

(株) 鴻池組 正員 小野絨一
 (株) 鴻池組 正員 ○ 山沢俊治
 (株) 鴻池組 正員 山崎美昭

1. まえがき

国鉄中央線石川のお茶の水台地上の敷地にビルが建設されることになったが、この敷地内には地下深くを東京都水道局の大口径水道幹線用シールドトンネルが通っているため、ビルの基礎杭は外径590Mに及びこのトンネルを避けて打設し、大きな地中梁によって、ビル全体がトンネル上をまたぐような形で建造されることになった。

このトンネルの中には、内径2000mmと1600mmの2本の配水管が布設されている。これは、都心部給水人口の数十パーセントを支える最重要幹線の一つであるため、このトンネルをはさんで両側に基礎杭を打設するに際しては、万が一にもトンネルに損傷を及ぼすようなことがあってはならない所である。

一方、ビル建設現場周辺には、学校、病院等とくに生活環境の保全が要求される施設が集中し、建設公害には特別な配慮が必要とされるため、基礎杭の施工は無騒音、無振動のベント杭工法によるものと制約されていた。

このベント杭施工時、とくに掘削時のハンマーグラブ落下による衝撃的振動が、ベント杭からの純間隔が1.5Mの大口径水道幹線用シールドトンネルに損傷を及ぼすのではないかと懸念され、施工が危ぶまれていた。

本報告は、実際に試験施工を行なって、ベント機による掘削が、シールドトンネルおよび内蔵されている2本の水道管にどのような影響を及ぼすかについて、実験的に究明した結果を報告するものである。

2. 調査方法

ベント機による試験施工は図-1に示したように試験掘削孔の直径1.5M、深さGL-39.5Mまでとし、掘削孔壁面とシールドトンネル外壁面との純間隔2.0Mの位置において行なった。

また、ベント機による試験施工時のシールドトンネルおよび2本の水道管に与える影響を調査するため、図-2に示した位置にひずみゲージおよび振動計を設置した。また、測定成分はトンネル軸方向をX、直角方向をY、鉛直方向をZ、接線方向をθとした。

なお、調査項目は表-1に示したとおりであり、測定はベント機のハンマーグラブが落下する毎に行なった。

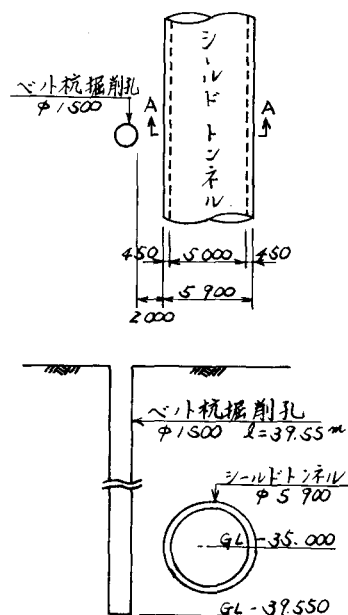


図-1 試験杭掘削位置図

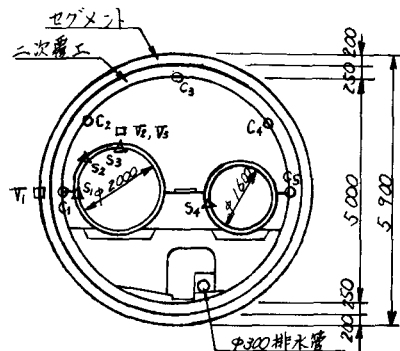


図-2 A-A断面計器配置図

表-1 調査項目

調査項目	測定計器	測長名	測長成分
シールドトンネル	動ひずみ	エングリダジ	C ₁ ~ C ₅ X, θ
	応答加速度	振動計	V ₁ X, Y, Z
水道管	動ひずみ	鉄筋ゲージ	S ₁ ~ S ₄ X, θ
	応答加速度	振動計	V ₂ , V ₃ X, Z

