。この傾向は地震動による相違はないが、特徴的に建物階数によって大きな増幅率が認められ、地震動の卓越周期に依存するものと思われる。

表 1 建物概要

階数	高さ (m)	重量 (t)	固有周期 (sec)
1	3.5	5.7	0.07
2	7.0	45.5	0.14
3	10.5	154.0	0.21
5	17.5	711.0	0.35
7	24.5	1950.0	0.49
10	35.0	5690.0	0.70

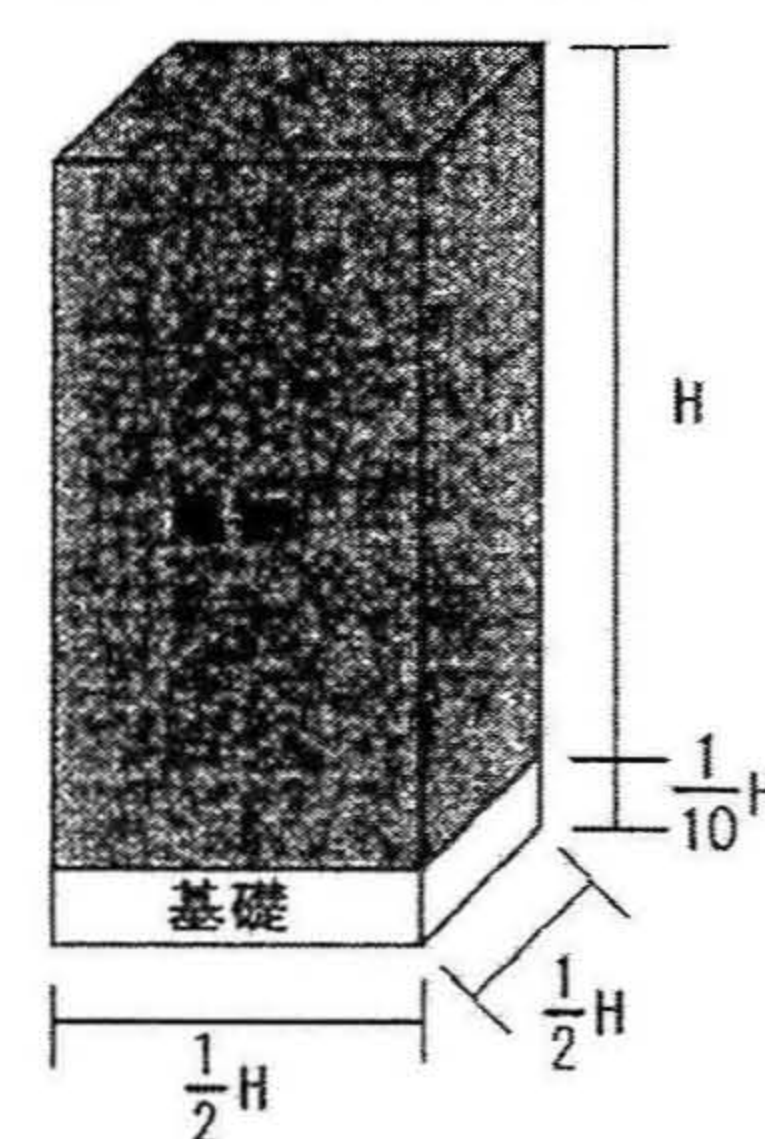


表 2 基礎物性値

ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)	S 波速度 (m/s)
0.200	2.45	2000

図 1 建物概要

表 3 地盤物性値

モデル	S 波速度 (m/s)	P 波速度 (m/s)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)
A	100	245	0.400	1.60
B	200	447	0.375	1.70
C	300	624	0.350	1.80
D	400	786	0.325	1.90
E	500	935	0.300	2.00

