



地震動特性の評価と 人工地震動の作成

河野 允 宏*

構造物の耐震設計法が最近の動的解析の発展によって関東大震災以来の静的方法から動的な方法へと質的転換期を迎え、新耐震設計法の名のもとに実施設計に対する法令化が行われようとしている。しかし、このことは耐震設計に関する研究の完成を意味するのではなく、過去約20年間になされた構造物の動的解析による研究成果やその間に建設された超高層建築物等の地震被験を通じて得た知見を基礎に、従来の静的耐震設計法をも組込んだ新しい耐震設計法に体系化されたと考えるべきであり、構造物の耐震安全性の評価に関しては本質的に困難な未解決の問題が多く残されていることには変りない。これ等は地震外乱特性（入力）、地盤を含めた構造物系の動力学特性（伝達関数）、耐震安全性の尺度の評価（出力）に属する問題に大別出来るが、耐震工学の研究を困難にしている原因は上記の3つの要件に対して他の理工学の分野と異なり明確な規定が出来ないことにある。ここでは、耐震設計に対して特に重要な地震動に焦点を当て、現在行っている研究内容と問題点について最近の研究の動向に関連させて若干述べる。

地震波動は同一の震源域から発生しても観測ごとに波形パターンが異なる。これは、発震機構の不規則要因と震源から観測点までの複雑な地層構成、物理的性質による波動の多重反射、屈折現象が原因である。このような不規則な地震動特性を明確に規定するには数多くの地震記録を必要とするが、耐震工学的に重要な生起回数が数十年単位の強震記録については依然として資料が不足しており、耐震設計のための一般性のある地震外乱を設定することは大変困難である。しかしながら、将来起るであろう地震に

対して構造物の震害の予測と耐震安全性の確保を行わなければならない現実の問題に対して、現在までに観測されている強震記録や模擬地震動の構造物の応答特性や確率現象的立場からの地震危険度の評価等を基礎に耐震安全性の判定条件を探っているのが現状である。最近の大型の都市建築物、高エネルギー施設等のように、その耐震安全性についてより厳密な検討が要求されるようになり、設計地震外乱の設定を単に強震記録や模擬地震動を対象にするのではなく、建築構造物が建設される地域のサイスミシティや地震動の発生に関する物理的条件を考慮した震害予測と関連して行うことが重要となって来た。従って、この地震外乱設定の問題を解決するには、観測される地震動の資料収集とその特性の抽出を行う一方、発震機構や伝播体としての地盤の地質学的性質が地震動特性の構成過程に与える影響について理論的に検討することが必要となって来た。

地震動の資料収集については、国立防災科学技術センターに本部を置く「強震観測事業推進連絡会」が主体となり地震観測網が整備されつつあり、昭和56年2月現在で1259台の強震計が全国に設置されている。大阪大学工学部においてもこの観測網とは独立に昭和53年以来、建設系棟及び周辺地盤内に加速度地震計を設置し常時観測を行っている。今までに観測された地震記録の一覧表が表1に纏められており、最近の大きな被害を及ぼした宮城県沖地震の加速度波形関数の一部が図1に示されている。各地震に付随するデータは気象庁月報の資料から当観測地点に対して修正されている。大阪は比較的サイスミシティが低く、強地震を近距離内で観測する機会は非常に少ないが、微小地震でも震源過程、伝播経路の地盤特性が反映されており貴重なデータと言える。又、観測された地震動特

