

大断面連続地中壁の地震時挙動



藤堂 正喜*¹

保井 美敏*¹

和泉 信之*²

概 要

軟弱地盤に建設される高層建物の基礎工法として、水平剛性の高い基礎とするため、外周部を連続地中壁で囲い壁杭として使用し、内部を場所打ちコンクリート杭で打設する場合がある。本報告では、地中連続壁が一体連続壁として使用される場合について、FEMを用いた3次元弾性解析による水平力による静的力学特性と、薄層要素法に基づく動的相互作用ばねの評価法及び水平・上下模擬地震動入力による連続地中壁の動的特性を検討した。その結果以下のような結論が得られた。

1. 壁内の応力分布を静的解析により求めた結果、ウェブはせん断変形に、フランジは曲げ変形に支配された分布形となっていた。

2. 薄層要素法に基づく静的に近い相互作用ばねによる連続壁頭部の水平変位は、FEMによる3次元弾性解析による静的結果とほぼ同じ値になっていた。

3. レベル2相当の模擬地震動による地震応答解析では、壁最大せん断力は壁慣性力から予想される応力よりもかなり大きく、地盤と連続壁の応答の差から相互作用ばねを介して連続壁に生じた応力の影響が大きくなっていた。また、連壁の剛性が非常に大きいことから、連続壁頭部の地震応答(基礎入力動)は自由地盤の地震応答より小さく工学的基盤地震動に近いものであった。

EARTHQUAKE RESPONSE FOR WALL FOUNDATION

Masanobu TOHDO*¹

Mitoshi YASUI*¹

Nobuyuki IZUMI*²

A wall foundation with high lateral rigidity is employed to foundation work of tall building constructed at soft soil sites. This paper presents the static and dynamic characteristics of wall foundation during earthquakes, which are analyzed by 3-dimension elastic finite element method and thin layer element method for soil-structure interaction springs, respectively. The results are summarized as follows;

1. According to static analyses, the shear stress distributions for web element of wall foundation are characterized by shear deformation and those for flange element are characterized by bending deformation.

2. The lateral displacement at the top of the wall foundation obtained by the method using soil-structure interaction springs is good agreement with that by the 3-D FEM model.

3. The maximum shear force of wall foundation for earthquake response is mainly influenced by ground displacement and because of the high lateral rigidity of wall the foundation input motion becomes smaller than the ground surface motion.

* 1 技術研究所 * 2 構造設計部

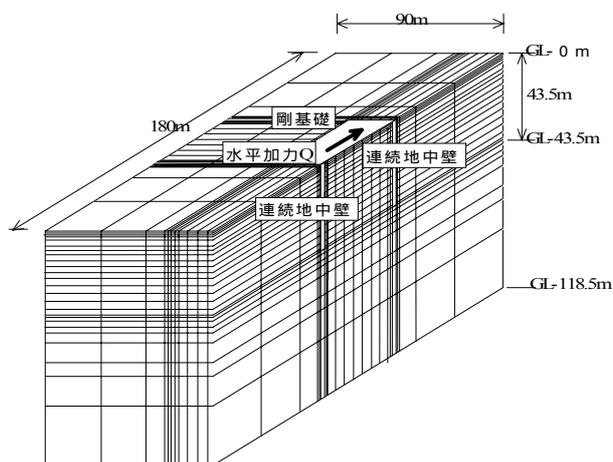
* 1 Technical Research Institute * 2 Structural Engineering Dept.

大断面連続地中壁の地震時挙動

藤堂 正喜*¹
保井 美敏*¹
和泉 信之*²

1. はじめに

軟弱地盤に建設される高層建物の基礎工法として、外周部を連続地中壁で囲い壁杭として使用し、内部を場所打ちコンクリート杭を打設する場合がある。杭基礎を地中連続壁で囲むことにより、水平剛性の高い基礎工法を可能にし、地震時の水平抵抗を大きくしている。本報告では、連続地中壁が一体連続壁として使用される場合について、下記の検討を行った。2章ではFEMによる3次元弾性解析により静的力学特性を地盤、連壁及び杭の応力分布を中心に検討した。3章では薄層要素法に基づく動的相互作用ばねの評価法及び水平・上下模擬地震動入力による連続地中壁の動的特性を検討した。



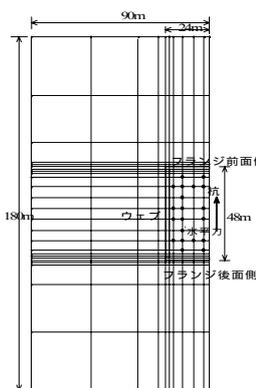
(a) 解析モデル概要

2. 静的解析

2.1 解析モデルと解析条件

大断面連続地中壁(以下、静的解析では連壁と記す)の挙動について3次元FEM静的弾性解析により検討した。

解析モデルは図2.1(a)、(b)に示すとおりで連壁の半断面を対象とした。連壁は、厚さ1.5mで、上部が剛基礎に接続されており、剛基礎と地盤は離間している。地盤定数等の材料定数は表2.1に示すとおりである。解析ケースは表2.2に示すとおりで、連壁内が地盤のみで、地盤材料を圧縮(静止土圧状態から圧縮応力となる状態)と引張(静止土圧状態から引張応力となる状態)で実際は静止土圧の引張応力までは土は圧縮応力状態となっている)の応力で同じでヤング係数を用いたものをケース1(基本ケース)とし、地盤内に杭がある場合をケース2(杭有)とし、引張応力にある場合のヤング係数を圧縮時の1/1000にしたものをケース3(引張要素剛性低下)として一連の比較計算を行った。杭は、杭径1.5m、連壁と同じ長さで、ビーム要素への線材置換とし、連壁地盤内の剛性の影響を検討対象としている。



