

関西圏地盤情報データベース研究利用報告書

研究課題	兵庫県南部地震における大阪府豊中市の地震動特性と被害に関する研究		
研究者	大阪大学大学院工学研究科教授 宮本裕司 大阪大学大学院工学研究科修士二年 仲野一秀		
研究期間	2010年 4月 ～ 2011年 3月	報告日	2011年 7月 11日
研究目的：			
<p>1995年兵庫県南部地震での「震災の帯」の出現については、多くの研究者により原因究明が行われた。しかし、隣接する大阪府でも、被災の飛び地として、死者9名と多くの全壊家屋が集中した地域が出現したが、今までその原因を詳細に検討した研究は皆無であった。東南海・南海地震や上町断層帯地震の発生が逼迫している大阪の耐震性検討をより信頼性のあるものにするために、上記の被害集中域の原因を解明することが本研究の研究目的である。</p>			
研究内容と成果：			
<p>本研究では、兵庫県南部地震の際に被害が集中した大阪府豊中市・吹田市の南部地域と、その比較対象として被害の少なかった中部地域を研究対象とした。この対象地域において地盤モデルを作成し地震応答解析を行った。地盤モデルを作成する際、地表から工学的基盤位置までを表層地盤、工学的基盤位置から地震基盤位置を深部地盤とし、地盤データには、-2010年度版-関西圏地盤情報データベース CD-ROM、大阪堆積盆地3次元地盤構造モデル CD-ROM(産総研)を使用した。関西圏地盤情報データベース CD-ROMを表層地盤のモデル化に、大阪堆積盆地3次元地盤構造モデル CD-ROMを深部地盤のモデル化に用いた。なお、表層地盤は1次元で、深部地盤は2次元でモデル化した。地震応答解析では、深部地盤の2次元FEM解析と表層地盤の1次元非線形解析から対象地域の地表面の地震動の大きさを算定した。さらに、算定したそれらの地震動が、過去の被害地震での観測地震動の大きさと同等であったことを示し、被害集中にこの地域特有の深い地盤と表層地盤が原因したことを明らかにしている。以下本研究で得られた成果を箇条書きで示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 兵庫県南部地震の際、大阪府豊中市においても被害の集中した地域があった。その地盤構造は、深部地盤の段差は高く、表層地盤は軟弱な粘土層が深くなっていた。 ● 被害集中地域では、被害の少なかった地域と比較して深部地盤の段差が高いことにより、工学的基盤位置の地震動が大きくなった。 ● 被害集中地域では、表層地盤の非線形化が進み、地表面の応答で長周期成分の卓越が見られた。 ● 被害集中地域の加速度と速度は、兵庫県南部地震における「震災の帯」の地域の観測記録に匹敵する。 			
公開資料(論文等)：平成23年度日本建築学会近畿支部研究発表会、2011年度日本建築学会大会学術講演会(投稿中)			

※貸出期間終了後、研究利用報告書(本様式)と研究成果(論文等)を提出してください。

※研究利用報告書は、KG-NETのHPに掲載いたします。

兵庫県南部地震における大阪府豊中市の地震動特性と被害集中に関する研究

正会員 ○山口陽司* 同 仲野一秀*
同 宮本裕司**

兵庫県南部地震 大阪府豊中市 深部地盤構造
表層地盤 地震被害

1.はじめに

1995 年に発生した兵庫県南部地震は、神戸市を中心に甚大な被害をもたらした。神戸市などの被災中心地域の被害が注目される中、大阪府においても、豊中市と吹田市の南部地域で人的および建物被害が集中した(図 1)。豊中市の死者は 9 名で、全壊建物が 657 棟であった。被害集中の原因として、この地域が神崎川低地に位置しているため、軟弱な表層地盤の影響と、古い木造賃貸住宅の過密住宅地であったことが考えられている¹⁾。

本研究では、被害が集中した豊中市・吹田市の南部地域と、被害の少なかった中部地域の地盤モデルを作成し、兵庫県南部地震時の地震動を評価する。さらに、木造住宅の被害と被害集中地域の地震動特性の関係を分析し、その原因を解明する。

2.対象地点

地表面と工学的基盤位置の応答波を算出する地点は、図 2 に示す F1、F2、H1、H2、J1、J2 の 6 地点である。本研究では、地表から工学的基盤までを表層地盤、工学的基盤から地震基盤までを深部地盤とする。