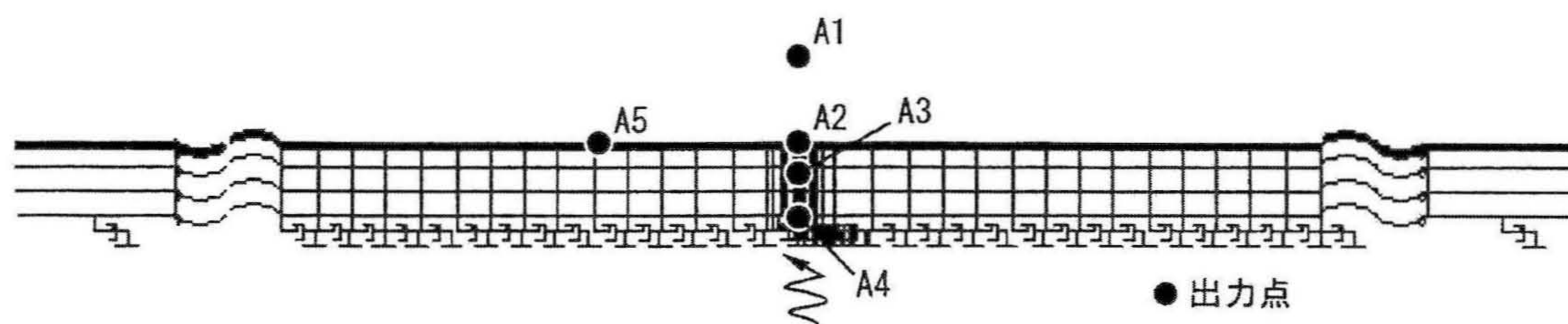


図 2 FEM モデル

5. 入力損失

本研究では地盤のみのモデルの地盤表面 A2 と基礎—地盤モデルの基礎上部 A2 の最大加速度を比較した。いずれも、入力地震波の最大加速度 A_0 で除した増幅率により比較する。比較結果を図 4 に示す。縦軸に基礎上の増幅率、横軸に地表面の増幅率をとった。増幅率の小さいものから地盤種別 A、B、C、D、E となっている。どの地震波の比較でも基礎上の増幅率より地表面の増幅率は小さい。階数が 1 階から 10 階へと基礎形状が大きくなり、地盤が E から A へと地盤が軟らかくなると、変化は大きくなる。入力損失は地盤が軟らかく基礎が大きいほど効果が大きくなる。

6. 逸散減衰

本研究では基礎固定とした 1 質点系の地震応答解析による最大加速度と建物—基礎—地盤モデルの建物頂部 A1 の最大加速度を比較した。1 質点系には地盤のみのモデルの表層地盤 A2 での応答結果を入力し、建物頂部 A1 における最大加速度を求めた。いずれも、入力地震波の最大加速度 A_0 で除した増幅率により比較する。比較結果を図 5 に示す。縦軸に相互作用を含んだ増幅率をとり、横軸に基礎固定時の増幅率をとった。増幅率の小さいものから地盤種別 A、B、C、D、E となっている。基礎固定時の増幅率より相互作用を含んだ増幅率は小さい。ただ、7 階の HACHINOHE 波と、2 階と 10 階の TAFT 波の応答は地盤が硬質になると基礎固定時の増幅率より相互作用を含んだ増幅率が大きくなった。また、増幅率によってはその大小が地盤の S 波速度や、基礎形状の大きさに必ずしも比例しなかった。これは相互作用を含む解析であったため逸散減衰効果だけでなく入力損失効果も含まれていることと、入力地震波の周期特性が建物モデルの周期特性と近似することなどによる影響が考えられる。

7. まとめ

本研究では動的相互作用解析を行い、入力損失と逸散減衰の効果に関する評価を行った。入力損失、逸散減衰共に地盤が軟らかく、建物階数が高いモデルに表れた。

今後の課題として実際の地盤は物性値の異なる層が重なりあっているため地盤の多層モデルを作成することと地盤の非線形性を考慮することにより入力損失と逸散減衰の評価を行うことが必要である。

参考文献

- 1) 構造計画研究所・地震工学研究所：SuperFLUSH/2D 使用説明書 Version 3.1
- 2) 日本建築学会：入門・建物と地盤との動的相互作用、1996
- 3) 日本建築学会：建築物の減衰、2000

