

I-1 SH波の地表面に沿うみかけの伝播速度の一試算

○ (株)オリエンタルコンサルタンツ 正員 田 中 努
同 杉 本 誠一郎

1. はじめに

沈埋トンネルやパイプラインの中には延長1km以上にも達するものがあり、地震動の伝播を考えた場合に必ずしも各所同時に同一の波が作用するとは限らないと思われる。一般の構造物に対しては、せん断波(SH波)が基盤から地表面に鉛直に上昇するものと仮定していろいろな検討が進められているが、延長の長い地中構造物に対しては、同じせん断波を対象にしても地震波が基盤に到達する時刻が構造物の両端では異なるものと考えられる。本報告では、このようなせん断波の到達時間遅れによる位相差を取り上げた。沈埋トンネルの地震応答解析では位相差を考慮する試みが近年多くなっており、これまでの結果では位相差入力をした場合にトンネルの断面力がかなり大きくなることが報告されている。この断面力の増加は多くの場合設計上の影響も大きく、位相差を考慮するか否か、またどの程度の伝播速度を考えるかによって、トンネル断面や可塑性継手の構造が変わることも考えられる。よって位相差の大きさは、最大加速度と同様入力地震動の重要な条件である。しかし、地震動の位相差に関する観測や実験はある程度行なわれているものの、現実を考慮すべき地表面に沿って伝播する見かけの速度 C がいくらであるかまでは、明らかにされていないのが現状である。そこで位相差に関する観測等の研究成果の発表を心から期待するとともに、理論的な検討を加える必要があると思われる。

2. 方法

みかけの伝播速度は震源の断層の向きや破断の進む方向等によっても変化する可能性があるが、ここでは第1段階として点震源を考える。そして基盤面上の対象地 P と震源 E と地球の中心 O を含む平面を考え、図-1のようにこの平面内を震源から発生したSH波が地層境界で屈折しながら地中を上昇していくものとする。対象地 P に到達する経路は反射波を別にすればただ1つであり、それは各地層境界での屈折の条件をすべて満足するような解として得られる。この伝播経路を基盤上の2点 P_1, P_2 について求め、さらに各々の経路の所要時間を求めれば2点間のみかけの伝播速度が得られる。

地盤のモデルは東京湾周辺を考え、三雲と首都圏基盤構造研究グループの発表した両モデルを参考にして、表-1のように仮定した。震源は3層目以下にあるものと考えられている。

3. 結果と考察

沈埋トンネルの延長を5kmと仮定して、5kmはなれた2点の時間差を調べ、見かけの伝播速度を求めた。震源深さ D をパラメータとした震央距離 Δ と見かけの伝播速度 C の関係は、およそ図-2のようになる。図より点震源からの波の伝播方向における見かけの速度 C について次のことがわかる。

- (1) 見かけの伝播速度 C は、震源が浅く震央距離が大きいほど小さい。最も浅い震源は地震学的に2km程度と考えられており、この時の C は震央距離に関係なく約1.5km/sとなる。
- (2) 建設省土木研究所が東京湾周辺で観測した過去10年間(1945~55年)の地震記録によると、平均的な震源深さは50~60kmと考えられる。これに対応する見かけの伝播速度 C は6~40km/sとなる。

4. トンネルに沿う伝播速度

沈埋トンネルに沿った見かけの伝播速度 V_{SB} は必ずしも前述の C と一致しない。図-3より明らかのように地震波の伝播方向と沈埋トンネルがある角度をなす場合には、 V_{SB} は C 以上の値となり最大加速度は小さくなる。そこで、見かけの伝播速度 $C=1.5\text{km/s}$ で基盤面上を伝わるせん断波(SH波)が、沈埋トンネルと角度 θ でぶつかる場合の、トンネルに沿う見かけの伝播速度 V_{SB} と最大加速度のトンネル軸方向成分 $A_{\max}(L)$ と軸直角方向成分 $A_{\max}(T)$ との関係について計算すると図-4のようになる。この図より軸方向の解析と軸直角方向の解