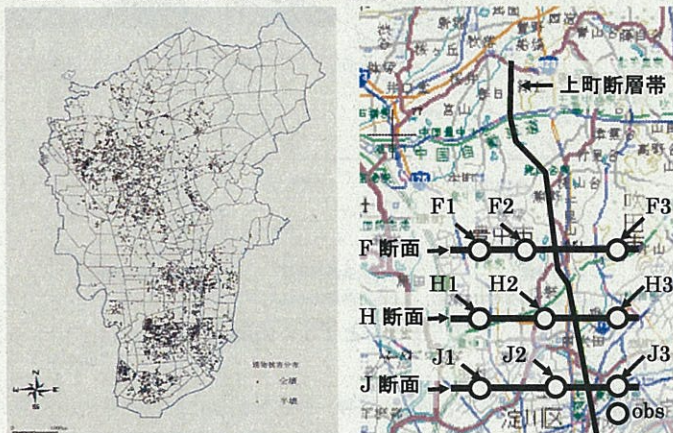


図 1 豊中市の全半壊建築物分布²⁾ 図 2 対象地点位置図

3.深部地盤モデルと応答特性

図 2 に示した F、H、J 断面の深部地盤をモデル化する³⁾。H、J 断面は兵庫県南部地震で被害の集中した地域に、F 断面は被害の少なかった地域に位置している。また 3 断面とも長さ 5km で、上町断層帯に直交する東西方向である。作成した深部地盤モデルを図 3 に示す。図 3 から J 断面の段差の高さが F、H 断面に比べて高くなっている。

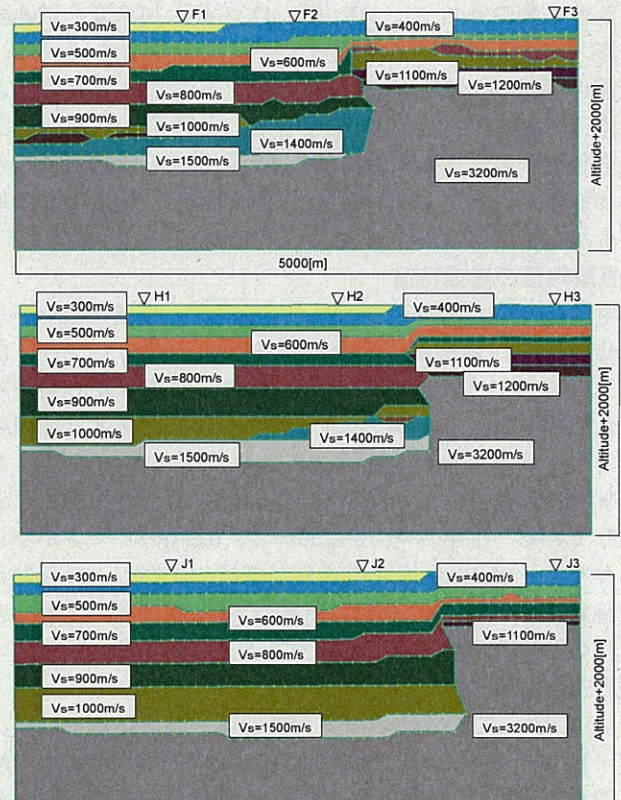


図 3 深部地盤モデル(上から F、H、J 断面)

図 3 の深部地盤モデルを 2 次元 FEM で応答解析を行い、地震基盤に対する工学的基盤位置での伝達関数を算出する。図 4 に J 断面の 3 地点を比較する。J2(段差以西 600m)で、1Hz から 3Hz の範囲で増幅率が極端に大きくなっている。F、H 断面においても、上町断層帯近傍の F2、H2 で同様の傾向が見られた。これは段差構造による地震波の干渉が影響していると考えられる。