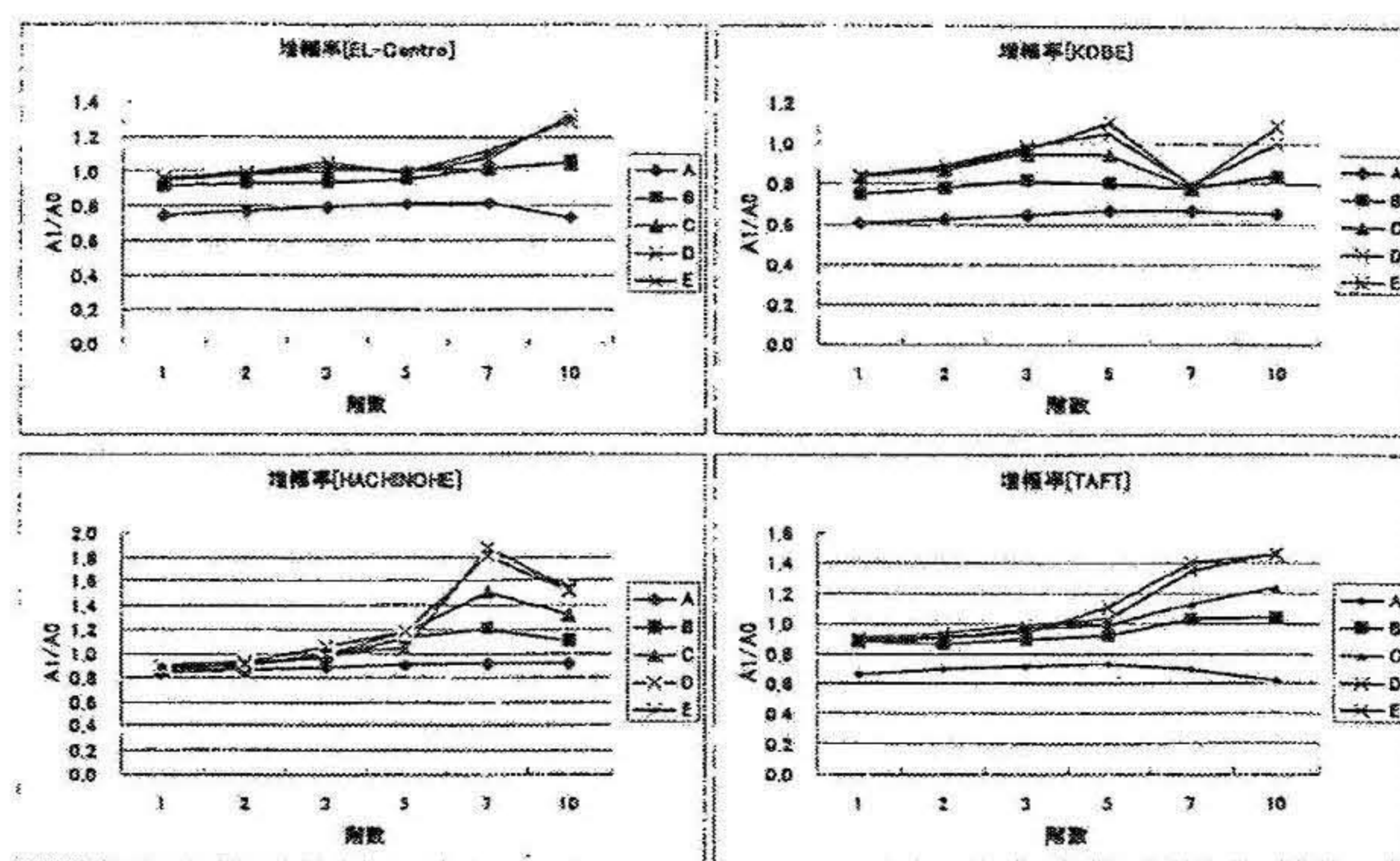


図 3 増幅率

(左上 EL-Centro、右上 KOBE、
左下 HACHINOHE、右下 TAFT)

