

Q

切土工事を行うとき、掘削は「軟岩」などの土軟硬区分で区分されますが、地質調査時点では「C_L級」などの岩級区分で区分されています。これはどう対比すればいいのですか？

A

土軟硬区分は施工性を前提に分けられたもので、『爆破によらなければ掘削できないようなものを硬岩、リッパによって掘削できるようなものを軟岩、ブルドーザーで直接掘削できるようなものを土砂』とされています。土軟硬区分は施工性、つまり積算を中心に考えられている一方、岩級区分は岩盤状態を区分するための指標で、考え方が異なります。

岩級区分と土軟硬区分を明確に結び付ける基準・資料はあまりなく、明確にされていません。これは、多種多様な地質が分布する日本で統一かつ明確な基準を定めると、却って不都合を生じるからと思われます。見方の違う二つの基準の関係が曖昧であるため、各現場で岩級区分と土軟硬の関係を見定め、積算しているのが実態だと思われます。

(1) 土軟硬区分

技術書「岩の工学的性質と設計・施工への応用」では、『爆破によらなければ掘削できないようなものを硬岩、リッパによって掘削できるようなものを軟岩、ブルドーザーで直接掘削できるようなものを土砂』と述べています。また基準図書である「道路土工要綱」でも、表-1のようにリッパで掘削できるものを軟岩としています¹⁾。このように、あくまで施工性、つまり積算を視野にした区分であることが分かります。

土軟硬区分は、国土交通省中国地方整備局土木工事設計マニュアルにて表-2のように分類されています²⁾。ここでは、岩の硬さや亀裂の間隔、風化程度、割れやすさなどとともに、地山弾性波速度が示されています。また道路土工一切土工・斜面安定工指針では、表-3や図-1でリッパピリティに関する整理がなされていますが、岩級区分との関係は触れられていません³⁾。

表-1 土工における岩および土の分類表¹⁾に加筆

名称	説明	適用	日本統一土質分類法による土の簡易分類との対応	
岩または石	硬岩	亀裂がまったくないか、少ないもの、密着の良いもの	弾性波速度 3,000m/sec以上	
	中硬岩	風化のあまり進んでいないもの(亀裂間隔30~50cm程度のもの)	弾性波速度 2,000~4,000m/sec	
	軟岩	固結の程度の良い第4紀層、風化の進んだ第3紀層以前のもの、 <u>リップ掘削できるもの</u>	弾性波速度 700~2,800m/sec	
	転石群	大小の転石が密集しており、掘削が極めて困難なもの		
	岩塊・玉石	岩塊・玉石が混入して掘削しにくく、バケット等に空げきのできやすもの	玉石まじり土、岩塊起砕された岩ごろごろした河床	
土	礫まじり土	礫の混入があつて掘削時の能率が低下するもの	礫の多い砂、礫の多い砂質土、礫の多い粘性土	礫 {G} 礫質土 {GG}
	砂	バケット等に山盛り形状になりにくいもの	海岸砂丘の砂 まさ土	砂 {S}
	普通土	掘削が容易で、バケット等に山盛り形状にし易く空げきの少ないもの	砂質土、まさ土 粒度分布の良い砂条件の良いローム	砂 {S} 砂質土 {S} シルト {M}
	粘性土	バケット等に附着し易く空げきの多い状態になり易いもの、トラフィカビリティが問題となり易いもの	ローム 粘性土	シルト {M} 粘性土 {C _s }
	高含水比粘性土	バケット等に附着し易く特にトラフィカビリティが悪いもの	条件の悪いローム 条件の悪い粘性土 火山灰質粘性土	シルト {M} 粘性土 {C _s } 火山灰質粘性土 {V} 有機質土 {O}
	(有機質土)			高有機質土 {Pt}

