

37. 節理岩盤に対するリッピング特性に関する研究

愛媛大学 *室 達 朗・河 原 莊一郎・松 永 好 史

1. まえがき リッパ工法は、ブルドーザの後端に取り付けたシャングの先端に位置するリッパチップによって岩盤を掘削するものである。この機械化掘削における利点は、まず安全であること、他の作業を停止させる必要がないため作業全般におけるロスタイムが少ないこと、岩盤の母体を痛めることがほとんどないこと等があげられる。リッパチップにはブルドーザのけん引力によって強大な掘削力が与えられる。しかし、重機におけるチップの摩耗損傷は掘削力が大きい程著しく増加する¹⁾。一般に、亀裂の多い岩盤では亀裂の発達の方向によってリッパチップに作用する掘削力および掘削速度は変動することが知られている²⁾。そこで、掘削力が岩盤の節理の方向、すなわち走向と傾斜に対してどのようなリッピング特性を示すかを現場実験を行なって調査した。同一の岩盤の2地点において、45トン級ブルドーザの走向方向に対する掘削方向を種々に変化させることで最大、最小の掘削力を必要とする方向を計測した。写真1は、ブルドーザ後端のリッパチップによる岩盤掘削力の測定状況を示したものである。



写真1 掘削力測定中のブルドーザ

2. 岩盤特性 実験を行なった現場は、愛媛県中予の砕石場であり、岩質は和泉砂岩である。和泉層群は大阪府、三重、奈良、和歌山、徳島および愛媛の各県に分布する白亜紀後期(約1億~6400万年前)の推積岩で構成された岩盤である³⁾。実験は山を切りくずした所で平坦な地点を選び、岩盤の走向と傾斜をクリノメーターを用いて数ヶ所において測定した。走向は岩面が水平面と交わる線の方向であり、傾斜は岩面が水平面となす最大傾斜角である。その結果、現場Iにおいては走向は $N(53.8 \pm 5.1)^{\circ} E$ の方向に、傾斜は $(87.3 \pm 3.1)^{\circ} S$ の方向に卓越しており、現場IIにおいては走向は $N(79.0 \pm 15.0)^{\circ} W$ の方向に、傾斜は $(59.6 \pm 10.2)^{\circ} S$ の方向に卓越している事がわかった。また、現場の岩盤の状態をより詳しく知るために、現場より採取した岩塊について室内岩石試験を行ない、表1にその

表1 現場岩盤特性

みかけ比重 G	2.62 ± 0.02
真比重 G_s	2.75
自然含水比 W(%)	0.33 ± 0.06
吸水率 W'(%)	0.66 ± 0.10
ショア硬さ Hs	102.3 ± 3.3
超音波伝播速度 V_1 (m/s)	5133 ± 88
弾性波伝播速度 V_2 (m/s)	533 ± 74
きれっ係数 $Cr = 1 - (V_2/V_1)^2$	0.99
サンゼルスすりへり減量 U (%)	30.9
弾性係数 E (kgf/cm ²) $\times 10^3$	(274 ± 118)
ポアソン比 ν	0.22 ± 0.02
単軸圧縮強度 σ_{co} (kgf/cm ²)	3249 ± 513
圧裂引張強度 (kgf/cm ²)	158 ± 30

結果を示した。写真2は現場I、写真3は現場IIの走向・傾斜の様子を示したものである。表1におけるきれつ係



写真2 現場Iの走向・傾斜(方向①)



写真3 現場IIの走向・傾斜(方向①)

数 C_r は、現場I、IIで計測した弾性波速度の平均値で算定したものであり、この現場においては $C_r = 0.99$ とかなり亀裂の入った岩盤であることがわかる。

3. リッパチップの掘削力の測定 走向・傾斜の異なる現場I、IIで45t級ブルドーザを用い掘削深さを約65cmと設定してリッピング作業を行ない、リッパチップに作用する掘削力の大きさを走向に対して種々の掘削方向で測定した。

計測方法は図1に示すようにリッパチップを取り付けているシャंक上部に4枚のストレインゲージを貼り付け、軸圧縮力(A)(B)、および曲げモーメント(C)(D)を別々に測定した⁴⁾。その後、リッパチップに作用する鉛直方向力 F_v と水平方向力 F_H を算定しチップに作用する合力を求めた。

なお、キャリブレーションに当たっては、50tf用ロードセルに種々の角度でセットしたシャंकを通してブルドーザの自重を載荷させ、軸圧縮力とひずみ、および曲げモーメントとひずみの関係を求めた。図2(a)(b)は、一例として現場Iで走向との方向③でリッピング作業試験を行なったときの軸圧縮力と曲げモーメントの実測値である。かなり変動しているが軸圧縮力と曲げモーメントはよく対応していることがわかる。この場合のリッパチップに作用する鉛直方向力 F_v と水平方向力 F_H の分布