(b) X-Y平面

図2.1 解析モデル

表2.1 材料定数一覧

| 層 | 深さ (m) | ヤング係数 E(kN/m ²) | S波速度 Vs(m/s) | 単位重量 γ(t/m ³) | ポアソン比 ν |
|--------|---------------|-----------------------------|--------------|---------------------------|---------|
| 1 | GL-0~-7.5 | 800 | 120 | 1.6 | 0.497 |
| 2 | GL-7.5~-12 | 1000 | 140 | 1.9 | 0.496 |
| 3 | GL-12~-21 | 1500 | 170 | 1.8 | 0.494 |
| 4 | GL-21~-31.5 | 2100 | 200 | 1.95 | 0.491 |
| 5 | GL-31.5~-43.5 | 3700 | 260 | 1.95 | 0.485 |
| 6 | GL-43.5~-56.5 | 5200 | 300 | 1.8 | 0.483 |
| 7 | GL-56.5~-66.5 | 23000 | 610 | 1.9 | 0.455 |
| 8 | GL-66.5~-73.5 | 9100 | 400 | 2.1 | 0.472 |
| 9 | GL-73.5~- | 15000 | 510 | 1.95 | 0.454 |
| コンクリート | | 270000 | - | 2.4 | 0.167 |

表2.2 解析ケース一覧

| No. | 杭有無 | 引張応力剛性低下 | 備考 |
|-----|-----|----------|---------|
| 1 | 無 | 無 | 基本ケース |
| 2 | 有 | 無 | 杭の応力も検討 |
| 3 | 無 | 有 | |

2.2 地盤の地中応力と杭の曲げモーメント

図2.2(a)、(b)に連続壁の変形分布を示した。フランジ部分は曲げ変形、ウェブ部分はせん断変形をしており、杭が壁内にあっても((b)参照)変形状は変わらず、その変形量の変化もわずかで、3%小さくなる程度であり杭の連壁の変形に与える影響は小さい。

図2.3(a)、(b)は連壁内外地盤の加力方向応力(σ_x)の応力分布(応力は要素中心で評価している。)をフランジ

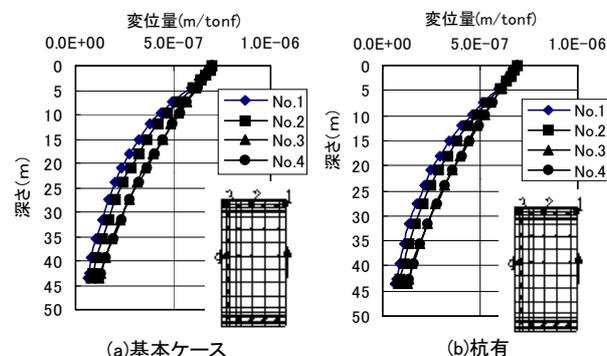


図2.2 連続壁変形分布

* 1 技術研究所 * 2 構造設計部

後面側で基本ケースと杭有ついで示している（ケース3以外はY軸対象なので1/4平面で比較）。地下連続壁内外の地盤応力は、約1/4以深では内外とも同様な応力状態である。また、フランジ後面側の連壁内側の地盤は反力としてより、むしろ連壁を引っ張る結果となっており[1]、反力側としてはフランジ部分では前面側の連壁外側の地盤のみが考えられる。杭が連壁内に打設されることにより、連壁内側地盤の応力は1/4以深は基本ケースと同様な応力状態であるが、1/4以浅では引張側応力に変化し、基本ケースの時よりもより一層連壁と一体の応力状態になり、フランジ後面側の連壁内地盤は、反力地盤としての挙動はさらに期待できなくなる。

図2.4(a)は連壁内の杭の曲げモーメントについて、杭頭自由、杭頭加力方向ピン（載荷版と一緒に加力方向に変形）単杭杭頭自由載荷の3ケースについて分布形を示したものである。連壁内応力同様、上部から1/4以深では、杭頭自由も杭頭ピンも同様なモーメント分布となり杭が地盤と一緒に変形している様子が伺える。また、単杭（曲げモーメント値は1/100で示す）との比較から、連壁内の杭は1/4以深では連壁内地盤の強制変形による曲げモーメントが生じており、連壁内地盤が連壁と一体に挙動した結果このような曲げモーメントが生じたと考えられる。杭は水平抵抗要素としては、上部1/4のみであることが伺える。(b)は杭頭自由と通常の基礎との接合を想定した杭頭固定との比較を示しているが、(a)同様1/4以深は両者とも同様な曲げモーメントとなっており、連壁内の杭の水平剛性は上部1/4以浅のみが大きく影響していることが伺える。

図2.5(a),(b)は連壁内地盤のウェブに沿う部分のせん断応力(τ_{xz})の基本ケースと連壁内に杭がある場合を比較して示している。連壁内の地盤応力は狭い範囲のばらつきでウェブに沿って分布しており、杭が存在するとさらに狭い範囲となり、ウェブ側の地盤のせん断抵抗が連壁に沿って一定に広がる様子が伺える。

2.3 連続地中壁内応力

図2.6(a),(b)に基本ケースの連壁内のせん断応力(τ_{xz})分布をウェブ部とフランジ部に分けて示す。ウェブ部はコーナー部(コーナー部はフランジ部として検討)を除き、下部から一定値で増加するほぼ直線上のせん断変形に対応したせん断応力分布であるが、フランジ部は上部のみ大きなせん断応力が乗じる曲げ変形に対応したせん断応力分布である。この応力分布から連壁の水平抵抗要素としてウェブ部が主となっていることがわかる。

図2.7(a),(b)に杭が連壁内に存在する場合と引張要素の地盤剛性を1/1000に低下した場合のウェブ部のせん断応力(τ_{xz})分布を示している。杭が存在する場合は基本ケース同様コーナー部を除き、下部から一定値で増加するほぼ直線上のせん断変形に対応したせん断応力分布となっている。引張要素地盤剛性を1/1000に低下させたものは中心から同位置の要素では前面側が大きな値(たとえば要素2(後面)と要素14(前面))になること除けば(基本ケースは対称なので同じ値)ほとんど同様な傾向である。