注) 上表の説明は出現頻度の多いものについてのものであり、土は特にその状態によって大きく変化するので注意すること。

表-2 岩の分類 (土軟硬区分)²⁾

名称			説明	摘要	
A	B	C			
岩または石	岩塊	岩塊	岩塊、玉石が混入して掘削しにくく、バケット等に空げきのでき易いもの。	玉石まじり土、岩塊 破砕された岩、 ごろごろした河床	
	玉石	玉石	岩塊、玉石は粒径7.5cm以上とし、まるみのあるのを玉石とする。		
	軟岩	軟岩	I	第三紀の岩石で固結の程度が弱いもの。 風化がはなはだしくきわめてもろいもの。 指先で離しうる程度のものでき裂の間隔は1~5cmくらいのものおよび第三紀の岩石で固結の程度が良好なもの。 風化が相当進み多少変色を伴い軽い打撃で容易に割れるもの、離れ易いもので、き裂間隔は5~10cm程度のもの。	地山弾性波速度 700~2800m/sec
			II	凝灰質で堅く固結しているもの。 風化が目によって相当進んでいるもの。 き裂間隔が10~30cm程度で軽い打撃により離しうる程度、異質の硬い互層をなすもので層面に楽に離しうるもの。	
	硬岩	中硬岩		石灰岩、多孔質安山岩のように、特にち密でなくても相当の固さを有するもの。 風化の程度があまり進んでいないもの。 硬い岩石で間隔30~50cm程度のき裂を有するもの。	地山弾性波速度 2000~4000m/sec
			硬岩	I	花崗岩、結晶片岩等で全く変化していないもの。 き裂間隔が1m内外で相当密着しているもの。 硬い良好な石材を取り得るようなもの。
II		けい岩、角岩などの石英質に富む岩質で最も硬いもの。風化していない新鮮な状態のもの。 き裂が少なく、よく密着しているもの。			

注) 1. 岩の分類は、設計図書又は特記仕様書に明記するものとする。

2. 一般に、岩塊、玉石、軟岩I、軟岩II、中硬岩、硬岩I、硬岩IIの名称で表示する。

表-3 目視あるいはテストハンマによるリッパビリティの判定の目安³⁾

岩種の特徴	テスト	判定
○亀裂、節理はよく密着し、それらの面に沿って風化の跡の見られないもの	テストハンマで強打しても割れない。	リッパ不可能。 発破によらなければならない。
○岩種はかなり堅硬であっても風化作用のため多少軟化した傾向が見られる。 ○1～2mmの空隙を有するかなり大目の節理あるいは亀裂が発達している。	ハンマによって軽打すれば節理あるいは亀裂に沿って剥脱する。	リッパ可能な場合もある。 ふかし発破作用ならば可能。
○風化作用を受けて変質し、黄褐色ないし褐色を呈し、岩種は著しく軟質のもの。 ○岩盤に大きな開口亀裂あるいは節理が発達し、そのため岩盤は各個の岩塊に分離している。 ○樹木の毛根が岩盤の節理あるいは亀裂面に侵入しているのがみられるようなもの。	だれがみても風化岩とみえるもの 亀裂面に樹木の毛根がみられるようなもの。	リッパ可能

