

I-673

長周期地震動のアレー観測と設計スペクトルに関する考察

阪急電鉄

正員 〇城本高輝

京都大学工学部

正員 家村浩和

立命館大学理工学部

正員 伊津野和行

本四公団

正員 保田雅彦

京都大学工学部

正員 中西伸二

1. はじめに

本研究では、明石海峡大橋架橋地点周辺の4地点(A:明石,B:垂水,C:岩屋,D:モニュメント建設予定地)において地震動のアレー観測を行った。観測地点をFig.1に示す。観測記録をもとに数値解析を行い、各地点における長周期地震動特性について検討した。また、小地震記録から巨大地震動を合成する半経験的手法により長周期多点入力地震動の模擬を行った。

2. 観測記録

本システムで得られた地震記録をTable1に示す。また、Fig.2は北海道南西沖地震のA地点,B地点,C地点,D地点におけるEW方向の速度記録である。この図をみると、A地点,B地点,D地点の包絡形状、振幅レベルはほぼ同じである。このことから明石海峡大橋架橋地点付近全体が一体となり、長周期で長時間震動していたものと判断される。C地点の振幅レベルは他地点より大きく、また、長周期の波に対しかなり震動しやすい地盤構造ではないかと推察される。

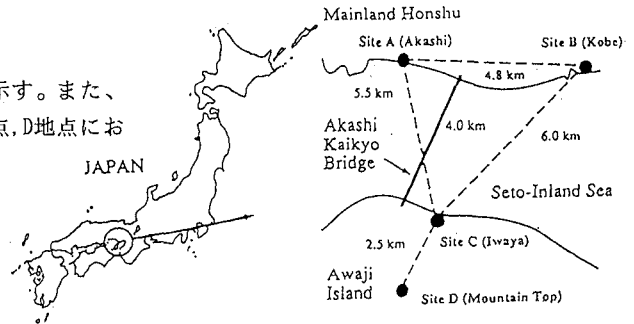


Fig.1 Location of Akashi Kaikyo bridge and array observation system.

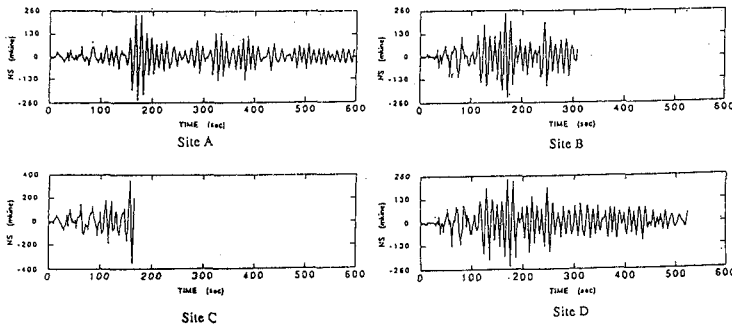


Fig.2 Velocity time histories (EW) of NQ7 Hokkaido Nansei- Oki earthquake.

Table1 Observed earthquakes by array observation system.

NO.	DATE	EPICENTER	MAGNITUDE
NO.1	1993/01/19 23:40	日本海中部	4.1
NO.2	1993/02/07 22:27	能登半島沖	6.6
NO.3	1993/03/14 09:47	紀伊半島南方沖	5.1
NO.4	1993/03/16 05:56	兵庫県南西部	3.6
NO.5	1993/04/23 05:20	長野県西部	5.1
NO.6	1993/04/24 22:17	大阪湾	3.4
NO.7	1993/07/12 22:17	北海道南西沖	7.8
NO.8	1993/08/08 17:39	マリアナ諸島沖	8.0
NO.9	1993/08/16 06:44	和歌山県	4.2
NO.10	1993/08/31 00:10	愛媛県中部	5.1
NO.11	1993/09/11 09:11	兵庫県南東部	3.5
NO.12	1993/09/17 04:05	紀伊水道南部	4.1
NO.13	1993/10/12 00:55	東海道のるか沖	7.1
NO.14	1993/11/25 11:25	鳥取兵庫路堤	4.7

3. 大地震による地盤震動の合成方法

入倉は断層破壊における時間差を考慮して、小地震記録を足し合わせることににより、大地震の震源過程を模擬する方法を考案した。この合成方法は次式のように表記される。

$$G_{elm}(\vec{x}, t) = \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^N \sum_{k=1}^N \frac{r}{r_{i0m0}} G_{elm}(\vec{x}, t - t_{dkim})$$

$$t_{dkim} = \frac{r_{im}}{V_c} + \frac{\sqrt{\xi_i^2 + \eta_m^2}}{V_R} + (k-1)\tau \quad (k=1, \dots, N)$$

ここで、 r/r_{i0m0} は、距離減衰を補正する項である。 t_{dkim} については、第1項が断層上の点 (ξ, η) から観測点までの走時を表し、第2項が大地震の震源点 $(0, 0)$ から点 (ξ, η) までの破壊伝播時間を表し、第3項が要素 δ 上での τ 間隔の時間のずれを表す。すなわち、 t_{dkim} により重ね合わせの際の全ての時間のず

