

土工材料としての古第三紀岐波層の締固め・CBR 特性

Compaction and CBR Characteristics of the Paleogene Kiwa Layer

山本 哲朗 (やまもと てつろう)
山口大学教授 工学部社会建設工学科

寺山 崇 (てらやま たかし)
山口大学大学院理工学研究科博士前期課程 学生

勝部 安昭 (かつべ やすあき)
山口大学大学院理工学研究科博士前期課程 学生

松下 英次 (まつした えいじ)
山口大学大学院理工学研究科博士後期課程 学生

河内 義文 (こうち よしふみ)
(株)ケイズラブ 代表取締役社長

1. はじめに

最近、山口県宇部市の丘陵地において山陽自動車道の敷設、宅地造成および道路拡幅工事に伴い、埋立て・切取り工事が頻繁に実施されている。今回著者らが対象にした宇部市西岐波の丘陵地では、宅地造成を目的とした工事が計画され、丘陵地の谷部を埋めるためにその西側に近接する丘陵地から切取った土を用いて盛土工事が実施されている。当現場およびその周辺の地質は新生代古第三紀漸新世の岐波層であり、花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩が複雑に数枚にわたり層状に堆積している。泥岩については、その地質年代の違いによらず、力学的・締固め性質は調べられた例があるが^{1)~3)}、このような花崗岩質砂岩～シルト岩の諸性質は明らかにされていない。

本文では、最初に当現場の地質調査、地質学・岩石学上の特徴を述べ、上記岩石を粉砕した土試料に対して諸物理的性質、締固め特性および CBR 特性を調べた結果について記述する。

2. 調査地の地質・岩石

宇部市西岐波において宅地造成を目的として、標高約 20 m の丘陵地で切土工事および最大 8 m 厚の盛土工事が実施されている。造成面積は約 21 033 m² であり、図一 1 にその周辺図を示す。また、口絵写真一 19 に当現場の遠景を示す。口絵写真一 19 に記入した点線から下位の

地質は新生代古第三紀漸新世の岐波層 (約 30 Ma) であり、点線から上位の表層部に厚さ 5~6 m で赤~赤褐色の吉南層 (1.2~1.3 Ma) が見られた⁴⁾。口絵写真一 20 には、岩石層序が明瞭に見られた切取り斜面の近景を示し、図一 2 には口絵写真一 20 に記載した点線間の土質断面図を示す。

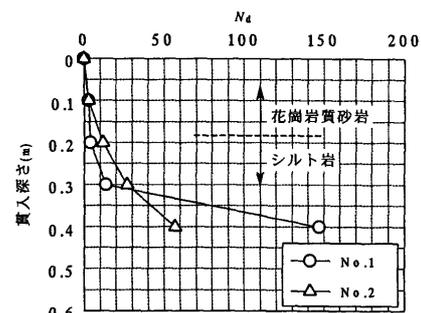
口絵写真一 20 の②の層に対して簡易動的コーン貫入試験 (JGS-1433-1995) を 2 箇所で実施した。図一 3 に

分類番号	厚さ (m)	岩石記号	色調	岩質名	観察
①	0.40	V	褐	腐植土	竹の根が存在。
	0.68	灰白		シルト岩	一部花崗岩質砂岩が存在。 褐鉄鉱が存在。
	0.19	茶褐		花崗岩質砂岩	長石、石英が存在。
	0.22	灰白		シルト岩	石英はほとんど存在しない。
	0.36	茶褐 灰白		花崗岩質砂岩 シルト岩	花崗岩質砂岩が存在。 石英ほとんど存在しない。
②	0.43	茶褐 灰白		花崗岩質砂岩 シルト岩	硬質な角張った。 長石、石英が存在。
	0.14	灰白		シルト岩	褐鉄鉱が存在。
③	1.98	暗紫 茶褐		暗紫色の花崗岩質 砂岩	角張った石英が存在。
	0.29	青灰		シルト質砂岩	黄鉄鉱、褐鉄鉱が存在。

図一 2 地盤断面図 (口絵写真一 20 参照)



