

III-341

侵食段丘面下における岩盤の風化速度

中央大学大学院 学生会員 八戸昭一
 中央大学理工学部 鈴木隆介
 中央大学理工学部 平木伸明

1. はじめに

近年、建設工事の大規模化に伴って、地表および地下における岩盤の工学的性質の長期的変化が重要な課題となっている。例えば、各種の長大切取法面、地すべり地帯の構造物、トンネル、大型地下空洞、大型橋梁の支持岩盤、放射性廃棄物の最終地下処理施設などの建設計画においては、数十年～数千年単位での岩盤物性の長期的変化の予測が具体的課題となりつつある。このような長期的変化は、岩盤の風化に起因すると考えられる。しかし、風化物質の速度論的な研究は少なく、土木工学的に役立つ形で一般化した研究はない。

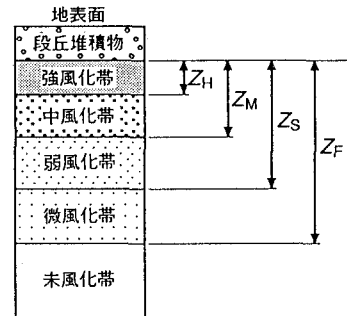
このような研究の遅滞は、一般に風化開始年代の特定と風化物質の経時的な除去量の特定がともに極めて困難であることに由来する。そこで、本研究ではこれらの困難を克服するため、風化開始年代の特定が可能であり、かつ風化物質の除去がないと見做しえる侵食段丘面直下の基盤岩石を対象として、その風化量(厚さ)の経時的変化を定量的に評価し、土木工学的により有意義な風化速度の経験式を確立することを目的とした。

2. 岩盤風化速度の定義

本研究では岩盤の風化開始年代(=離水年代)が判明している侵食段丘面の直下の基盤岩石を扱うこととした。そして、風化帯と未風化部分(U)との境界を風化フロントと呼び、それが地表面つまり段丘面から垂直方向に進行する速度を風化速度と定義する。すなわち、

$$\text{岩盤の風化速度} = dZ/dt$$

ここに、 Z は風化帯の厚さ(段丘堆積物の基底から風化フロントまでの厚さ)、 t は風化時間(=段丘面の離水年代)である。また、風化帯を風化程度によって強(H)・中(M)・弱(S)および微風化帯(F)の4風化帯に分帯し、岩盤表面から各風化帯の基底(各風化帯ごとの風化フロント)までの厚さをそれぞれ、 Z_H, Z_M, Z_S, Z_F と定義する(図1)。

図1. 風化帯層厚(Z)の定義

3. 調査方法

風化フロントの認定は、段丘面下に掘削した切取法面、ボーリングおよびテストピットにおける観察や山中式貫入硬度、シュミットロックハンマー反発硬度および間隙径分布などの岩石物性測定、ならびに段丘面上での弾性波探査の結果に基づいて、総合的に行なった。なお、観察による風化分帯は Geological Society Engineering Group Working Party (1977) の基準に従った。

4. 調査地域の地形・地質

本研究では、第三系海成堆積岩(主として軟岩)を基盤岩石とする侵食段丘面が広く分布する地域のうち、次の2地域を調査地域に選んだ。

房総半島南端地域には地震性地殻変動で隆起した4段の海成侵食段丘面が発達し、その基盤岩石は新第三系三浦層群の砂岩・泥岩の互層である。これら4段の段丘面の離水年代は、それぞれ6,150年前、4,350年前、2,850年前および270年前(1980年現在)、と推定されている。また、1923年の関東地震で約1.5m隆起した波食棚面を大正面と呼び、その離水年代を69年前とした。

秩父盆地の荒川本流沿岸地域には、河成侵食段丘面群が広く発達しており、これらの段丘群は上位(S_u)・中位(S_m)・下位の3段丘群に大別され、下位段丘はさらに14段($S_1 \sim S_{14}$)に細分されている。

また基盤岩石は新第三系中新統の海成堆積岩の礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩およびそれらの互層である。段丘面の離水年代は、上位段丘が約40万年前、中位段丘が約7万年、そして下位段丘が3万年前～1500年前であると推定されている。

5. 風化速度の測定結果

5.1 風化帯の厚さ(Z)と風化時間(t)の関係
房総半島南端部と秩父盆地の侵食段丘面下における基盤岩石について得られた風化帯の厚さ(Z)と風化時間(t)の関係は、図2のようになる。

