

(VI-3) ウォータージェット併用トンネル掘削に関する基礎的研究

千葉工業大学大学院 学生会員 杉浦 亮
千葉工業大学工学部 正 会 員 内海 秀幸
千葉工業大学工学部 フェロー 足立 一郎

1.はじめに

市街地でのトンネル掘削ではその計画線内に杭や連続地中壁、転石などの障害物が出現することが多く問題となっている。そこでウォータージェットを併用し障害物にスリットを設け、スリット間をカッタービットで掘削することが試みられ、一部現場において施工されている。本研究では、ウォータージェットとカッタービットを併用したトンネル掘削に関する基礎的研究として、モルタル供試体に設けた2本のウォータージェットによるスリットの間隔およびその深さが、その間をカッタービットのモデルで掘削した場合の破碎効果に及ぼす影響について検討した。

2.実験概要

2.1 供試体の作成

本実験では、大きさ $150 \times 150 \times 240\text{mm}$ のモルタル試料を製作し、これを実験に供した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材には富士川産(比重 2.81)を使用し、これを重量比 1:1 で混合し、水セメント比を 35% として製作した。28 日における圧縮強度は 55.1MPa であった。Table 1 にモルタル試料の配合を示す。

Table 1 Mix Proportion of Mortar

W/C (%)	W (kg/m^3)	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)
35	342	977	977

2.2 ウォータージェットによるスリット作成

作成したモルタル供試体に Fig.1 のような2本のスリットを設けた。スリット間隔(B)およびその深さ(D)を変えて24通り作成した。なおウォータージェットの吐出圧力、ノズル移動速度、スタンドオフはそれぞれ 147MPa 、 $240\text{mm}/\text{min}$ 、 10mm であり、切削回数を変えることでスリット深さを平均で 12, 23, 32mm とした。

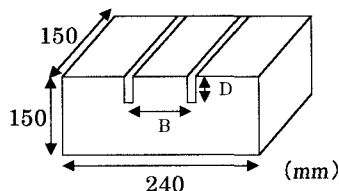


Fig.1 Mortar Specimen with two Slits

2.3 カッタービットによる掘削

本実験では、カッタービットによる掘削を行なうために Fig.2 に示す鋼製刃先角 20° 、くさび型のカッタービットモデルをもつ掘削装置 (Fig.3) を作成した。この装置はカッタービットが固定されていて、ジャッキによって供試体を押すことで掘削が行なわれる。供試体とジャッキの間には荷重計が設置されていてジャッキの圧力を測定できる。なおカッタービットの取り付け角度は 35° 、供試体との距離は一定とし、カッタービット上端部と供試体上面は同位置に設定した。掘削中、掘削の距離とジャッキ圧力を測定し、掘削後破碎された部分の体積を測定し、掘削体積とした。

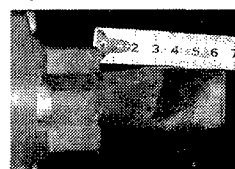


Fig.2 Cutter Bit Model

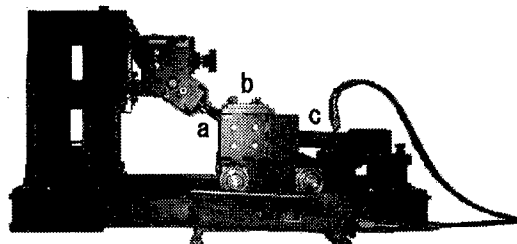


Fig.3 Original Excavation Equipment
(a:Cutter Bit, b:Specimen, c:Oil Jack)

キーワード ウォータージェット, カッタービット, トンネル掘削

連絡先 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 Tel 047-478-0441 Fax 047-478-0474

3.実験結果および考察

Fig.4 は掘削中に測定した掘削距離とジャッキの圧力との関係を示したもので、ウォータージェットによるスリット間隔および深さはそれぞれ 100mm, 32mm の供試体のものである。これよりカッタービットによる掘削は、供試体が掘削され破壊するまではジャッキの圧力が増大し、その後破壊するとジャッキの圧力が急激に減少する。この繰り返しによって掘削が進行していくことがわかる。