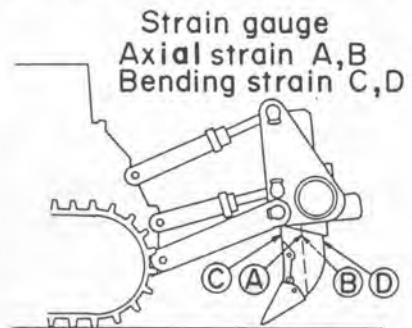


図1 ストレインゲージ貼付図

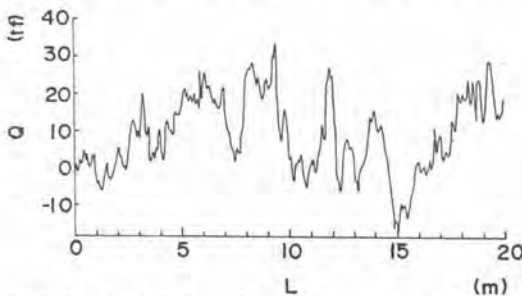


図2(a) 軸圧縮力Qとブルドーザ走行距離L

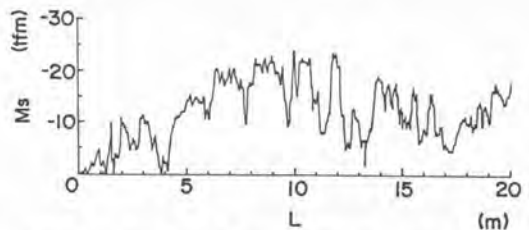


図2(b) モーメントMsとブルドーザ走行距離L

図を 図3 に示す。
この図よりリップチップ
に作用する力として
は水平方向力 F_H
よりも鉛直方向力 F_V
の方が大きく、合力は
上方から下方に向かっ
て水平と 66.1° をな
して作用していること
がわかる。

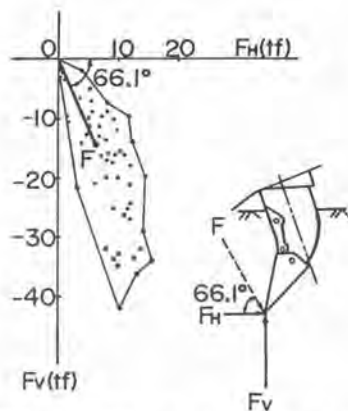


図3 リップチップに作用する鉛直方向力 F_V と水平方向力 F_H の関係

4. 岩盤の走向・傾斜と掘削力の関係

走向と傾斜を測定した水平岩盤において走向に対する掘削方向を指定して掘削力を測定した。現場Ⅰにおいては ① 走向と平行に掘削、② 走向と直角に掘削、③、④ 走向に対して 45° の方向に掘削、という4ケースにおいて実験を行なった。現場Ⅰの岩盤の傾斜の値が 87° とかなり立っており、鉛直面とみなし掘削方向には傾斜の影響はないものとして取り扱った。現場Ⅱにおいては走向だけではなく傾斜の影響も考慮に入れ、図に示した ①～⑧ の8方向において実験を行なった。岩盤の走向・傾斜と掘削方向・掘削力についての関係を 図4 (a)(b) に示す。現場Ⅰの傾斜の影響がないとしたものは走向方向に比較的大きな掘削力を必要とし、走向と直角方向には小さな掘削力であった。現場Ⅱの傾斜の存在が影響するとしたものは走向方向には小さな掘削力であり、走向の直角方向には大きな掘削力を必要とした。図4 (a)(b) に示す太線の掘削力は合力 F の平均値であり、細線で囲んだ部分は標準偏差の上下のバラつきを示したものである。この図から掘削力がかなり変動していることがわかる。

5. 考察 岩盤の亀裂の発達方向を層理面の走向と傾斜のみによって判断することは困難であり、写真4 に示すように各層理面においても交叉する種々の節理面が存在する。従って、岩盤の力学的異方性が層理面または層理面に存在する節理面のどちらに支配されるかは不明である。ここでは、リップング作業方向の水平岩盤上の弾性波速度を測定した。その結果を表2 およ