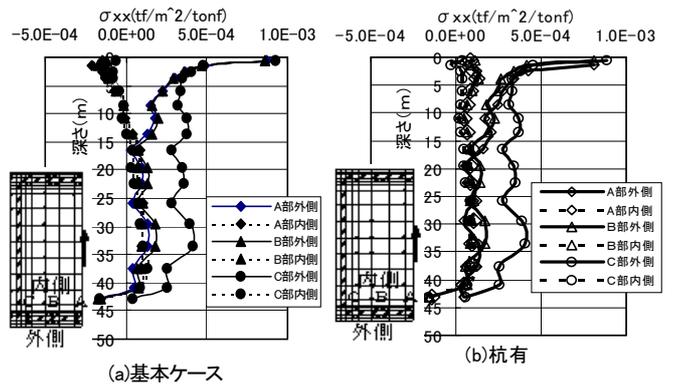


図2.3 加力方向応力分布

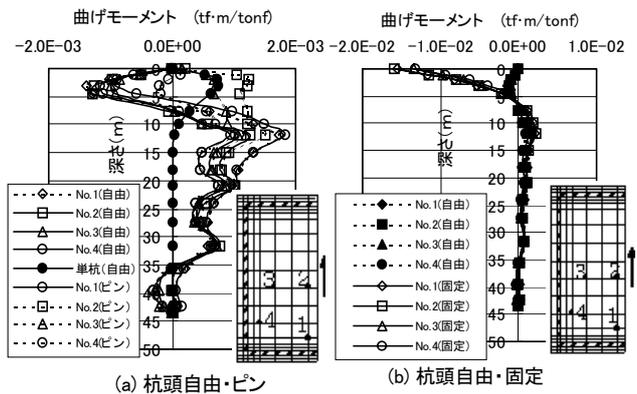


図2.4 連続地中壁内の杭曲げモーメント分布

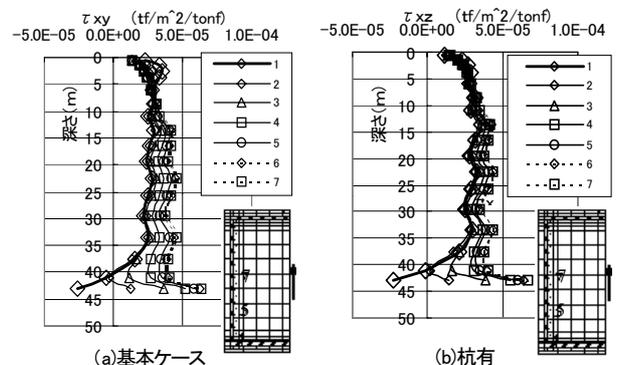


図2.5 地盤内せん断応力分布

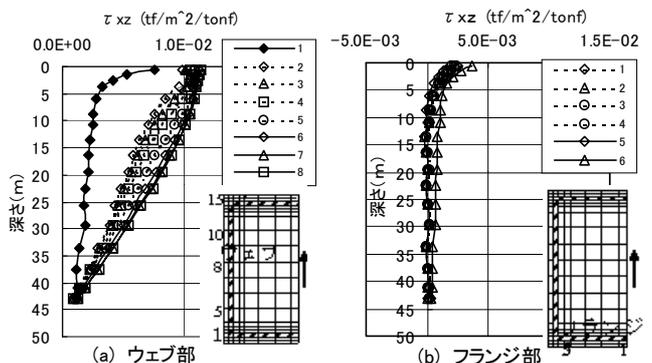


図2.6 連続地中壁せん断応力分布（基本ケース）

図2.8(a)～(d)に連壁のせん断力負担割合を示す。(a)は基本ケースの場合で、上部では8割近くをウェブで負担しており、2割をフランジが負担している。しかし、1/4以深では、ウェブがほとんどのせん断力を負担している。(b)に同様な分布を連壁内に杭がある場合について示す。ウェブの負担割合は最上部でわずかに(3%程度)現象するものの、ほとんど同様な値である。一方フランジはかなり小さく(最上部では75%減少)になっている。また、杭の負担分はかなり小さな値であり、水平抵抗要素としては小さなものである。(c)は引張要素地盤剛性を1/1000の減少させた場合のせん断力負担割合を示している。分布はウェブの大きさが上部で少し大きい他は基本ケースと同様な分布である。(d)は、ウェブ部のみ取り出し3ケースについて比較して示している。3ケースの間の差は小さなもので杭が存在する場合と引張要素剛性低下させた場合でも1割程度であり、水平剛性抵抗にはウェブ要素が大きく寄与し、杭の存在や地盤のフランジ部分の地盤の剝離の影響は小さいことが静的弾性解析からいえる。

3. 地中連続壁基礎の地震応答

3.1 連続地中壁基礎を有する建築物の地震応答解析

連続地中壁基礎を有する建築物の地震応答解析の方法は、地盤を離散的に表す(図2.1)ののではなく地盤-基礎間には動的相互作用ばねを用いる場合、大きく次ぎの2方法に大別される。

方法1：地盤 基礎 上部建築物を一体としてモデル化して解析する方法(一体解析)

方法2：地盤 基礎系と上部建築物に分離してモデル化する方法(分離解析)。この方法では、まず地盤 基礎系の解析から基礎頭の上部建築物と結合されるレベルにおいて、伝達される力 変位関係を表す動的剛性(インピーダンス)と地震応答(基礎入力動)を求める。次に上部建築物の結合レベルにインピーダンスを付与したモデル(水平応答に対し、スウエイロッキング(SR)モデルと呼ばれる)で、基礎入力動を入力とした地震応答解析を行う。

上記の2方法ともに、自由地盤の応答を用いる。分離解析の方法では、基礎また相互作用ばねに非線形性を考慮することはできないが、近似的な等価線形化法による方法もある。

本節では、一体解析また分離解析に用いる地盤 基礎間の相互作用ばねを点加振3次元薄層法を応用して評価する方法を説明する。

点加振3次元薄層法[2]は、水平方向に無限で鉛直方向に自由地表を有し最下層の基礎が深さ方向に無限(半無限)である3次元の成層地盤において、ある点*j*のある方向に振動数 ω の単位加振力 $\exp(i\omega t)$ を作用させたときの点*i*における3方向の変位を求める方法の一つである。この方法では、図3.1のように層を精度に合わせて薄層に分割し最下層にダッシュポットまたは半無限要素を付けてモデル化し、鉛直方向はモード解、水平方向は解析解で表すことによって点加振解を得るものである。なお、成層地盤は密度、S波・P波速度(または対応する剛性)、減衰