3. 調査結果

1) シールドトンネルと水道管の動応力

表-2 に示したコンクリートに生じる引張応力度は、動ひずみにコンクリートの弾性係数 ($E=3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$) を乗じて求めたものであり、また表-3 は同様に水道管 ($E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$) に生じる応力度を示したものである。

また、図-3 はベント杭掘削深度別に、シールドトンネルの動ひずみと加速度振幅を示したものである。

2) 波動論によるシールドトンネルの応力度

ベント杭掘削に伴う振動は地盤を介してトンネルに伝わり、トンネルと地盤は一体として挙動し、しかも、正弦波形で振動すると仮定して応力度を求めた。

トンネル軸方向変位 y は、変位振幅 a_0 、波長 λ により、

$$y = a_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \text{ ----- (1)}$$

で表わされ、軸方向ひずみは $\epsilon = 2\pi a_0 / \lambda$ で求められる。

また、トンネル軸直角方向変位 y も、変位振幅 a_0 、波長 λ により、式 (1) で表わされ、最大曲げモーメントと最大せん断力はそれぞれ $M = (2\pi/f)^2 E I a_0$ 、 $S = (2\pi/f)^3 E I a_0$ で求められる。

表-4 は波動論により求められたシールドトンネルの応力度を示したものである。

以上の結果から、シールドトンネルに生じる最大応力度は 6.3 kg/cm^2 、水道管のそれは 45.4 kg/cm^2 であり、コンクリートにひびわれは生じず、水道管も安全であると考えられる。また、波動論から求められたコンクリートの軸方向応力度 1.0 kg/cm^2 、せん断応力度 0.3 kg/cm^2 は、いずれもコンクリートの許容応力度内にあり、シールドトンネルは安全であると考えられる。

4. 結語

ベント機による試験施工を行ない、シールドトンネルおよび水道管に与える影響を調査した結果、動ひずみの測定よりシールドトンネルに生じる最大引張応力度は $\sigma_c = 6.3 \text{ kg/cm}^2$ 、水道管に生じる最大引張応力度は $\sigma_s = 45.4 \text{ kg/cm}^2$ であった。また、振動測定より波動論によって求めたシールドトンネルに生じる軸方向合成応力度は $\sigma = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ 、せん断応力度は $\tau = 0.3 \text{ kg/cm}^2$ であった。これらの結果より、ベント機による掘削によって、シールドトンネルおよび水道管に何ら有害な影響はないと判明し、施工の許可を得ることができ、基礎杭の施工を安全に行なうことができた。なお、施工中にも安全を期して、随時、シールドトンネル内の調査を行なったが、何ら影響を与えずに施工できたことを報告するものである。

表-2 シールドトンネルの動応力

測点	成分	動応力 (kg/cm^2)
C ₁	X	1.4
	θ	1.3
C ₂	X	0.3
	θ	0.2
C ₃	X	6.3
	θ	2.7
C ₄	X	2.9
	θ	2.7
C ₅	θ	1.3

表-3 水道管の動応力

測点	成分	動応力 (kg/cm^2)
S ₁	X	7.4
	θ	6.5
S ₂	X	6.1
	θ	7.1
S ₃	X	45.4
	θ	43.1
S ₄	X	12.6
	θ	14.7

表-4 波動論による最大応力度

軸引張応力度	0.58 kg/cm^2
曲げ引張応力度	0.44 "
軸方向合成応力度 ($\sqrt{\sigma^2 + \tau^2}$)	1.02 "
せん断応力度	0.29 "

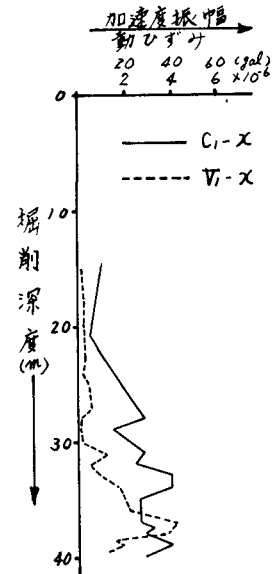


図-3 動ひずみおよび加速度振幅とベント杭掘削深度の関係