

III-180 岩石掘削における刃先の摩耗による寿命予測

福井大学工学部 正員 〇室 達朗
(株) 青木建設 鷲尾 淳俊

岩盤の機械化掘削における主要な問題点の一つは、対象岩盤に対する刃先の摩耗による寿命を適格に予測し、正しい判断に基づいた施工計画を立てることである。従来、岩盤特性とリッパースタンプの摩耗量や摩耗による形状変化特性¹⁾および岩石の物理的特性相互の関係についての調査研究²⁾を行ってきたが、ここでは、実際にリッピング作業を行なっている11ヶ所の作業現場において実測したリッパースタンプの摩耗重量の変化と摩耗による先端部の摩耗寸法の経時変化より、別に試験した岩盤特性との相関性においてチップの寿命を予測する式を導くことを主眼とした。表-1は、作業現場の岩盤特性を示したものである。

表-1 リッピング作業現場における岩盤試験の結果

地名	岩石名	σ_{co} kg/cm ²	V_1 m/sec	V_2 m/sec	C_r	G_s	U %	W %	H_s	K	σ_c	鉱物組成 %						
												石英	長石	角閃	雲母	緑泥	鉄燐	基質
A	粘板岩	74	640	750	0.272	2.62	25.1	1.50	21.9	1.204	65	38.0	62.0	0	0	0	0	0
B	角閃石 ハニレ岩	1192	1093	2488	0.807	2.86	12.2	0.89	76.6	0.414	95	0	58.5	37.9	3.3	0	0	0
C	頁岩	250	950	1500	0.599	2.63	26.5	1.44	96.2	0.262	26	4.1	0	0	23.9	30.1	4.7	37.2
D	蛇紋岩	550	2065	2578	0.362	2.67	33.0	1.96	71.2	0.177	62	0.2	82.1	0	0	0	17.7	0
E	砂岩	370	1143	3840	0.911	2.53	35.6	2.75	82.4	0.473	16	31.0	31.0	0	1.0	0	0	23.0
F	変質砂岩	344	1315	3645	0.870	2.58	24.0	3.08	48.9	0.474	21	0	47.0	0	0	0	1.0	48.0
G	チャート	1114	1494	2868	0.729	2.55	39.8	2.84	91.4	0.991	299	100	0	0	0	0	0	0
H	砂質粘板岩	81	1348	1971	0.532	2.32	39.3	9.13	8.5	0.131	5	0.1	99.7	0	0	0	0.2	0
I	花崗岩	840	1743	3679	0.776	2.63	35.3	0.81	83.3	0.691	130	41.9	55.1	0	2.2	0	0	0
J	チャート	736	1650	3247	0.742	2.61	20.6	0.89	87.8	1.591	302	100	0	0	0	0	0	0
K	粘板岩	120	1125	2475	0.793	2.00	20.5	18.25	30.2	0.179	4	0	100	0	0	0	0	0

ここに、 σ_{co} は、無きれつ岩石の単軸圧縮強度、 V_1 は現場における岩盤の弾性波速度、 V_2 は無きれつ岩石の超音波伝播速度、 C_r はき裂係数で $1 - (V_1/V_2)^2$ で算定される。また、 G_s は比重、 U はロサンゼルスすりへり減量、 W は吸水量、 H_s はショア硬さ、 K は後述する算定式によって計算される定数であり、 σ_c は岩盤強度指数で次式によって算定される。刃先の摩耗量を支配する要因は、

$$\sigma_c = K \sigma_{co} (1 - C_r) \quad (1)$$

$$K = K_0^2 \cdot \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{4} \quad (2)$$

ここに、

$$K_0 = (\text{石英含有量}) + (\text{長石類含有量}) \times 0.5$$

$$K_1 = (\text{比重}) / 2.60$$

$$K_2 = 30.0 / (\text{ロサンゼルスすりへり減量})$$

$$K_3 = 2.00 / (\text{吸水量})$$

$$K_4 = (\text{ショア硬さ}) / 60.0$$

刃の材質が同一のものであるとしても、対象岩盤の圧縮強度だけでなく、岩盤のき裂程度、硬度の高い鉱物の含有量、風化程度と表現する比重、ロサンゼルスすりへり減量、吸水量、ショア硬さなどを総合的に評価していく必要がある。(1)、(2)式で与えた岩盤強度指数 σ_c は、刃先の摩耗性を評価する指数として

考案したものである。ここで、 K_0 は、刃先の材質硬さより高い造岩鉱物である石英粒子等の含有量を他の因子より高く評価していることを意味している。上式を用いて、それぞれの作業現場における岩盤強度指数を算定した結果は同表に示すとおりである。