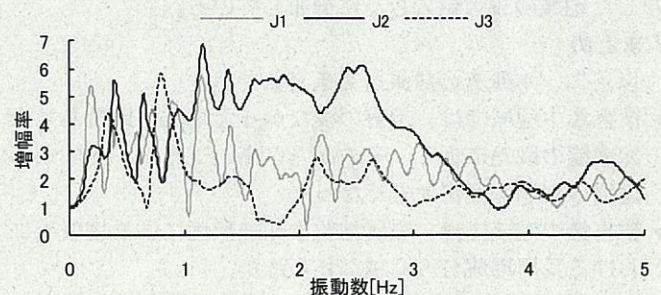


図 4 J 断面の加速度伝達関数

4.工学的基盤位置での地震動の評価

図2の「obs」と記した新大阪駅地点の地表面で兵庫県南部地震の際に観測された加速度波形を入力動として、「SHAKE」を用いて逆応答解析を行い、工学的基盤での地震動を算出した。算出した波形をF3、H3、J3の3地点の工学的基盤の基準地震動とし、深部地盤の伝達関数から、各断面の工学的基盤位置の地震動を作成した。作成した地震動のうちF1、H1、J1、J2の最大加速度と加速度応答スペクトルを表1と図5に示す。表1からF、H、J断面の順に最大加速度が大きくなる。これは段差の高さが南側に行くにつれて高くなるためと考えられる。また深部地盤の段差構造に近接するJ2が、J1と比較してさらに加速度が大きくなる。図5から周期が約0.6[s]でどの地点も加速度応答スペクトルはピーク値をとる。

5.表層地盤の増幅特性

対象6地点付近の地盤データ⁴⁾を基に、表層地盤モデルを作成する。地震応答解析は「SHAKE」を用いて行った。入力動には、各地点の工学的基盤での加速度波形を使用した。F1、H1、J1、J2の地表面での最大加速度と加速度応答スペクトルを表1と図6に示す。F1に比べてH1、J1の加速度が増幅している。また、J2では最大加速度が低減している。図6からJ2において、0.6[s]のピークが小さくなり、1~2[s]の長周期の成分が卓越している。これは入力地震動が大きく、表層の軟弱な粘土層が厚いことで、地盤の非線形化が進んだためである。

6.過去の被害地震との比較

図7は、文献5)の兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、芸予地震の観測記録の最大速度(PGV)と最大加速度(PGA)の関係を示したグラフに、対象6地点と兵庫県南部地震の大阪府と神戸市の地表面の最大値を追記したものである。対象地点はすべてPGA/PGVが6~8の範囲に分布し、被害が大きかった兵庫県南部地震の地点と同じ傾向を示している。さらに、被害の比較的少なかったF1、F2はPGVとPGAが小さく、芸予地震の最大値と兵庫県南部地震の大阪府の他地域の最大値の近くに分布している。一方、被害の集中したH、J断面上のH1、H2とJ1、J2は兵庫県南部地震の神戸市および鳥取県西部地震で被害が集中した地域の最大値の近くに分布している。

7.まとめ

以下に、本研究の成果を箇条書きで示す。

- 被害集中地域では、被害の少なかった地域と比較して深部地盤の段差に近く、その高さが高いことで、工学的基盤位置の加速度が大きくなった。
- 被害集中地域では、表層地盤の非線形性により地表面における長周期成分の卓越が見られた。
- 被害集中地域の加速度と速度は、兵庫県南部地震における「震災の帯」の地域や過去の被害地震の観測記録に匹敵する。

表1 工学的基盤位置と地表面の最大加速度

地点	最大加速度[gal]	
	工学的基盤位置	地表面
obs	174	229
F1	195	219
H1	261	432
J1	297	321
J2	628	568

