

地盤と構造物の動的相互作用を考慮した耐震設計法に関する基礎的研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 17～平 20

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：運上茂樹、岡田太賀雄

【要旨】

地震時における地盤と構造物の動的相互作用の影響としては、地震動の入力損失の影響、地盤のひずみ依存性による地盤剛性の低下や減衰増加の影響があるが、これらについては現行の耐震設計法には具体的な形で取り入れられていないのが現状である。各基礎形式・地盤条件に応じたこれらの影響を簡便に考慮するために、FEM モデルにより算出した剛性・減衰特性および入力損失の影響について、FEM モデルとの比較により簡便法の検討を行い、地盤と構造物の動的相互作用の影響について考慮した耐震設計法についてとりまとめた。

キーワード：地盤と構造物の動的相互作用、減衰定数、入力損失、耐震設計

1. はじめに

地震時における地盤と構造物の動的相互作用の影響としては、地盤のひずみ依存性による大規模地震での地盤剛性の低下や減衰増加の影響、また、基礎構造物が地中に埋設されているため、幾何学的な形状・剛性による周辺地盤への拘束効果により、自由地盤と比較して入射される地震動が低減するという入力損失効果が一般的に知られている。

設計実務においては一般に、基礎と地盤の影響を考慮したバネで表す簡便な方法が用いられている。この簡便なモデルにおいてもこれらの動的相互作用を適切に考慮する事ができれば、精度良く実現象を評価することが可能であるが、これらの動的相互作用を考慮した動的解析は煩雑であり、汎用的に用いられている方法はなく、道路橋の耐震設計に用いられる基礎の減衰定数は基礎形式・地盤条件によらず一律に与えられる場合が多い¹⁾。

本課題では、これら地盤と構造物の動的相互作用の影響を簡便な方法においても考慮するために、道路橋を対象とした FEM モデルと地盤と基礎を集約したバネにモデル化した簡便モデル（以下、SR モデル）を用いて比較することとし、SR モデルにおける動的相互作用の影響を考慮する方法について検討を行った。なお、大規模地震時においては基礎と地盤の境界部での軟化、すべり、剥離等の非線形性が生じ²⁾、動的相互作用に影響を与える事が知られているが、本課題においては基礎の降伏に達しない範囲での基本的な地盤と基礎の動的相互作用の影響の把握を目的とし、等価線形解析の範囲で行った。

2. 基礎地盤バネの等価剛性と減衰定数に関する検討

2. 1 等価剛性と減衰定数の算出方法

直接基礎・ケーソン基礎・杭基礎を対象に、地盤を薄層要素、基礎部をFEMでモデル化した動的サブストラクチャー法により結合した詳細法（以下、FEM モデル）により、インピーダンス（複素剛性）を算出し、地盤と基礎を集約したバネとしての等価剛性及び減衰定数を算出した。

複素剛性については振動数依存性を有しており、基礎地盤バネの等価剛性（複素剛性 $(K + iK')$ の実部）についても振動数依存性を有しているが減衰定数の設定においては静的な値を用いることとした。これは、減衰（虚部）と比較して極端には大きく変化せず、系としての振動特性が大きく変化しない点を考慮し設定したものである。

基礎地盤バネの減衰定数は1自由度系の運動方程式に基づき以下のように算出した。式(1)に示す質量 m 、減衰係数 c 、剛性 k を有する1自由度系の運動方程式に関する固有値 λ は式(2)となる。ここで、固有値 λ の実部 $\text{Re}(\lambda)$ と虚部 $\text{Im}(\lambda)$ から系の減衰定数 h を算出すると式(3)のようになる。

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = \ddot{x} + 2h\omega_0\dot{x} + \omega_0^2x = 0 \quad (1)$$

$$\lambda = -h\omega_0 + i\omega_0\sqrt{1 - h^2} \quad (2)$$

$$h = \frac{-\text{Re}(\lambda)}{\sqrt{(\text{Re}(\lambda))^2 + (\text{Im}(\lambda))^2}} \quad (3)$$

同様に地盤に対して用いられる質量 m 、複素剛性

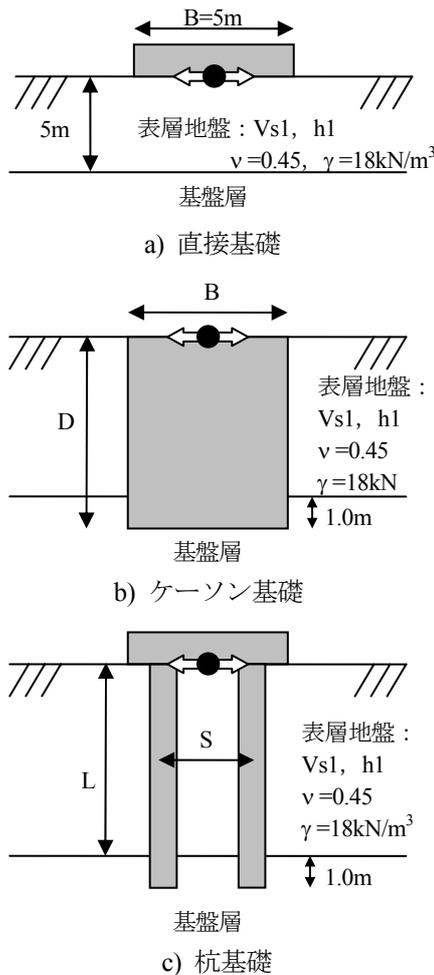


図-1 解析モデル概要図

($K + iK'$)を持つ式(4)の1自由度系の運動方程式から固有値 λ について算出すると式(5)となる。

$$m\ddot{x} + (K + iK')x = 0 \quad (4)$$

$$\lambda = i\omega_0^* \exp(i\phi) = \omega_0^* (-\sin\phi + i\cos\phi) \quad (5)$$

ここで、

$$\omega_0^* = \sqrt{K^*/m} \quad (6)$$

$$K^* = \sqrt{K^2 + K'^2} \quad (7)$$

$$\phi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{K'}{K} \quad (8)$$

同様に式(3)から h を算出すると式(9)のように基礎地盤バネとしての減衰定数が算出される。

$$h = \sin\phi = \sin\left(\frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{K'}{K}\right) \quad (9)$$

