

敦賀断層の地震動設定と堆積盆地の応答特性

大阪ガス(株) 正会員 岡井大八 小川安雄 藤田裕介 目堅智久
 (株)大林組技術研究所 正会員 〇江尻謙嗣
 (財)地域地盤環境研究所 正会員 香川敬生

1. はじめに

敦賀断層を想定して、その近傍(断層線からの最短距離で約2km)の堆積盆地の直下に存在する地震基盤の地震動を統計的波形合成法¹⁾により作成した。その後、地震基盤地震動を入力とした1次元重複反射理論による岩盤の地震応答解析を行い堆積盆地の工学的基盤に相当する岩盤Wwにおける入力地震動を設定し、さらにそれを入力とした堆積盆地の東西断面の2次元FEM地震応答解析を実施し、堆積盆地の動的挙動を検討したので報告する。

2. 入力地震動の設定

敦賀断層は、走向 27.8° 、断層長さ21km、幅20km、傾斜 90° の右横ずれ断層²⁾とし既往知見³⁾に従って断層面積より地震規模を設定し、 $M_0=8.2 \times 10^{18} \text{N} \cdot \text{m}$ [式⁴⁾ $\log M_0 (\text{dyne} \cdot \text{cm}) = 1.174M + 17.72$ で $M=7.0$] を与えた。兵庫県南部地震の解析値⁵⁾を参考に平均応力降下量を80bar、 $\sigma^{\text{As}} / \sigma^{\text{As}} / \sigma^{\text{As}}$ リティ部を160barとする。 $\sigma^{\text{As}} / \sigma^{\text{As}} / \sigma^{\text{As}}$ リティ面積比は約24%とする。また、破壊伝播速度 2.8km/s 、立ち上がりは時間 0.88 秒とする。断層幅は地殻内の地震発生層の厚さ⁶⁾20kmとした。破壊伝播速度は、地殻深部のS波速度の8割で経験的な関係から設定した。伝播経路の地殻深部の物性値は、 $V_p=6.1 \text{km/s}$ 、 $V_s=3.5 \text{km/s}$ 、密度 2.8tf/m^3 とした。減衰は北陸地方での研究例⁷⁾を参照して $Q=110f^{0.70}$ とした。サイト近傍の深層地盤構造・物性は、地震基盤と地震が発生する地殻深部とに分け、それぞれの $V_p(\text{km/s})$ 、 $V_s(\text{km/s})$ 、密度(tf/m^3)、 Q 値、層厚(km)を、 $5.50, 3.20, 2.7, 50, 1.0$ ならびに $6.10, 3.50, 2.8, 110$ 、無限大に設定した。震源断層の上端は地殻深部の上面より1kmの深さに設定した。以上が、解放地震基盤の地震動算定のための基本的なパラメータとなる。しかし、震源断層の破壊は自然現象でありどこから破壊が始まってどのように進行するか等を予め予測することは困難である。そこで、いくつかのパターンを組み合わせたパラメトリクススタディを実施した。変動させる断層パラメータは、1)アスペリティモデル:数、配置を変えて3通り(図1)、2)破壊開始点:深さ(8, 17km)、水平方向(サイト逆側, 中央, サイト側)を組み合わせて計6通り、3)すべり方向:純粋横ずれ, 斜め 30° ずれ(サイトに突き上げる向き)の2通り、の3種類である。これらと組み合わせると $3 \times 6 \times 2 = 36$ ケースとなる。以上に従い、敦賀断層の36ケースの解放地震基盤の地震動(各

ケースともNS, EW, UDの3成分)を算定した。水平方向の解放地震基盤の地震動は、NSとEW成分の主軸方向合成波とした。主軸方向は、合成波の加速度振幅のRMS値が最大となる方向である。大阪府のゾーン毎の想定標準地震動の設定⁸⁾では、平均的な断層パラメータを用いてゾーン内で地震動強度が最大となる地点の地震動評価を行っている。以下、これに従い、地震基盤の地震動は、敦賀断層の36ケースのパラメトリクススタディの結果から得られる地震動特性に基づき設定することとした。敦賀断層の36ケースの解放地震基盤の主軸方向合成波の5%減衰絶対加速度応答スペクトルを算定し、対数平均による応答スペクトルを求めた。この検討用応答スペクトルに最も近い解放地震基盤の地震動としてcase14を選定した。図-2(a), (b)には、Case14の主軸方向合成波の加速度波形と5%減衰絶対加速度応答スペクトルを示す。最大加速度は、約570Galとなる。工学的解放基盤の地震動は、解放地震基盤の地震動を入力とした岩盤の1次元線形重複反射解析法による地震応答解析により評価した。工学的基盤はWw層(平均S波速度 1500m/s)とした。図-2(c)には工学的解放基盤における加速度波形を示す。最大加速度は、約685Galである。