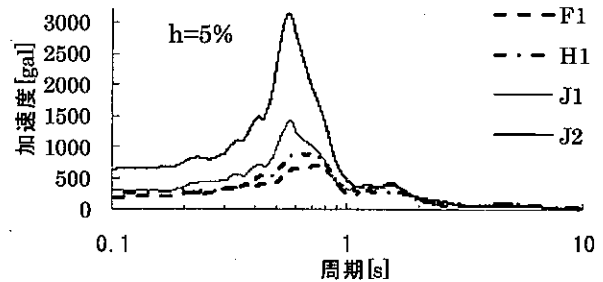


図5 工学的基盤位置の加速度応答スペクトル

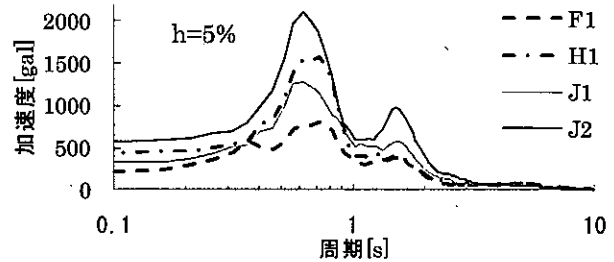


図6 地表面の加速度応答スペクトル

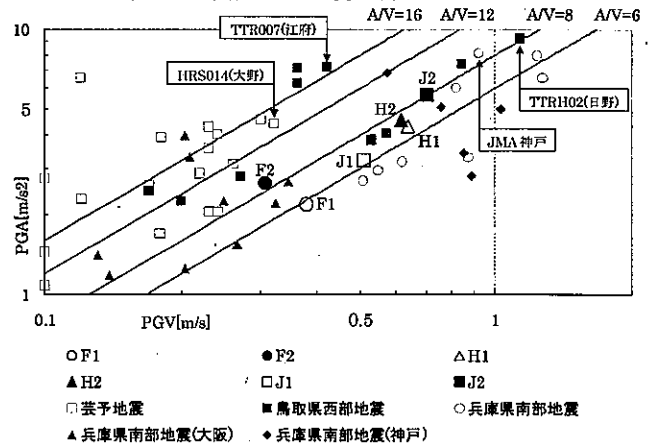


図7 PGAとPGVの関係

～参考文献～

- 1) 天国邦博, 呂恒俊, 望月利男: 阪神・淡路大震災における豊中市の被害状況に関する一考察, 地域安全学会論文報告集 (5), 1995.11
- 2) 豊中市: 阪神淡路大震災・豊中市の記録, 1997.3
- 3) 産業技術総合研究所: 大阪堆積盆地 3 次元地盤構造モデル CD-ROM, 2004.4
- 4) 関西圏地盤情報協議会: -2010 年度版-関西圏地盤情報データベース CD-ROM
- 5) 森井雄史, 林康裕: 表層地盤の地震動増幅特性と入射地震動特性が木造建物応答に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, No.568, 2003.6

*大阪大学大学院工学研究科

大学院生

**大阪大学大学院工学研究科

教授・博士(工学)

* Graduated Student, Graduate School of Eng., Osaka University

** Prof., Graduate School of Eng., Osaka University, Dr.Eng.

兵庫県南部地震における大阪府豊中市の地震動特性と被害集中に関する研究

正会員 ○山口陽司*1 同 仲野一秀*1 同 宮本裕司*2

2.構造—2.振動

兵庫県南部地震, 大阪府豊中市, 深部地盤構造, 表層地盤

1.はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震は、神戸市を中心に甚大な被害をもたらした。神戸市などの被災中心地域の被害が注目される中、大阪府においても、特に豊中市と吹田市の南部地域で人的および建物被害が集中した(図1)。豊中市の死者は9名で、全壊建物が657棟であった(表1)。被害集中の原因として、この地域が神崎川低地に位置しているため、軟弱な表層地盤の影響と、昭和30年代の急激な都市化によって古い木造賃貸住宅の過密住宅地であったことが考えられている。

本研究では、被害が集中した豊中市・吹田市の南部地域と、被害の少なかった中部地域を対象として、地盤モデルを作成し地震動を評価する。さらに、木造住宅の被害と被害集中地域の地震動特性の関係を分析し、その原因を解明する。

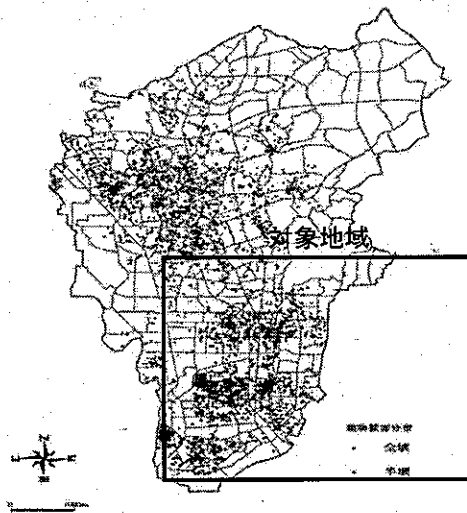


図1 豊中市の全・半壊建築物分布²⁾

表1 豊中市の被害

死者		9名
住家被害	全壊	657棟
	半壊	4,263棟
	一部損壊	30,256棟
	計	35,176棟

2.対象地点と検討手法

地表面と工学的基盤位置の応答波を算出する地点は、図2に示すF1、F2、H1、H2、J1、J2の6地点である。本研究では、地表から工学的基盤までを表層地盤、工学的基盤から地震基盤までを深部地盤として、図3に示す3つのステップで地表面の応答を算出した。