なお、複素剛性($K + iK'$)については、剛性 K (実部)についても振動数依存性を有しているが、前述のように各振動数での減衰定数の算出には静的な値を用

表-1 解析ケース

a) 直接基礎

解析ケース	Vs1(m/sec)	h1(%)
1-1	50	2
1-2	100	2
1-3	50	20
1-4	100	10
1-5	300	2

b) ケーソン基礎

解析ケース	B(m)	D(m)	Vs1(m/sec)	h1(%)
2-1	5	10	50	2
2-2	5	10	100	2
2-3	5	10	300	2
2-4	5	15	50	2
2-5	5	15	100	2
2-6	5	15	300	2
2-7	5	20	50	2
2-8	5	20	100	2
2-9	5	20	300	2
2-10	5	20	50	20
2-11	5	20	100	10
2-12	5	20	300	5
2-13	6	20	50	10
2-14	6	20	80	10
2-15	6	20	100	10

c) 杭基礎

解析ケース	L(m)	杭本数(本)	Vs1(m/sec)	h1(%)
3-1	10	2×2	50	2
3-2	10	2×2	100	2
3-3	10	2×2	300	2
3-4	25	2×2	50	2
3-5	25	2×2	100	2
3-6	25	2×2	300	2
3-7	40	2×2	50	2
3-8	40	2×2	100	2
3-9	40	2×2	300	2
3-10	25	2×2	50	20
3-11	25	2×2	100	10
3-12	25	2×2	300	5
3-13	25	3×3	50	2
3-14	25	3×3	100	2
3-15	25	3×3	300	2
3-16	25	4×4	50	2
3-17	25	4×4	100	2
3-18	25	4×4	300	2

いる事とした。

2.2 解析モデル

図-1に、解析対象モデルを示す。各基礎形式での●の位置において複素剛性($K + iK'$)を算出し、式(9)に基づき減衰定数を算出した。直接基礎・杭基礎については正方形断面、ケーソン基礎については円形断面とした。ケーソン基礎については剛とし、杭基礎の杭については場所打ち杭とし、杭間隔 S は杭径1.2mの2.5倍とした。基礎層については等価地盤剛性 $V_s=300\text{m/sec}$ 、等価減衰定数2%、 $v=0.45$ 、