図一 1 現場周辺図



図一 3 簡易動的コーン貫入試験結果

表一 土試料の諸物理定数

試料	ρ_s (g/cm ³)	U_c	D_{max} (mm)	D_{50} (mm)	F_c (%)	F_{clay} (%)	w_n (%)	w_L (%)	w_p (%)	I_p	pH	土質分類
花崗岩質砂岩	2.618	8.49	9.00	0.63	9.8	1.6	6.7	—	—	—	7.3	S-M
シルト質砂岩	2.625	48.37	5.90	0.11	45.4	11.6	21.5	32.9	16.5	16.4	5.3	SM
シルト岩	2.607	—	—	0.02	84.6	27.6	17.2	35.9	18.0	17.9	5.3	CL

その結果を示す。表層の花崗岩質砂岩は N_d (簡易 N 値) の平均が10付近であるのに対し、シルト岩の N_d は貫入深さ0.4 mにおいて約150付近にも達し、非常に硬いことがわかる。口絵写真一20の②の部分は斜面上部から、厚さ18 cmの花崗岩質砂岩 (褐色)、厚さ14 cmのシルト岩 (灰白色)、厚さ30 cmの花崗岩質砂岩 (褐色) で構成される。花崗岩質砂岩はパイライト (黄鉄鉱) が酸化してできた褐鉄鉱を含んでいた。口絵写真一20の③の部分では、右側方部にシルト質砂岩 (青灰色) がみられ、それにはパイライトが25.9 g/1 000 cm³ の割合で含有されていることを確認した。

3. 岐波層の物理的性質

現場で採取した花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩をそれぞれ粉砕した3試料に対し、土粒子の密度試験、粒度試験および液・塑性限界試験を実施した。表一にその結果を示す。細粒分含有率 F_c に関しては、シルト質砂岩で45.4%、シルト岩で84.6%であるのに対し、花崗岩質砂岩は9.8%と小さい。粘土分含有率 F_{clay} については、シルト岩は27.6%で、他の2試料よりも多い。シルト質砂岩の均等係数 U_c は48.37で、粒度分布は非常に良いといえる。花崗岩質砂岩は pH=7.3 でアルカリ性なのに対し、他の2試料は5.3となり若干酸性である。土質分類より、花崗岩質砂岩はシルト混じり砂 (S-M)、シルト質砂岩はシルト質砂 (SM)、シルト岩は粘質土 (CL) に分類される。

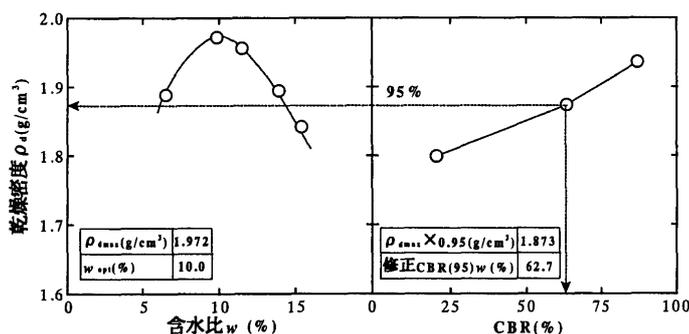
また、各試料に含まれる鉱物を調べるため、粉末 X線回折試験を実施した。表二にその結果を示す。3試料とも主要鉱物は石英、正長石であり、シルト質砂岩およびシルト岩にはメタハロイサイトも含まれている。口絵写真一21に花崗岩質砂岩の偏光顕微鏡写真を示す。花崗岩質砂岩の特徴として、鉱物間の隙間に鉄の酸化物が沈積していることが挙げられる。

4. 岐波層の締固め特性および CBR 特性

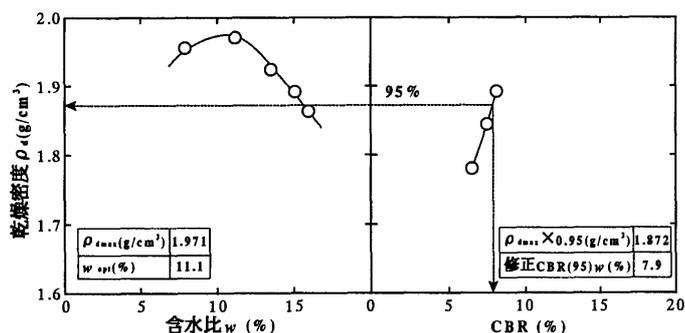
古第三紀層を盛土材として用いる場合、施工上の問題は少ないといわれている⁵⁾。花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩の3試料に対し、盛土材のほかに、路盤・路床材として用いる場合の適否を調べるため、これらを粉砕して粒度調整したものについて締固め試験 (E-a 法) および修正 CBR 試験を実施した。花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩に対する締固め曲線および CBR 試験結果をそれぞれ図一4 (a), (b), (c) に示す。所要の締固め度を最大乾燥密度の95%に設定して、修正 CBR を求めた。

