

一般国道106号改築工事のKトンネルが、昭和4年に施工された発電所導水路上7m地点を斜交することになった(図-1・2)。この導水路は老朽化しており、トンネル掘削時の発振振動による影響が懸念された。このため、発振振動の影響について加速度及びひびきを計測することにより導水路を破損することなく、安全を確認しながらトンネル施工を始めた。本文は、発振振動の調査結果及び対策について概説するものである。

導水路の覆工コンクリートは、永年の風化作用を受け表面が剝落した箇所や、地山の偏圧によって亀裂及び花工シヨイントに開きが発生する等、全体に老朽化がめだち、このままの状態ではトンネル施工を進めることは、導水路の破損等による施工困難が予想され、導水路内を鋼板接着工法で補強することに決定した。

Kトンネルの地質は粘板岩が主体となり、全体に風化が進み、一部には亀裂の著しく発達した部分や断層破碎帯が存在している。交差点付近は、弾性波速度で2.0~2.2 Km/secである。掘削は上部半断面先進工法で行った。発破条件は表-1のとおりである。

加速度及びひずみの計測
地点は交差点となる導水路
内頂部付近とし、計器類の
取付けは図-3に示した。

測定した加速度から振動速度を算出する。

V ; 振動速度 (cm/s 或 Kin/s)
 α ; 加速度 (cm/s^2 或 ec^2)
 f ; 振動數 (Hz)

構造物の弾性係数 E が既知の場合、その発生したひずみ ε を測定すると応力 σ が算出できる。

5: 管理基準

図-1 Kトンネルと導水路との交差点平面図

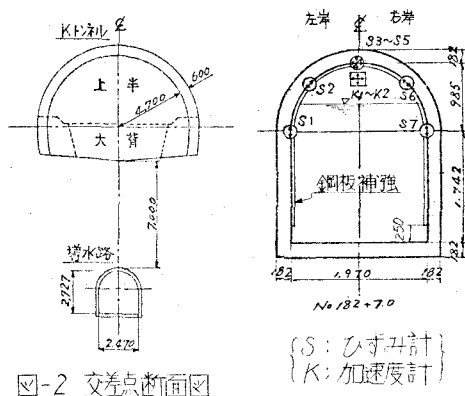


图-2 交差点断面图

圖-3 計器類取付図

表-1 上半及び大背掘削条件

	上 半	大 背
加背割面積(㎡)	42	20~25
削孔数(孔)	(4~6) 100~150	11~20
削孔長(㎝)	1.5~2.0	1.2~1.5
装 藥 量 (g)	(0.6~2.0) 20~60	5~10
発破段数(段)	(1~2) 6~10	4~9
火薬の種類	2号稷	2号稷
雷管の種類	DS雷管	DS雷管

() は芯抜き係数の値である

得る諸試験を実施し、表-2のように決定した。

(1) 振動速度の管理値 (V_t)

$$V_t = v_p \cdot \varepsilon \quad (\text{Kine}) \cdots (3) \quad \left\{ \begin{array}{l} v_p: \text{弾性波速度} = 2 \sim 3 \text{ Km/sec} \\ \varepsilon = \sigma_c / E_D = 60 \times 10^{-6} \cdots (4) \end{array} \right.$$

安全率を10とし、1.5 Kineで管理することにした。

(2) ひずみの管理値

(4)式の結果に安全率を10とし、6 μ を管理値とした。

(3) 火薬量の制限

発破によって生じる振動特性は次式で表わされる。

$$V = K \cdot W^m \cdot l^n \quad (\text{cm/sec} = \text{Kine}) \cdots (5)$$

$\{ W: \text{装薬量 (kg)}, l: \text{発破点から受振点までの距離 (m)} \}$
 $\{ K \cdot m \cdot n \text{ は定数である (本トンネルの場合 } m = 2/3, n = -2) \}.$

6. 測定結果

上半掘削の振動速度は水平・鉛直の2成分を測定した。いずれの場合も鉛直方向が大きい結果となり、 V_{max} は直上通過後1.7 m地点の発破で1.1 Kine、ひずみも同地点で最大となり約5 μ であった。また、交差点前後15 m付近はリングカット工法で掘削したため装薬量の多い段で最大となっている。

