

東大生研 正 ○田村重四郎
 埼玉大学 正 岡本舜三
 東大生研 正 加藤勝行

緒言

地埋トンネルは地震時には埋設地盤の変位・変形に密接に関連して挙動するであろうことは、多くの研究によって推測されるのであるが、このことを実際の地埋トンネルについて調査し、また設計上の資料を得るため、筆者等は昭和45年4月より実在の地埋トンネルで地震観測を行ってきた。その一部については既に報告したが、その後20ヶ以上の地震記録を得ることが出来、解析を進めているので、結果の一部を記述したい。

地盤・トンネルの概要

観測対象のトンネルは、多摩川河口を横断して鉄道用に建設された羽田トンネルで、幅13m、高さ7.35mの卵形断面をもつ長さ80mのエレメント6基からなる全長480mのトンネルである。建設地点の表層は第三紀洪積シルト層上の第四紀沖積シルト層であって、河心部でこの厚さは35~40m、川崎側岸では10数mである。常時振動観測によれば、河心部では1Hz前後、川崎側岸では3Hz前後の振動が卓越していることが認められている。

観測装置及び観測の概要

地震観測は、沖積層の比較的浅い川崎側にあるNo.2エレメントと最も深い河心部にあるNo.4エレメントで行なわれている。No.2エレメントでは軸線上で30m離れた2点で、No.4エレメントでは同じく50m離れた2点で、左右トンネル側壁に水平に歪計を取り付けている。

この歪計は、1mのインバール棒とトンネル軸上に取られた1mの標点間距離との地震時の相対的距離の差異を抵抗線歪計によって検出するようになっている装置である。この装置を夫々30、125、50m離れた4点に取り付け、位置・地盤の変化による地震時のトンネルの動的歪の変化を調査している。又、之等の歪観測と平行して夫々のエレメントには加速度型地震計を軸方向及びえと直交方向に置き、加速度の大きさと歪との関連も調べている。記録器の作動は加速度の検出によって行なう様にし、オシロ記録紙の送り速度は3mm/sec.である。

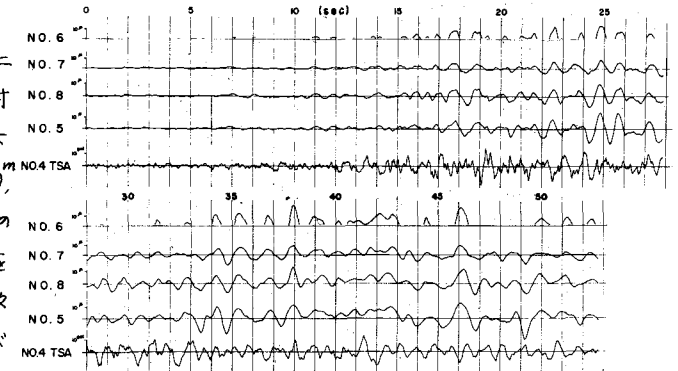


図1 1972.12.4の記録

地震記録

今までに記録された地震の中で最大の規模の地震は1972年12月4日八丈島東方約100kmに震源をもつM=7.2の地震(図1)であり、震央距離の最も小さい地震は1970年9月30日神奈川県北東部で発生したM=4.8の地震でΔ=12kmである。又、各地震毎に最大加速度5gal以上となる地震又は最大歪1μ以上となる地震

地震No.	日時	震源緯	震源経	深さ(Km)	M(マグニチュード)	震央距離(Km)	最大加速度(gal)	最大歪(×10 ⁵)	分類
1	1970.9.14	38°41'	142°20'	40	6.2	420	2.6	1.7	B
2	1970.9.30	35°29'	139°28'	40	4.8	12	12.1	1.2	A
3	1972.1.4	35°32'	140°32'	40	5.0	80	1.9	1.0	B
4	1972.1.27	35°41'	139°7'	40	4.8	60	6.8	0.8	A
5	1972.8.31	35°53'	136°46'	10	6.0	270	2.7	2.6	B
6	1972.9.25	38°21'	142°4'	50	5.5	380	1.6	1.7	B
7	1972.10.6	34°24'	138°31'	30	5.5	160	10.9	3.5	B
8	1972.12.4	33°12'	141°5'	50	7.2	280	14.7	20.9	C
9	1972.12.8	35°35'	140°0'	90	?	20	15.0	1.2	A
10	1973.2.27	35°31'	139°56'	60	4.9	17	13.6	2.0	A