*河野允宏 (Mosahiro KAWANO), 大阪大学, 工学部, 建築工学科, 講師, 工学博士, 耐震工学

表1 大阪大学工学部における観測地震

No.	Date			Location of Epicenter			Distance to Epi. (km)	Depth (km)	Distance to Source (km)	M	Acce-Max (gal)	
	Month	Day	Year	Name of Epicenter	Longitude	Latitude					X	Y
101	Mar.	6	'77	Central Wakayama	135°22'00"	33°44'00"	115	10	115	3.9	0.54	0.45
104	May.	2	'77	Central Simane	132°42'00"	35°09'00"	250	10	250	5.3	1.37	1.40
201	Jun.	19	'77	Northern Osaka	135°30'00"	34°50'00"	3	10	10	—	2.07	3.27
202	Jun.	30	'77	Northern Osaka	135°30'00"	34°50'00"	3	10	10	3.5	3.17	1.34
203	Jul.	3	'77	Northern Osaka	135°30'00"	34°50'00"	3	10	10	—	1.96	1.94
301	Aug.	8	'77	Wakayama	135°11'00"	34°07'00"	84	0	85	3.9	0.46	0.91
302	Aug.	8	'77	Wakayama	135°12'00"	34°07'00"	84	0	85	3.9	0.31	0.36
305	Spt.	9	'78	Western Japan Sea	131°51'00"	42°55'00"	930	580	1140	5.7	0.60	0.59
601	Jan.	7	'78	Eastern Hyogo	135°20'00"	34°58'00"	25	10	27	4.0	11.03	5.87
602	Jan.	14	'78	Izu-Oshima	139°13'01"	34°40'01"	355	0	355	7.0	13.30	9.78
701	Mar.	7	'78	S Off Chubu	137°46'02"	32°09'02"	430	440	675	—	1.83	1.86
705	May.	23	'78	Near Tanegashima	130°22'01"	30°59'01"	680	160	700	6.7	1.26	1.43
706	Jun.	4	'78	Central Shimane	132°42'01"	35°05'00"	250	0	250	6.1	2.28	2.09
708	Jun.	4	'78	Central Shimane	132°42'01"	35°05'00"	250	0	250	5.5	1.39	1.23
710	Jun.	12	'78	Miyagi-Oki	142°13'00"	38°09'00"	715	40	715	7.4	3.62	2.66
901	Oct.	7	'78	South-West Nagano	137°30'00"	35°47'00"	215	0	215	5.3	1.85	2.02
902	Oct.	7	'78	Kyoto-Nara Border	136°00'00"	34°45'00"	44	10	45	3.7	0.62	0.98
903	Oct.	20	'78	—	—	—	—	—	—	—	1.09	1.04
1201	Apr.	12	'79	North-West Mie	136°00'00"	34°48'00"	45	20	49	4.3	3.74	3.14
1302	May.	29	'79	Osaka-Hyogo Border	135°36'00"	34°48'00"	6	10	12	2.5	1.18	1.08
1304	May.	30	'79	Osaka-Hyogo Border	135°36'00"	34°48'00"	6	10	12	—	0.82	0.58
1303	Jun.	1	'79	Osaka-Hyogo Border	135°36'00"	34°48'00"	6	10	12	3.6	9.38	5.91
1401	Jul.	13	'79	Suwaynada	132°00'00"	33°48'00"	350	80	360	6.3	1.40	1.60
1404	Jul.	31	'79	Wakayama-Nara Border	135°36'00"	34°12'00"	66	40	77	4.0	1.21	1.03
1405	Oct.	13	'79	South-West Hyogo	134°42'00"	35°00'00"	78	20	81	4.3	0.96	—
1403	Oct.	16	'79	North-West Shiga	135°54'00"	35°18'00"	65	0	65	4.9	5.60	—
1501	Nov.	13	'79	Southern Nara	135°38'00"	34°10'00"	81	70	110	4.8	6.41	4.31

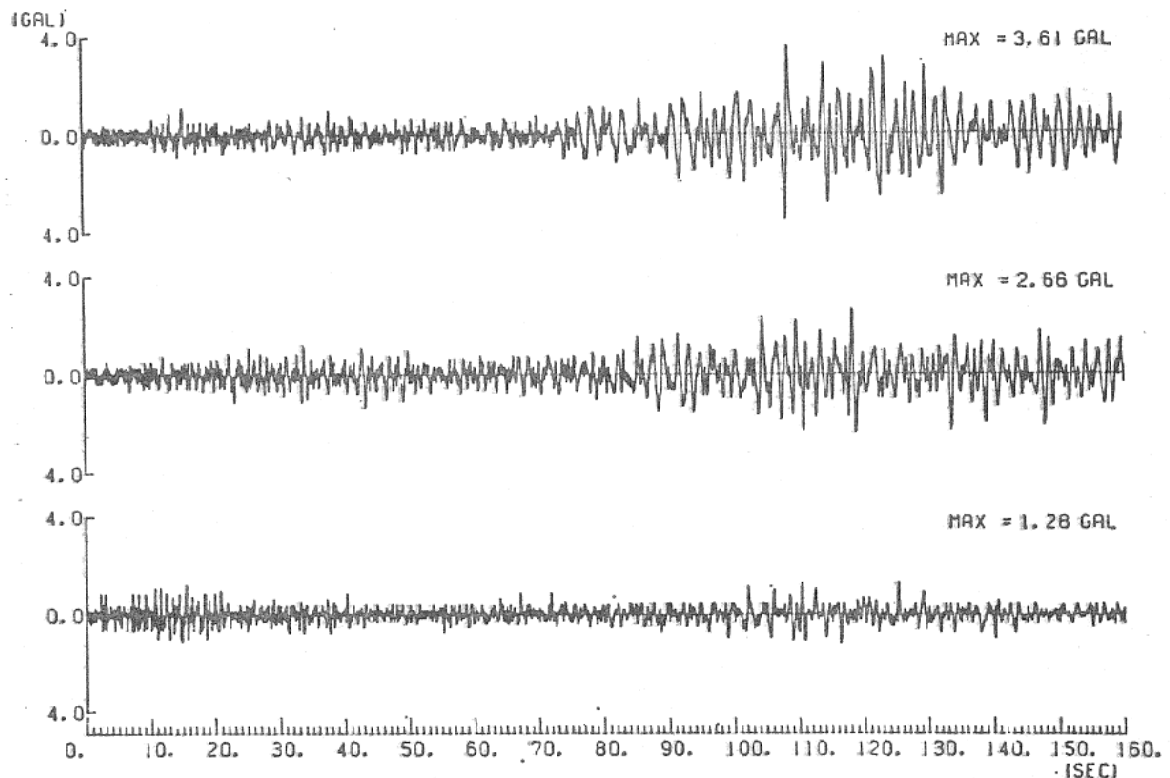


図1 宮城県沖地震の加速度波形 (1978年6月12日)

