

東京大学生産技術研究所 正員 田村 重四郎
東京大学生産技術研究所 正員 加藤 勝行

1. まえがき

羽田沈埋トンネル(日本国有鉄道)において、昭和45年より、トンネル壁に発生する地震時の歪と地震加速度の観測を続けて来ている。今までに数10ヶの地震が記録されて、当該トンネルに発生する歪と地震の規模、震央距離との関係がかなりはっきりして来たので報告する。

2. トンネルおよび地震観測

このトンネルは羽田空港入口附近より幾分上流側の多摩川左岸より、川崎側まで上流側にわずかに凸に弯曲して多摩川を横断している。沈埋トンネル区間は480mである。エレメントは高さ約6m、巾約13m、外側が鋼板で包まれた厚さ約1mのRCの卵形断面をもち、長さは80mであって、各エレメントは剛結されている。地盤状況は図-1に示すように、川崎側で厚さ約10m、河心部で厚さ約40mの軟かい沖積形(N値2前後)がよく締った所謂東京砂礫層を覆っている。地震計は地盤状況を考慮して図-1に示すNo.2エレメントとNo.4エレメントに設置された。夫々水平2方向の加速度計の外に、各エレメントで2点を選びその点の左右両壁に夫々1ヶの歪計をトンネル軸方向に水平にとりつけた。

今までに数10ヶの地震を記録したが、最大の歪(20.9×10^{-6})は1972年12月4日、北島東方の地震(図-2で⑩)で、M=7級の地震で最も震央距離が小さい(180km)のは1974年5月9日の伊豆半島沖地震(図-2で⑬)である。

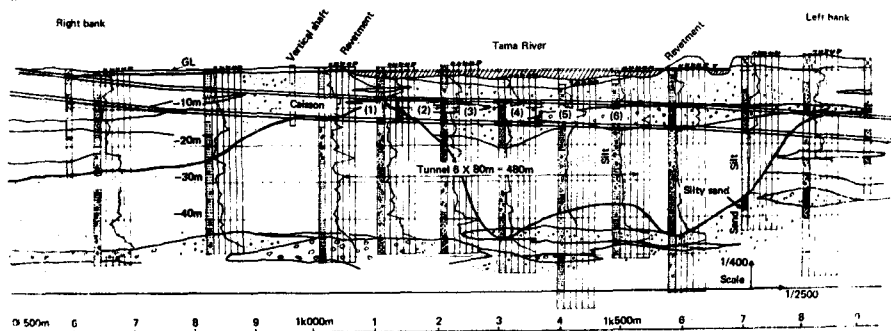


Figure 1. Geological map of the site of the Tama River tunnel

3. トンネルの最大歪と最大歪

No.2及びNo.4エレメントに設置された合計8ヶの歪記録について夫々最大値を求めると、殆んどの場合No.4エレメントの値が大きいくことが認められた。地震毎にそれ等の内で最大の値を選び、又加速度についても同様に最大の値を求めて、両者の関係を示したのが図-2である。これは既報の資料にその後得た資料を追加したり、又一部訂正を加えたりしたものである。

図-2より略々平行な2本の直線の間に殆んどの測定値が含まれることが分かり、本トンネルの場合、この2本の直線が最大加速度に対応した上限および下限の歪をあらわしているものとみられる。加速度の増加と共に最大歪も増加するが、歪が一定の最大加速度に対して示す最大値と最小値の比が15~20前後にもなることが分かる。このように変動の大きいのは、基礎における地震動のスペクトルの性質と、表層地盤の卓越振動との相対的な関係に関連があるものと考えられる。

2本の直線の間に又等しく平行に中心線を引いた場合、中心線より下部分の⑨、④、②、⑩、③⑩、⑧、③④、②③、②⑨の地震はいずれもM=5.1以下の地震であり、又⑨、④、②、⑩の各地震の加速度記録の主要部分はいずれも数回の振

動が卓越していて、これに時間的に対応した歪の値は、加速度の大きさの割りに小さい。一方中心線より上半部分にある地震については殆んど $M=5.5$ 以上の地震であって、一般に加速度波形にも歪波形状にも 1 Hz 前後又はそれより低い振動数の振動成分が卓越していることが認められ、前者に比して最大加速度の大きさの割に大きい最大歪の値を示している。上限の線で 1 gal 当り $1.5 \sim 2.0 \times 10^{-6}$ の歪となり、下限の線で同様に $0.1 \sim 0.15 \times 10^{-6}$ 程度の値になっている。