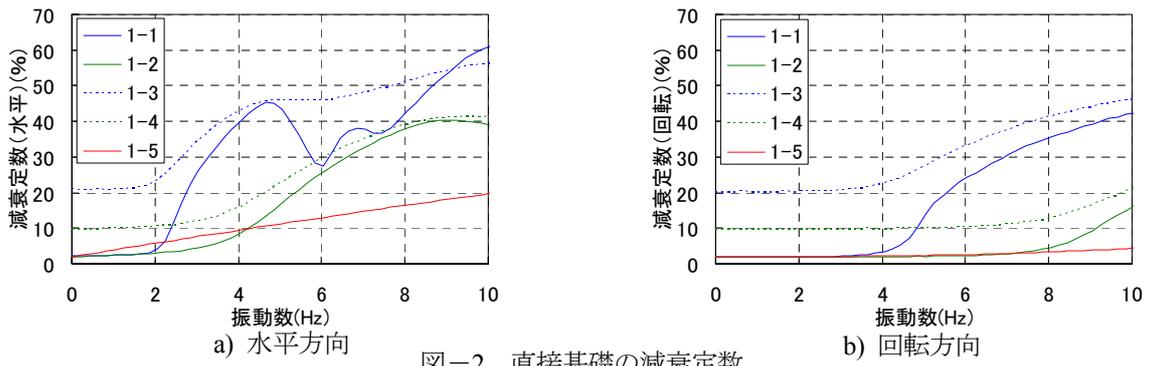


図-2 直接基礎の減衰定数

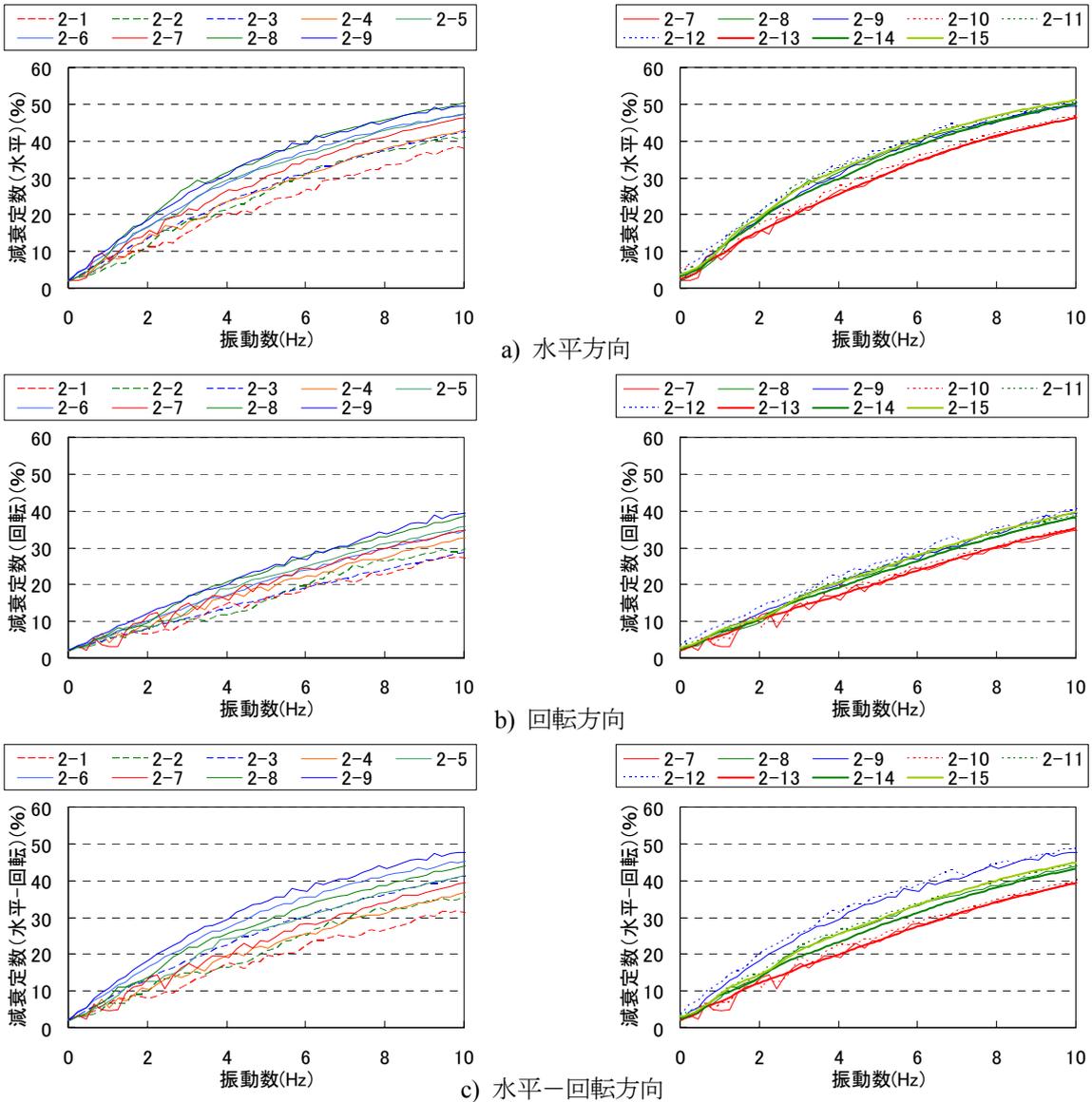


図-3 ケーソン基礎の減衰定数

$\gamma=18\text{kN/m}^3$ と設定した。表層地盤について強震時の地盤剛性の低下・減衰増加を考慮しパラメータを与え、基礎地盤バネとしての減衰定数がどのように変化するか検討する。なお、本章では地盤の微小振

幅相当での等価地盤減衰定数を 2%として与えることとし、これを基本として地盤ひずみの増加に伴う等価減衰定数の増加の影響を検討した。表-1 に各ケースに与えたパラメータを示す。なお、直接基礎・

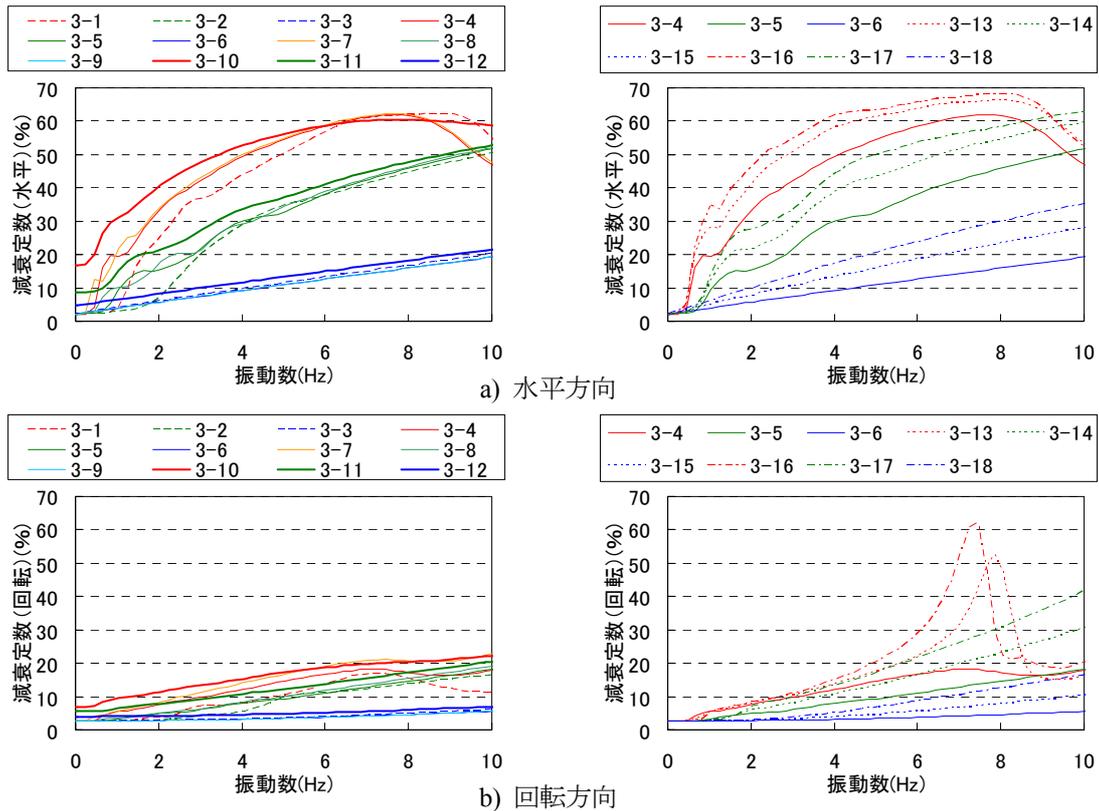


図-4 杭基礎の減衰定数

杭基礎についてはフーチング側面の地盤や埋め戻し地盤の影響があるが、簡単のためこれらが無いものとして算出した。また、杭基礎については、簡単のため地盤と接触させていないモデルとし、フーチング底面からの逸散減衰については含まれないモデルとした。

2. 3 減衰定数の振動数依存性

図-2 に直接基礎での水平方向および回転方向の各振動数での減衰定数を示す。いずれのケースも加振振動数の増加に伴い減衰定数が増加するが、2層の地盤の剛性差が大きいケースについては水平方向において振動数の変化により激しく増減する結果となる。ただし、地盤の等価減衰定数を大きくしたケースではその程度が弱まる。地盤に与える等価減衰定数を大きくしたケースの方が同じ振動数における減衰定数が大きくなる。なお、表層地盤の1次の固有振動数は $V_s=50\text{m/sec}$, 100m/sec でそれぞれ 2.5Hz , 5.0Hz となるが、これよりも小さな振動数においては地盤に与えた等価減衰定数とほぼ同様である事がわかる。解析対象としたような埋込のない直接基礎の場合、逸散減衰の効果はこれよりも高振動数において顕著になっている。