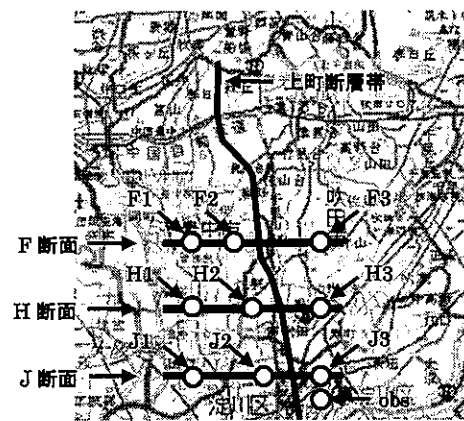


図2 対象地点位置図³⁾

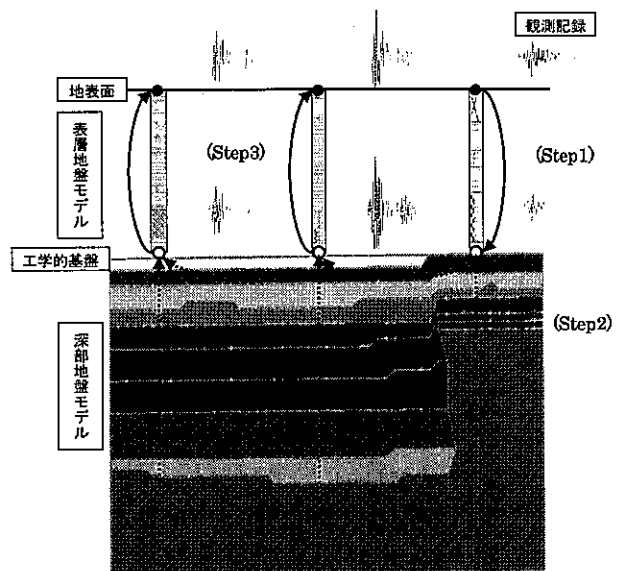


図3 地表面の応答算出の流れ

3. 深部地盤モデルと応答特性

図2に示したF、H、J断面の深部地盤をモデル化する³⁾。H、J断面は兵庫県南部地震で被害の集中した地域に、F断面は被害の少なかった地域に位置している。また3断面とも長さ5kmで、上町断層帯に直交する東西方向である。作成した深部地盤モデルを図4に示す。

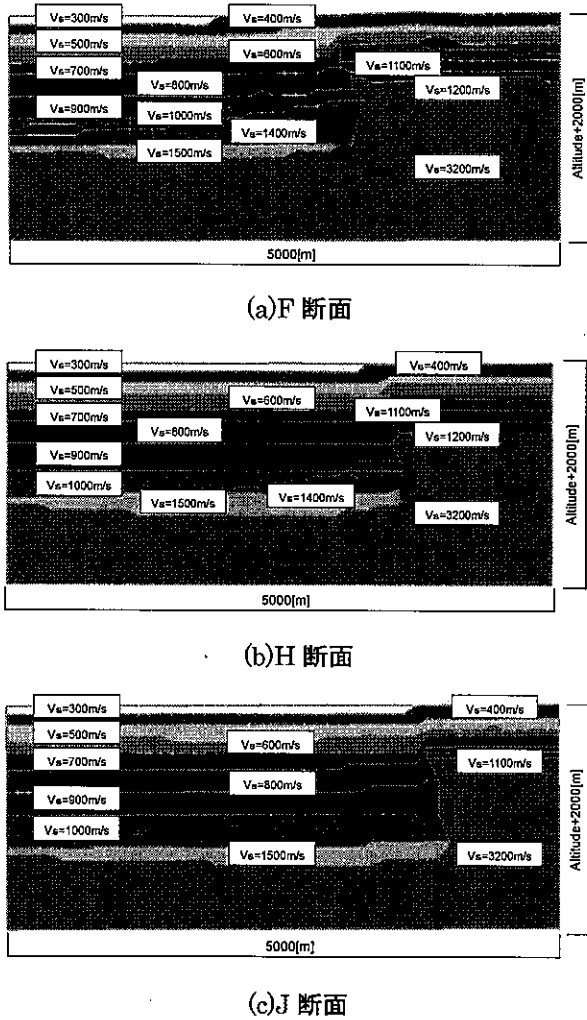


図4 深部地盤モデル

図4の深部地盤モデルを2次元FEMで応答解析を行い、地震基盤に対する工学的基盤位置での伝達関数を算出する。図5にJ断面の3地点を比較する。J2(段差以西600m)で、2Hzから3Hzの範囲で増幅率が極端に大きくなっている。F、H断面においても、上町断層帯近傍のF2、H2で同様の傾向が見られた。これは段差構造による地震波の干渉が影響していると考えられる。