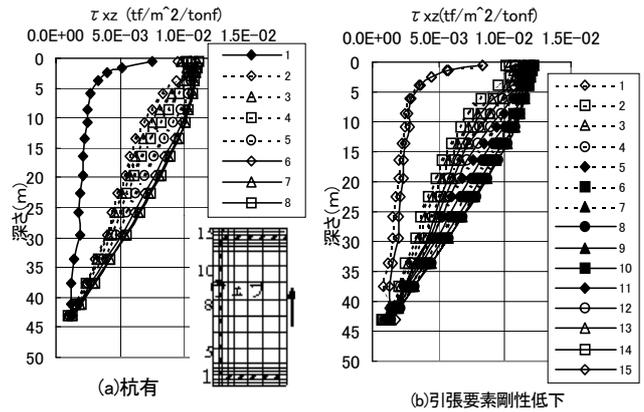


図2.7 連続地中壁せん断力分布(ウェブ部分)

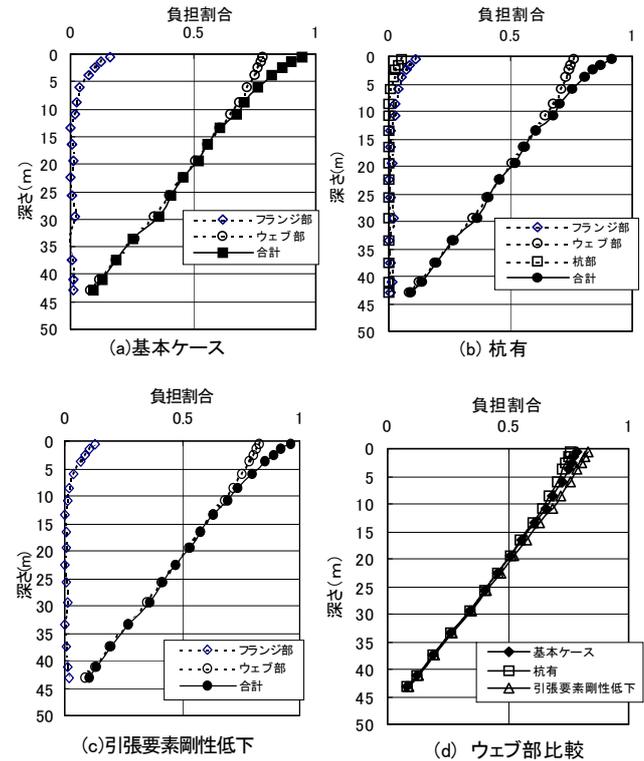


図28 水平加力時せん断力負担割合

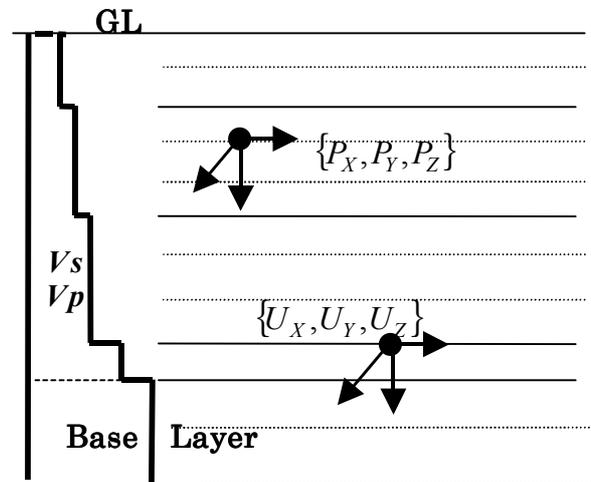


図3.1 点加振3次元薄層法

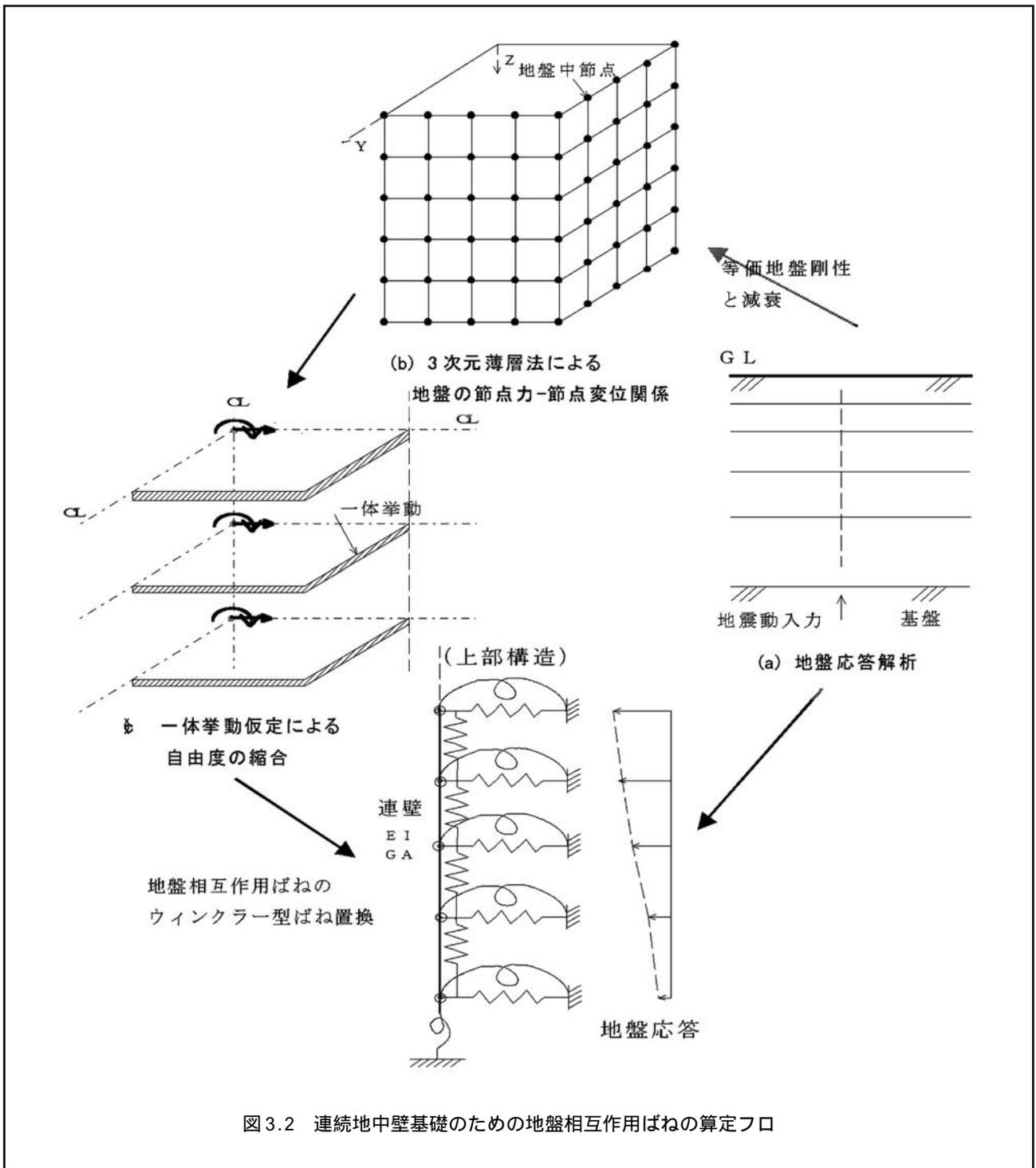


図 3.2 連続地中壁基礎のための地盤相互作用ばねの算出フロー

定数の地盤定数によって表す。

連続地中壁基礎を対象として、実用性も考慮して相互作用ばねを求める算出フローを図3.2に示す。具体的には次のとおりである。

a) 基底への入力地震動により図3.3の土の動的変形特性に基づく非線形地盤応答解析を行う。この地盤応答ひずみ(最大ひずみ×0.65の有効ひずみを用いる)に応じて剛性低下率を乗じた剛性および履歴減衰定数を求める。この定数を有する等価地盤に対し3次元薄層法を適用する。これから分かるように求める相互作用ばねは入力地震動に対する土の非線形性を反映したものとなる。薄層分割は、ひずみに応じて変化した地盤定数を用いるので

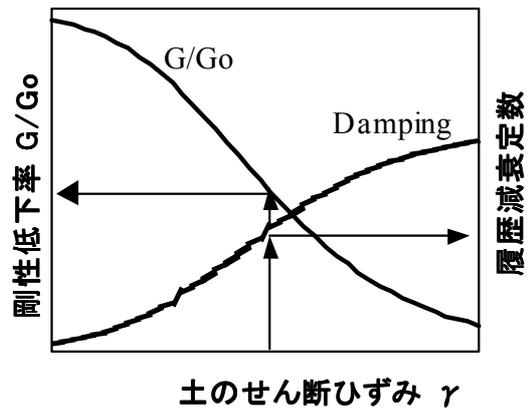


図 3.3 土の動的変形特性

初期の地盤とは異なる成層地盤に対して行うことになる。

b) 地盤中の地中壁基礎が設置される面をメッシュ分割して、各節点各方向に単位加振力を与え、各加振力に対する全節点3方向の変位を点加振3次元薄層法によって求めれば下式の関係が得られる[3]。

$$\{U_i\} = [f_i^*] \{P_i\} \quad (3-1)$$

$[f_i^*]$ は全メッシュ節点×3自由度のフルマトリクスであり、波動逸散減衰と内部減衰(履歴減衰)により複素数で表される。連続地中壁をFEM要素によって表す場合は、 $[f_i^*]$ の逆行列が相互作用ばねとなる。

上記の解法は大次元行列を振動数領域で処理することになる。そこで、上部建築物の非線形性を考慮することも可能となる(3-1)式の関係に基づく以下の方法を用いる。ここでは、連続地中壁を曲げせん断棒モデルに置換することを前提としている。

c) 地中壁が設置される部分の地盤(メッシュ節点)を深さ方向に分割し、各水平断面内では剛体挙動すると仮定すると、断面の並進+回転自由度に(3-1)式を縮合できる(3方向全てまたは目的の方向)。すなわち、剛体変位 $\{U_r\}$ によって、

$$\{U_i\} = [R] \{U_r\}$$

と表せば、剛体挙動で表したモデルにおける力 変位関係は次式となる。

$$\{P_r\} = [K_r^*] \{U_r\}$$

$$[K_r^*] = [R]^T [f_i^*]^{-1} [R]$$

