

5. 橋梁の岩盤分類

本章において記述される内容は以下の通りである。

5.1 では、橋梁における岩盤分類の歴史的経緯を本州四国連絡橋を中心にそれ以前とそれ以後の状況に分けて述べる。

5.2 では、主として本州四国連絡橋における岩盤分類の考えや岩盤評価の流れをやや詳しく紹介する。この中で 5.2.2 では、既存の資料の有効活用という視点もふまえながら風化花崗岩における岩盤分類について、その肉眼観察による分類や設計定数の判定に関する考え方の流れを紹介する。

5.2.3 では、層状岩盤や互層状岩盤の分類について、その考え方や手順について紹介する。また、ここでは岩盤分類の一般化や客観化を目的にして試みられた“評点法”についても本州四国連絡橋における例やその結果を準用した例として地質は異なるが他の橋梁における例についても紹介する。

5.1 歴史的経緯

5.1.1 一般橋梁および本州四国連絡橋以前の状況

少なくとも 1980 年代において、一般橋梁基礎における岩盤分類の取扱はダムやトンネルに比べて必須なものではなかった。岡原ほか (1987)¹⁾ は、当時の橋梁における岩盤の良否判定がどのような基準にもとづいて行われているかについて調べている。このことは、書籍「岩盤分類とその適用」吉中ほか (1989)²⁾ の中でも紹介されているが、岡原ほかによると、当時の一般橋梁においては、基礎岩盤の良否の判定基準として岩盤分類を実施している橋梁は全体の 54% であり、その大多数が既存の基準を採用していると述べられている (表 5.1-1)。表 5.1-1 によると独自に岩盤分類基準を設けて判断基準にしている橋梁は、全体の 3% 程度にすぎないことがわかる。

表 5.1-1 一般橋梁における岩盤分類の実施状況¹⁾

内容	割合 (%)
建設省 (軟岩 I, 中硬岩, 硬岩 I, II)	19.1
田中治雄 (電力中央研究所: 1964) による岩盤分類基準	16.7
その他、既に公表されているもの	12.8
公表されているものを修正したもの	2.2
独自のもの	3.2
岩盤分類を実施していないものおよび未回答のもの	46.0
計	100

これらのことを含めた、岡原らの研究により、一般橋梁においては、基礎岩盤に加わる地盤反力度が 0.2~0.4 MPa 程度のものが多い橋梁設計示方書に準ずる設計レベルの場合、独自の岩盤分類を構築せず設計が進められてきたケースが多いことがうかがえる。

一方、本州四国連絡橋以前のわが国の長大橋は、1962 年に共用が開始された若戸大橋が最初とされる。その後、1968 年に関門橋 (中央支間長: 712m) が、翌 1969 年には平戸大橋 (中央支間長: 465m) が着工された。とくに関門橋や平戸大橋においては、ボーリング、物理検層、弾性波探査、孔内載荷試験、原位置岩盤試験など多くの調査手法が採用され、基礎岩盤の工学的評価のための岩盤分類と地盤定数が設定された。これらが橋梁における本格的な岩盤分類の始まりとも云え、本州四国連絡橋における岩盤分類の考え方にも大きく寄与している³⁾。

5.1.2 本州四国連絡橋時の長大橋梁における状況

一方、遡って 1970 年頃から本州四国連絡橋のプロジェクトが本格化し長大橋梁が多く計画されるようになった。中央支間長が 1,000m を超える長大な吊橋では鉛直地盤反力が 2.5 MPa にもおよび基礎岩盤に対する厳密な評価が要求されるようになってきた。そのため設計に用いられる工学的定数をより一層意識した岩盤分類あるいは地盤モデルの構築が行われるようになってきた。つまり、一般橋梁の場合とは異なり、独自の岩盤分類が考えられ用いられている。

本州四国連絡橋プロジェクトは、明石~鳴門、児島~坂出、尾道~今治の 3 つのルートが同時にすすめられた。

そのうち、児島~坂出、尾道~今治の 2 つのルートにおいては花崗岩が主要な分布を占め、それぞれの橋梁基礎をどの程度の風化花崗岩に期待するか、という観点から岩盤分類が検討され構築された。従来のダムなどの岩盤分類との大きな差異は、強風化花崗岩も橋梁の基礎岩盤の対象となり得ることから、強風化岩の細区分やその工学的評価に重点が置かれている点である。

また、本州四国連絡橋における岩盤分類の特徴は、単に岩盤を妥当に分類するというにとどまらず、前述のような岩盤分類と岩盤の工学的性質については設計定数との密接な結びつきに力点が置かれた。さらに基礎が海中である地点も多く、ボーリングコアの鑑定のみならず各種の物理検層による物理定数や孔内載荷試験による力学定数等の測定値、さらに陸上の類似の岩盤における試掘横坑の観察結果を加えた岩盤評価法が検討された⁴⁾。

本州四国連絡橋の着工は 1970 年代の終わり頃から逐次すすめられ、1988 年に児島~坂出ルートの開通をはじめとし、各橋梁が逐次完成されていくなか、1980 年に、本州四国連絡橋の調査結果をふまえて、風化花崗岩の支持特性に関する検討結果が要領 (案)⁵⁾ としてまとめられた。この