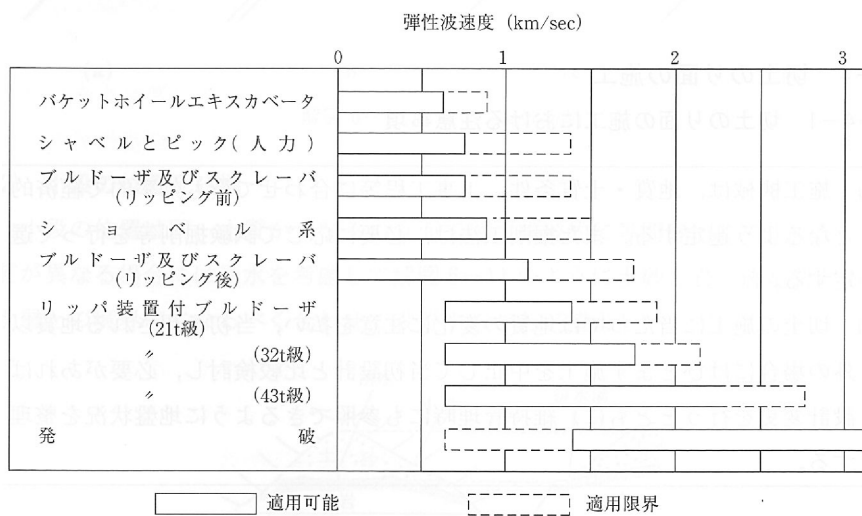


図-1 掘削工法の適用限界³⁾

(2) 岩級区分

次に岩級区分について述べます。

岩級区分は、例えばボーリング柱状図作成要領にて表-4のように示されています⁴⁾。ここでは、岩の硬さや亀裂の間隔、風化程度、割れやすさなどが指標とされています。土軟硬とは異なり、岩級区分はボーリングコアや露頭で認められた岩盤状態をもとに判定します。逆にここでは、土軟硬のようなリップビリティなどについて触れていません。また、表-5は本四公団が作成した花崗岩の分類表で、D級岩盤まで細分されています⁵⁾。

表-4 橋梁基礎のボーリングコア観察による岩盤区分の例（花崗岩）⁴⁾

区分	色調	硬軟の程度	風化変質の程度	割れ目の状態	コアの状態	備考
A	青灰～乳灰	極硬 ハンマーでたたくと金属音D.Bで2cm/min以下	亀裂面ともおおむね新鮮 未風化	亀裂少なく、おおむね20～50cmで密着している	棒状～長柱状でおおむね30cm以上で、採取される	
B	乳灰～(淡)褐灰	硬 ハンマーで軽い金属音D.Bで2～4cm/min	おおむね新鮮なるも、亀裂面に沿って若干風化 変色褐色を帯びる	割れ目間隔5～15cmを主としている 一部開口している	短柱～棒状でおおむね20cm以下	
CH	褐灰～(淡)灰褐	中硬 ハンマーでたたくと濁音、小刀で傷つく硬さ D.Bで3cm/min以上	割れ目によって風化進行、長石等は一部変色 変質している	割れ目発達、開口部に一部粘土をはさむ へアクラック発達 割れやすい	大岩片状でおおむね10cm以下で、5cm前後のものも多い、原形復旧可	短柱状なるも風化進行 軟質のもの
CM	灰褐～淡黄褐	やや軟～硬 ハンマーでたたくと軽く割れる。爪で傷つくことありD.Bで掘進適	岩内部の一部を除き風化進行、長石、雲母はおおむね変質している	割れ目多く発達、5cm以下 開口して粘土をはさむ	岩片～細片(角礫)状で砕けやすい、不円形多く原形復旧困難	軟岩で容易に砕けやすいもの
CL	淡黄褐～黄褐	軟 ごく弱い弱で指で割れ、つぶれる M.Cで掘進可	岩内部まで風化進行するも岩構造を残し、石英未風化で残る	割れ目が多いが粘土化進行、土砂状で密着している	細片状で岩片を残し、指で砕けて粉状、円形、コアなし	破碎帯でコア部のみ細片状で採取のもの
D	黄褐	極軟 粉状になりやすい M.Cで無水掘可	おおむね一様に風化進行、まさ土化している、わずかに岩片を残す	粘土化進行のためクラックなし	土砂状	破碎帯、粘土化帯でコア採取不能のもの

