

愛媛大学大学院 学生会員 ○若林 優輔
 愛媛大学工学部 フェロー 室 達朗
 愛媛大学工学部 河野 幸一
 ピーシー橋梁 山村 繁雄

1. はじめに

一時期、わが国における T.B.M. は複雑な地質変化に対応する適応性の欠如から大きな活躍を見せることがなかったが、近年になってわが国の地質にも適した T.B.M. が開発され出し、同時に T.B.M. の新しい課題として、大口径化、長距離化、効率化などが挙げられている。本研究では効率化に着目し、T.B.M. ローラカッタビットが最も効率よく掘削できる配置を見つけだすことにする。

2. 実験装置

実験装置図を図-1 に示す。T.B.M. 実機の掘削中心部を想定して製作した回転掘削試験機¹⁾を実験装置に用いた。実験装置上部に設置したエアシリンダにより一定の垂直荷重をローラカッタビットに加え推力とした。ローラカッタビットは、直径 100mm、幅 15mm、刃物角 $\pi/3\text{rad}$ で鋼材 SKD-11 のものを製作した。供試岩石には、大きさ $300 \times 300 \times 100\text{mm}$ 、一軸圧縮強度 9.8MPa となるモルタル供試体を製作した。

3. 測定方法

ローラカッタビットの斜角 $\beta = 0, \pm\pi/36, \pm\pi/18, \pm\pi/12, \pm5\pi/36\text{rad}$ の 11 通り、回転半径 $R=2, 5, 10\text{cm}$ の 3 通りに対してエアシリンダによる垂直荷重 $F_z = 7.84\text{kN}$ を加えた状態で、ターンテーブルを 1.75r.p.m. で一周させて非定常掘削を行い、その時に産出されたずりの重量、掘削深さを測定した。また、その時ローラカッタビット刃先に作用する掘削力²⁾を接線方向力 F_x 、向心方向力 F_y とに分けて測定した。

4. 実験結果

図-2 に接線方向力 F_x と斜角 β の関係、図-3 に向心方向力 F_y と斜角 β の関係を示す。 F_x は各回転半径 R において、 $\beta = 0\text{rad}$ で極大値を示し、 $\beta = \pm\pi/36\text{rad}$ で最小値を示し、その後 $|\beta|$ の増加に伴って増加している。また F_x は R の

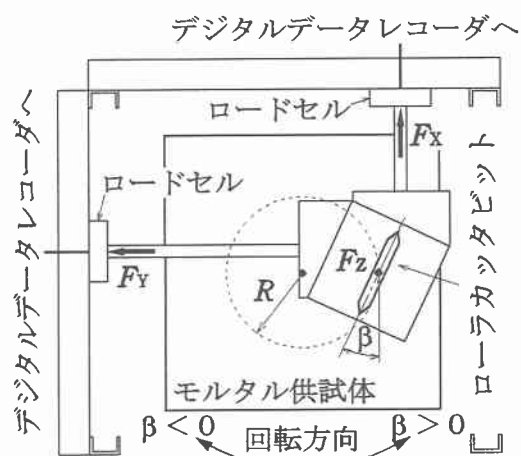


図-1 実験装置図

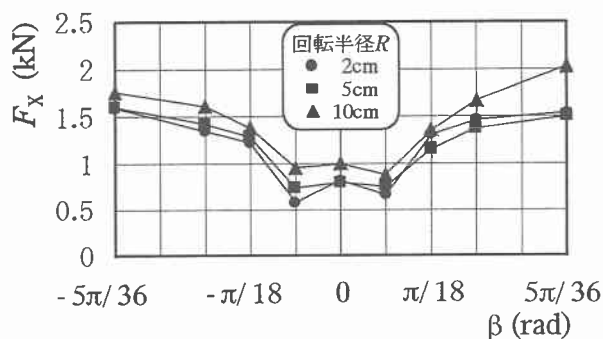


図-2 接線方向力 F_x と斜角 β の関係

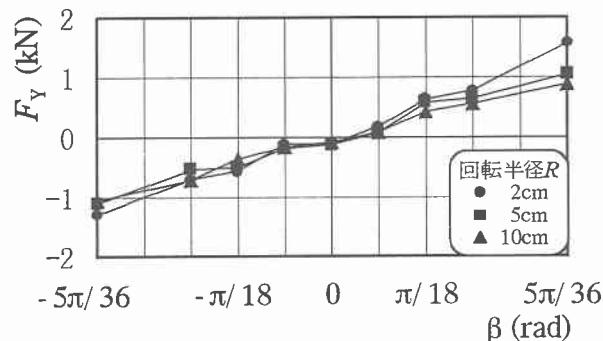


図-3 向心方向力 F_y と斜角 β の関係

増加に伴い増加することが分かる。 F_y は β の増加に伴い直線的に増加し、 $\beta = 0 \sim \pm\pi/36\text{rad}$ の範囲でほぼ 0kN の値を示し、 R の減少に従って増加する傾向を見せている。これは、ビットが回転半径の小さい円の上で回転運動を行っているため、 R がビットに対して小さいとビットの進行方向に対して横方向の力 F_y が受けやすくなり、逆に R が大きくなるとビットが直線運動に近くなり、横方向の力が減少してビットの進行方向に依存した掘削を行うため F_x は増加すると考える。

