

I-634

応答変位法と道路橋示方書の設計スペクトルの比較

大阪土質試験所 澤田純男  
 京都大学防災研究所 土岐憲三  
 神戸大学工学部 高田至郎

はじめに：地中管路や共同溝等の地中構造物では、共同溝設計指針等に規定されている応答変位法で設計する機会が多い。一方地上に建設される土木構造物の場合は、道路橋示方書の規定が準用される場合が多いように見受けられる。ところがこの2つの設計基準の地震入力の考え方が大きく異なっており、それぞれ別々の設計スペクトルが規定されている。高架橋から地下に入る鉄道や道路構造物など、どこからが地上構造物でどこからが地下構造物か微妙で、どちらの基準を摘要すれば良いか判断が難しい場合もある。また、大深度地下構造物のように従来の応答変位法では設計できない構造物もあり、その場合どのような設計スペクトルにするか基準がない。地上構造物でも地下構造物でも設計入力地震動は同じものを用いるのが自然であると思われる。そこで本研究では、地上で規定した設計スペクトルを用いて地下構造物を設計する方法の開発を目的として、まず従来の応答変位法に用いられている設計スペクトルと、道路橋示方書の設計スペクトル(平成2年)を比較して、両者の規定がどのように違うのかを調べた。

**比較方法：**応答変位法を採用している石油パイプライン技術基準や共同溝設計指針では設計スペクトルの細かい規定等を除くと殆ど同じ計算方法となっている。本研究では一般的な応答変位法の設計スペクトルとして石油パイプライン技術基準を用いた。同基準では、入力設計スペクトルは基盤面( $V_s=300\text{m/s}$ 相当層上面)で図-1のように与えられている。一方道路橋示方書では入力設計スペクトルは耐震設計上の地盤面(液状化しない場合はほぼ地表面と同じ)で図-2のように規定されており、これが両者の比較を困難にしている。そこで以下に示す手順で応答スペクトル法の規定に従って基盤上のスペクトルを地表面での応答スペクトルに変換して比較することにした。ただし地盤の減衰は規定されていないので、5%と10%の2ケースについて比較したが、結果に大きな違いがなかったため、5%の結果のみについて示す。地盤種別は道路橋示方書の分類を用い、表層地盤の固有周期0.1~0.2秒をI種地盤、0.2~0.6秒をII種地盤、0.6秒以上をIII種地盤とした。なお共同溝設計指針では表層地盤の固有周期を地盤の特性値( $\Sigma 4H/V$ )の1.25倍と定義してあるが、今回の比較ではこれは考慮していない。さらに共同溝設計指針では設計水平震度が0.3相当と、またガス導管耐震設計指針では単位震度あたりの応答速度値が最大150cm/sと、今回比較したスペクトルの約2倍になっていることに注意が必要である。

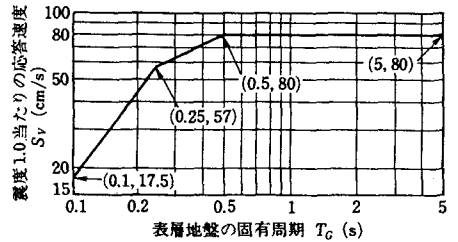


図-1 応答変位法の設計スペクトル

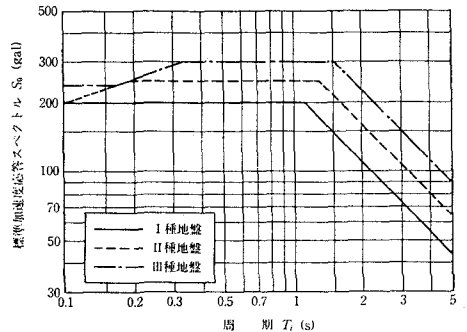


図-2 道路橋示方書の設計スペクトル

1. 水平設計震度0.15に対する図-1に示した速度応答スペクトル(減衰は地盤の減衰)にフィッティングする模擬加速度波形を作成する。図-3に作成した模擬加速度波形を示す。これを基盤の入力波形とする。
2. 模擬加速度波形に、基盤から地表面の応答に対応する1自由度系の応答計算(固有周期は表層地盤の固有周期、減衰は地盤の減衰)を行ない地表面の加速度波形を作成する。この場合に得られた応答値に1次モードの刺激係数 $4/\pi$ を乗じる(応答変位法の規定と同じにするため)。地盤の固有周期毎に地表面の加速度波形が得られる。
3. 得られた地表面の地盤の固有周期毎の加速度波形の絶対加速度応答スペクトルを求める。
4. 対象とする地盤種別の地盤の固有周期に対応する絶対加速度応答スペクトルを重ね合わせて、その包絡線の形状と、道路橋示方書の設計スペクトル(水平設計震度0.2)を比較する。