表二 X線回折試験結果

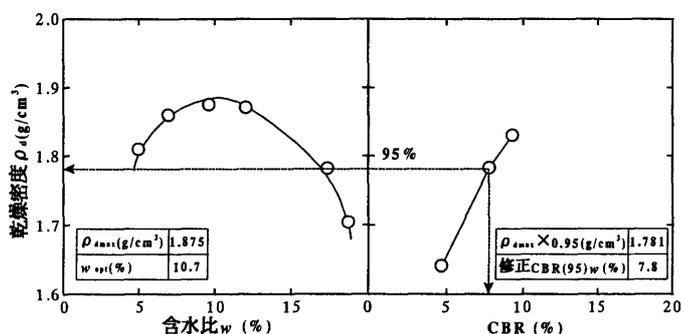
試料	主要鉱物
花崗岩質砂岩	石英, 正長石
シルト質砂岩	石英, 正長石, メタハロイサイト
シルト岩	石英, 正長石, メタハロイサイト



図一4 (a) 花崗岩質砂岩の CBR 曲線



図一4 (b) シルト質砂岩の CBR 曲線



図一4 (c) シルト岩の CBR 曲線

図一4より花崗岩質砂岩の締固め曲線は尖鋭となっているのに対し、シルト岩のそれは緩やかな曲線となっている。シルト質砂岩のそれは、両者の中間的の形状を呈する。花崗岩質砂岩の最大乾燥密度 γ_{dmax} は1.972 g/cm³、最適含水比 w_{opt} は10.0%、シルト質砂岩の γ_{dmax} は1.971 g/cm³、 w_{opt} は11.1%、シルト岩の γ_{dmax} は1.875 g/cm³、 w_{opt} は10.7%となり、締固め特性は3試料とも非

常に良いことが明らかになった。なお、当現場において花崗岩質砂岩を用いて盛土した地盤の乾燥単位体積重量 γ_d は 2.07 g/cm^3 であり、本試験から得られた $\gamma_{dmax} = 1.972 \text{ g/cm}^3$ (図-4(a)) よりも大きいことがわかった。両者のこの違いは、土粒子の粒度および締固めエネルギーの相違によるものである。本実験で用いた3種類の岩石の γ_{dmax} は同じ古第三紀宇部層群の泥岩の $\gamma_{dmax} = 1.870 \text{ g/cm}^3$ よりも大きい²⁾。

締固め試験後において、含水比によりどれだけ土粒子構造が変化するかを調べるために走査型電子顕微鏡観察を行った。観察では締固め後の試料の鉛直断面を対象にした。その一例として、シルト岩の最適含水比付近および湿潤側における土粒子構造をそれぞれ口絵写真-22(a), (b)に示す。最適含水比付近では、薄片状の土粒子が密実に堆積しており、間隙部分は比較的少ない。一方、湿潤側では同様に薄片状の土粒子が堆積しているが、間隙部分が大きくなっている。

日本道路協会による簡易舗装道路の上層路盤の設計⁶⁾では、修正 CBR は60%以上が必要である。図-4から花崗岩質砂岩の修正 CBR 値は62.7%であり、その条件を満たしており、路盤材料として使用できるといえる。シルト質砂岩およびシルト岩の修正 CBR は10%に満たないため、簡易舗装道路の下層路盤に適用できず、路盤材料として使用できない。これは花崗岩質砂岩の細粒分含有率 F_c が9.8%であるのに対し、シルト質砂岩およびシルト岩の細粒分含有率 F_c はそれぞれ45.4%, 84.6%と大きいことによると考えられる。3種類の岩石の修正 CBR 値は上述した泥岩の修正 CBR 値5%程度より大きい²⁾。

