

砂礫地盤におけるカッタービットの摩耗要因の評価に関する研究

(株)大林組 正会員 ○星野 智紀 正会員 服部 鋭啓 阿部 靖
九州大学 浦田 築 正会員 島田 英樹 笹岡 孝司 濱中 晃弘

1. はじめに

近年のシールド工事の施工条件は厳しくなり、『長距離』、『大断面』、『大深度』などの難条件での施工が増えている。その中で、砂礫地盤を掘進するシールド工事では、地山を切削するビットの摩耗予測が工事の施工性や工期、さらには経済性に大きな影響を与える要因となっている。シールド工事におけるビット摩耗に関する研究は今までに多数行われているが、その多くは Cerchar 摩耗試験に代表される岩石の摩耗能の評価を行なう研究であった。砂礫地盤におけるビット摩耗は摩耗要因が複雑で、土と金属間の熱的摩耗や、礫とビットが衝突する際の衝撃による影響など要因は様々である。我々は砂礫地盤におけるビット摩耗現象を再現するため、旋盤試験という新たな試験方法を考案し、砂礫地盤におけるビット摩耗を定量的に評価する試験方法の確立を試みた。

2. 旋盤試験の概要と過年度までの成果

本研究で用いた旋盤試験の概略を図-1 に示す。旋盤試験は、砂礫地盤を模した直径 50mm 長さ 100mm の供試体を作成し、供試体上方側面にビットを重錘で押し付けて回転させ、ビットの質量減少量 (mg) から旋盤摩耗係数 (mg/m) を指標として求める試験である。供試体には、礫として力学的特性の異なる砂岩、安山岩、花崗岩(表-1)を用い、結合材にはセメントを使用した。礫含有率と礫粒径の条件を複数設定、組み合わせて試験を行ない(表-2)、過年度までの成果として以下の知見を得た。

- ・ 礫の石英含有率が大きいほど、摩耗が大きい。
- ・ 礫含有率が大きいほど、礫の粒径が小さいほど摩耗が大きい。
- ・ 切削速度が速いほど摩耗が大きい。
- ・ 旋盤試験により、Cerchar 摩耗試験では把握できなかった、ビットが礫と衝突する際の衝撃欠損によるビット摩耗を評価できる。
- ・ 衝撃欠損による摩耗に対して、礫の石英含有率は支配的でない。

3. 新たな着目点

過年度までの研究においては、礫の石英含有率・供試体中の礫含有率・および礫の粒径に着目し、礫の各特性がビット摩耗に与える影響について評価した。今年度の研究においては、砂礫地盤において礫と礫の間に存在する結合材の性質がビット摩耗に与える影響に着目し、結合材の組成を変化させてビット摩耗の評価を行なった。セメントミルク(石英含有率 0%)、珪砂(石英含有率 64.1%)、某シールド工事現場から採取した砂(石英含有率 17.6%)の 3 種類を表-3 に示す割合で混練して結合材を作製し、礫と合わせて供試体を用意した。結合材による影響を評価するため、礫には粒径 5~10 mm の花崗岩のみを使用し、礫含有率を 0%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75%と変化させて旋盤試験を実施し、各供試体を切削時のビット摩耗(mg)を計測した。

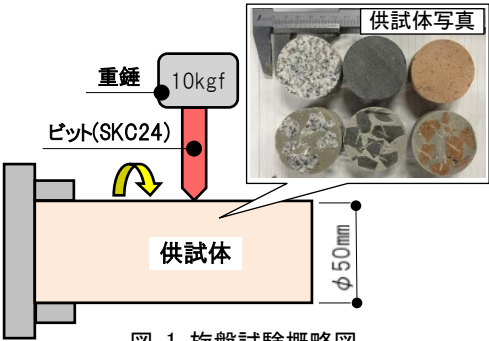


図-1 旋盤試験概略図

表-1 供試体に用いた礫の種類

礫種	一軸圧縮強度 (MPa)	石英含有率 (%)
砂岩	27.6	21.4
安山岩	48.1	6.3
花崗岩	62.9	46.9

表-2 供試体のパラメータ

項目	パラメータ
岩種	砂岩、安山岩、花崗岩
礫含有率	0%, 25%, 50%, 75%
礫の粒径	0~10 mm, 10~15 mm, 15~20 mm
結合材	セメント

表-3 結合材の混合比(重量比)

Case	材料混合比 (%)		
	セメントミルク	珪砂	現場砂
Case①	100	0	0
Case②	85	15	0
Case③	75	25	0
Case④	65	35	0
Case⑤	85	0	15
Case⑥	75	0	25
Case⑦	65	0	35

キーワード シールド工法, ビット摩耗, 砂礫地盤, 礫, 結合材

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組

4. 試験結果および考察

(1) 旋盤試験の結果および考察①

供試体の礫含有率(%)を横軸、旋盤摩耗係数(mg/m)を縦軸として得た結果に対する考察を以下に示す。

1) 礫：花崗岩(φ5~10mm) 結合材：セメント+珪砂

供試体の礫含有率と結合材のセメントと珪砂の比率を変化させた場合の、旋盤試験の結果を図-2に示す。これによると、珪砂の比率が上がるのと摩耗が増大している。珪砂の石英含有率は64.1%と高く、珪砂の比率の上昇につれ、石英の影響が大きくなり摩耗が増大したと思われる。