表-5 風化花崗岩の岩盤区分とボーリングコア等の関係⁵⁾

観察 測定値 岩盤 区分	ボーリングコア観察、測定値				横坑内観察、測定値									
	E_{sp} (kg/cm ²)	風化変質(細 区分)、硬軟の 程度	割れ目(細 区分)コア 形状	RQD (%)	V_{pr} (km/s)	風化変質の程度	硬軟の程度 (細区分)	割れ目間隔と状態 (細区分)	ショア 硬度 S_h	山中式土 硬 度 Y_h (mm)	コンクリ ートびよ り貫入量 D_h (mm)	シュミッ トハンマ ー反発度 S_r (%)	間隙率 n (%)	密度 γ_t (t/m ³)
D_L	50~300	極軟 まさ化 (E_2)	砂状~ シルト状 (VI)	0	<1.2	長石はほとんど変質 粘土化。石英細粒化。	手の平での指圧碎で おおむね粉末状、 一部砂状。 (E_2)	割れ目間隔不明か、 50 cm 以上。 割れ目面密着 (b~c) (I)	<4	<27	>100	—	35~43	1.90
D_M	300~800	極軟 まさ化 (E_2)	砂状 (VI)	0	<1.5	長石類は一部のカリ 長石を除きほとんど 変質。雲母の一部を 除き結晶形失われ る。	指圧碎で石英カリ長 石の粒子細片を残 す。砂状。 (E_1)	割れ目間隔不明か、 30~50 cm 程度。 割れ目面密着 (b~c) (I~II)	5~12	28~32	70~99	—	20~35	2.10
D_H	800~ 1500	軟 ハンマーでほ ろぼろに砕け る。 (D)	礫状 (V~VI)	0~10	1.5~2.5	雲母の黄金色化が見 られ、周辺褐色粘土 化。斜長石の大部分 は変質、粘土化。	指圧碎でようやく 可。石英周辺に長石 を残す。各粒子硬く 礫状~砂状。 (D)	割れ目間隔 15~30 cm 程度。 (a~b) (II~III)	13~25	33~36	30~69	<10	14~20	2.20
C_L	1500~ 3000	軟(D~C) ハンマーで容 易に砕ける。 コア肌非常に 粗い。	岩片状~ 礫状 (IV~V)	0~25	2.0~3.3	黒雲母の黄金色化は 認められるが、カリ 長石の粘土化は余り 認められない。斜長 石は変質。	指圧碎で一部砕け る。粒子は硬い礫状 ~細片状。 (D~C)	割れ目間隔 5~50 cm 程度。 割れ目状況明りよ う。 (a~b) (II~IV, d)	26~39	>37	<29	11~20	10±	2.40
C_M	3000~ 6000	硬(C) ハンマーで容 易に割れ、濁 音を発する。 コア肌やや粗 い。	岩片状(IV) コア長 5 cm 以下	0~50	3.0~4.2	斜長石の変質進む。	ハンマーで軽くたた いて割れる。 (C)	割れ目間隔 5~15 cm 程度。 亀裂面に沿って粘土 をはさむ。 (IV~V, c)	40~49	—	—	21~30	5±	2.50
C_H	6000~ 12000	中硬(B) ハンマーで金 属音~濁音を 発する。 コア肌滑ら か。	短柱状(III) コア長 5~15 cm	27~75	4.1~5.0	斜長石、黒雲母は若 干変質。	岩片はわりあい硬 質。 (B)	割れ目間隔 5~30 cm 程度。面密着。 亀裂面に沿って薄い 粘土をはさむ。 (III~IV, d)	50~60	—	—	>31	3±	2.60

(3) 岩級区分と土軟硬の関係

岩級区分と土軟硬区分を対比する場合、例えばC_L級岩盤が土軟硬のどれに当たるのかなどについて明確にされていないことが多いです。数少ない対比例として、まさ土に対する標準法面勾配での関係が表-6にあります。これによると、D級岩盤が土砂から軟岩、C級岩盤が軟岩から硬岩、B級岩盤以上が硬岩とされています⁶⁾。また切土ではありませんが、砂防分野の技術基準に岩級区分と土軟硬が区分された表もあります(表-7)⁷⁾。

次に、日本応用地質学会の図書「岩盤分類」において、さまざまな機関や研究において示された各岩級区分に対する物性値が整理されており、その中で一軸圧縮強度とシュミットロックハンマーの値が示されています(表-8と表-9)⁸⁾。

