「深部不整形地下構造を考慮した神戸市の地震動の増幅特性解析

—兵庫県南部地震における『震災の帯』の解釈』に対する討論

(源栄正人, 永野正行著, 日本建築学会構造系論文集, 第488号, 1996年10月掲載)

DISCUSSION ON "ANALYSIS ON AMPLIFICATION CHARACTERISTICS
OF GROUND MOTIONS IN KOBE CITY TAKING ACCOUNT
OF DEEP IRREGULAR UNDERGROUND STRUCTURE

—Interpretation of heavily damaged belt zone during The 1995 Hyogo-ken Nanbu earthquake—

(Masato MOTOSAKA and Masayuki NAGANO: J. Struct. Constr. Eng., AIJ, No. 488, Oct., 1996)

篠崎 祐三*

Yuzo SHINOZAKI

The main items discussed in the present paper are as follows:

1. Why did the authors assume *plane SH waves* as an incident wavefield though the heavily damaged belt zone is situated just above the fault sources?
2. Hyperelement method developed about 20 years ago is less applicable to vertical as well as horizontal boundary value problems of deep irregular underground structure than the conventional methods such as FEM and FDM. Why did the authors choose a hyperelement method?
3. Though there was very few earthquake acceleration records observed in the heavily damaged belt zone, the authors concluded without any verification that simulated peak acceleration distributions coincide with roughly estimated observed distributions of structural damages.
4. The authors performed multiple publication.

Keywords: *Hyogo-ken Nanbu Earthquake, heavily damaged belt zone, near field, deep irregular underground structure, Hyperelement method, multiple publication*

兵庫県南部地震、震災の帯、震源域、深い不整形地盤、ハイパーエレメント、多重投稿

1. はじめに

源栄、永野両氏の標記論文（以後原論文）を精読し、地盤構造並びに入射地震動の仮定、解析モデルと解析方法、「震災の帯」の特性定量化、そして専門誌多重投稿（原論文5）、[1], [2]の問題点についていくつかの疑問を感じましたので、ここに討論させていただく次第です。

2. 入射地震動の仮定

入射地震動として「震源の広がり」を考慮して¹⁾ 45°斜め入射するSH平面波を仮定しています。解析対象の「震災の帯」は震源域直近にあるので、このような45°SH平面波入射の仮定は断層震源特性を見かけ上考慮したにすぎず、地震動のラディエーションパターンや破壊伝播によるdirectivity（指向性）の本質的な影響を考慮できない平面波入射の仮定が誤りであることは明白です。著者らの先行研究（原論文5）では、断層震源（点震源）の場合について検討しているのに、その点に関して全く言及しない理由が不明です。また、45°入射平面波の場合の地動応答は90°入射の場合とほとんど変化がないはず²⁾です。

3. 解析モデルと解析方法

原論文で用いているHyperelement method（原論文9）は約20年前にKauselらにより提案されたもので、記憶メモリーが少なくて済み計算は早い³⁾が、FEMに比べてモデル化の自由度を著しく減少させます。すなわち、原論

文p.41にあるように地震探査から推定された80°の断層を90°に、また、海側に向かって堆積層厚が増す地層境界を水平成層構造に設定せざるを得ない欠陥があり、より実状に近い不整形地下構造をモデル化できないのです³⁾。20年前に比し、計算機の演算速度が飛躍的に加速している状況下で、適用性のより低いHyperelement methodを敢えて使用した理由をご教示ください。

4. 「震災の帯」の解釈について

「震災の帯」では強震動はほとんど記録されていません。地震後に調査された建物被害率分布の統計データの質を吟味することなく、地動最大加速度分布は被害率分布形状に一致するとして「震災の帯」の増幅現象を説明しています。

われわれの研究⁴⁾によれば、平面波入射による不整形地盤の傾斜地層境界近傍ではそれ以外の地点より激しく増幅するとは必ずしも言えないのです。図1は幅10km、深さ300mの盆地状不整形地盤に対して鉛直上昇する人工地震波による地表面地動応答とスペクトル比を示したものです。解析モデルは2次元平面外歪問題でSH波の問題で、INPUTで示されるように4Hzを卓越振動数とする人工地震波入射による260から380までの数字で示される1km間隔の地表面地動時刻歴応答を図の左方に、また、その際の、盆地外の硬質地盤の380地点に対する各地点のスペクトル比を図の右方に、それぞれ示す。

* 京都大学工学研究科 助教授・工博

Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Kyoto Univ., Dr. Eng.