図-3 にケーソン基礎での水平方向、回転方向および水平回転の連成方向の各振動数での減衰定数を示す。埋込のある基礎形式については、橋脚の地震応答に対して水平-回転の錬成バネの影響が大きくなり、特にケーソン基礎については剛体でモデル化しており、回転中心位置が地表面よりも深くなることから影響が大きいため、水平-回転の連成バネについても算出している。いずれも加振振動数の増加に伴い、減衰定数が増加しており、同振動数においては深さが深い方が減衰定数は大きくなる。また、表層地盤の剛性が大きい方が減衰定数は大きく、表層地盤の等価減衰定数の違いによる影響はほとんどみられない。ケーソン基礎底部が基盤層に埋め込まれており、幾何学的な形状、剛性による周辺地盤への拘束効果の及ぼす影響が大きく、地盤の等価減衰定数の影響はあまり大きくなかったものと考えられる。

図-4 に杭基礎での水平方向、回転方向の各振動数での減衰定数を示す。地盤剛性の小さい方が同振動数においては減衰定数が大きくなり、加振振動数の増加に伴い減衰定数が大きくなる。また、杭の深さによる影響は低振動数領域において差異があるものの、振動数の増加に伴い差異は生じなくなる。 $V_s=50\text{m/sec}$ であるケースの結果に関しては直接基

表-2 解析ケース

a) ケーソン基礎

解析ケース	B(m)	D(m)	Vs1(m/sec)	h1(%)
II-1	6	20	50	10
II-2	6	20	80	10
II-3	6	20	100	10
II-4	6	20	150	10
II-5	6	20	200	10
II-6	6	10	80	10
II-7	6	10	150	10
II-8	6	20	80	2
II-9	5	20	100	10
II-10	5	20	100	2
II-11	5	10	100	10
II-12	5	10	100	2

b) 杭基礎

解析ケース	L(m)	杭本数(本)	Vs1(m/sec)	h1(%)
III-1	19	3×3	50	10
III-2	19	3×3	66	10
III-3	19	3×3	80	10
III-4	19	3×3	100	10
III-5	19	3×3	126	10
III-6	19	3×3	150	10
III-7	9	3×3	80	10
III-8	25	3×3	80	10
III-9	40	3×3	80	10
III-10	19	3×3	80	2
III-11	25	2×2	100	2
III-12	25	3×3	100	2
III-13	25	4×4	100	2
III-14	40	2×2	100	2
III-15	40	3×3	100	2

礎のように振動数により増減する結果となり、表層地盤の等価減衰定数を大きくしたケースについてはその程度が緩和されている。また、表層地盤の等価減衰定数の増加したケースの方が、同じ振動数において減衰定数が大きくなる。杭本数の影響については同振動数において杭本数が多い方が減衰定数は大きくなる傾向がある。杭本数が増えることで杭基礎全体としての剛性が増加し、相対的に地盤剛性が小さくなるのと同じように作用したものと考えられる。ケーソン基礎のように杭は基盤層に埋め込まれているものの、ケーソン基礎を剛とモデル化したのに対して、杭基礎については場所打ち杭としてモデル化しており、剛体であるケーソン基礎と比べると基盤層の影響よりも表層地盤の影響を受けているものと考えられる。

3. 入力損失の影響

自由地盤での地表面で定義された地震動に対する基礎入力位置での地震動（無質量基礎に入力される地震動）を算出し、道路橋の地震応答解析に用いる

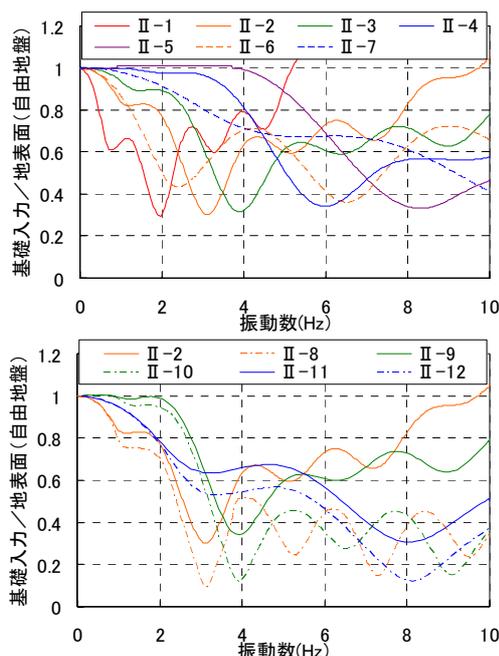


図-5 ケーソン基礎の入力損失

地震動の入力損失効果について検討する。表-2 に対象とした各ケースの諸元を示す。なお、後述するように地盤の等価減衰定数が大きい方が入力損失の効果が小さく、地震時の地盤の剛性低下・等価減衰の増加した範囲を想定し、本章では等価減衰定数として10%を基本ケースとして検討を行った。

対象とした基礎形式は埋込のあるケーソン基礎と杭基礎とした。算出には第2章に用いた解析モデルを使用し、複素剛性の算出位置と同じ位置での入力損失効果について算出した。なお、実際の基礎に入力される有効入力としての地震動は、基礎が埋込を有しているため、水平方向だけではなく回転方向にも入力されることとなるが、ここでは水平方向の入力損失効果について検討する。入力損失効果として、地表面（自由地盤）での加速度に対して、無質量基礎の複素剛性算出位置での加速度の各振動数成分の比で算出している。

図-5 にケーソン基礎での入力損失効果を示す。振動数の増加に伴い一様に低減効果が大きいわけではなく諸元に応じて増減をしているが、構造物への応答に影響を及ぼす低振動数域（1Hz～3Hz 程度）においては、地盤剛性が高い場合はほとんど入力損失効果が無く、D=20m、Vs=100m/sec 程度と比較的弱い地盤条件においては10%～30%程度の入力損失効果が見込めることがわかる。また、ケーソン深さが浅い方が低振動数域においては同振動数で入力