次に Fig.5 はスリット間隔(B)とそれぞれ測定したジャッキ圧力の平均値との関係を示したものである。ジャッキの圧力はスリット間隔が広がるにつれて大きくなっている。このことより2本のスリットが掘削に対し有効であり、掘削に要するジャッキ圧力を小さくすることがわかった。本実験のスリット間隔(最大 100mm)においては、全てのスリット深さの場合においてジャッキ圧力は増加傾向にあり、さらに間隔を広げたときにスリットが掘削に影響を与えなくなるということは確認できなかった。Fig.6 は同様にスリット深さ(D)との関係を示しており、深くなるとジャッキ圧力は小さくなるが、スリット間隔と比べると掘削に与える影響は小さい。Fig.7 は破砕された部分に標準砂を入れて求めた掘削体積とスリット条件との関係を示し、スリット間隔、深さの増加とともに掘削体積も増加するが、スリット深さが深くなった分ほどは大きくならない。これはスリット間隔が 90mm 以上では一部掘削されずに残る部分があったのを除き、掘削がスリット間隔方向には端まで破壊するのにに対し、スリットが 23, 32mm となっても掘削は深さ方向にはあまり破壊せず、スリット途中でとまっているという掘削形状からも確認できた。すなわちカッタービットの作用位置よりもさらに深くは掘削が進まない。

4.おわりに

- 本研究より、以下のことが得られた。
- ① カッタービットによる掘削においてウォータージェットによるスリットの効果を確認した。
 - ② 掘削に要するジャッキ圧力に影響を及ぼすのはスリット間隔であり、スリット深さの影響は小さい。
 - ③ 掘削はスリット深さが大きくなっても、深さ方向への破壊は小さい。

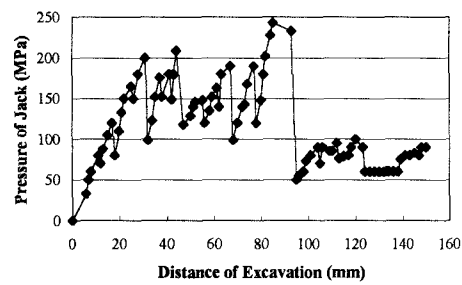


Fig.4 Relation between Distance of Excavation and Pressure of Jack

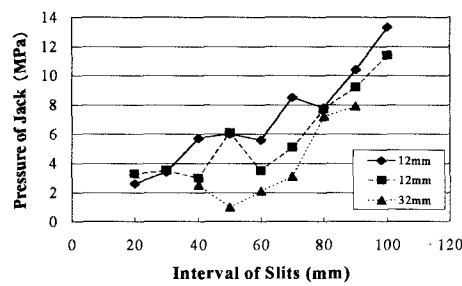


Fig.5 Relation between Interval of Slits (B) and Pressure of Jack

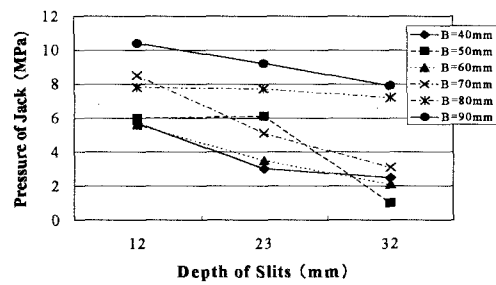


Fig.6 Relation between Depth of Slits (D) and Pressure of Jack

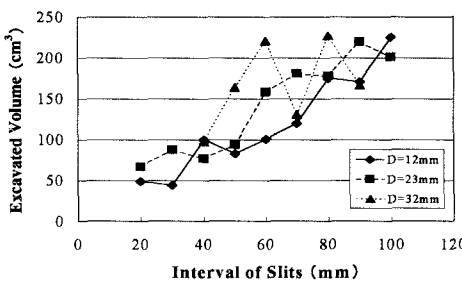


Fig.7 Relation between Interval of Slits (B) and Excavated Volume