

3. 形状効果によるビット応力低減法

明石工業高等専門学校 都市システム工学科 江口忠臣

明石工業高等専門学校 専攻科 建築・都市システム工学専攻 ○小田和也

1. はじめに

ここ数年の自然災害において土砂災害が多発しており、災害時の復旧作業に供する建設機械の掘削ツールの性能は時間的制約の大きな緊急状況下で作業の成否を左右する要因となる。作業時の掘削性維持は掘削ツールの摩耗と密接に関係しており、摩耗支配則を解明することは不測の事態を未然に防ぐ重要な手段となる。

工期中、予想される悪条件下においても安定を保ち得て、さらに所定の掘削性能を持ち続ける掘削工を実現するためには、その要求に合致する掘削ツールの開発が必要である。掘削ツールの強度設計には材料工学的アプローチによる高強度素材開発、掘削対象とツールの力学的相互問題解決および摩耗試験による摩耗予測手法を基本としている。

本研究では、破壊強度に着目した応力分散手法に加え、摩耗に影響を与える応力成分を対象とし、形状効果による破壊強度増大と摩耗進行抑止を同時に実現する理論の構築を図る。ここでは室内実験用プロトタイプビットの最適形状設計のためビットの特徴的な形状を抽出し、それらを変化させる事によって数値実験により応力状態を解析した。

2. 解析方法

図1はポイントアタックビットが装着された岩盤切削機の切削ドラムである¹⁾。ビットの摩耗機構の解明のためには、ビット表面の基礎的な応力分布状態を把握しておく必要がある。本研究では、室内におけるビット実負荷実験を行うためのプロトタイプを設計するため、摩耗要因として想定される応力について把握し、最適形状を追究することを上位目的としている。ここでは変量模型実験としていくつかの変量因子を取り上げ、数値実験により最適形状決定に寄与する効果を検

討する。数値実験は有限要素法 (ANSYS Workbench10.0) による解析によって行った。

ビットの応力状態の解析のために、ビットの特徴的な形状を抽出する。ここでは図2に示すビット先端角 α 、フィレット部半径 R 、ボディ幅 $2B$ を抽出した。数値実験におけるビットの拘束条件はホルダーに支持されたビット下端、ホルダー円筒部とシャンク下面は単純支持と、ビット先端の円錐面に分布荷重を作用させて各要素の組み合わせにより125パターン基礎数値実験を行い、効果を詳細に分析するための追加実験も行った。



図1 岩盤切削機の切削ドラム¹⁾

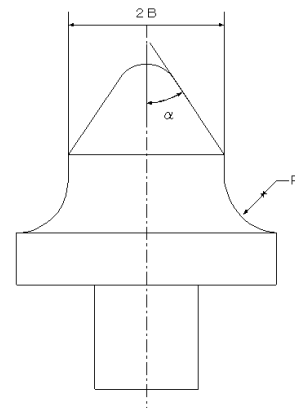


図2 ビット形状と抽出要素

3. 結果と考察

最大主応力の応力分布例を図3に示す。最大主応力においては、ビット先端で高い値を示し、斜面に沿って応力は減少していく。そして一度上昇した後、再び減少してビット先端部とボディの接続部付近で最大主応力は0となる。その後負の値となり、フィレット部で負の最大値を示す。最大せん断応力では先端部からボディへと応力は上昇し、フィレット部で最大値を示す。

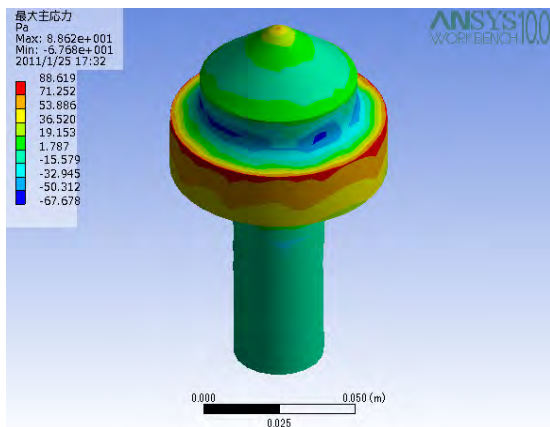


図3 最大主応力の分布状況例

フィレット部半径R, ボディ幅2Bの比であるB/Rの変化によるフィレット部最大主応力を図4に示す。解析結果における応力はホルダー部に発生する応力との比(無次元)を用いて表している。図より最大主応力はB/Rの指数関数で表され、非常に相関の高いものになっていることが読み取れる。つまり応力の減少傾向は、大幅な減少から緩やかな減少へと変化している。これはフィレット半径Rが減少することによって応力集中が発生しやすい状況になっており²⁾、ボディ幅Bの増加による応力低減効果が相殺されているといえる。従って、フィレット部の応力分散効果は制約された形状においては合理的なB/Rが存在する。

次に、ビット先端角 α を変化させた場合の円錐面最大主応力を検討する。ビット先端位置を0とし、円錐面下端を1とした時の先端角ごとの結果が図5である。この図から主応力0となる位置がビット先端角 α の設定によってコントロールできることがわかる。さらに、設定されたビット先端角によっては主応力が0付近の

範囲が拡大しており、形状効果によって結果的に強度増加をもたらす設計が可能となることがわかる。

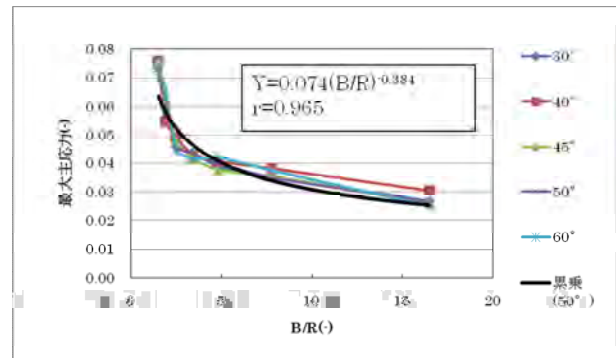


図4 B/Rの変化によるフィレット部最大主応力

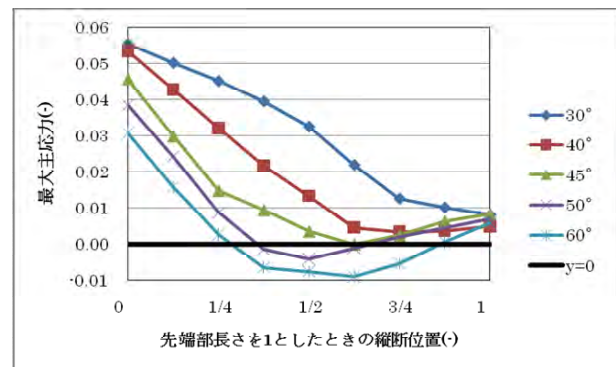


図5 ビット先端部最大主応力発生状況

4. まとめ

- ・シャンク部形状が固定される場合、発生する応力はボディ幅Bの影響が大きく、応力分散効果は制約された形状においては合理的なB/Rが存在する。
- ・先端角 α 、フィレット半径R、ボディ幅Bの組み合わせによりビット先端部最大主応力が0となる領域が発生する。

参考文献

- 1) 奥村組土木興業, 低騒音・低振動・低粉塵岩盤切削工法/岩盤切削機サーフィスマイナ, 日本建設機械化協会関西支部摩耗対策委員会第233回委員会資料, 2011
- 2) 応力集中, 西田正孝, 森北出版, 1967