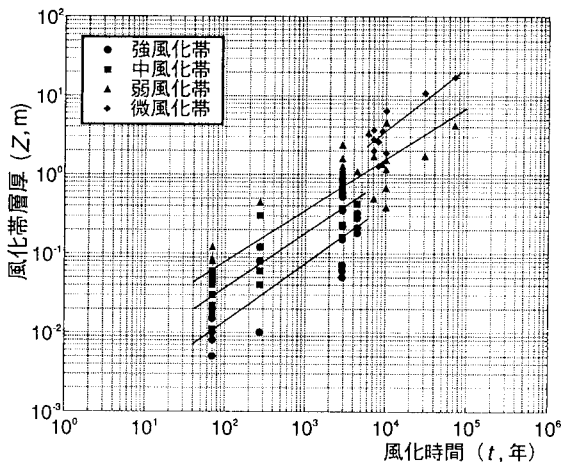


図2. 風化帯層厚(Z)と風化時間(t)との関係

図2によると、各風化帯の厚さは風化時間とともに直線的に増加する。4本の傾向線はグラフ上で互いにはば並行となり、一般に次式、

$$Z = at^b \quad (1)$$

で表される。ここに、 Z は各風化帯の層厚(m)であり、 t は風化時間(年)であって、 a と b は定数である。各風化帯ごとに整理すると次のようになる。

$$\begin{aligned} Z_H &= 0.5 \times 10^{-3} t^{0.73} \quad (r = 0.64) \\ Z_M &= 1.5 \times 10^{-3} t^{0.70} \quad (r = 0.72) \\ Z_S &= 4.5 \times 10^{-3} t^{0.63} \quad (r = 0.68) \\ Z_F &= 6.7 \times 10^{-3} t^{0.68} \quad (r = 0.96) \end{aligned} \quad (2)$$

風化時間(t)について微分すると、強・中・弱・微風化帯のそれぞれの風化速度は次のようになる。

$$\begin{aligned} dZ_H/dt &= 0.4 \times 10^{-3} t^{-0.27} \\ dZ_M/dt &= 1.1 \times 10^{-3} t^{-0.30} \\ dZ_S/dt &= 2.8 \times 10^{-3} t^{-0.37} \\ dZ_F/dt &= 4.6 \times 10^{-3} t^{-0.32} \end{aligned} \quad (3)$$

5.2 風化速度に与える原岩(未風化岩)の物性の影響

岩石の初期の物性(未風化岩の物性)が風化速度に与える影響を調べるために、未風化岩の物性を強制湿潤状態における一軸圧縮強度(S_c)で代表させ、各風化帯ごとの厚さ(Z)と t/S_c との関係を調べた。その結果はつぎのようになる。

$$\begin{aligned} Z_H &= 2.9 \times 10^{-3} (t/S_c)^{0.73} \quad (r = 0.65) \\ Z_M &= 8.4 \times 10^{-3} (t/S_c)^{0.71} \quad (r = 0.72) \\ Z_S &= 16 \times 10^{-3} (t/S_c)^{0.74} \quad (r = 0.78) \\ Z_F &= 32 \times 10^{-3} (t/S_c)^{0.75} \quad (r = 0.97) \end{aligned} \quad (4)$$

式(4)を、風化時間(t)について微分すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} dZ_H/dt &= (2.1 \times 10^{-3} / S_c^{0.73}) t^{-0.27} \\ dZ_M/dt &= (6.0 \times 10^{-3} / S_c^{0.71}) t^{-0.29} \\ dZ_S/dt &= (12 \times 10^{-3} / S_c^{0.74}) t^{-0.26} \\ dZ_F/dt &= (24 \times 10^{-3} / S_c^{0.75}) t^{-0.25} \end{aligned} \quad (5)$$

6. 今後の課題

当面の課題としては、次の諸点が指摘される。

1) 段丘面下という特定の風化環境での風化速度だけでなく、斜面下の風化速度への研究の進展、
2) 本研究で扱った第三系以外の岩石、とくに風化しやすい岩石(例えば、変成岩、蛇紋岩など)の風化速度の定式化、

3) 風化分帯技術の向上(例えば、風化との関係における各種岩石物性の互換性の研究)、

4) 風化時間以外の、風化条件ないし風化環境(岩質、地質構造、気候、水文、地形場、生物など)の風化速度に与える影響の定量的評価、
などである。

[参考文献]

- Geological Society Engineering Group Working Party (1977) The description of rock masses for engineering purposes: Q. J. Engineering Geology, 10, 355-388.
中田 高ほか(1980) 房総半島南部の完新世海成段丘と地殻変動: 地理学評論, 53, 29-44.
Suzuki, T. and Hachinohe, S. (1993) Rates of weathering of bedrock under erosional terrace surfaces in Japan, Abstracts of the 3rd I. C. Geomorphology, 256.
鈴木隆介ほか(1994) 風化速度に与える原岩物性の影響: 地形, 15, 73.