損失効果は大きくなる。これはケーソン基礎が浅くなったため相対的に構造物としての剛性が増加し地盤面の剛性が低下した事によるものと考えられる。また、地盤の等価減衰定数が大きい方が同振動数において入力損失効果は小さく、例えば、 $D=20\text{m}$ 、 $V_s=80\text{m/sec}$ のケースにおける、減衰定数の差を比較すると（ケースⅡ-2 とⅡ-8 の比較）、低振動数域において 10%程度差が生じている。これは地盤の等価減衰定数が大きい方が地表面での応答は小さくなるが、ケーソン基礎は底面を基盤に埋め込んでいるため、基礎入力としての応答はあまり低減されず地盤の影響を受けにくいと考えられる。

図-6 に杭基礎での入力損失効果を示す。ケーソン基礎と同様に振動数の増加に伴い一様に低減効果が大きいわけではなく諸元に応じて増減をしている。また、同程度の深さ、地盤剛性であれば、例えば、比較的弱い地盤条件であるケースⅡ-3 とケースⅢ-4 を比較すると、低振動数域においては同振動数において、ケーソン基礎では 10%~30%の入力損失効果が見込めるのに対して、2Hz 程度ではほとんど見込めず、3Hz 程度で 10%の入力損失効果であり、ケーソン基礎よりも地盤剛性が小さい場合でないとう入力損失効果が見込め無ことがわかる。杭長の違いによる影響としては、杭長が長い方が入力損失効果が大きい事がわかる。ケースⅢ-7,3,8,9 を比較すると、低振動数域である 3Hz 付近では、杭長が短い場合はほとんど入力損失効果はなく、杭長が 40m になると、30%程度の入力損失効果が見込めることがわかる。杭本数の違いによる影響としては、杭本数が多い方が入力損失効果は大きいことがわかり、低振動数においては、ケースⅢ-11,12,13 を比較すると 3Hz 付近では 2×2 本よりも 4×4 本の方が 10%程度大きく入力損失効果が見込める事がわかる。杭長が長く、杭本数が多い方が地盤と杭体の接触する領域が増加することとなり、入力損失効果も大きくなったものと考えられる。また、ケーソン基礎と同様に地盤の等価減衰定数が大きい方が入力損失効果は小さいことがわかる。

4. 地盤と構造物の動的相互作用を考慮した耐震設計法

4. 1 簡易モデルにおける基礎地盤バネの減衰定数と入力損失効果の設定手法

前章で示したように、各基礎形式および地盤条件に応じて、また、各振動数に応じて減衰定数および

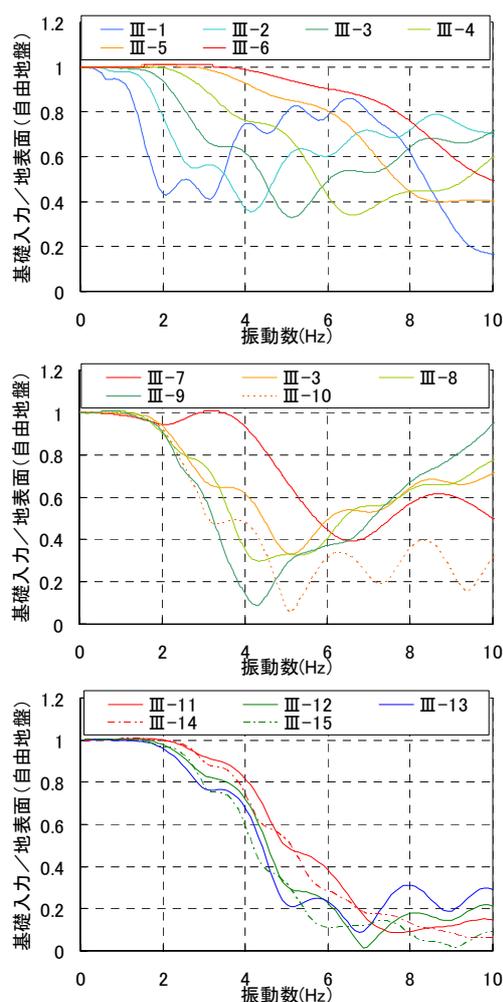


図-6 杭基礎の入力損失

入力損失効果は異なる事がわかる。設計実務で用いられている SR モデルにおいて、これらの影響を考慮するためには、減衰定数、入力損失効果を一つの定数に代表させる必要がある。全振動数においてこれら動的相互作用の影響を考慮できる FEM の結果と同程度の応答を SR モデルにおいても算出する事ができれば、簡便にこれら動的相互作用の効果を設計に見込むことができると考えられる。本章では簡便な考慮の方法として、構造物の応答に最も寄与すると考えられる構造物-地盤全体系での 1 次の振動数で減衰定数・入力損失効果の値を用いることとし、FEM 解析との比較によりその適用性について検討した。なお、先述したように基礎地盤バネの剛性については静的な値を用いている。構造物として道路橋橋脚を用いることとし、図-7 に示すように梁、質点でモデル化した。橋脚の諸元については文献3)を参考にした。なお、減衰定数の設定について検討するため、応答が複雑とならないように橋脚の非線

表-3 解析ケース

直接基礎				
解析ケース			Vsl(m/sec)	h1(%)
1			100	10
ケーソン基礎				
解析ケース	B(m)	D(m)	Vsl(m/sec)	h1(%)
2	6	20	80	10
3	6	20	100	10
4	6	20	150	10
杭基礎				
解析ケース	L(m)	杭本数(本)	Vsl(m/sec)	h1(%)
5	19	3×3	80	10
6	19	3×3	100	10