$[K_r^*]$ は剛体挙動を表す自由度に縮合したフルマトリクスの複素剛性行列である。

d) 上記の関係に基づいて、ウィンクラー型モデルを進める。すなわち、分割した連壁位置の各質点に水平・回転ばね、質点間にせん断ばねの相互作用ばねが付くモデルを考える[4]。3種のばねは(3-2)式の関係からそれぞれ、一様変形モード、回転変形モード、せん断変形モードを設定して求める。さらに上部建築物の非線形性を考慮した解析にも適用できるように、各振動数の複素ばねの中で、静的近傍の実部の値を振動数にかかわらず一定のばねとし、減衰効果が重要な振動数(e.g. 上部建築物も連成した場合の1次振動数)における各ばねの虚部の値からダッシュポットを定めて、ばね・ダッシュポットの地盤相互作用ばねモデルとする。この実用的なモデルを用いれば、地盤応答結果を多点入力することによって基礎入力動を求めることができる。また、上部建築物と一体化した地盤 基礎 建築物の連成モデルによる非線形地震応答解析を実行することができる。

上記は、水平地震動に対する水平応答挙動を対象に説明した。上下地震動に対する連続地中壁の上下応答挙動に対しても同様にして上下加振力 上下変形関係を求めることができる。

3.2 連続地中壁の地震応答試算例

3.1節の方法を用いた、連続地中壁の地震応答試算例を以下に示す。地盤と連続地中壁は図2.1に示したものである。

まず、地震応答解析に用いる入力地震動を設定する。ここでは、対象地点が東京の湾岸にあるものとし、M8級の巨大地震である関東地震相当の地震断層モデルに基づいて模擬地震動を作成する。断層モデルとその諸元を図3.4に示す。作成方法は、小地震による地震動を断層面積と断層ずれの違いを考慮して重ねあわせることによって大地震時の地震動を合成する方法に要素間の相関性を導入した方法[5]に基づいている。この方法の概要を図3.5に示す。小地震による地震動としては、1987年千葉県東方沖地震(M=6.7)の際に対象地点に近い地点の地表で観測された水平動と上下動の地震動[6]を逆応答によって工学的基盤に戻したものである。合成では関東地震相当の断層の断層面を5×4、震源時間関数を4分割とし、破壊開始点を断層西下端とした。作成した模擬地震動波形を図3.6に示す。最大加速度と最大速度は、水平動が303Galと38cm/s、上下動が187Galと17cm/sである。模擬地震動の応答スペクトルを図3.7に示す。同図中には近くの臨海部を対象として提案されたレベル2相当の設計用スペクトル[7]も示した。この水平動の設計用スペクトルは関東地震や安政江戸地震等を対象に、距離減衰式や波形合成法によって各地震に対する臨海部の工学的基盤における応答スペクトルを推定し、それらを包絡するように提案されたものである。このことを考えるとここで作成した水平動は平均的結果といえる。