図-5には各試料の CBR と膨張比 Re の関係を示す。この図から花崗岩質砂岩 (○) の膨張比は1%以下であり、良好な路床材料といえる⁷⁾。シルト質砂岩 (◎) およびシルト岩 (△) の膨張比は3%前後であるため、両試料は良好もしくはやや不良な路床材料に分類される⁷⁾。また、シルト質砂岩およびシルト岩でスレーキング試験を実施した。試料はそれぞれ約200gの岩塊を用いた。加水直後のシルト質砂岩では幅約2mm、長さ約6.2cmの亀裂が生じ、またシルト岩でも亀裂が生じ、両試料とも非常にもろく、また崩れやすいことがわかった。

以上より、花崗岩質砂岩は盛土および路盤・路床材料として問題なく使用できるが、シルト質砂岩およびシルト岩は路盤・路床材料として使用する際には、適切な地盤改良工を施す必要があることが明らかになった。

5. 結論

山口県宇部市西岐波の宅地造成地で盛土材として用いられている新生代古第三紀漸新世に属する花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩の諸物理的性質、締固め特性、CBR 特性を調べた。以下に得られた結果についてまとめる。

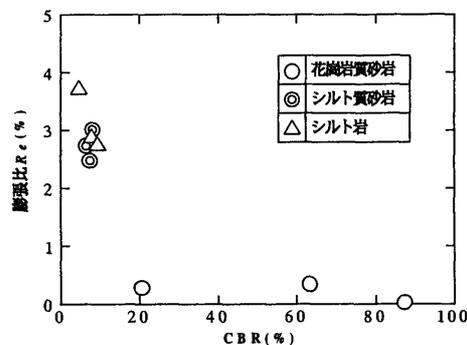


図-5 CBR- Re 関係

- ① 花崗岩質砂岩の N_d は平均で約10であるのに対し、シルト岩の N_d は最大で約150に達し、非常に硬い。
- ② 花崗岩質砂岩、シルト質砂岩およびシルト岩を粉碎した試料は土質分類上、それぞれシルト混じり砂、シルト質砂、粘質土に分類された。
- ③ 花崗岩質砂岩、シルト質砂岩、シルト岩の最大乾燥密度はそれぞれ 1.972 g/cm^3 , 1.971 g/cm^3 および 1.875 g/cm^3 で、最適含水比はそれぞれ10.0%, 11.1%および10.7%となり、締固め特性は非常に良い。
- ④ 花崗岩質砂岩の修正 CBR 値は62.7%となり、CBR 特性は比較的良好であり、盛土および路盤・路床材料として使用できる。一方、シルト質砂岩、シルト岩の修正 CBR 値はそれぞれ7.9%, 7.8%となり、CBR 特性は悪く、路盤・路床材料として使用するには適切な地盤改良工を施す必要がある。

謝辞：本実験に際し、当現場の地質に関して有益なご助言をいただいた松尾征二先生（元小郡中学校校長）、調査に御協力いただいた本研究室の小山泰正氏、笹西孝行氏、また造成現場を提供していただいた(株)金井組金井正一氏に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Nakano, R., Shimizu, H., Nishimura, S. and Nakazato, H.: Estimation of pore pressure in disturbed mudstone from natural water content with special reference to landslide and squeezing-swelling tunnel, Soils and Foundations, Vol. 36, No. 4, pp. 81~89, 1996.
- 2) 山本哲朗・高本直邦・瀬原洋一・川崎主税：山口県宇部市の古第三紀泥岩地帯における道路敷設工事に伴う問題点、地盤と建設, Vol. 13, No. 1, pp. 63~72, 1995.
- 3) 山本哲朗・高本直邦・瀬原洋一・川崎主税：第三紀泥岩の土工事における問題点, 第34回地すべり学会研究発表講演集, pp. 373~376, 1995.
- 4) 山口地学会編：日曜の地学12 山口の地質をめぐって, 築地書館, pp. 142~150, 1980.
- 5) 土質工学会編：土質工学ハンドブック, 土質工学会, p. 812, 1982.
- 6) 日本道路協会：簡易舗装アスファルト舗装要綱, 丸善社, pp. 11~16, 1979.
- 7) 土質工学会編：土質試験法 (第2回改訂版), 土質工学会, p. 318, 1979.

(原稿受理 2001.8.6)