7. 考 察

(1) 加速度と距離の関係 (図-4)

芯抜き及びリングカット工法または大背掘削の加速度の最大測定値と距離の関係を示したもので、次式で表わされた。

$$\alpha = 30 \times 10^3 \cdot W^{2/3} \cdot l^{-1.4} \quad (\text{cm/sec}^2) \cdots (6)$$

(2) 振動速度と距離の関係 (図-5)

$$V = K \cdot W^{2/3} \cdot l^{-2} \quad (\text{Kine}) \cdots (7)$$

Kは発破条件による変数で、K=540は芯抜き時の上限値、K=330は芯抜き時の平均値を推定でき、また、K=100は芯抜き工法以外の場合に上限値を与えるものと考えられる。

(3) ひずみと加速度の関係

ひずみはKトンネル方向と一致する S_5 が、いずれの場合よりも大きい値を示した。 S_5 と α との関係および S_5 とVとの関係は傾向として次式で表わすことができる。(10)(12)式は芯抜き工法の場合、(11)(13)式は芯抜き工法以外のものに適用する。

$$\varepsilon = 1/100 \cdot \alpha \quad (\mu) \cdots (10), \quad \varepsilon = 6/1000 \cdot \alpha \quad (\mu) \cdots (11)$$

$$\varepsilon = 10 V \quad (\mu) \cdots (12), \quad \varepsilon = 5 V \quad (\mu) \cdots (13)$$

8. あとがき

今回は加速度・ひずみを測定し、その結果をもとに施工を管理し、導水路を損傷することなくトンネル施工を終了し初期の目的を達することができた。さらに、振動とひずみ・加背割による爆薬量と振動速度の関連等を求めることができた。

表-2 導水路コンクリートの試験結果

応 力 (kg/cm^2)	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	弾性波速度 (km/sec)	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)	弾性波速度 (km/sec)
圧縮 (σ_c)	引張 (σ_t)	静弾性 (E_s)	動弾性 (E_d)	縦 波 (v_p)
50	5	5	8.3	2.0 ~ 3.0

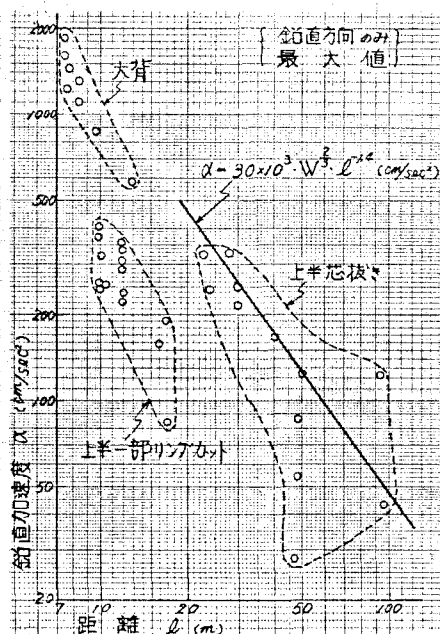


図-4 鉛直加速度と距離

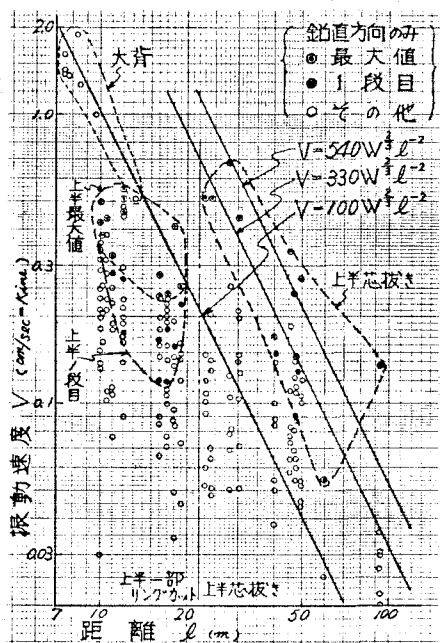


図-5 振動速度(各段)と距離