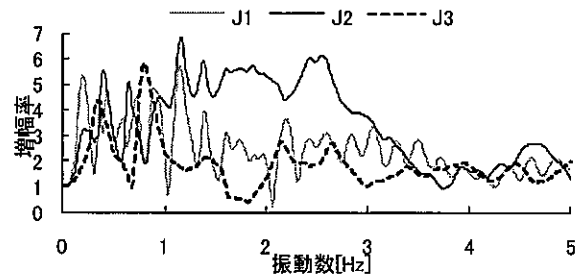


図5 J断面の加速度伝達関数

4. 工学的基盤位置での入力地震動の評価

図2に示した「obs」と記した新大阪駅地点の地表面では兵庫県南部地震の際に加速度波形(図6)が観測された。その地震動を入力地震動として逆応答解析を行い、工学的基盤位置の加速度波形(図7)を算出した(Step1)。

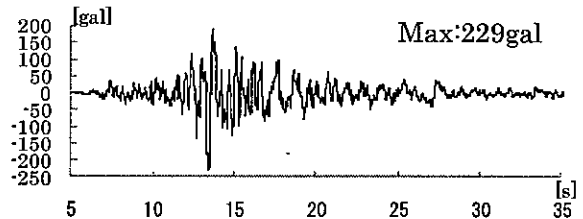


図6 観測記録の加速度波形(地表面)

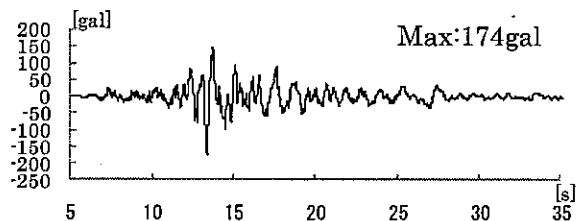


図7 加速度波形(工学的基盤)

次に、F3、H3、J3の3地点の工学的基盤位置の地震動が、図7の波形と同じであるとして、深部地盤の各地点の伝達関数を考慮して、各断面の工学的基盤位置での入力地震動を作成した(Step2)。作成した入力地震動のうちF1、H1、J1、J2の加速度波形と加速度応答スペクトルを図8と図9に示す。F、H、J断面の順に最大加速度が大きくなることからわかる。これは段差の高さが南側に行くにつれて高くなるためと考えられる。また深部地盤の段差構造に近接するJ2が、J1と比較してさらに加速度が大きくなる。図9から周期が約0.6[s]でどの地点も加速度応答スペクトルはピーク値をとり、長周期成分には差が見られない。

