

京大工学部 正員 亀田 弘行
京大工学部 正員 北浦 勝

1. はしがき 地震動の持つ性質が構造物の応答に及ぼす影響を検討する場合、地震動の周波数特性は最も注意を払うべき項目の一つである。これまでの研究では多くの場合、地震動の周波数特性を表現するスペクトル密度は時間が経過してもあまり変動しないものとして考察が進められている。耐震設計において対象とされる地震波形は、記録のうちの主要動であり、この部分のスペクトル密度が記録全体のそれに占める割合がかなり大きいと考えられるからであろう。しかしながら地震動は、周波数成分の異なる数種類の波動がそれぞれの固有の速度を持って伝ばしていくことであるから、厳密には強震部分においてもスペクトル密度は時間とともに変化していると言えよう。本研究は、スペクトル密度の時間的变化が構造物の応答に与える影響を考えるための一資料とするため、実地震動記録についてスペクトル密度の時間的变化を求め、その分類を試みたものである。

2. スペクトル密度の時間的变化の解析

表-1 解析した記録

解析に用いた地震記録は表-1に示すとおりである。このうち Taft 1952, Olympia 1949, El Centro 1940 は代表的な強震記録として耐震計算においてしばしば用いられるものである。また日本の地震はいずれも最近の数年間に得られたもので、十勝沖 1968 はその規模が大であり、松代群発とえびのの両地震は震源にきわめて近い記録であるという点で特徴がある。なお、地震記録は 0.005 秒ないし 0.01 秒間隔でデジタル化されたものを使用した。またスペクトル密度の時間的变化を求めるため、地震記録から時間軸に沿って 5 秒の継続時間を持つ部分記録を取り出し、各部分記録は定常であるものとしてそのスペクトル密度を求めた。

地震記録	成分	マグニチュード	震央距離 Km	震源深さ Km	水平最大 加速度 %g	記録の 継続時間 sec
Taft 1952.7.21	SE111° NE21°	7.7	64	24	180	10
Olympia 1949.4.13	SW266° SE176°	7.1	72	72	270 200	19 10
El Centro 1940.5.18	E-W	7.0	48	24	210	29
十勝沖 1968.5.16	主断層における記録 N-S	7.8	30	20	60	10
青森県 "	N-S		25		210	10
福島県 "	N-S		20		90	10
松代群発 1966.5.5	落合橋 "	5.4	8	10以下	210	10
長野県 長野市 "	NW-SE		11		230	18
松代群発 1966.5.5	長野市 "				40	6.15
松代群発 1966.5.5	長野市 "				60	7
松代群発 1966.5.5	長野市 "				45	7.5

* 記録のうち、振幅特性が比較的定常と思われる一部分を計算に使用した。水平最大加速度はこの定常部分の最大値を表わす。

** えびの地震の余震で、著者の現地観測したもの。

3. 結果と考察 図-1 から 4 にスペクトル密度の時間的变化を示した。図中たとえ $T=3.5$ とあれば、時間記録のうちの 3.5 秒を中心とした 5 秒間のスペクトル密度であることを示し、 $T=ALL$ は全継続時間にわたって計算した結果である。また σ は各部分記録の標準偏差を表わす。図-1 は Taft SE111° の時間的变化である。 $T=ALL$ においては 0.6, 1.2, 2.3 Hz の付近に顕著なピークが見られる。各ピークの時間的消長を見ると、地震動の最初の部分である $T=2.5$ においては、1.2 Hz 付近において最大であるが、 $T=3.5$ には 2.3 Hz 付近の成分が成長する。さらに地震動の終りの部分である $T=7.5$ においては 3 Hz 付近

の成分が多い。すなわち、*Jaft*SE111°のスペクトル密度は時間とともに高い周波数成分が優勢となっている。このような傾向は*Olympia*SE176°においても見られるので、規模が大きく震源距離がやや長い地震はこのグループに属することもあると言えよう。十勝沖地震の青森市における記録の一部を取り出して解析したのが図-5である。時間とともにピーク的位置が低い周波数の方へ移動していることがわかる。このことは振幅特性は定常であつても(表-1の注参照)、周波数特性は定常とは限らないことを示している。比較的小規模の近地地震である松代地震の落合橋の記録やえびの地震による結果も低い周波数の方へ移動している。図-3は松代地震の長野国道事務所長野出張所の記録によるもので、時間とともに全体の大きさがゆっくり変化するのみで、周波数特性の変動はあまり見られない。また十勝

沖地震の室蘭における記録の一部(表-1の注)のように振幅特性の他に周波数特性もほぼ定常であるとみなせる記録もある。図-4は*El Centro*の結果で、各部分記録のスペクトル密度においてピークを形成する周波数は、 $T=ALL$ においてやはりピーク値を持つことがわかる。しかし、この地震は大規模で継続時間も長いので、スペクトル密度は時間によりかなり変化している。*Jaft*NE21°や*Olympia*SW266°の結果もピークとなる周波数がゆっくりと低くなつたり高くなつたりしている。以上見たようにスペクトル密度の時間的変化は、同一地震を同一地点で観測しても記録されている方向により異なっている場合もあれば(*Jaft*SE111°とNE21°)、ここで取り扱った3個のえびの地震の余震のように、群発した地震は方向に無関係にはほぼ同様の傾向を示すものもある。今後さらに多くの強震記録について解析や地盤条件の検討が加えられねばならないが、これまでの結果からスペクトル密度の時間的変化の仕方を分類すると、1) 時間とともに高い周波数成分が卓越する。2) 逆に低い周波数成分が優勢となる。3) ほとんど変わらず、振幅特性のみが変化する。4) 低くなつたり高くなつたりする、とすることができると思われる。