Figure 3a. Time-domain responses and spectral ratios of surface ground motion of type 2 valley to bed rock motion with maximum depth $h = 300\text{m}$, half-width $D = 5\text{ km}$ and damping ratio $Q = 10000$ due to vertically propagating earthquake ground motion which has a predominant frequency about at 4 Hz .

図1 参考文献[4]より転載

盆地外硬質地盤の360, 380の時刻歴応答はINPUTで示される入射地動と波形も継続時間も同じであるが、260から340までの盆地内の5地点の地動応答は複雑になり継続時間も伸びる。スペクトル比も合わせてみると、傾斜地層境界近傍の320地点では盆地底面からの直達波と傾斜地層境界からの回折波の波動干渉により増幅するばかりでなく、破線で示される水平成層地盤のスペクトルより、より周波数が広帯域になることが分かる。ここで注意したいことは、320地点では直近の傾斜地層境界からの回折波、表面波の影響が大きく、遠方傾斜地層境界からの表面波の影響は小さく、神戸市の地盤モデルについて考察するためには盆地他端の影響は小さいと考えてよいことです。また、地層境界近傍では一次元成層地盤の場合よりも地動応答のスペクトルをより広帯域化する効果があり、その基本性状は入射波動のタイプ、傾斜地層境界の傾斜角、盆地地盤の波動インピーダンス比に強く影響されないことです。

5. 多重投稿について

著者らは表題、内容骨子ともにほぼ同一の論文を1995年以内に1)土と基礎(原論文5))、2)原論文、3)Journal of Physics of the Earth^[1]、4)Earthquake Engineering and Structural Dynamics^[2]、の4誌に立て続けに投稿しています。それぞれ完成度が高い4報の論文内容の間には大きな違いがないと思います。しかし、引用文献については大きく異なります。例えば、原論文で引用している川瀬・他(原論文4))、Pitarka *et al.* (原論文8))、篠崎・吉田(原論文9))などの原論文投稿時には発表されていた「震災の帯」に関する著者以外の論文が、原論文以降の英文誌

では削除されています。因みにPitarka *et al.* (原論文8)のフルペーパーである参考文献[3])では、上記参考論文はもちろん原論文の口頭発表である原論文10)を引用文献として挙げており、「震災の帯」に関する一連の研究のpriorityに配慮しているのです。

各誌の未発表論文に限定する厳しい投稿規定をパスして採用されたので問題ないとされるにしても、少なくとも $4 \times 2 = 8$ 名の国内外の査読者がほぼ同じ時期に、同工異曲論文の審査に掛けた貴重な時間と労力をどのようにお考えでしょうか？いずれにしても、地盤震動の問題に関して多数の論文を発表してきている著者らが、“Duplicate publication damages the writer's reputation.”^[5]とならないことを期待したいものです。

参考文献

- [1] Motosaka, M. and M. Nagano: Journal of Physics of the Earth, Vol.44, pp.577-590, 1997.
- [2] Motosaka, M. and M. Nagano: Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.26, pp.377-393, 1997.
- [3] Pitarka, A., K. Irikura, T. Iwata, and T. Kagawa: Journal of Physics of the Earth, Vol.44, pp.563-576, 1997.
- [4] Shinozaki, Y.: J. struct. construction eng.(Trans. AIJ), No.473, 85-94, 1995.
- [5] 例えば、O'Conno'r, Maeve and F. Peter Woodford: Writing scientific papers in English, Elsevier, p. 4, 1976.

(1997年7月10日原稿受理, 1997年8月20日採用決定)