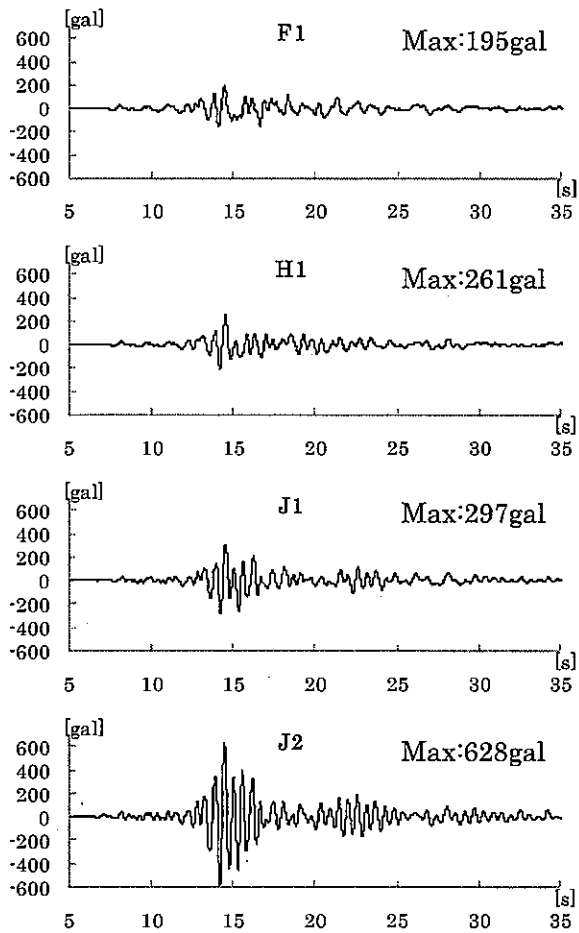


図8 工学的基盤位置での加速度波形

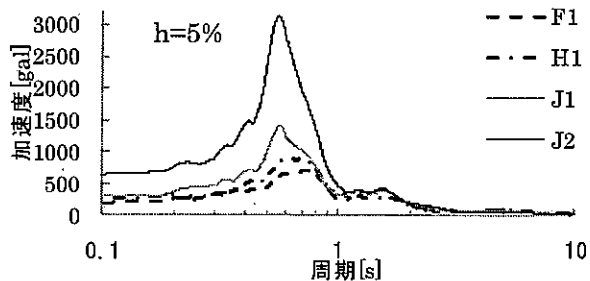


図9 工学的基盤位置の加速度応答スペクトル

5. 表層地盤の増幅特性

対象6地点付近の地盤データを基に、表層地盤モデルを作成する。使用した表層地盤データのうち、F1、H1、J1、J2の柱状図とN値の深度分布を図10に示す⁵⁾。地震応答解析は「SHAKE」を用いて行った(Step3)。入力地震動には、各地点の工学的基盤位置での加速度波形を使用した。F1、H1、J1、J2の地表面における加速度波形と加速度応答スペクトルを図11と図12に示す。F断面に比べ

て、H、J断面上の加速度がかなり大きくなること
 がわかる。これは図10に示した柱状図からF1に
 比べてH1、J1の加速度が増幅している。また、
 J2では最大加速度が低減している。

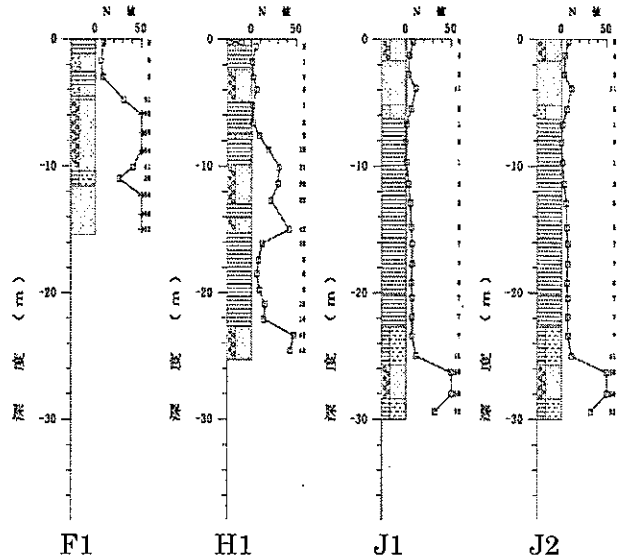


図10 柱状図とN値の深度⁵⁾

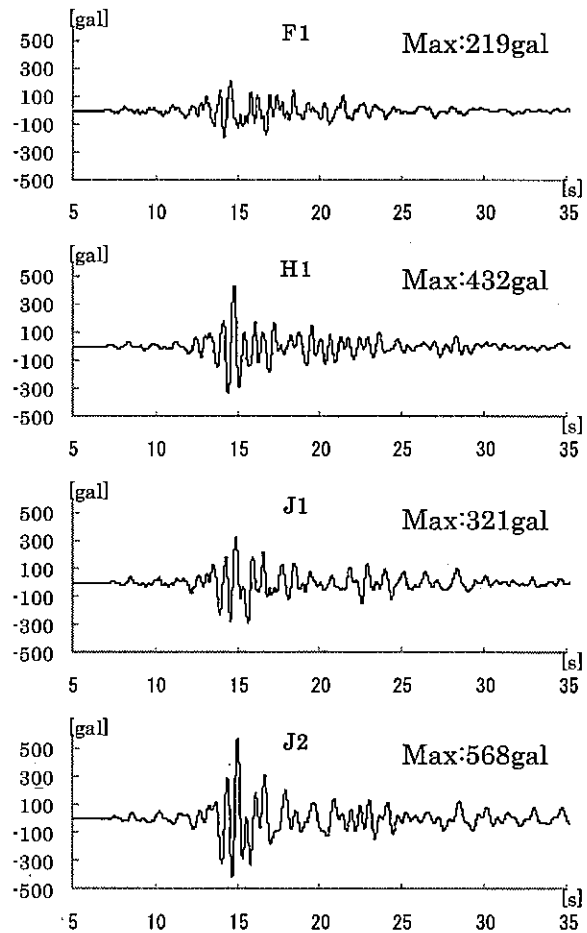


図11 地表面における加速度波形

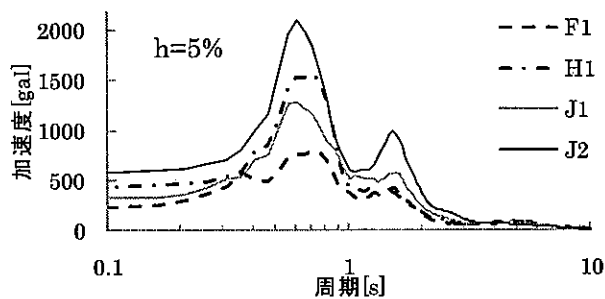


図 12 地表面の加速度応答スペクトル

図 12 から J2 において、0.6[s]のピークが小さくなり、1~2[s]の長周期の成分が卓越している。これは入力地震動が大きく、表層地盤の軟弱な粘土層が厚くなっていることで、地盤の非線形化が進んだためである。