以上、これまで述べた土軟硬及び岩級区分に関する資料を総括し、表-10の総括表を作成してみました。

表-6 まさ土に対する標準法面勾配⁶⁾

岩盤区分	地盤の状況				のり高とこう配(m)					
	従来の岩区分	風化状況		ボーリングコア状況	地山での弾性波速度(P波) km/s	0	10	20	30	50
まさ状風化岩	D	D _L	土砂軟岩	まさ	砂状	0.4~1.1	1.0	1.2	1.5	
		D _H					1.2	1.5	1.8	
風化花崗岩	C _L	極軟岩	まさになくなった岩で、割目の少ないもの及び割れ目が密集した岩	砂状 細片状	1.1~1.5	0.6	0.8	1.0	1.2	
						0.8	1.0	1.2	1.5	
弱風化花崗岩	C	軟岩	岩芯まで黄褐色に変質した岩。節理が発達する。	角レキ状 短棒状	1.5~2.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
						0.6	0.8	1.0	1.2	1.5
未風化花崗岩	C _H	硬岩	大部分が新鮮な岩塊から成り、塊状に節理が発達する。	棒状	2.3以上	0.3	0.4		0.6	
	B									
	A					0.4	0.6		0.8	

表-7 砂防技術図書における岩級区分の例⁷⁾

class	特徴	備考	
A	極めて新鮮な岩石で造岩鉱物は風化変質を受けていない。節理はほとんどなく、あっても密着している。色は岩石によって異なるが、岩質は極めて堅硬である。	硬岩	
B	造岩鉱物中、雲母・長石類およびその他の有色鉱物の一部は風化して多少褐色を呈する。節理はあるが密着して、その間に褐色の泥または粘土は含まないもの。	中硬岩	
C	C _H	堅硬度、新鮮度はBとC _M との中間のもの。	軟岩Ⅱ
	C _M	かなり風化し、節理と節理に囲まれた岩塊の内部は比較的新鮮であっても、表面は褐色または暗緑黒色に風化し、造岩鉱物も石英を除き、長石類その他の有色鉱物は赤褐色を帯びる。節理の間には泥または粘土を含んでいるか、あるいは多少の空隙を有し水滴が落下する。岩塊自体は硬い場合もある。	
	C _L	C _M より風化の程度のはなはだしいもの。	
D	著しく風化し、全体として褐色を呈し、ハンマで叩けば容易に崩れる。更に風化したものでは、岩石は破状に破壊せられて、一部土壌化している。節理はむしろ不明瞭であるが、ときには、岩塊の性質は堅硬であっても、堅岩の間に大きな開口節理の発達するものも含まれる。	軟岩Ⅰ	

表-8 各岩盤等級から予想される物理定数の範囲⁸⁾を加筆

岩盤等級	岩盤の変形係数 (kg/cm ²)	岩盤の静弾性係数 (kg/cm ²)	岩盤の粘着力 (kg/cm ²)	岩盤の内部摩擦角 (°)	岩盤の弾性波速度 (km/sec)	ロックテストハンマー反発度	孔内載荷試験による		引き抜き試験によるせん断強度 (kg/cm ²)
							変形係数 (kg/cm ²)	接線弾性係数 (kg/cm ²)	
A~B	50,000以上	80,000以上	40以上	55~65	3.7以上	36以上	50,000以上	100,000以上	20以上
C _H	50,000~20,000	80,000~40,000	40~20	40~55	3.7~3	36~27	60,000~15,000	150,000~60,000	
C _M	20,000~5,000	40,000~15,000	20~10	30~45	3~1.5	27~15	20,000~3,000	60,000~10,000	20~10
C _L	5,000以下	15,000以下	10以下	15~38	1.5以下	15以下	6,000以下	15,000以下	10~5
D									5以下