を合わせると、3月末日現任で10個に達している。(表1)

表1

記録の解析

1. 最大加速度, 最大歪

表1で分類の欄にAと示されているのは、加速度波形が衝撃の性格の強く、しかも数Hz~10数Hzの成分振動が卓越しているものであり、Bと示るのは加速度波形で1秒前後又はそれ以上の長さの周期の成分振動が卓越しているものであり、特にCと示されている地震には6~7秒の周期の振動が認められるものである。

又、表でみるように分類Aに入っている地震では、最大加速度の大きさに比してトンネルに発生した歪が他の分類の地震に比して著しく小さい、その地震はマグニチュード5以下でしかも近地震である。分類B,Cに入る地震では最大加速度(gal)と最大歪(μ)の関係がAに比べて異なり、ほぼ数値的に似た値を示しており、その地震はマグニチュード5以上で震央距離も比較的遠い。

最大歪と最大加速度の関係を図示すると図2の様になる。図中、2本の線のうち下限の線付近に分類Aの地震があり、上限の線付近には分類B又はCの地震が位置することは注目すべきことである。即ち、本トンネルでは、比較的高い周波数の卓越する地震入力に対しては歪が生じにくく、地盤の基本振動数又はそれ以下の振動数の振動が卓越する地震入力に対してはトンネルに歪が生じ易いことを示している。このことはトンネルの歪に対しては、地震動の加速度の最大値は必ずしも決定的なものではなく、むしろ地震動の周波数特性と、地盤の振動特性が重要であることを示しているものと思われる。

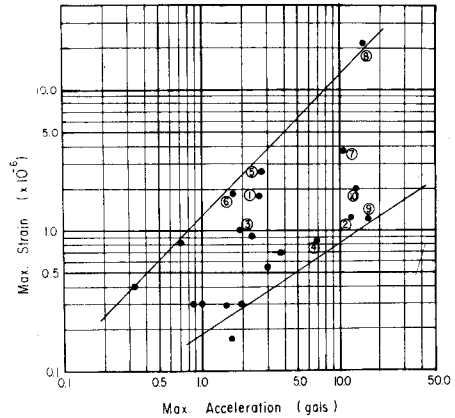


図2 最大歪と最大加速度の関係

2. 歪の性質

ここでは1972年12月4日の地震記録で得られた歪の性質について述べる。

α) 周期特性

記録を(0~107.8 sec.), (108~139.8 sec.), (171~203.4 sec.), 及び(56~80 sec.)の4つの区間に分けて夫々の歪のpower spectrumを計算した。全般的に視察した場合、川崎側岸に近い測点の記録No.5がNo.7, No.8に比して大きい歪の値を示しているが、波形は全長に亘ってよく類似していると言えることができる。

4つの区間のうち、歪の最大値を含む(56~80 sec.)の区間では0.26, 0.53, 0.84, 1.04 Hz等の点で歪が卓越するが、歪波形のpeak値が主に0.84~1.04 Hzの振動成分によって生じていることが、波形よりわかる。

β) 軸歪及び曲げ歪

得られた歪記録より軸方向の変形による歪(ϵ_a)と水平面内の曲げ変形による歪(ϵ_b)とを分離して比較すると次のようなことが認められた。

i) ϵ_a が ϵ_b より大きい。この場合、大きさの比は4:1である。

ii) ϵ_a と ϵ_b の波形は可成り異なる。即ち、 ϵ_a では記録の50秒以後では長い周期の成分が顕著に現れると共に、1Hz前後の振動成分が減少するが、 ϵ_b に於いては1Hz前後の振動成分が全長に亘り卓越している。

謝辞

本地震観測を許可された鉄道建設公団並びに記録の整理、計算に従事した東大生研 安田義雄氏及び東大大学院 学生 大町達夫氏に感謝の意を表します。