図-1アスペリティ配置図

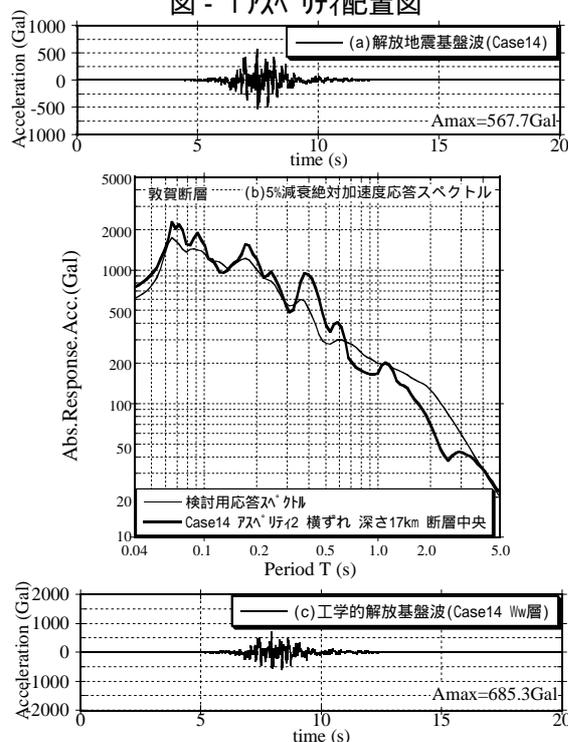


図-2入力地震動

keyword: 統計的波形合成法 敦賀断層 堆積盆地 地震応答解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組技術研究所 tel 0424-95-0955 fax 0424-95-0909

3. 堆積盆地の応答特性

堆積盆地の不整形性により地震動が増幅される可能性が有るため2次元FEMによる非線形地盤応答解析(FLUSH)により検討を行った。図-3には、堆積盆地の地盤構成を示す。堆積盆地の幅は650m、表層地盤の岩盤までの深さは最深部で93mである。地盤構成は、表層から客土(S)、圧密改良後高有機質土(P)、粘土(C)、砂礫(G)、岩盤(WmとWw)の6層系となる。表-1には地盤物性の一覧を示す。(S)、(P)、(C)、(G)の4層については、動的変形特性を与へ等価線形化法により非線形応答を考慮した。岩盤はすべて線形とした。工学的解放基盤の地震動は、最下層の岩盤(Ww)から入力した。2次元FEMの解析モデルの要素数、節点数はそれぞれ19161,19460である。側方境界は両側ともIボックシ-伝達境界とし底部は粘性境界とした。深さ方向の応答特性は図-3中のAとBの位置で検討した。Aは堆積盆地のほぼ中央の表層地盤が最深部となる位置に有り、Bは左側の基盤傾斜部に掛かった位置に有る。図-4には、堆積盆地の地表面水平方向応答値の地表面に沿った分布を示す。応答値は、(a)最大加速度、(b)最大速度、(c)最大変位、(d)SI値である。(c)を除く応答値は両側の基盤傾斜部が基盤平坦部に比べて大きい傾向を示す。Bの応答値は、(c)を除きAより少し大きくなる。図-5には、2次元解析によるA,B地点の地盤応答の地中分布の比較を示す。地盤応答は、(a)工学的基盤に対する最大水平相対変位、(b)最大せん断ひずみである。表層近傍の(b)は、Bがわずかに大きい、(a)の相対変位は、Aが大きくなる。図-6には、2次元解析と1次元解析(SHAKE)によるA地点の地盤応答の地中分布の比較を示す。1次元解析は、A地点の地盤構造を水平成層地盤として解析したもので不整形性の影響は考慮されてない。解析には、等価線形化法により地盤の非線形応答を考慮した1次元重複反射解析法を用いた。2次元と1次元解析の地盤応答の内、(b)はほぼ同じで、(a)は1次元の方が表層付近で大きくなっている。よって、A地点では、ほぼ水平成層地盤として応答していることがわかる。