図3.6の工学的基盤の模擬地震動を入力として、自由地盤の非線形応答解析を行った。水平動入力の場合(S波応答)のせん断ひずみに対する土の復元力特性は、土質と上載圧から推定される経験式による動的変形曲線から定めた修正R0モデルである。上下動入力の場合(P波応答)、初期剛性をP波速度から定め、復元力特性はせん断ひずみ



図3.4 関東地震の断層面と地震動評価対象位置

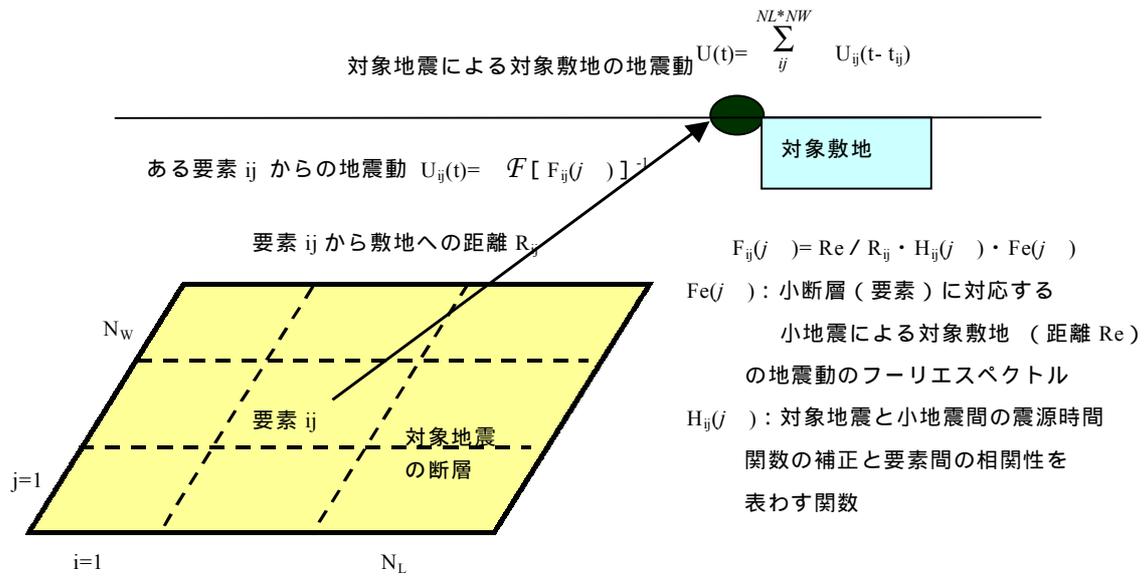


図 3.5 断層モデルに基づく半経験的波形合成法の概念図

の 1.22 倍を鉛直方向ひずみとした修正 R0 モデルとした。微小ひずみ時の 1 次卓越周期は S 波で 0.98 秒、P 波で 0.14 秒である。水平動の地盤応答結果による相対最大変形は 9cm、最大ひずみは GL-10m 付近で 0.5% であり、有効ひずみによる土の剛性低下率は連続地中壁の頭部から底部のレベルで 0.3 から 0.6 である。上下動による最大変形、ひずみはかなり小さい。

上記の自由地盤応答結果による有効ひずみに対応する地盤剛性と履歴減衰定数を有する等価地盤(速度 V_{seq} 、 V_{peq})を対象に、3.1 節に説明した相互作用ばねを求めた。薄層法解の計算には、最下層深さを連続壁深さの約 3 倍にとり、基盤には半無限要素を付けた。連続地中壁は水平・回転振動に対しては曲げ・せん断棒に置換し、せん断剛性はウェブ内法断面積から(形状係数 1)、曲げ剛性は平面保持仮定にシエララグ効果を考慮して定めた。上下振動では軸棒に置換した。

図 3.2 の(c)までの計算による相互作用ばね(振動数毎の複素数)と連続地中壁の連成モデルによる、連続地中壁基礎頭部の下式の表現によるインピーダンスを求めた。

$$\begin{Bmatrix} P_{Hw} \\ M_w \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{HH}^* & K_{HR}^* \\ K_{RH}^* & K_{RR}^* \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{Hw} \\ \Theta_w \end{Bmatrix} \quad (3-3)$$

$$P_{Vw} = K_{VV}^* U_{Vw}$$

上式は、水平力・モーメントと水平変位・回転角関係、下式は鉛直力と上下変位関係である。複素数で得られる結果の実部と虚部を図 3.8 に示す。図中には地盤の初期剛性(速度 V_0)による場合のインピーダンスも併記した。 V_0 による静的(0Hz)近傍の水平・回転インピーダンスから求ま