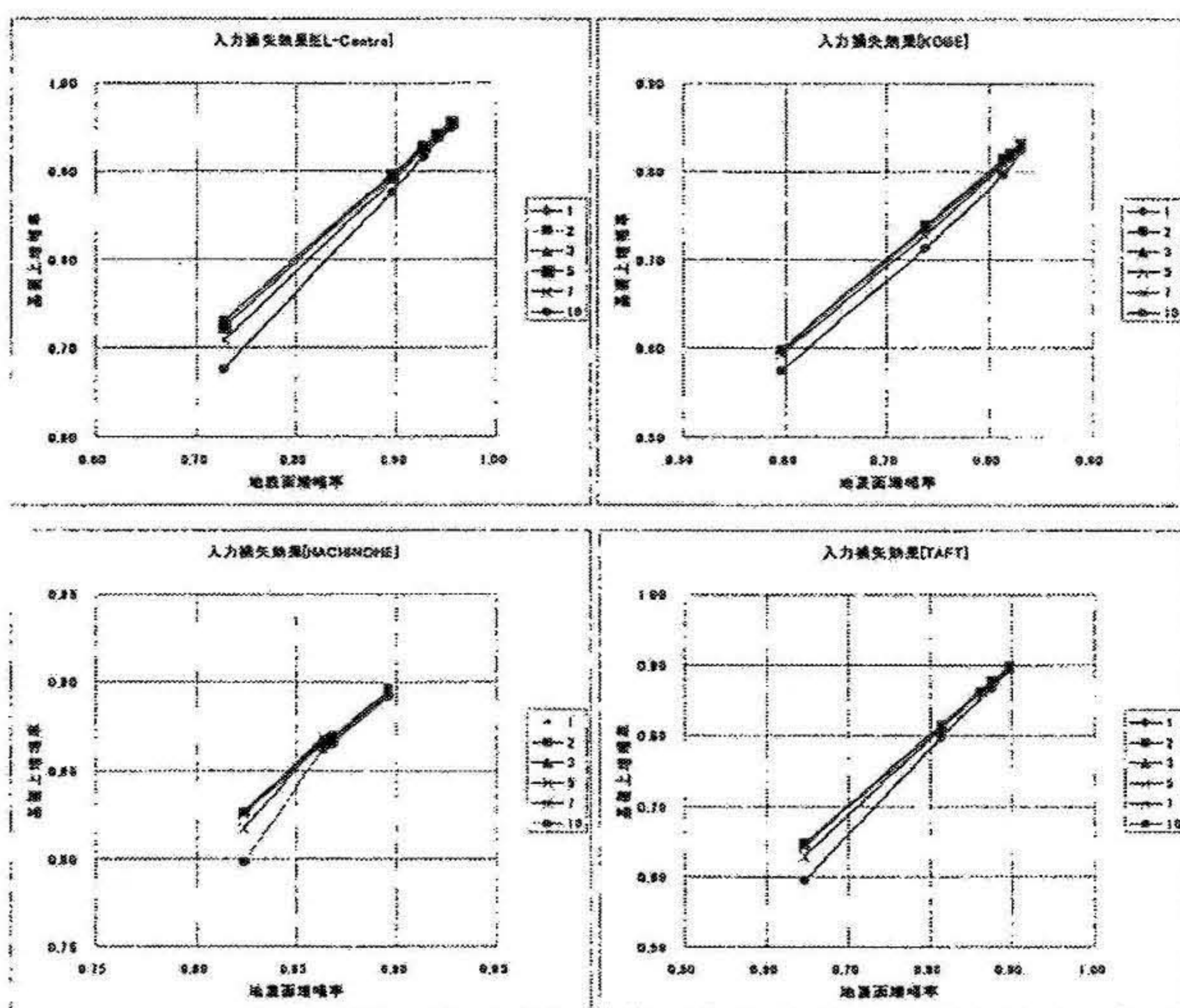


図 4 入力損失効果

(左上 EL-Centro、右上 KOBE、
左下 HACHINOHE、右下 TAFT)