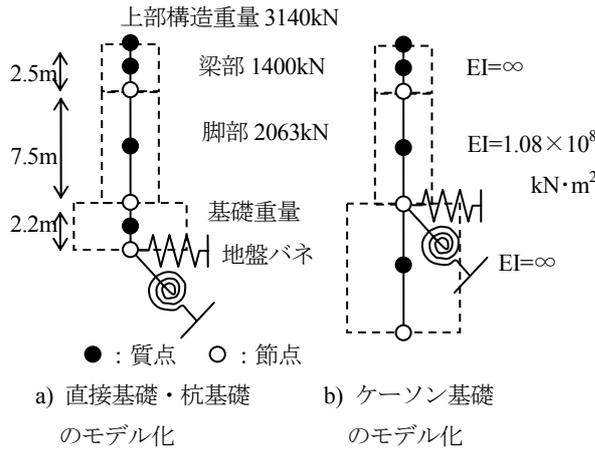


図-7 解析モデル

形性は考慮していない。表-3 に対象とした基礎形式、地盤条件を示す。地震により剛性が低下し、等価減衰定数が大きくなった地盤を想定し、一般的な諸元を有する基礎形式を対象とした。

4.2 FEMモデルとSRモデルとの応答比較による設定手法に関する検討

表-4 に構造物-地盤全体系での1次の振動数での減衰定数および入力損失効果を示す。なお、直接基礎については埋込が無く入力損失効果は見込めないで算出していない。まず、単位加振により減衰定数の設定手法に関する適用性について検討する。なお、ケーソン基礎・杭基礎のように埋込のある基礎形式においては、図-8 に示すようにFEMモデルでは基礎入力位置において、水平方向だけではなく、回転方向にも入力されることとなる。設計実務で一般的に用いられるSRモデルにおいては水平方向のみを入力する機会が多いため、FEMモデルとの比較においては、地盤バネや入力損失効果だけではなく、入力の違いも生じている事になる。そのためSRモデルとの比較において同条件となるように、FEMモデルにおいては、別途、無質量基礎での基礎の水平

表-4 1次の振動数および減衰定数・入力損失効果

解析ケース	1次の振動数(Hz)	水平の減衰定数(%)	回転の減衰定数(%)	水平回転の減衰定数(%)	入力損失効果
1	1.65	10.3	9.9		
2	2.54	22.5	13.7	17.1	0.52
3	2.82	26.0	15.3	19.8	0.70
4	3.34	30.6	18.0	24.5	0.94
5	2.16	35.1	8.5		0.90
6	2.37	32.2	8.2		0.84

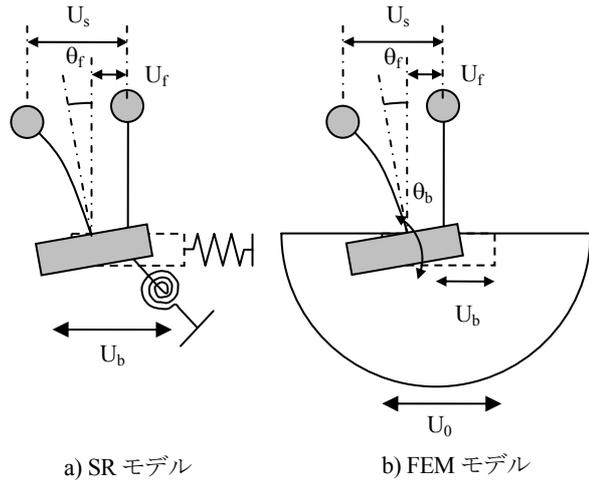


図-8 SRモデルとFEMモデルの入力の相違

方向 U_b 、 θ_b を算出し、単位加振における水平方向の応答倍率 U_s/U_b を算出し比較した。

また、SRモデルにおいても回転を考慮したモデルについても検討する事で減衰定数の適用性について検討することとし、①FEMモデル②SRモデル(減衰定数一定・回転有り)③SRモデル(減衰定数一定・回転無し)について単位加振での比較を行った。図-9 に各ケースでの単位加振での応答倍率の比較結果を示す。

直接基礎については、SRモデルにおいても1次モードと考えられるピークを再現できていることがわかる。1次モードが卓越する系においてはSRモデルにおいても地震応答を概ね再現できると考えられる。

ケーソン基礎については、SRモデルにおいてもピークとなる1次の振動数は概ね再現できているものの、回転の有無によりFEMと応答倍率が異なり、回転有りでは大きく回転無しでは小さくなっている。回転入力の影響が大きい事がわかる。また、1次モードの振動数においてFEMモデルとSRモデルの回転有りの場合で差が生じている理由としては、減衰定数は同じであり、FEMモデルでは振動数に応じた剛性であるのに対して、SRモデルでは基礎地盤バネ