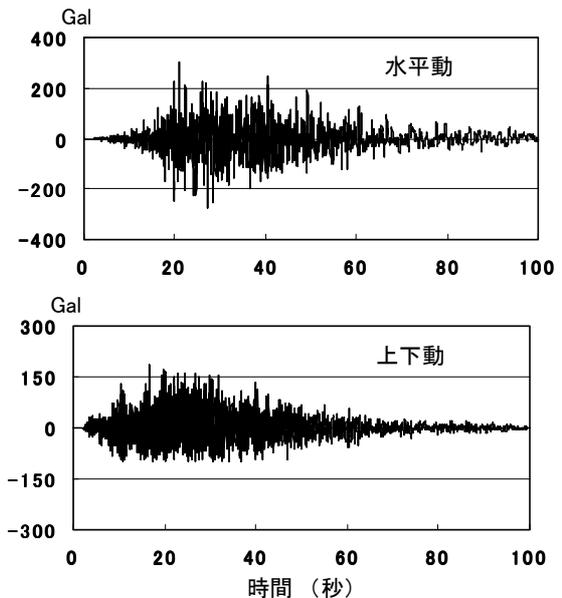


図 3.6 関東地震の断層モデルによる模擬地震動

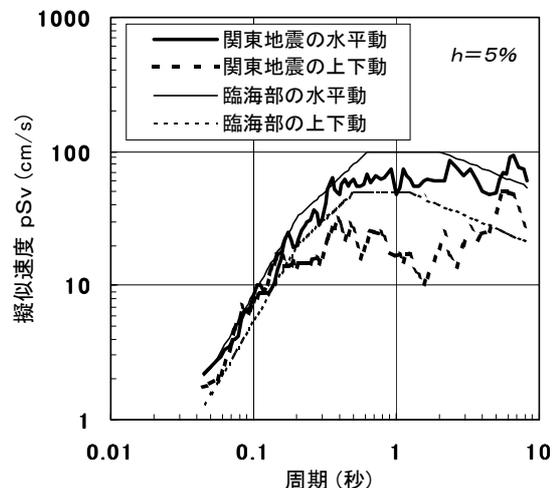


図 3.7 模擬地震動と臨海部の応答スペクトル

る壁頭変位は、FEM解析による図2.2の結果(No.1)と良く対応している。地震時ひずみに対応した V_{eq} による結果と V_o による結果を比較すると、静的近傍での実部の値は K_{HH} はかなり低下するが、 K_{RR} と K_{VV} の低下度は比較的小さい。これは前者にはS波剛性の影響が大きく、後者にはS波・P波両剛性が影響していることによる。一方、虚部については両者の差は小さい。

次に先の自由地盤応答結果を多入力した連成モデルの地震応答解析を行った。相互作用ばねは、図3.2の(d)の

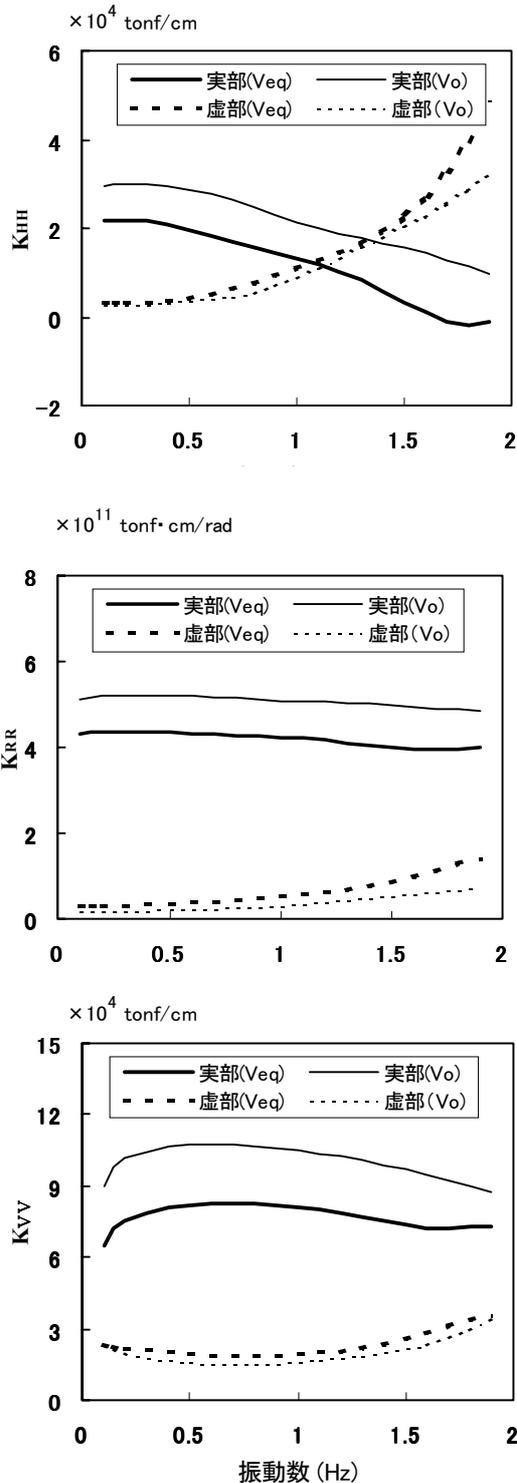


図3.8 連続地中壁基礎の連壁頭のインピーダンス

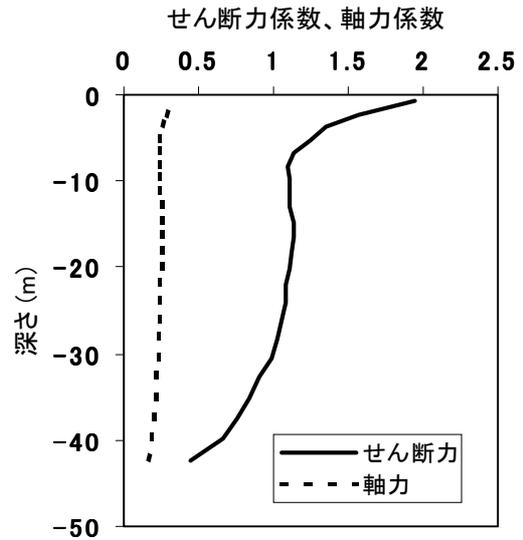


図3.9 地盤 連続壁連成モデルの地震応答解析による連続壁応力

ようにウインクラ型に置換した、ばね・ダッシュポットのばね値を用いる。ばね値は実部の最大値、ダッシュポットは上部建築物も入れた連成1次振動数が水平応答では0.4Hz、上下応答では2Hzと仮定してそれらの振動数の虚部から求めた。応答結果の連続壁の最大加速度は深さ方向でさほど変化せず、壁頭付近で水平は170Gal、上下は190Gal程度である。