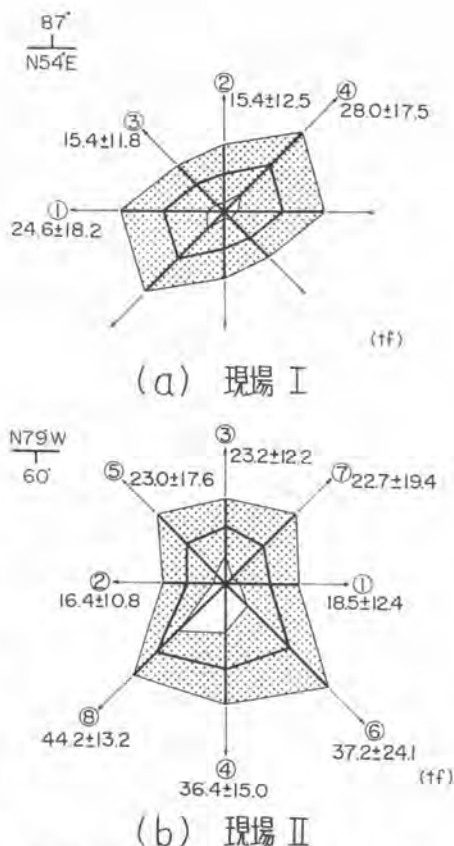


図4 岩盤の走向・傾斜に対する掘削力 F の掘削方向による変化



写真4 岩盤の節理状況

び図5(a)(b)に示すが、現場I、IIとも掘削合力と弾性波速度の大きさは各リッピング作業方向に対してよく対応していることが判明した。現場Iでは層理面の走向と時計回りに

表2 現場弾性波速度 V_2

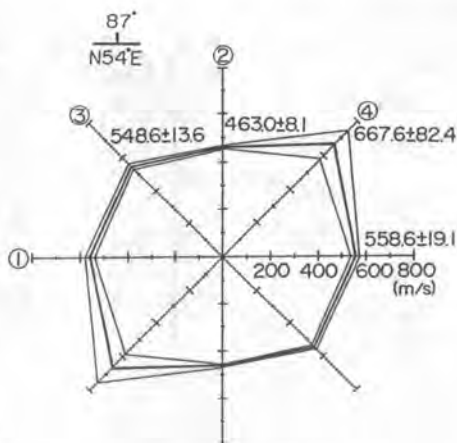
現場	掘削方向	V_2 (m/s)
I	①	558.6 ± 19.1
	②	463.0 ± 8.1
	③	548.6 ± 13.6
	④	667.6 ± 82.4
II	①②	451.0 ± 41.0
	③④	579.0 ± 26.7
	⑤⑥	582.0 ± 36.4
	⑦⑧	617.1 ± 80.5

45～90度において掘削合力は最小となっている。一方、現場IIでは層理面の走向方向の掘削合力が最も小さい。この傾向は、リッピング作業方向に層理面が逆目である方が順目であるよりも掘削合力は若干大きくなる事象とともに著者らが先に行なった室内掘削実験の結果⁵⁾とよく一致している。

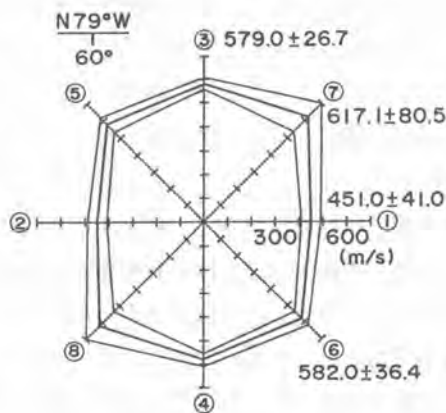
6. まとめ 節理岩盤をリッピングする際の掘削合力の大きさは、掘削方向の弾性波速度とよく対応しており、節理の発達した岩盤では層理面の走向・傾斜の力学的異方性に及ぼす影響はあまり顕著でなかった。しかし、一般に亀裂係数が小さく、層理面の発達が節理面の数と比較して優性である場合には、層理面の走向方向にリッピングした方が掘削力は最も小さくなることが判明した。

参考文献

- 1) 室達朗, 松永好史; リッパチップの掘削力とハードフェーシング効果について, テラメカニックス, 第5号, pp.32-36, 1985.
- 2) J. Hornung; Materialbedingte Einflüsse auf den Gewinnungsvorgang des maschinellen Reißens von Fels, BAUMASCHINE und BAUTECHNIK, Heft 1, pp.14-18, 1976.
- 3) 大草重康; 土木地質学, 朝倉書店, pp.144-153, 1972.
- 4) 大柿光司; 新しい力の検出法の開発, テラメカニックス, 第2号, pp.5-7, 1983.
- 5) 室達朗, 河原荘一郎, 松岡伸明; 節理岩盤の掘削力に関する実験的考察, 土木学会第40回年次学術講演会講演概要集, 3, 1985.



(a) 現場 I



(b) 現場 II

図5 リッピング方向に測定した弾性波速度