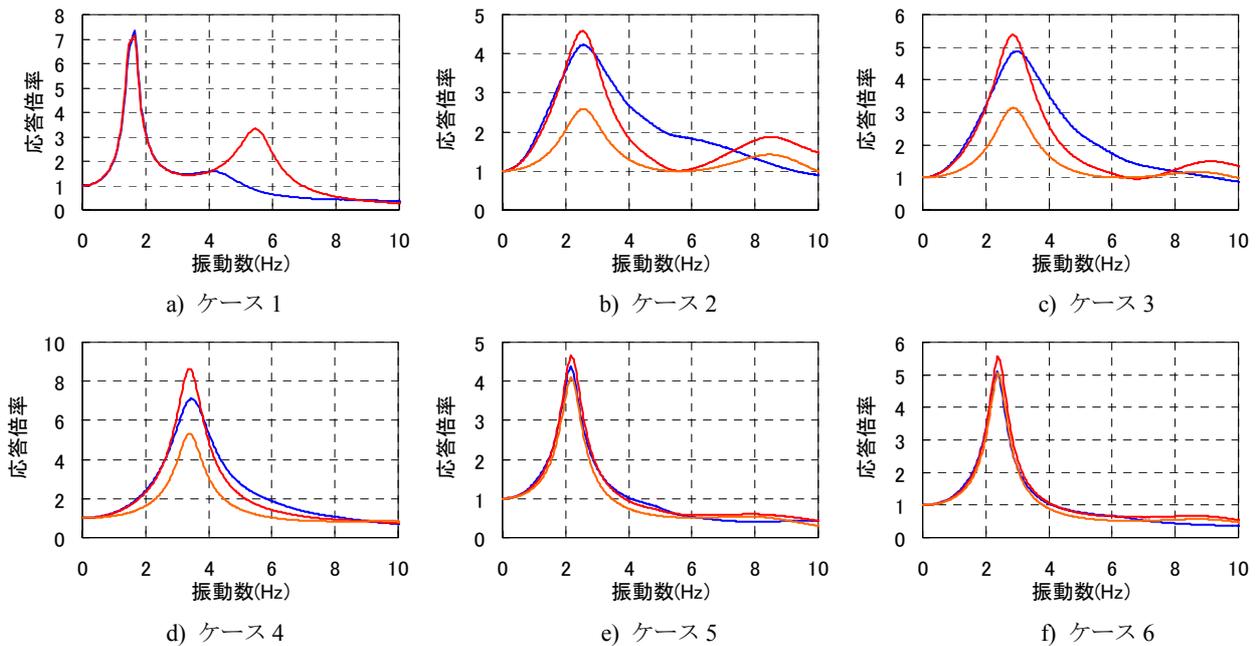


図-9 単位加振での応答倍率比較 (—: ①FEMモデル、—: ②SRモデル (減衰定数一定・回転有り)、—: ③SRモデル (減衰定数一定・回転無し))

の剛性として静的な値を用いたため、剛性の振動数依存性の影響が大きいと考えられる。

杭基礎については、回転無しの方が応答倍率は小さいものの、SRモデルにおいても回転の有無にかかわらず概ね再現できている事がわかる。1次モードが卓越する系においてはSRモデルにおいても地震応答を概ね再現できると考えられる。

ケーソン基礎については回転の影響があり差が生じているものの、直接基礎、杭基礎では、SRモデルにおいて構造物-地盤全体系の1次の振動数での減衰定数を設定する簡便法で概ねFEMの結果を再現できていることがわかる。

次に、地震波加振により、減衰定数の設定手法とともに、入力損失効果の設定手法についても適用性の検討を行う。①~③に加えて④SRモデル (簡便法: 減衰定数一定・入力損失効果一定) の比較を行った。なお、ケース1の直接基礎についてはピーク値がほぼ一致し、入力損失効果は無いため地震波加振は一致するものと考えられたため省略した。地震動については自由地盤における地表面で生じる加速度をいずれのケースについても同様とし、道路橋示方書に示されているレベル2地震動タイプI (I種地盤) の標準波を用いることとした。道路橋示方書では地盤種に応じて地表面の地震動が規定されているが、対象とした地盤は地震時の等価剛性・等価減衰定数を与えた地盤であり、元々の地盤種を各ケー

スで明確に定義できない点、および周期に応じて加速度応答スペクトルの大きさが大きく異なる特性を有している方が周期の影響がわかりやすい点を考慮して選定したものである。

図-10にケーソン基礎での比較結果を示す。①と②の比較の結果、概ね波形の位相が一致しているが、単位加振では1次の振動数においてSRモデルの方が応答倍率は大きかったため、地震波加振においてもSRモデルの方が応答変位は大きい。しかしながら、②と③の回転の有無の差を確認すると、単位加振での結果と同様に、回転が入力されないことにより応答変位は小さくなっている。また、地盤剛性が弱い方がその差は大きい事がわかる。③と④の比較の結果により概ね同程度の結果となっていることから、入力損失効果を振動数に関わらず構造物と地盤全体系の1次の振動数で一定にする手法としては概ね妥当であると言える。

図-11に杭基礎での比較結果を示す。表-6に各モデルでの最大応答値を示す。単位加振での結果で示したように応答倍率が小さかったSRモデル (回転無し) においては、応答値が小さくなっているのがSRモデルにおいてもFEMモデルと同様の時刻歴波形となっているのがわかる。また、③と④の比較により入力損失効果を一定にしても概ね同等の結果になっていることがわかり、入力損失効果の設定手法としては概ね妥当であることがわかる。