図-4 に掘削土量 V_E と斜角 β の関係を示す。 V_E は掘削したずりの重量に周速度 $v = 0.367, 0.916, 1.833\text{cm/s}$ を乗じ、モルタル供試体の単位体積重量 2.02gf/cm^3 と掘削円周距離 $2\pi R$ で除したものである。 V_E は $R=2\text{cm}$ のとき、 $\beta = \pm\pi/36\text{rad}$ で極大値を示し、 $|\beta|$ の増加に伴い漸減している。 $R=5, 10\text{cm}$ のとき、 $\beta = 0\text{rad}$ で最小値を示し、 $|\beta|$ の増加に伴い増加している。

図-5 に掘削深さ d と斜角 β の関係を示す。 d は $R=2\text{cm}$ では $\beta = \pm\pi/36\text{rad}$ で最大値を示している。 $R=5, 10\text{cm}$ では $|\beta|$ の増加に伴って増加する傾向にある。また、 d は R の減少に伴い増加することが分かる。これは、 R の減少に伴い F_x, F_y, F_z の合成力の向きが鉛直方向に近くなるためであると考ええる。

図-6 に全掘削動力 P と斜角 β の関係を示す。 P は回転動力 P_R と推進動力 P_T の和であり、 P_R は接線方向力 F_x に周速度 v を乗じたもので、 P_T は垂直荷重 F_z に掘削深さ d を乗じ、ターンテーブル周期 (34.3s) で除したものである。 P は各回転半径 R において、 $\beta = 0 \sim \pm\pi/36\text{rad}$ の範囲で最小値を示し、 R の増加に伴って増加する傾向にある。

図-7 に全掘削動力における掘削土量 V_E/P と斜角 β の関係を示す。 V_E/P は $R=2, 5\text{cm}$ のとき、 $\beta = \pm\pi/36\text{rad}$ で最大値を示している。 $R=10\text{cm}$ のときは $\beta > 0\text{rad}$ の場合 $\pi/36\text{rad}$ からほぼ一定値を示し、 $\beta < 0\text{rad}$ の場合 $|\beta|$ の増加に従い増加している。 $|\beta|$ の増加に伴い V_E/P は一定値に収束していることが分かる。

5. まとめ

モルタルに対して T.B.M.ローラカッタビットが非定常掘削を行った場合、最も効率的な掘削を可能とする最適斜角 β は $\pm\pi/36\text{rad}$ であることが判明した。

6. 参考文献

- 1) 畠昭治郎：建設機械学、鹿島出版会、pp.102-113、1987。
- 2) C.R.Peterson：Roller cutter forces, Society of Petroleum Engineers Journal, Transactions, Vol.249, pp.57-65, 1970。

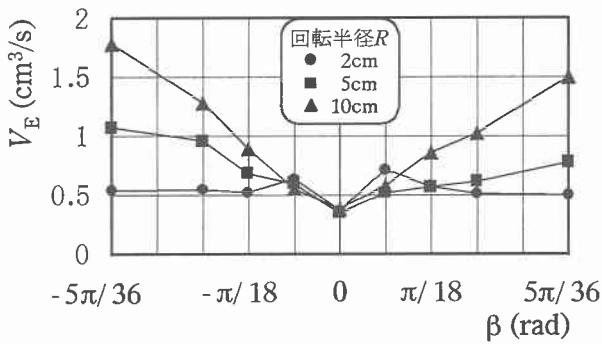


図-4 掘削土量 V_E と斜角 β の関係

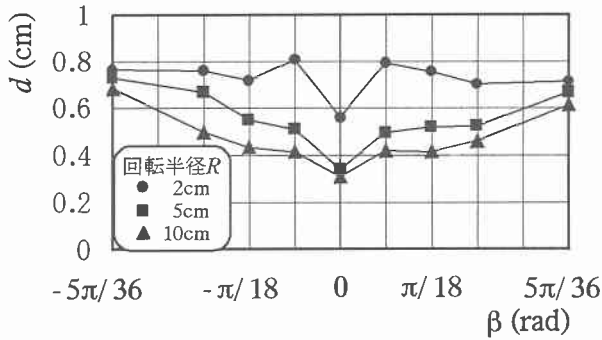


図-5 掘削深さ d と斜角 β の関係

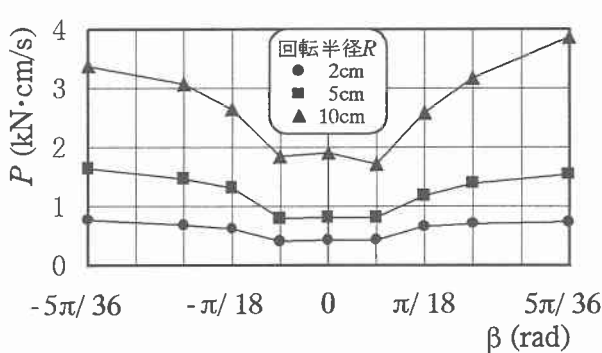


図-6 全掘削動力 P と斜角 β の関係

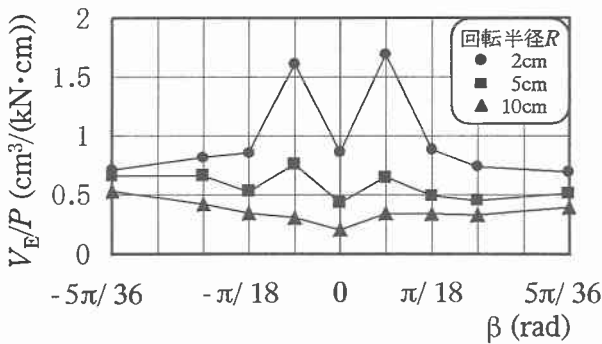


図-7 全掘削動力における掘削土量 V_E/P と斜角 β の関係