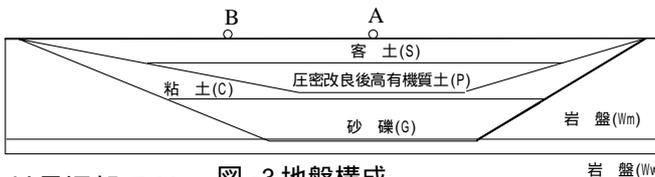


図-3 地盤構成

表-1 地盤物性

層厚 H(m)	土質名	質量密度 (t/f ³)	S波速度 Vs (m/s)	動的ポアソン比
23.0	客土(Sand)	2.1	200	0.49
24.0	圧密改良後高有機質土(Peat)	1.1	90	0.49
10.0	粘土(Clay)	2.0	200	0.49
36.0	砂礫(Gravel)	2.0	420	0.47
10.0	岩盤(Wm)	2.3	1,000	0.43
(5.0)	岩盤(Ww)	2.6	1,500	0.42
-	丹波層群(F)	2.7	2,300	0.35

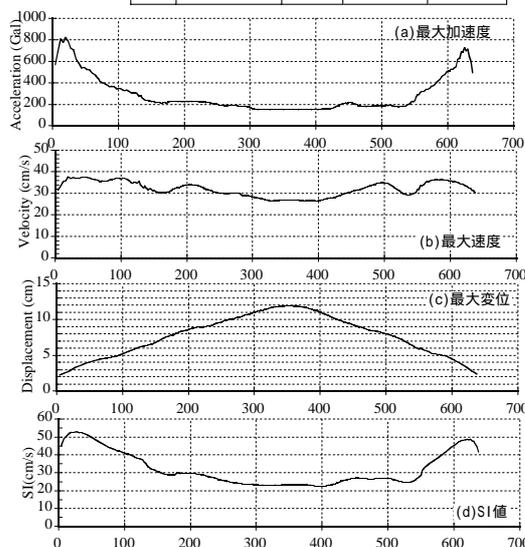


図-4 応答値の水平方向分布

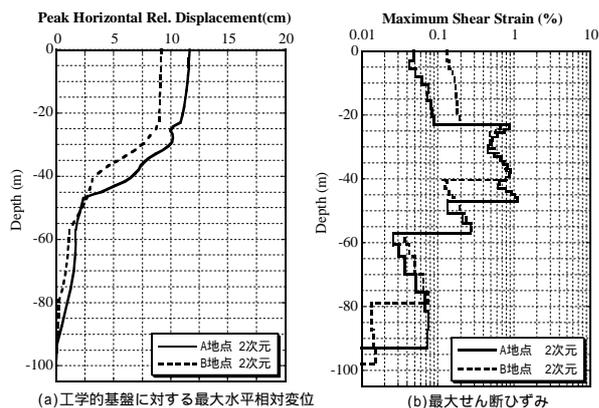


図-5 2次元応答値の比較

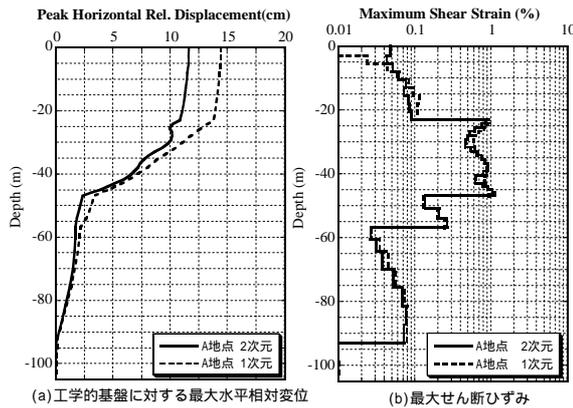


図-6 1次元と2次元応答値の比較

<参考文献>

1)入倉・香川・関口:経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良,日本地震学会講演予稿集,1997年度秋季大会,B25,1997.2)通産省工業技術院地質調査所:近畿三角地帯の主要活断層の先行調査報告No.2,敦賀断層系地形地質調査,地質調査所研究資料集, No.269,1997.3)Paul Somerville・Kojiro Irikura・Robert Graves・Sumio Sawada・David Wald・Norman・Abrahamson,Yoshinori・Iwasaki,Takao・Kagawa,Nancy・Smith,Akira Kowada:Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground motion,Seismological Research Letters,Vol.70,No.1,59-80,1999.4)武村雅之:日本及びその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係,地震,Vol.43,257-265,1990.5)釜江・入倉:1995年兵庫県南部地震の断層モデルと震源近傍における強震動シミュレーション,日本建築学会構造系論文集,500,29-36,1997.6)伊藤・中村:西南日本内帯における地震発生層の厚さ変化と内陸大地震,京都大学防災研究所年報,B-1,1998.7)Akamatsu,J.: Seismic observation at the Sumiyama seismic station (2) On the natures of attenuation and spectra of coda parts of local earthquakes,Annual Disas.Prev.Res.Inst., Kyoto Univ., 23B-1,107-114,1980.8)大阪府土木部:大阪府土木構造物耐震対策委員会報告書,1997.3