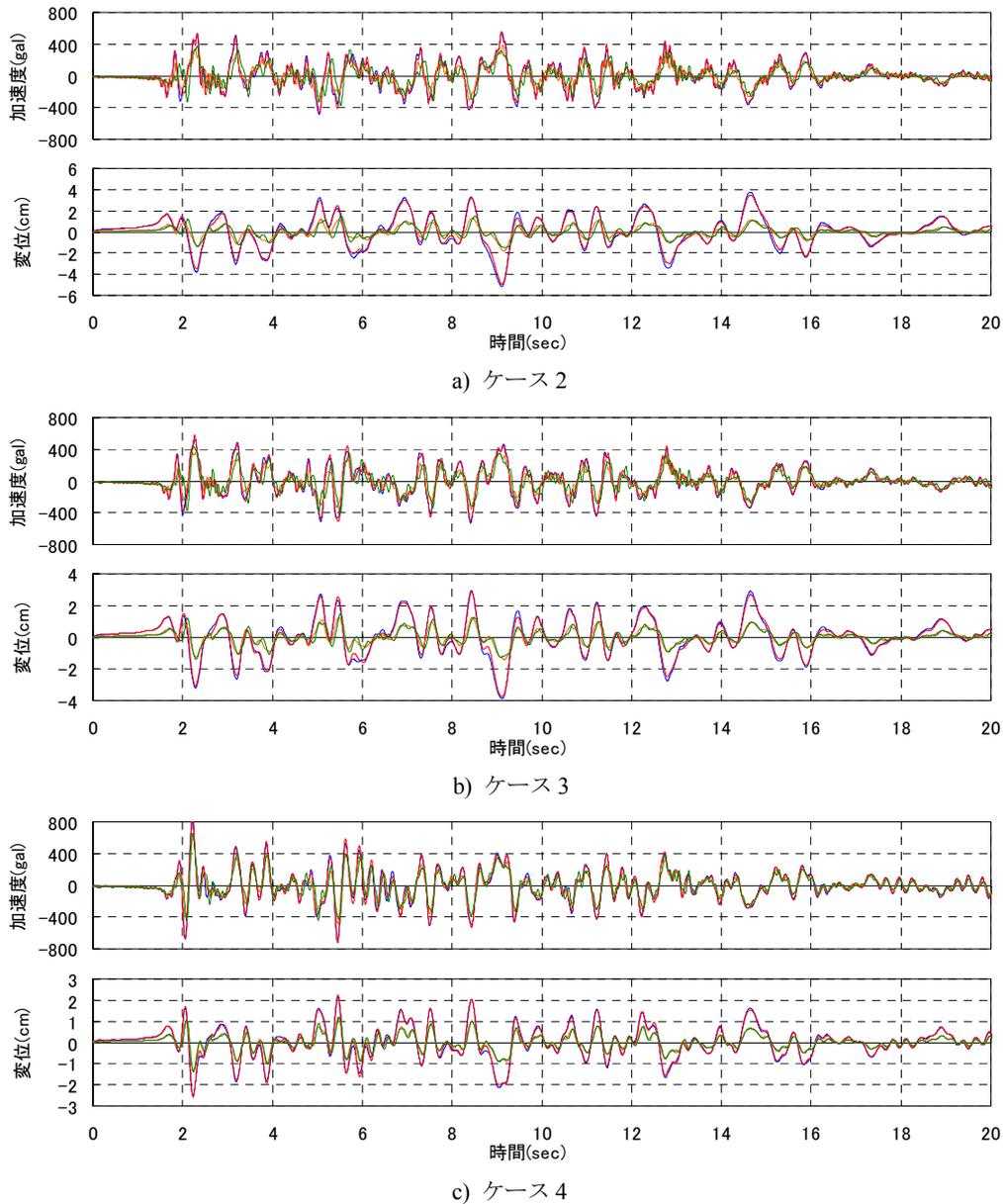


図-10 ケーソン基礎での地震波加振比較（—：①FEMモデル、—：②SRモデル（減衰定数一定・回転有り）、—：③SRモデル（減衰定数一定・回転無し）—：④SRモデル（簡便法）

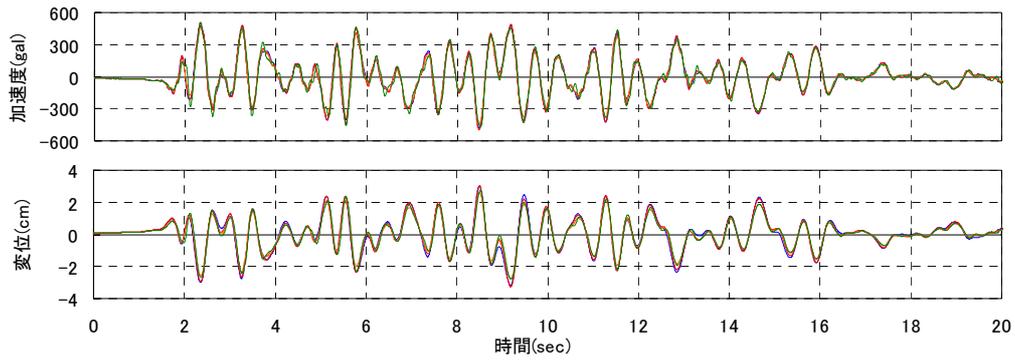
5. まとめ

本研究では、地震時における地盤と構造物の動的相互作用の影響について検討を行った。各基礎形式・地盤条件に応じた動的相互作用の影響についてFEMモデルにより算出し検討を行った。また、算出結果に基づき減衰特性および入力損失の影響を考慮した簡便なSRモデルとFEMモデルとの比較により、地盤と構造物の動的相互作用の影響について考慮した耐震設計法について検討をおこなった。以下に結論を示す。

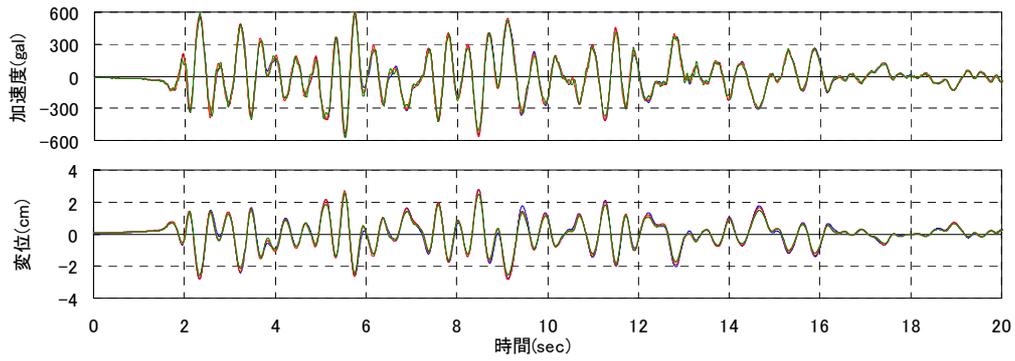
1) 基礎形式、地盤条件に応じた減衰定数の振動数依存性・入力損失効果の振動数依存性について、FEM

解析により検討を行い、各諸元が減衰定数・入力損失効果に及ぼす影響について把握した。

2) 地盤と構造物の動的相互作用の影響を考慮した設計法として、構造物-地盤全体系での1次の振動数における減衰定数および入力損失効果をSRモデルにおいて考慮する方法を提案した。FEMモデルとの比較によりその適用性を検討した結果、杭基礎については概ね適用可能であることがわかった。ただし、ケーソン基礎については回転入力に応答値に及ぼす影響の方が大きいいため、この影響を含めた簡便法について検討を加える必要がある。



a) ケース 5



b) ケース 6

図-11 杭基礎での地震波加振比較 (—:①FEMモデル、—:②SRモデル(減衰定数一定・回転有り)、—:③SRモデル(減衰定数一定・回転無し) —:④SRモデル(簡便法))

参考文献

1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，2002
 2) 土木学会編：動的解析と耐震設計[第4巻]ライフライ

ン施設，pp.56-58，1989

3) (社)日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997

RESEARCH ON SEISMIC DESIGN METHOD BASED ON DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION

英文要旨

This research aims to clarify the soil-structure interaction which is the input loss effect of earthquake ground motion and the increase of soil damping according to various soil conditions and foundation types and to propose the seismic design method considering the above. A series of numerical analyses were performed to investigate the input loss of earthquake ground motion and the damping factor depending on various ground conditions and foundation types. The seismic design method considering the soil-structure interaction was proposed based on the analyses.

Key words : soil-structure interaction, damping factor, input loss, SR model, FEM model