2) 礫：花崗岩(φ5~10mm) 結合材：セメント+現場砂

結合材のセメントと現場砂の比率を変化させて旋盤試験を実施した結果を図-3に示す。これによると、砂の比率が上がるのと摩耗が増大するが、珪砂の場合と比べて増大幅が小さい。現場砂の石英含有率は17.6%と珪砂に比べて低く、珪砂と比較して摩耗の増分が少ないと思われる。

(2) 旋盤試験の結果および考察②

結合材としてセメントと混合した珪砂と現場砂の石英含有率は、それぞれ64.1%と17.6%である。この石英含有率に混合率を掛け、結合材の石英含有率を算出すると表-4の値となる。この石英含有率を横軸、旋盤摩耗係数(mg/m)を縦軸にとった結果(図-4)に対する考察を以下に記す。

- ① これまでは礫含有率が高ければ摩耗量は大きくなると考えていたが、礫含有率と結合材の石英含有率による支配境界が有ることが分かった。例えば礫含有率0%と15%は石英含有率=12.0%で交わっており、この交点が、両者の支配境界といえる。交点は礫含有率が増すと右側に移動し、礫含有率が高いほど、境界値の石英含有率が高くなる。
- ② 異なる砂種(珪砂・現場砂)を結合材として採用したにも関わらず、結合材中の石英含有率(%)と旋盤摩耗係数の回帰直線の相関係数は0.98以上を示し、非常に高い相関性を有した。
- ③ 結合材中の石英含有率の増加に従い摩耗は増大し、その傾きは石英含有率0%の供試体が最も大きく、礫の含有率が増えるに従い傾きは小さくなる。これは、礫含有率が増えるにつれて礫による影響が増して結合材による影響が少なくなるためと思われる。

5. まとめ

結合材の条件を変化させて旋盤試験を実施した結果、結合材の石英含有率と旋盤摩耗係数の間に高い相関があることが分かるとともに、礫による摩耗と結合材による影響の間に支配境界が有ることが分かった。これまでの研究成果とあわせ、砂礫地盤におけるビット摩耗は、礫による影響と結合材による影響が密接に絡み合っていることが分かった。現状、砂礫地盤を掘削する際のビット摩耗の検討は、過去の砂礫地盤を対象としたシールド工事の実績値を基に摩耗係数を設定するのが一般的であるが、今後は、礫・結合材のそれぞれの石英含有率、礫種、礫粒径、礫含有率による影響を加味する必要があると言える。本研究が、今後の砂礫地盤におけるビット摩耗予測の礎となる事を期待し、本稿の結びとする。

【参考文献】

- 1) 大前慶恵 他：砂礫地盤におけるシールドカッタービットの摩耗予測に関する研究，土木学会年次学術講演会 2016
- 2) 星野智紀 他：地盤の礫の特性および礫含有率がカッタービット摩耗量に及ぼす影響に関する研究，土木学会年次学術講演会 2017
- 3) 星野智紀 他：砂礫地盤におけるカッタービット摩耗量の評価試験について，土木学会年次学術講演会 2018

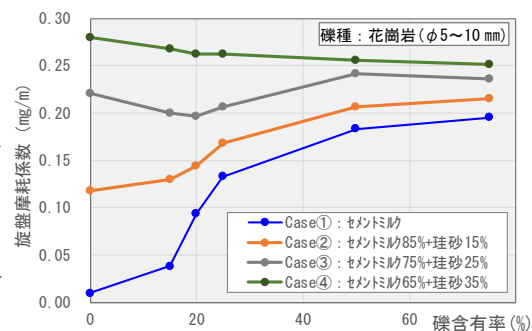


図-2 旋盤試験結果(結合材：珪砂)

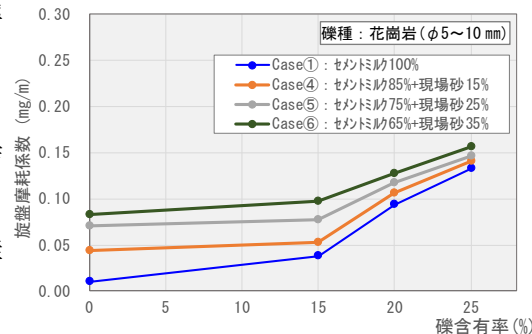


図-3 旋盤試験結果(結合材：現場砂)

表-4 結合材中の石英含有率

混合比		結合材の 石英含有率 (%)
砂 (%)	セメント (%)	
—	100%	0.0%
珪砂 15%	85%	9.6%
珪砂 25%	75%	16.0%
珪砂 35%	65%	22.4%
現場砂 15%	85%	2.6%
現場砂 25%	75%	4.4%
現場砂 35%	65%	6.2%

※珪砂 (石英含有率=64.1%)
現場砂 (石英含有率=17.6%)

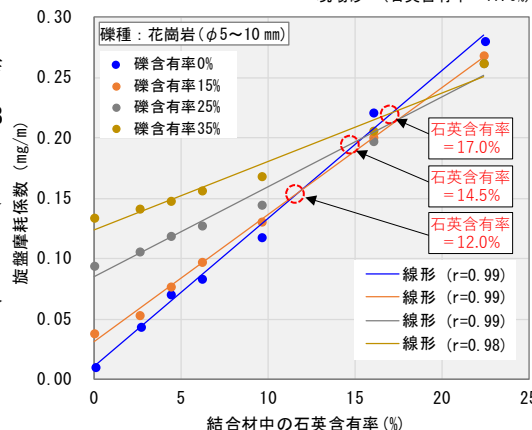


図-4 結合材の石英含有率と旋盤摩耗係数の関連