

I-B 204

「周波数特性を考慮した等価線形化手法」の羅東地点地震データへの適用

電力中央研究所 正員 上島 照幸  
 (株)電力計算センター 中園 直秀

1. はじめに

台湾・羅東地点でのProjectでは、短期間の地震観測で地表水平成分にて200gal内外の記録3つを含め15地震が観測された(表1)<sup>1)</sup>。観測された地震記録の中から、非線形現象の確認された2つの地震(Eqk. No. 7&16)を選定し、地表面挙動をcontrol motionとして与え、実施されたblind prediction解析では、建屋挙動については、参加した多くの機関が、良好な予測値を得ていたものの、地中測点の挙動については、殆どの機関に於て深度方向での実測された最大加速度振幅分布と大きく異なり、深さが増大するにつれて増幅する(しかも過度に)との解析結果となっており、問題点として指摘されていた重要な点の1つ<sup>1)</sup>であった。

一方、著名なProgram 'SHAKE'に、地盤減衰を大きめに評価する傾向があることがしばしば指摘されるに及び、杉戸らはその問題点を解決する一手法としてひずみの周波数依存性を考慮することを提案した<sup>2)</sup>。本報告では、「周波数特性を考慮した等価線形化法」(以下、「改良SHAKE」と呼ぶ)を適用して上記羅東地点の地震応答解析を行い、実測や「従来SHAKE」との応答比較を行って、解析法の妥当性の検討を行う。

2. 羅東地点地震観測概要

羅東地点は砂・シルト系よりなる軟質地盤である(表2)<sup>1)</sup>。地震観測に供されたボアリング孔は、DHA、DHBの2系列ある(図1)が、本報告では建屋の影響がより少ないと考えられるDHB系列の記録を主として用いた。

3. 解析結果(地表入力での検討) 表1に示されるすべての地震記録に対してEPRI/NRC/TPC主催のWorkshop<sup>1)</sup>に倣い、地表での地震記録をcontrol motionとして与え、「従来SHAKE」、「改良SHAKE」各々を適用して1-D deconvolutionを行い、実測と比較し、以下の諸点が明らかになった;

- (1). #1での地震動強さがあるレベル以下の地震に対しては、「従来SHAKE」による解析と「改良SHAKE」による解析とに殆ど差異はなく、実測値との対応は良好である。〔表1、図2、No. 11(NS)は「効果がなかった」事例の中で入力地表加速度が最大の例〕。
- (2). 一方、#1での地震動強さがあるレベルを超える地震に対して、a)「従来SHAKE」を適用すると、短周期帯域で実測値から大きく離れて強く増幅し、その結果、深度方向での実測された最大加速度振幅分布が持つ傾向から大きく離れ、深度が増大するにつれて増幅する、との傾向が顕著になる。b)これに対し、「改良SHAKE」を適用すると、「従来SHAKE」において不十分であった短周期帯域における過度の増幅は見られなくなり、実測との一致度が劇的に向上して、「改良SHAKE」の有効性が極めて明瞭に示された〔表1、図3、No. 16(EW)は「効果が発揮された」事例の中で入力地表加速度が最小であった例〕。
- (3). Eqk. No. 11(NS)の地表最大加速度(=102gal)とEqk. No. 16(EW)のそれ(=130gal)とは大差なくみえるが、最大歪の分布範囲を検討してみると、その違いが明瞭となる(図4)。

表1 羅東地点・観測地震諸元と「改良SHAKE」の効果

地震No.	震源深さ(M)	震源		入力波最大値(FA1-5)			
		距離(km)	深さ(km)	EW(gal)	効果	NS(gal)	効果
No. 3	5.5	16.9	79.00	25.53	-	24.33	-
No. 5	4.7	8.5	10.32	40.75	-	30.63	-
No. 6	5.4	31.4	10.89	35.16	-	33.50	-
No. 7	6.5	66.2	15.82	154.3	○	203.4	○
No. 8	6.2	69.2	21.84	34.63	-	35.11	-
No. 9	4.5	5.0	1.14	69.99	-	49.06	-
No. 10	4.5	6.1	0.88	29.70	-	39.24	-
No. 11	5.0	6.0	2.01	63.65	-	102.0	-
No. 12	6.2	5.2	1.55	156.0	○	186.1	○
No. 13	N/A	N/A	N/A	49.40	-	31.44	-
No. 14	4.9	4.7	2.28	36.37	-	49.49	-
No. 15	N/A	N/A	N/A	98.26	-	85.08	-
No. 16	7.0	77.9	6.94	130.1	○	166.5	○
No. 17	N/A	N/A	N/A	37.32	-	36.37	-
No. 18	N/A	N/A	N/A	28.54	-	18.72	-

○:「改良SHAKE」の効果が顕著な例(「-」は、顕著ならず)

表2 現地調査による地盤物性

DEPTH (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	(t/m <sup>3</sup> )
0-5	520	130	1.8
5-10	1010	160	"
10-19	1400	190	"
19-30	1390	230	"
30-34	1500	320	"
34-48	1340	250	"
48-60	1400	280	"