**考察：**図-4～6にI種からIII種地盤における両スペクトルの比較を示す。直接比較できるのは、応答変位法の設計スペクトルの規定（図の●印）と、道路橋スペクトルの地盤種別に相当する周期領域の規定（図の太直線）である。III種地盤の約1秒以上の領域では、

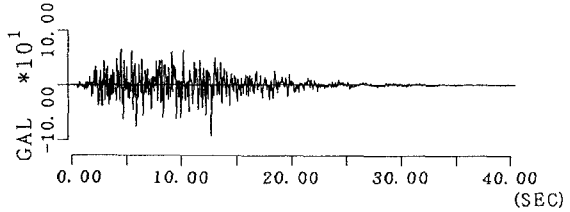


図-3 基盤入力とした模擬加速度波形

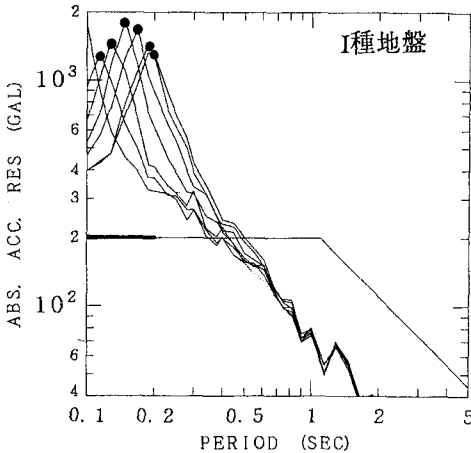


図-4 両設計スペクトルの比較（I種地盤）

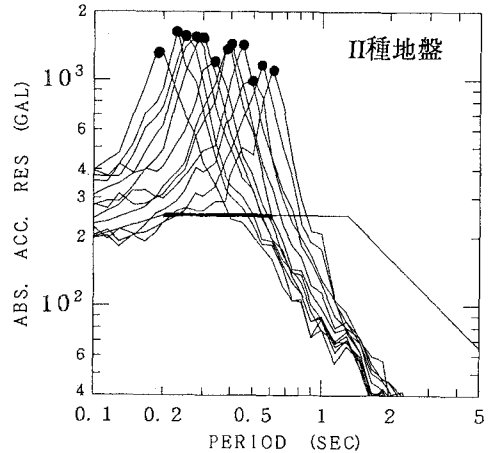


図-5 両設計スペクトルの比較（II種地盤）

応答変位法スペクトルは道路橋スペクトルとほぼ等しい値となっている。しかしながらIII種地盤の約1秒以下およびII種地盤やI種地盤では応答変位法スペクトルは圧倒的に道路橋スペクトルより大きい値となっている。これは表層の固有周期よりも長い、思いもよらぬ地震動が伝播してきて地下構造物を壊さないように、意図的に応答変位法では設計スペクトルを短周期側で持ち上げているためであると思われる。II種地盤やI種地盤の1秒以上の領域に注目すると、応答変位法スペクトルの包絡線は、道路橋スペクトルの約1/3になっている。

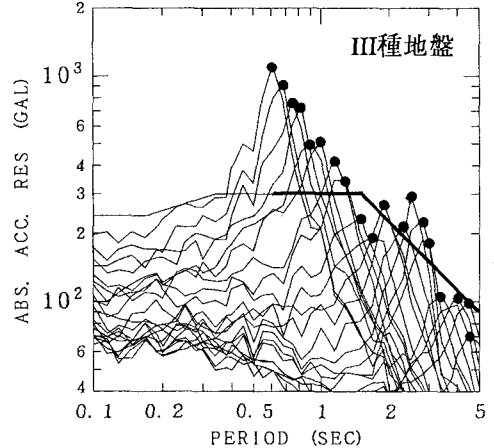


図-6 両設計スペクトルの比較（III種地盤）

なお今回の比較では、地盤を1自由度の振動系で表現したため、1次モードしか計算されていない。重複反射法などで計算すれば2次以降のスペクトルのピークが1次モードのピークより短周期側に出る。しかしながら今回の比較方法では高次モードの影響は殆どないと思われる。

一方重複反射法等で地盤の応答を計算する場合、基盤面でのインピーダンス比によって応答値が変化する。今回の方法ではインピーダンス比は無限大であるから、インピーダンス比を有限の値に仮定すれば応答値は小さくなるはずである。ただし応答変位法の規定とは異なった計算をしていることになる。また応答スペクトルの形状が固有周期より長い領域でも今回の計算とは違った形状になるとと思われる。本研究では以後このような点を勘案して、さらに両者の比較を進める予定である。

なお本研究は「地下空間の活用と技術に関する研究協議会（座長：土岐憲三）」の研究の一部として実施したものである。

参考文献：土木学会：動的解析と耐震設計。高田：ライフライン地震工学。日本道路協会：道路橋示方書（平成2年2月）。日本道路協会：共同溝設計指針。