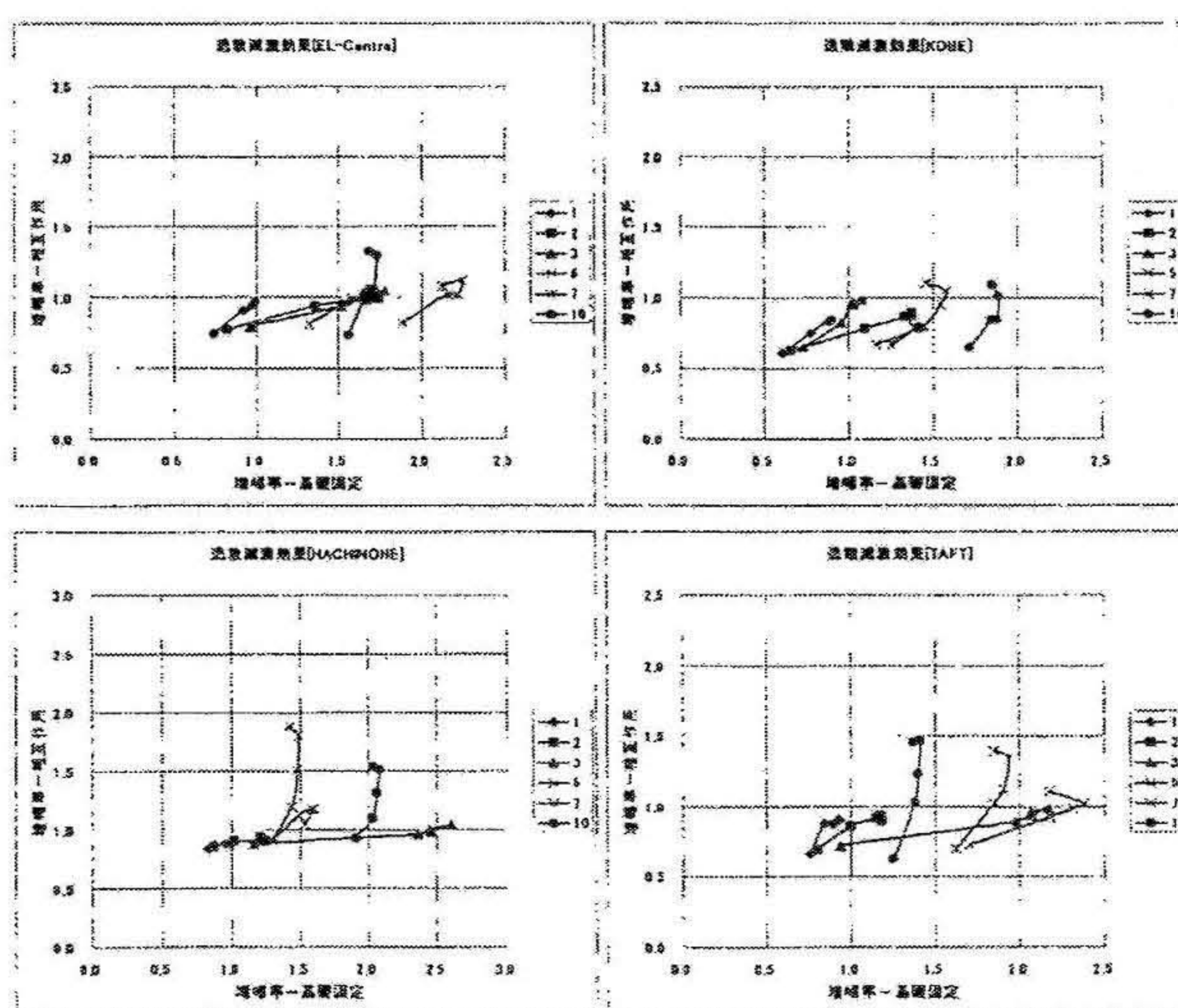


図 5 逸散減衰効果

(左上 EL-Centro、右上 KOBE、
左下 HACHINOHE、右下 TAFT)