さて、リッパ-チップの形状・材質が一定のものを使用し、刃先先端部の摩耗寸法およびチップ全体の摩耗重量の経時変化について、それぞれの現場で追跡調査を行なった。まず、図-1に示したのは、刃先先端部の摩耗寸法とリッピング作業時間との関係を直線式に近似させたものである。ここに、リッピング作業時間とは、実際にリッピング作業を行なっている往復動の時間である。また、図中の数字は、刃先先端部の摩耗寸法 $A = a \times$ リッピング作業時間 T とした場合の a の値を最小自乗法によって求めたものであり、相関係数は $0.945 \sim 0.996$ の範囲である。刃先先端部の摩耗寸法が 160 mm に達するときを摩耗限度とすると、摩耗によるリッパ-チップの寿命時間 T_c は $160/a$ で算定される。図-2は、この場合の寿命時間 T_c と岩盤強度指数 σ_c との関係を両対数紙上にプロットしたものであるが相関性は低いことが判明した。つぎに、図-3に示したのは、摩耗重量の経時変化を直線式に近似させたものである。図中の数字は、刃先の摩耗重量 $M = b \times$ リッピング作業時間 T とした場合の b の値を最小自乗法によって求めたものであり、相関係数は $0.906 \sim 0.996$ の範囲にある。チップの摩耗重量が 7000 g に達するときを摩耗限度とすると、摩耗によるリッパ-チップの寿命時間 T_c は $7000/b$ で算定される。図-4は、この場合の寿命時間 T_c と岩盤強度指数 σ_c との関係をプロットしたものである。両者の相関性は、かなり高く $\sigma_c \approx 43$ 近傍に折点を有する折線で表現されることが判明した。すなわち、 σ_c の増加とともに T_c は減少するが、この折点を境にして摩耗に対するチップ材質の降伏現象が出現することが明らかとなった。したがって、岩盤の力学性状よりリッパ-チップの寿命を予測するためには、図-4による方が適切であり、寿命予測式として次式で与えることができる。

$$0 < \sigma_c \leq 43 \text{ のとき } T_c = 4.10 \times 10^2 \sigma_c^{-0.33} \quad (3)$$

$$\sigma_c > 43 \text{ のとき } T_c = 2.40 \times 10^5 \sigma_c^{-2.03} \quad (4)$$

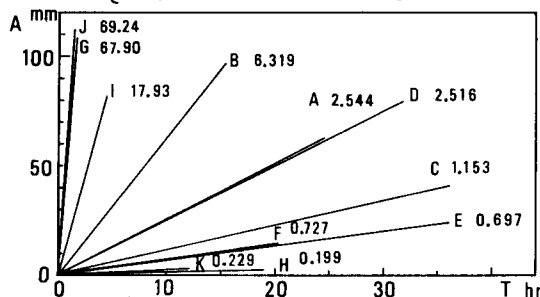


Fig. 1

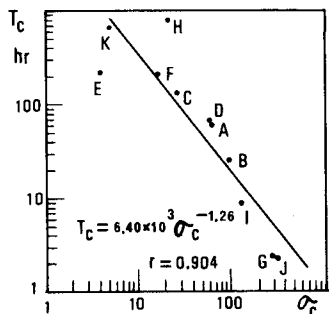


Fig. 2

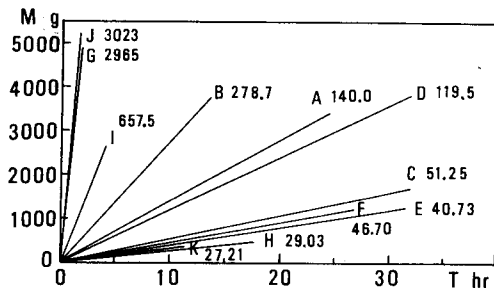


Fig. 3

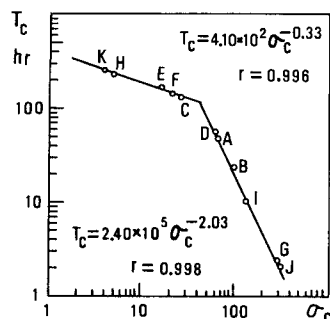


Fig. 4

参考文献 1) 畠・室・金氏；リッパ-チップの摩耗形状変化特性について，オス9回土木学会学術講演会，および室・中村；岩石特性のリッパ-チップの摩耗に及ぼす影響，オス30回土木学会 2) 室；岩石諸特性間の相関性，福大工研報告23-2。