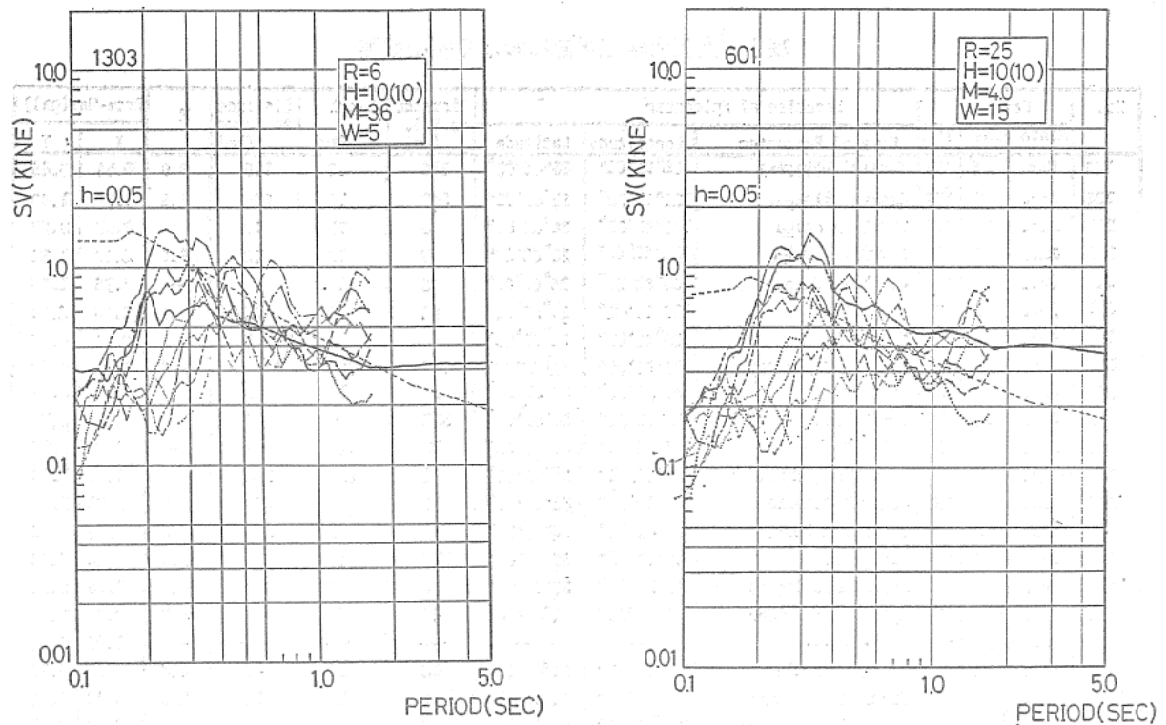


図2 観測地震動と人工地震モデル群の速度応答スペクトラムの比較

性を明確にするには観測点附近の地盤性状を明らかにする必要があるが、当観測地点の地盤は大阪平野の沖積層下の大阪層群下部といわれる洪積層が隆起しており、ここで観測される地震動は剪断波速度 3 km/sec 程度の地震基盤での波動が洪積層によって多少増幅された性質を有していると考えられる。

一方、既に述べたように現在の構造物の耐震設計に対しては、強震記録が実際の地震動であることを尊重してこれを無次元化した波形関数や記録された地震動の確率統計的性質で規定される確率過程によって抽象化した模擬地震波形関数を用いている。従来のこのような観点とは異なり、地域的特性やサイズシティに立脚した地震動を設定する目的で波動理論を用いて人工地震モデル群の作成を試みている。この方法では、まず震源から観測点までの不規則な地盤性状の全分布状態を把握することが不可能であるので、伝播経路地盤をランダム媒質で置換し、波動伝播中に地盤の不規則性による影響を等価的に評価している。次に、震源を岩石の剪断破壊過程と考えた場合、この震源過程から発生する波動の和によって人工地震モデル群を作

成している。

この人工地震動がどの程度実際の地震動特性を説明出来るかが問題となるが、これを検討するために表1の地震動と人工地震モデル群の速度応答スペクトラムとの比較が図2に示されている。速度応答スペクトラムは地震動と構造物の運動エネルギーの関係及び周期特性の評価に対する重要な物理量である。実線が観測地震動の、他の線は人工地震モデル群のスペクトルである。これらの結果を詳細に検討した結果、このような方法による地震動特性の設定に対して有効である見通しを得ている。しかし、これは一つのアプローチであり、ランダム媒質による地盤の不規則性の表現の妥当性、震源の力学的特性、地震動の高振動数成分の発生機構の解明等検討すべき問題が多い。しかし、この方法が確立すれば震源の断層状態から将来起る地震動に対する震害予測とその有効な防止対策を講じることが出来るであろう。このような研究をより有効に進めるには、全国の強震観測網に記録される地震波形関数及びその付帯データを瞬時にして耐震工学の研究者が手に入れることが出来るような体制作りを行う必要がある。