

大成建設(株) 正員 志波由紀夫
 同上 正員 泉 博允
 首都高速道路公団 正員 和田 克哉

1. はじめに

著者らは、沈埋トンネルの地震時挙動を把握し合理的な耐震設計法を確立することを目的として、東京港トンネルにおいて地震観測を実施しており、その観測記録、地震応答解析手法等について検討している。これまでの観測結果から、周期が数秒のやや長周期の地震波動によってもトンネルに大きなひずみが生ずることがあり（昭和53年1月14日伊豆大島近海地震¹⁾、昭和55年6月29日伊豆半島東方沖地震²⁾）、表面波の影響が比較的大きいことなどの知見が得られている。

本報告は、昭和59年9月14日長野県西部地震の観測記録に見られたやや長周期の地震動について考察し、表面波と沈埋トンネルのひずみとの関係について検討を行ったものである。

2. 昭和59年9月14日長野県西部地震の観測記録

東京港トンネルは、東京港第一航路を横断する海底トンネルである。図-1に示すように、海底トンネル部分は、幅37.4m、高さ8.8m、長さ115mの沈埋函9函より成り、沈埋函相互は可撓性継手で連結されている。地震観測は、4台の加速度計と11台のひずみ計により、地盤およびトンネルの加速度ならびにトンネル左右側壁の軸方向ひずみを観測している。

図-2に昭和59年9月14日長野県西部地震の観測記録の一部を示す。この地震のマグニチュードは6.8、震源の深さは約2kmであり（地震月報調べ）、震央距離は約200kmであった。地盤の加速度は、基盤層内（A-1）で最大2.1gal、地表（A-2）で最大5.3galであり、記録の後半部分にやや長周期の波が見られる。トンネルの左右側壁で得られたひずみ記録より求めた函体（S-3）および継手（J-1）の軸ひずみと曲げひずみとでは、軸ひずみが支配的であって、その最大値は周期約5秒の長周期の波によって生じている。函体の軸ひずみと継手のそれとでは、波形は良く類似しているが振幅は継手の方が大きく、トンネルのひずみが可撓性継手に吸収されていることがわかる。

3. 観測記録の分析および考察

加速度記録の後半部分に見られ、トンネルに大きな軸ひずみを与えた長周期の波に着目し考察を加えた。地震動が伝搬経路において回折せずに本トンネルへ到達したと仮定すると、震央とトンネルとの位置関係より、地震波動は図-3に示すようにトンネル軸に対し47°の角度で伝搬したと考えられる。加速度記録（A-1）を数値積分して変位を求め、これに座標変換を施して震央方向成分とこれに直角な方向成分とを求めた結果、図-4に示す波形を得た。

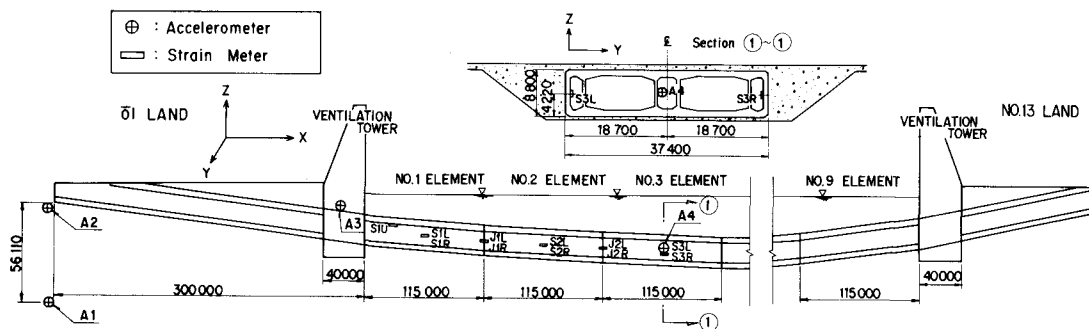


図-1 地震観測計器配置図

図より、記録後半部分における地盤の変位は、震央方向に直角な成分が卓越しており、この成分の波動は周期が約8秒から約4秒へ漸次短くなる変化を示している。このような波動の変化は表面波の特徴の一つである正分散現象と考えられ、震動方向を合わせ考えると、本地震記録の長周期波動はラブ波と推定される。

同様に、A-1から約590m離れたA-4地点での変位波形を求め、両者を比較した結果、この2点間で位相差が認められた。分散曲線を求めるまでには至らなかったが、平均的な位相差は約0.35秒であり、トンネル軸に沿った見かけの伝搬速度は約1700m/sec、実伝搬速度は約1100m/secと推定される。