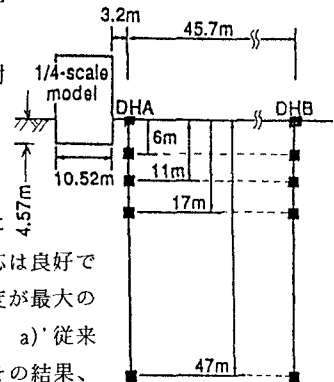


図1 加速度計地中配置

4. 解析結果（最深地中入力での検討）

一方、最深地中測点（GL-47m）での観測記録を入力として検討してみると、(1). サイトでの歪 $\epsilon$ が低い範囲の地震では、地中入力の場合でも'従来SHAKE'と'改良SHAKE'の応答結果に大差はなく、いずれも観測記録を良好に模擬できている。(2). サイトでの歪 $\epsilon$ がある大きさに達するような地震に対しては、'改良SHAKE'では短周期帯域での減衰を過小評価しており、'従来SHAKE'では逆に、短周期帯域での減衰がやや過大に評価されている(図5)。

このように、地盤剛性・減衰に非線形性をもたらすような地震に対する1次元地盤応答解析に際して、歪の振動数依存性を考慮に入れるよう改良されたSHAKEを用いての解析では、地表で観測された記録を入力としての deconvolution では、'従来SHAKE'において不十分であった減衰の過大評価の傾向を是正でき、劇的な効果を発揮したが、地中での観測記録を入力としての convolution においては、減衰を過小評価する傾向があることが明らかとなった。手法の更なる改良は今後の課題である。

【参考文献】 1) Proceedings:EPRI/NRC/TPC Workshop on Soil-Structure Interaction Analysis Techniques Using Data from Lotung, Taiwan, EPRI Report No. NP-6154, Mar. 1989 2) 杉戸真太他「周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察」土木学会論文集No. 493/Ⅲ-27, '94. 6

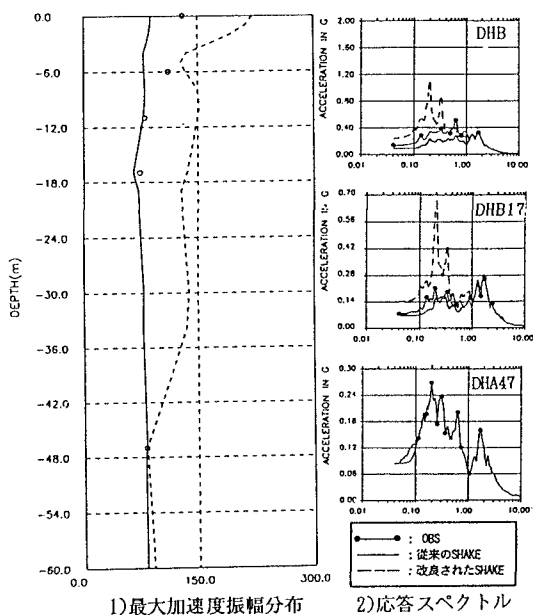


図5 最深地中測点を入力とした例 (Eq. No. 16(EW))

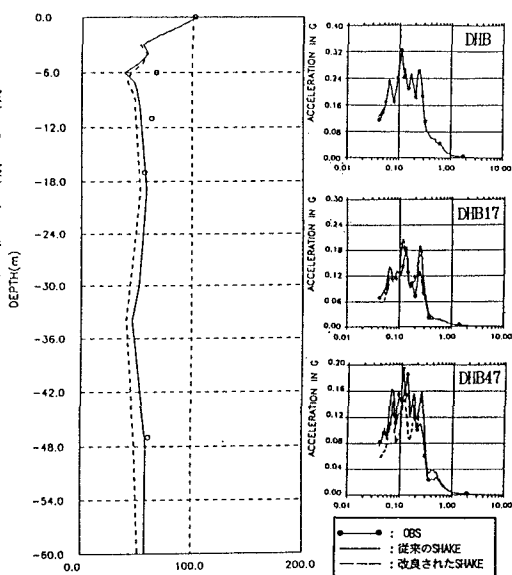


図2 地表入力:'改良SHAKE'の効果がなかった例 (Eq. No. 11(NS))

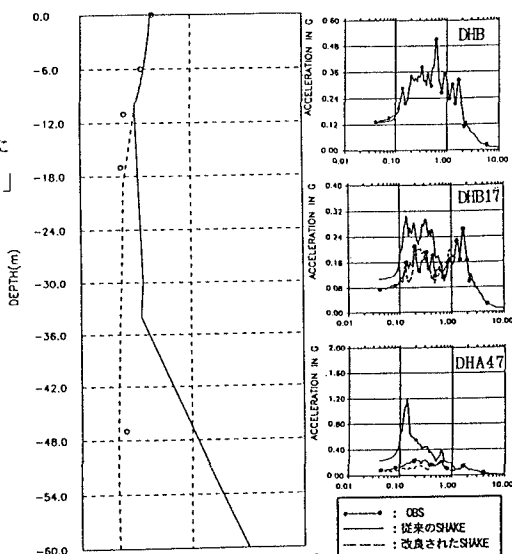


図3 地表入力:'改良SHAKE'の効果が発揮された例 (Eq. No. 16(EW))

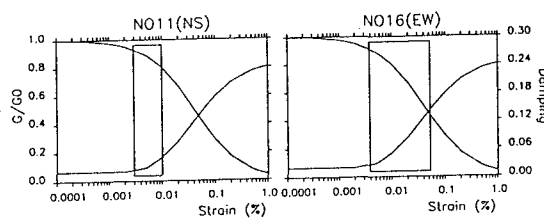


図4 各層最大歪分布範囲 (Eq. No. 11(NS)&No. 16(EW))