れが考慮される。

4. 断層モデルの想定

断層モデルとして、A. 南海道モデル、B. 十勝沖モデル、C. 日向灘モデル、D. 南海道測地モデルを想定した。震源パラメーターをTable2に示す。なお、各断層モデルの震源位置が南海道地震の震源位置に重なるように設置する。

5. 計算結果

本研究では、実体波処理、表面波処理の両方で計算を行った。サンプル波（三陸はるか沖地震）と巨大地震による地盤震動の変位波形（表面波処理でAモデルの場合）をFig. 3, Fig. 4に示す。また、地盤震動の最大振幅をTable3に、合成波の応答スペクトルと本四基準をFig. 5に示す。本四基準は水平成分 $S_h=257/T$ 、鉛直成分 $S_v=257/2T$ と規定されている。Table3をみると、合成波の最大振幅は数十cmに及び、断層モデルにより値は大きく異なった。また、実体波処理による結果の方が表面波処理による結果より総じて大きくなった。Fig. 5より、応答スペクトルは総じて本四基準を下回る結果となった。

6. まとめ

本研究から、C地点は長周期地震動に対し、震動しやすい地盤性状を有するものと推察される。また、巨大地震による地盤震動の合成結果は、想定する断層モデルにより大きく異なることが分かった。断層面形状、立ち上がり時間、破壊伝播速度、大断層面上における小断層面の分布などの相違が破壊過程に置いて複雑に相関し合い、様々な震振動特性を有する地震動が合成されたと推察される。

Table2 Macro fault parameters.

	Type of wave	Direction	A Model	B Model	C Model	D Model
Sanriku Haruka Oki	Body wave	NS	293.4	442.7	416.2	366.3
		EW	293.4	470.2	435.7	383.0
		UD	105.4	149.8	177.3	320.5
	Surface wave	NS	186.0	277.3	132.2	79.8
		EW	284.4	372.1	201.4	148.9
		UD	97.8	141.1	69.3	72.9

Table3 Peak values of synthesized groundmotion.

	A Model	B Model	C Model	D Model
Strike(deg)	250	246	207	250
Dip Angle(deg)	25	20	17	10
Fault Length(km)	150	100	56	300
Fault Width(km)	70	150	32	100
Slip Angle(deg)	116.57	128	90	116.57
Seismic Moment(dyne*cm)	1.5×10^{26}	2.8×10^{26}	1.5×10^{26}	1.5×10^{26}
Magnitude	8.2	8.0	7.5	8.2
Rise Time(sec)	9.3	11.2	3.9	9.3
Rupture Velocity(km/sec)	3.2	3.5	2.8	3.2

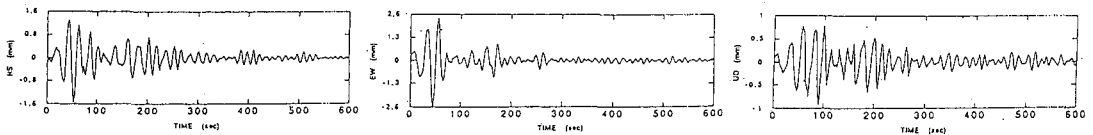


Fig.3 Sample wave : Sanriku Haruka - Oki earthquake.

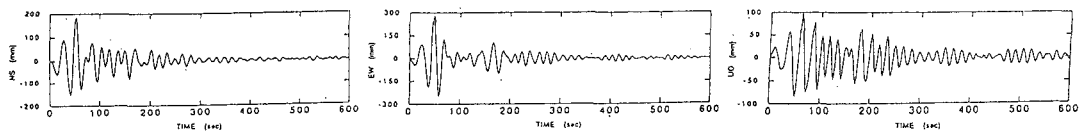


Fig.4 Synthesized surface-wave in A Model.

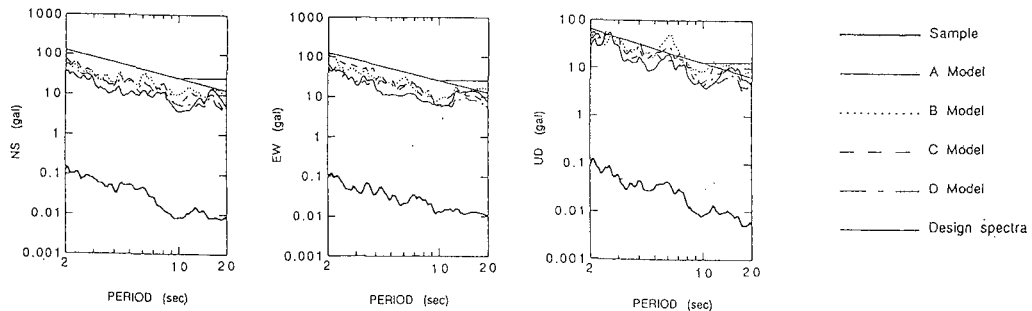


Fig.5 Comparison of calculated acceleration response spectra with 2% critical damping with design spectra for the Honshu-Shikoku bridges.