表面波が上述したようにトンネル軸に沿って見かけ上伝搬したとすると、トンネルに生ずる軸ひずみは地盤の運動速度と強い相関性を示すことが予想される。³⁾ 図-5は函体(S-3)の軸ひずみと大井側地盤の運動速度(V-2-X)とを対比して示したものであるが、両者の波形は良く類似している。この運動速度と先に推定した波動の見かけの伝搬速度とから、記録の50秒以後の長周期波動について、地盤に生じたひずみの大きさを概算すると、4~9 μ となり、函体のひずみ量に対応する。

4. まとめ

長野県西部地震の記録について検討し、長周期の波動が表面波(ラブ波)と推定されること、この波動によってトンネルに大きな軸ひずみが生じたこと、等の結論を得た。

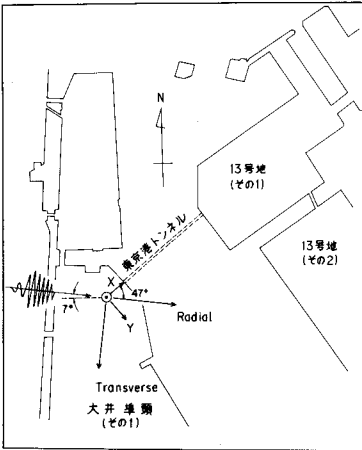


図-3 地震波動の伝搬方向

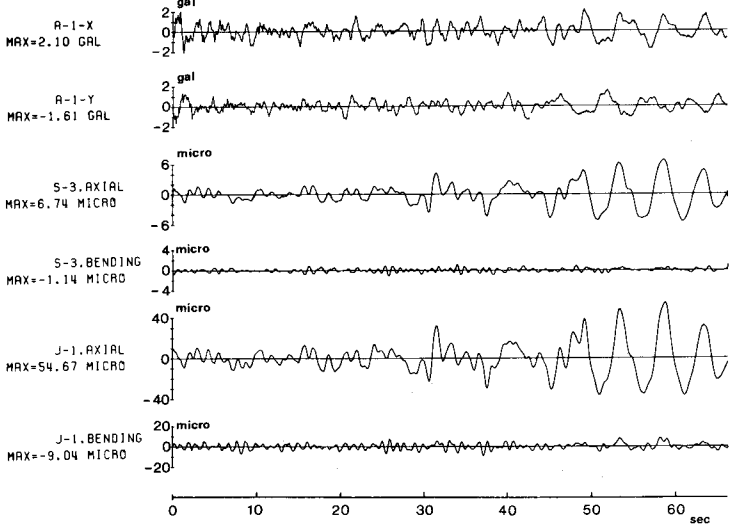


図-2 昭和59年9月14日長野県西部地震の観測記録の一部

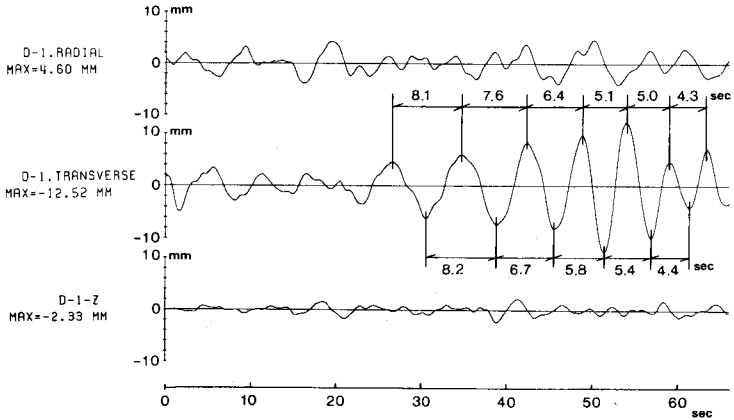


図-4 基盤層における変位波形

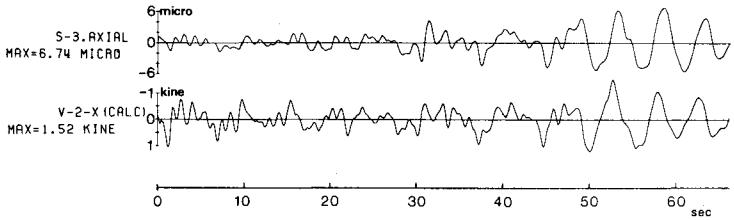


図-5 沈埋函の軸ひずみと地盤の運動速度

- 参考文献 1) 丸山, 矢作, 浜田: 沈埋トンネルの地震観測, 第33回年次学術講演会, 1978年
2) 志波, 恵谷, 泉: やや長周期の地震波動による沈埋トンネルの地震時応力, 第36回年次学術講演会, 1981年
3) 後藤, 土岐, 高田: 地中埋設管の動特性について, 第12回地震工学研究発表会, 1972年