連続壁応答結果の水平動による壁最大せん断力および上下動による壁最大軸力を、それらで除した係数で表し、図3.9に示す。せん断力係数は、壁慣性力から予想される応力よりもかなり大きく、地盤と小さな変位の連続壁の応答の差から相互作用ばねを介して連続壁に生じた応力の影響が大きいことがわかる。一方、軸力係数の場合は慣性力で予想される程度である。

連続壁頭部の地震応答(基礎入力動)による応答スペクトルを図3.10に示す。同図には自由地盤地表応答による

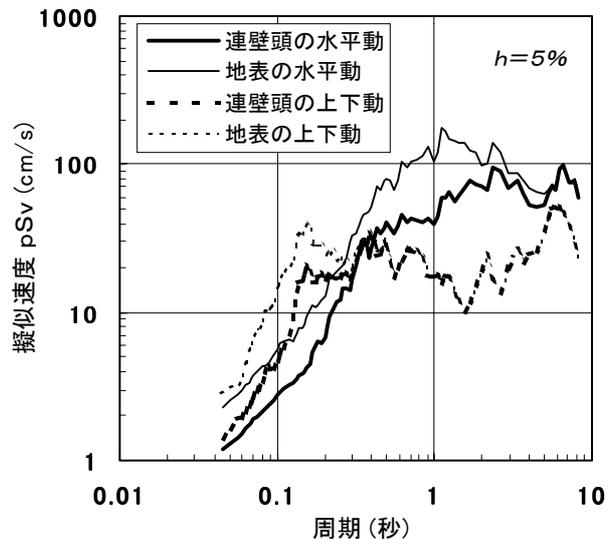


図3.10 地盤 連続壁連成モデルによる壁頭地震応答(基礎入力動)の応答スペクトル

る結果も併記した。それと基礎入力動を比較すると、地表応答の卓越周期の2～3倍の周期より短い周期においては、基礎入力動の方が地表のスペクトルよりもかなり小さく、図3.7の工学的基盤地震動に近い。これは、図2.2からも分かるように地中連続壁の剛性が非常に大きく、このことから基礎入力動には連壁基礎底付近の自由地盤応答の影響が大きく、それよりも浅い地盤の応答分布の影響が小さいことによる。この連続地中壁の基礎入力動は、杭基礎の場合[8]の特性とはかなり異なっている。なお、水平応答の基礎入力動には回転入力もある。

4. まとめ

FEMによる3次元静的解析及び相互作用ばねに薄層要素法を用いた動的解析から得られた結論を以下にまとめる。

FEMによる静的解析による応力検討；

- (1) 変形性状は連壁内部の杭の存在の有無、引っ張り側地盤の剛性低下の有無に関わらず、ウェブ部はせん断変形分布であり、フランジは曲げ変形分布となっている。
- (2) 連壁後面側の1/4以深の連壁内地盤は反力として働かずむしろ連壁を引っ張り連壁と一体に挙動する。
- (3) 連壁内部に杭が存在する時、水平抵抗に寄与する部分は1/4以浅程度であり、一本当たりの大きさも小さい。
- (4) 連壁内の応力分布から、ウェブ部はせん断変形に、フランジは曲げ変形に支配された応力分布となる。
- (5) ウェブ部のせん断力負担割合は1/4以深はほとんどすべてを負担し、最上部で8割近い値を負担しており、この大きさ分布形状は連壁内の杭の存在や連壁近傍地盤の引張要素剛性低下の影響はあまり受けない。

薄層要素法に基づく動的相互作用ばねと連壁の曲げ・せん断棒モデルを用いたレベル2相当の模擬地震動による地震応答解析；

- (6) 薄層要素法に基づく本方法から求めた静的に近い実部のインピーダンスによる水平変位と静的3次元FEM解析での水平変位はほとんど同じ値である。
- (7) 地震時の土のひずみレベルを考慮した地盤の等価剛性と初期剛性のインピーダンス実数部の静的(0Hz)近傍の比較では水平成分はかなり低下するが、回転成分、垂直成分の低下度は比較的小さい。
- (8) 連続壁の地震応答結果の水平動による壁最大せん断力および上下動による壁最大軸力を求めた結果、壁最大せん断力は壁慣性力から予想される応力よりもかなり大きく、地盤と連続壁の応答の差から相互作用ばねを介して連続壁に生じた応力の影響が大きい。壁最大軸力の場合は慣性力で予想される程度である。
- (9) 連続壁頭部の地震応答(基礎入力動)による応答スペクトルは、地表応答の卓越周期の2～3倍の周期より短い周期においては、地表のスペクトルよりもかなり小さく、工学的基盤地震動に近い。これは、連続壁の剛性が非常に大きいことによるものである。

本報告におけるFEM解析は、側面摩擦が十分働き応力が伝達されるという仮定ももとでの値である。また、引っ張り側地盤剛性を1/1000に減じたが、実際は静止土圧まで

は地盤と壁面には離間は生じず粘性土では引っ張り抵抗としての剛性を示す。杭については線材置換しており、杭の大きさ、前面地盤と背面地盤の挙動の違い等を無視している。また、地震応答解析では地盤と壁面間を密着仮定とした。今後は、特に影響が大きいと考えられる側面摩擦力の影響について考察していく予定である。また、動的評価においては、これらの応力伝達機構を考慮すると共に、地震時の連壁内の地盤の挙動と杭の応力等についても検討していく予定である。

【参考文献】

- [1] 小林他：外周部を連続地中壁で囲った基礎の水平抵抗に関する研究(その7)3次元FEMによるケーススタディ、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993
- [2] 田治見他：点加振3次元薄層法による埋込マット基礎の振動解析、第6回日本地震工学シンポジウム、1982
- [3] 増田他：地中連続壁と杭の複合基礎の地震応答解析法、日本建築学会構造系論文報告集、第437号、1992
- [4] 下村他：埋め込み構造物-地盤系の実用計算法について、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992
- [5] 藤堂他：確率パラメータを有する波形合成法による大地震時地震動の推定、構造工学論文集、Vol.38B、1992
- [6] 日本建築学会：千葉県東方沖地震デジタル強震データ集、強震観測小委員会、1992
- [7] 日本建築防災協会：臨海部における大規模建築物群の総合的な構造安全に関する調査・検討、臨海部構造安全委員会、1991.3
- [8] 藤堂他：ウインクラーモデルによる群杭基礎の動的挙動に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、1990