4. マグニチュード、震央距離、最大歪

図-3 はマグニチュードをパラメーターとして震央距離と最大歪の関係を示したものである。 $M=5$ の線が震央距離 100 km の奥で曲っているのは、歪波形のスワクトルがこの奥で変る傾向を考慮したためである。 $M=6$ の線については、震央距離の増加による最大歪の減少の程度が、加速度のそれに比して小さく、僅って影響が遠くまで及ぶことが分かる。また震央距離が数 10 km まで近づいた場合でも歪がそれ程増加しないことが分かる。このことは主に歪に關係する低次の卓越振動数が本地震では $0.3 \sim 1.0 \text{ Hz}$ 程度の範囲にあることに關連して、周期の比較的長い振動数成分が震央距離の増加によってそれ程急に減少しないことによるのであろう。

次に $M=6$ の線より上の部分で 22 の地震を除けば同じ M を結んだ線は $M=6$ の線に略々平行になることが分かる。22 の地震は 1974 年 2 月 22 日紀伊半島沖に発生した $M=6.9$ の地震で、震源の深さが 400 km であって、他の地震とは異なっている。このことから通常の地震に対して、本トンネルに発生する最大歪は、マグニチュードが本図に示されている範囲の値である場合、概ね推測することができる。最大歪は次のような実験式で求められる。

$$\log_{10} \sigma_m = 0.7 M - \frac{\Delta}{450} - 3.2$$

但し、 σ_m ：最大歪 (10^{-6})、 M ：マグニチュード、 Δ ：震央距離

5. まとめ

地震観測結果をもとにして、トンネルに発生する歪の大きさ、その性質について述べた。トンネルの剛性、トンネル周辺の地盤状況、土質等を考慮することによって、最大歪の推定に利用することができる。

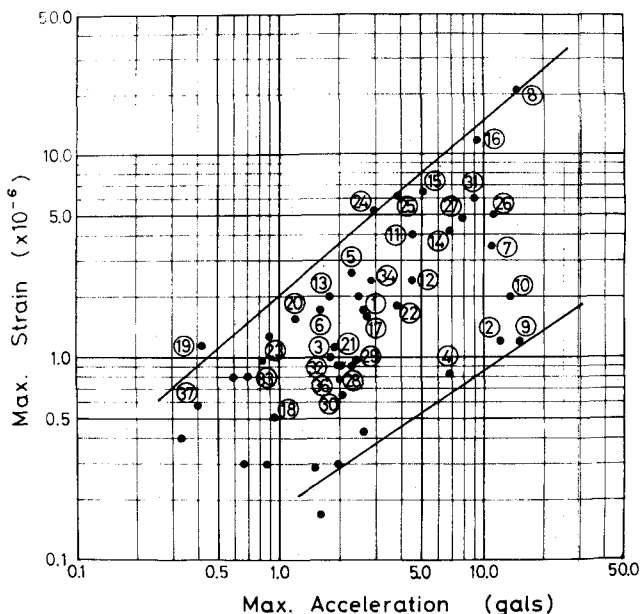


Fig.2

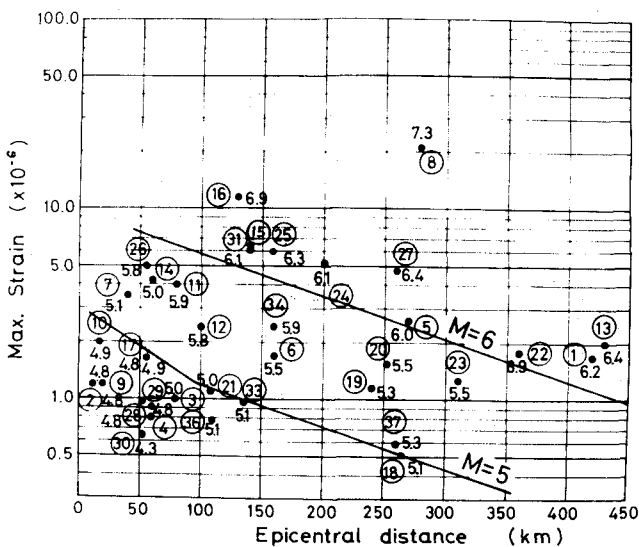


Fig.3