析では V_{SB} と A_{max} の条件が大きく異なるべきものであると考えられる。

＜参考文献＞ ①金森,「地震の物理」(岩波講座地球科学)1978 ②Mikumo,T,1967, A Study on Crustal Structure in Japan by the Use of Seismic and Gravity Data, Bull.Earthq. Res.Inst.,44,965-1008 ③首都圏基盤構造研究グループ(代表者 嶋悦三),東京の基盤構造について,地震学会春季講演会1975 ④東京湾沿岸における地中地震観測記録(オ1報),1981.3,土木研究所資料 No.1718

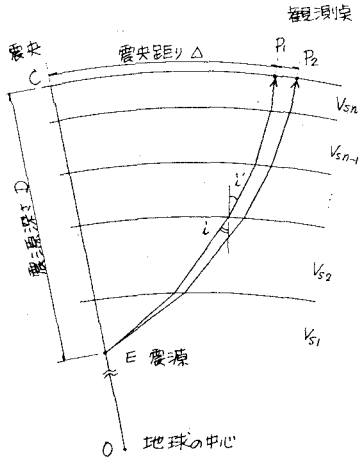


図-1 SH波の伝播経路

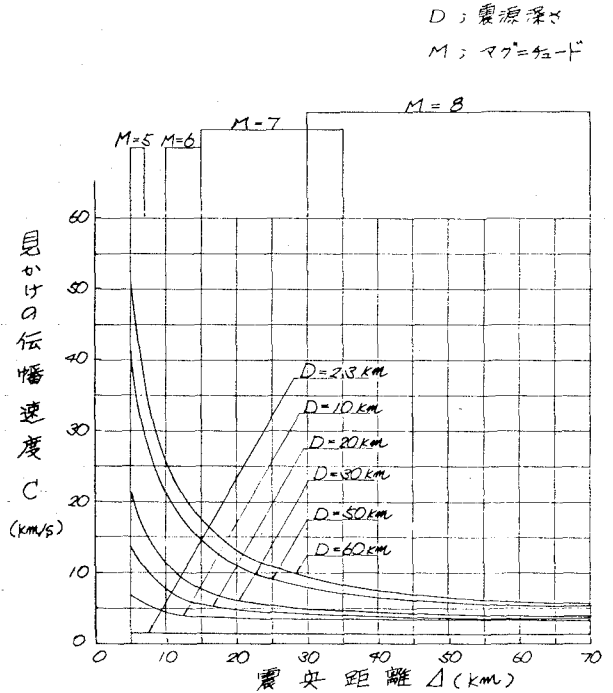


図-2 D-C-Δの関係

表-1 地盤モデルの構造

層番号	厚さ(km)	せん断波速度(km/s)	備考
1	1.3	0.68	第1地層 最上層
2	1.0	1.50	
3	4.5	3.10	
4	10.6	3.40	
5	16.9	3.70	
6	∞	4.50	マントル

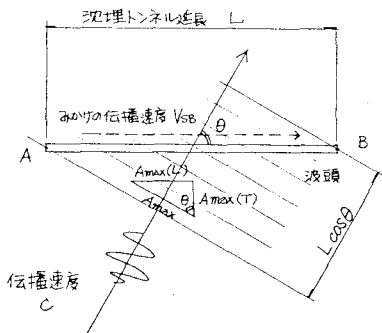


図-3 みかけの伝播速度と最大加速度

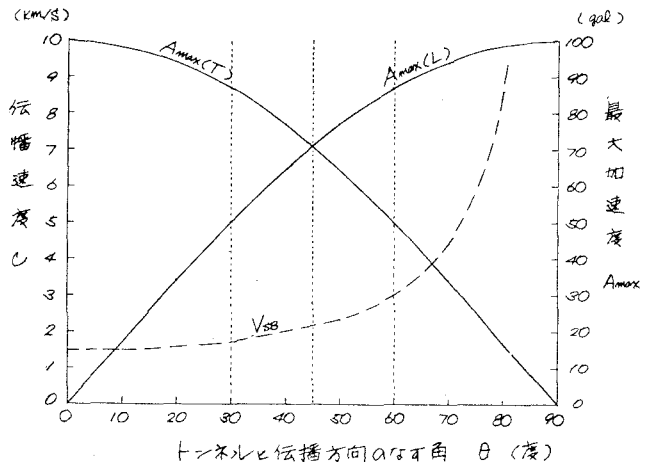


図-4 みかけの伝播速度と最大加速度との関係