表-9 事前計画時における岩分類例⁸⁾

名称	説明	摘要	日本統一土質分類法による土の簡易分類との対応
岩	硬岩Ⅱ	珪岩・角岩など、石英質に富み岩質が硬いもの風化していない新鮮なものの亀裂が少なく、よく密着しているもの	原則としてリッパ掘削
	硬岩Ⅰ	花崗岩・結晶片岩など全く変化していないもの亀裂間隔は1m内外で相当密着しているもの硬い良好な石材を取り得るようなもの	
	中硬岩	石灰岩・多孔質安山岩のように、特に緻密でないが相当の硬さを有するもの風化の程度があまり進んでいないもの硬い岩石で間隔が30~50cm程度の亀裂を有するもの	
	軟岩Ⅱ	凝灰質で硬く固結しているもの風化は目に添って相当進んでいるもの亀裂の間隔は10~30cm程度で、軽い打撃により離し得る程度異種の岩が硬い互層をなしているもので、層面を楽に離し得るもの	
は	軟岩Ⅰ	第三紀の岩石で固結の程度が良好なもの風化が相当進み、多少変色を伴ない、軽い打撃により容易に割り得るもの、離れ易いもの亀裂間隔は5~10cm程度のもの	リッパ掘削
	転石群	第三紀の岩石で固結の程度が弱いもの風化がなはだしく、きわめて柔らかいもの指先で離し得る程度のもので、亀裂間隔は1~5cmくらいのもの	
土	転石群	大小の転石が密集しており掘削が極めて困難なもの	
	岩塊・玉石	岩塊・玉石が混入して掘削しにくく、バケットなどに空隙の多いもの	
	礫まじり土	礫の混入があつて掘削時の能率が低下するもの	礫 (G) 礫質土 (GF)
	砂	バケットなどに土盛り形状になりにくいもの	海岸砂丘の砂 マサ土 砂 (S)
土	普通土	掘削が容易で、バケットなどに山盛り形状にし易く、空隙の少ないもの	砂質土、マサ土 粒度分布の良い砂 条件の良いローム 砂 (S) 砂質土 (SF) シルト (M)
	粘性土	バケットなどに付着し易く空隙の多い状態になり易いもの、トラフィカビリティが問題となり易いもの	ローム 粘性土 シルト (M) 粘性土 (C)
	高含水比粘性土 (有機質土)	バケットなどに付着し易く特にトラフィカビリティが悪いもの	条件の悪いローム 条件の悪い粘性土 火山灰質粘性土 シルト (M)、粘性土 (C)、火山灰質粘性土 (V) 有機質土 (O) 高有機質土 (Pt)

(注) 花崗岩類はA群

岩区分参考表

岩分類	群	地山弾性波速度 V1 (km/sec)	岩の一軸圧縮強度 Sc (kg/cm ²)	A, B 両群に入る代表的な岩石
硬岩Ⅱ	A	4.2 以上	1600 以上	片麻岩、砂質片岩、緑色片岩 珪岩、角岩、石灰岩、砂岩
硬岩Ⅰ	A	2.9~4.2	1300~1600	
中硬岩	B	4.1以上	800 以上	A 群 閃緑凝灰岩、礫岩、花崗岩 閃緑岩、斑輝岩、橄輝岩 蛇紋岩、流紋岩、ヒン岩 安山岩、玄武岩
	A	1.9~2.9	1000~1300	
軟岩Ⅱ	B	2.8~4.1	500~800	B 群 黒色片岩、緑色片岩、千枚岩 粘板岩、輝綠凝灰岩、頁岩 泥岩、凝灰岩、集塊岩
	A	1.2~1.9	700~1000	
軟岩Ⅰ	B	1.8~2.8	200~500	
	A	0.7~1.2	300~700	
	B	1.0~1.8	50~200	