6.過去の被害地震との比較

図 13 は、文献 6)の兵庫県南部地震、鳥取県西部地震、芸予地震の観測記録の最大速度(PGV)と最大加速度(PGA)の関係を示したグラフに、本研究の対象 6 地点と兵庫県南部地震の際の大阪府と神戸市の地表面の最大値を追加したものである。対象地点はすべて PGA/PGV が 6~8 の範囲に分布し、被害が大きかった兵庫県南部地震のその他の地点と同じ傾向を示している。さらに、被害の比較的少なかった F1、F2 は PGV と PGA が小さく、芸予地震の最大値と兵庫県南部地震の大阪府の最大値の近くに分布している。一方、被害の集中した H、J 断面上の H1、H2 と J1、J2 は兵庫県南部地震の神戸市と鳥取県西部地震で被害が集中した地域の最大値の近くに分布している。以上から、被害の集中した H、J 断面上の対象地点の PGA と PGV は、過去の地震で木造家屋に甚大な被害をもたらした地域の観測記録に匹敵することがわかる。

7.まとめ

以下に、本研究の成果を箇条書きで示す。

- 兵庫県南部地震の際、大阪府豊中市においても被害の集中した地域があった。その地盤構造は、深部地盤の段差は高く、表層地盤は軟弱な粘土層が深くなっていた。

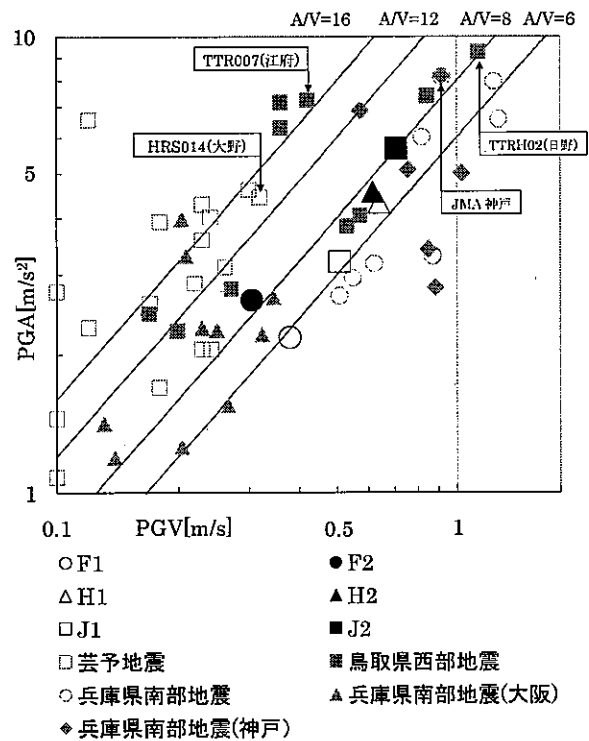


図 13 PGA と PGV の関係

- 被害集中地域では、被害の少なかった地域と比較して深部地盤の段差が高いことにより、工学的基盤位置の地震動が大きくなった。
 - 被害集中地域では、表層地盤の非線形化が進み、地表面の応答で長周期成分の卓越が見られた。
 - 被害集中地域の加速度と速度は、兵庫県南部地震における「震災の帯」の地域の観測記録に匹敵する。
- ～参考文献～

- 1) 天国邦博, 呂恒俊, 望月利男: 阪神・淡路大震災における豊中市の被害状況に関する一考察, 地域安全学会論文報告集 (5), 1995.11
- 2) 豊中市: 阪神淡路大震災・豊中市の記録, 1997.3
- 3) 国土地理院: 電子国土ポータル
- 4) 産業技術総合研究所: 大阪堆積盆地 3 次元地盤構造モデル CD-ROM, 2004.4
- 5) 関西圏地盤情報協議会: 2010 年度版・関西圏地盤情報データベース CD-ROM
- 6) 森井雄史, 林康裕: 表層地盤の地震動増幅特性と入射地震動特性が木造建物応答に及ぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, No.568, 2003.6

*1 大阪大学大学院 修士課程
*2 大阪大学大学院 教授・工博

Graduate University of Osaka
Prof., University of Osaka, Dr. Eng.