- 備考1. 硬岩Ⅱは特殊な場合のみで、通常は軟岩Ⅰ、軟岩Ⅱ、中硬岩、硬岩Ⅰの四区分とする。
2. 地山の弾性波速度は切取り前の原地形の状態から測定したもので、掘削面から測定した場合は、爆破の影響、切取りに伴うサーチャージの除去、緩みの程度により補正する。
- ① 爆破や切取りの影響が全くない場合は、掘削面での弾性波速度 V2と切取り前の原地形の状態から測定した地山弾性波速度 V1は等しいとされる。
- ② 通常は、掘削面での弾性波速度 V2の 25%増し程度で、ほぼ切取り前の原地形の状態から測定した地山弾性波速度 V1に等しい。
- ③ 爆破や切取りの影響が大きく、割れ目が入り開口している場合は、測定値はバラついて信頼性に乏しく、切取り前の原地形の状態から測定した値と掘削面での値との間の相関は一定しない。

注) 岩区分の判定は上表の内視観察基準に従って行なうが、地山弾性波速度、一軸圧縮強度等の客観的数値をもとにした総合的判断による方法を用いる場合は次表を参考にして行なう。

表-10 技術図書などをもとに作成した土軟硬および岩級区分総括表
(主として硬質塊状岩盤)

岩級区分	土軟硬区分 ※1	風化状態 ※1	硬さ (固結度) ※1	亀裂間隔 ※1	亀裂の状態 ※1	地山の弾性波速度 m/sec ※1	シュミットロックハンマー反発度※2	岩石の一軸圧縮強度 N/mm ² ※2
D	D _L	-	-	-	-	-	-	-
	D _M	-	-	-	-	-	-	-
C	D _H	相当進み多少変色	軽い打撃で容易に割れる	5~10cm	離れやすい	700~2800	15以下	30~70
	C _L							
	C _M	風化が目に沿って相当進んでいるもの	軽い打撃で離しうる程度	10~30cm	層面を案に離しうる	15~27	70~100	
B	C _H	あまり進んでいない	特に緻密でなくとも相当の硬さを有する	30~50cm	-	2000~4000	27~36	100~130
	B	全く変化していない	良好な石材を取り得る	1m内外	相当密着している	3000以上	36以上	130以上
A	硬岩~	けい岩や角岩など石英に富む岩質で最も硬いもの	新鮮な状態	-	亀裂なく密着			

※1: 国土交通省中国地方整備局 土木工事設計マニュアルより (表-2)
 ※2: 日本応用地質学会発行「応用地質」『特別号 岩盤分類』より (表-7、表-8)
 (注意) 表中の表現、値は目安なので現場ごとに弾力的に運用することが必要。

(補記) 本四公団の資料では、D_H級岩盤が変形係数 E_{SB}800~kg/cm²となっており、変形係数と N値の関係 E = 700Nからすると N値 115 が D_H級岩盤の下限值となる。また、N値 50 以上の層が橋梁基礎の支持層として慣例的に適用されている。その意味では、D_H級岩盤は軟岩で、D_Lまたは D_M級岩盤が土砂と捉えることが出来るので、上の表では D_H級岩盤を軟岩 I とした。

【引用文献】

- 1) 日本道路協会 (2009) : 道路土工要綱, p. 85.
- 2) 国土交通省中国地方整備局 (2017) : 土木工事設計マニュアル, p. 1-2-2.
- 3) 日本道路協会 (2009) : 道路土工 切土工・斜面安定工指針, p. 154, 496.
- 4) 全国地質調査業協会連合会、日本建設情報総合センター (2015) : ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領(案)・同解説, p. 33-34.
- 5) 地盤工学会編 (1979) : 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用, p. 132-133.
- 6) 日本道路協会 (2009) : 道路土工 切土工・斜面安定工指針, p. 140.
- 7) 広島県土木局砂防課 (2012) : 砂防技術指針, p. II-22.
- 8) 日本応用地質学会 (1984) : 応用地質特別号 岩盤分類, p. 112, 127.

(回答者 小笠原 洋)