5. 橋梁の岩盤分類

要領（案）は、以後、特に花崗岩を基礎岩盤とする橋梁に対する岩盤分類および岩盤評価を行う上で標準的な指針としての役割を担うものとなっている。

これに対して明石～鳴門ルートでは第四紀層、新第三紀層、中生代白亜紀の層状岩盤（和泉砂岩層）が分布することから花崗岩とは異なる独自の岩盤分類が検討され、構築されている⁶⁾。

5.1.3 本州四国連絡橋プロジェクト以降の状況

本州四国連絡橋の調査が終了する頃から、若松大橋あるいは白鳥大橋などの比較的大きな橋梁の地質調査がはじめられ、そこでは本州四国連絡橋の結果も準用されている。また、本州四国連絡橋が逐次完成していかたわらの1991年「海峡横断道路プロジェクト技術調査委員会」が設立され、新たな長大橋の建設が計画され一部の基礎的調査が行われた。また1998年には、新全国総合開発計画が策定され海峡横断道路の橋梁プロジェクトが選定された。この海峡横断道路プロジェクトは、東京湾口道路、伊勢湾口道路、紀淡連絡道路、豊予海峡道路、関門海峡道路、島原天草長島連絡道路などで、中には本州四国連絡橋を超える長大橋梁の建設が計画され、ごく初期段階の基礎的な調査が実施された。この中で花崗岩の分布する地点においては前記の本州四国連絡橋で構築された花崗岩に関する岩盤分類基準が参考にされている。しかし、多くの他の地点は、第三紀層泥質および砂質岩、三波川変成岩類、中生層、大阪層群、緑色片岩、泥質片岩など、それぞれ異なる地質が分布していること、また、ごく初期の基本計画段階の調査であったため、支持特性などを考慮した詳細な岩盤分類の検討は今後に残されている。なお、橋梁の岩盤分類に関連する出来事を年表として整理し、章末に表5.1-2として示した。

(WG1 武内俊昭)

5.2 設計へ向けての岩盤分類—長大橋梁の事例紹介

5.2.1 はじめに

長大橋梁の場合、基礎岩盤に加えられる荷重も大きく設計条件はより厳しくなり、基礎岩盤の評価をより厳密にする必要がある。数多くの長大橋梁が建設された本州四国連絡橋では、多くのボーリングや調査坑における地質観察や孔内の試験計測あるいは原位置岩盤試験等のデータを

用いて、岩盤分類を行い設計地盤定数の推定を行っている^{5),6)}。本州四国連絡橋で用いられた設計定数の種類を表5.2-1に示す⁷⁾。本節では、児島～坂出ルートと尾道～今治ルートに分布する風化花崗岩の岩盤分類と明石～鳴門ルートにおける層状あるいは互層状岩盤における岩盤評価についての考え方や事例を紹介する。

5.2.2 風化花崗岩における状況

5.2.2.1 地質観察による岩盤分類と支持特性の推定

本州四国連絡橋の花崗岩が分布する地域においては、基礎岩盤の支持特性を評価する場合、構造物の重要度、調査時期、段階などによってA,B,Cの3つの岩盤評価手法を考え、その中から状況に適合する手法を採用する、という考え方を示している⁵⁾（図5.2-1参照）。

A法は重要構造物や大規模構造物などにおける詳細設計に適用する手法で、ボーリングおよび調査坑の地質観察、ボーリング孔内や調査坑の諸測定の結果を組み合わせ、最終的には原位置岩盤試験の結果を利用して支持特性を推定する方法である。また、B法はボーリング孔内、調査坑内の地質観察やボーリング孔内における測定結果を用いて岩盤評価を行うものである。これに対しC法は、肉眼による地質観察により岩盤を分類し、分類された各区分を变形係数や強度定数と結び付けて設計に利用できるようにしている。

設計段階	推定内容 推定法	地質観察	孔内測定	岩盤試験	構造物の種類
		間接物理量		直接物理量	
詳細設計	A法 主として精査	○	○	○	重要・大規模構造物
概略設計	B法	○	○		
計画	C法 主として概査	○			軽量および小規模構造物

図 5.2-1 各推定法と測定内容・調査段階の関係
(文献5の図を一部修正および加筆)

表 5.2-1 橋梁地点の地盤の物理・力学特性と設計定数 (文献7)の図から一部を引用および追加)

地層		標高 T.P. (m)	層厚 (m)	物理特性					強度特性				変形特性				
名称	分帯			γ_{sat} (t/m^3)	γ' (t/m^3)	V_s m/sec	V_p m/sec	v_D ポアソン比	常時		地震時・暴風時 船舶衝突時		常時			暴風時 船舶衝突時	
									C'	ϕ'	C^*	ϕ^*	変形定数		クリープ定数		変形定数
			飽和密度	みかけ密度	S波速度	P波速度					Es	v_s	G*	G^*/G_3	G_3/η_3	E_D	v_D

変形特性→ Es: 静的ヤング率, v_s : 静的ポアソン比, G*: 弾性バネ結合, G_3 : フォークトモデルバネ定数, η_3 : 粘性係数, E_D : 動的ヤング率, v_D : 動的ポアソン比

5. 橋梁の岩盤分類

C法の基本的な考え方を図5.2-2に示すが、ボーリングのコア観察と調査坑の地質観察をそれぞれの観察すべき要素

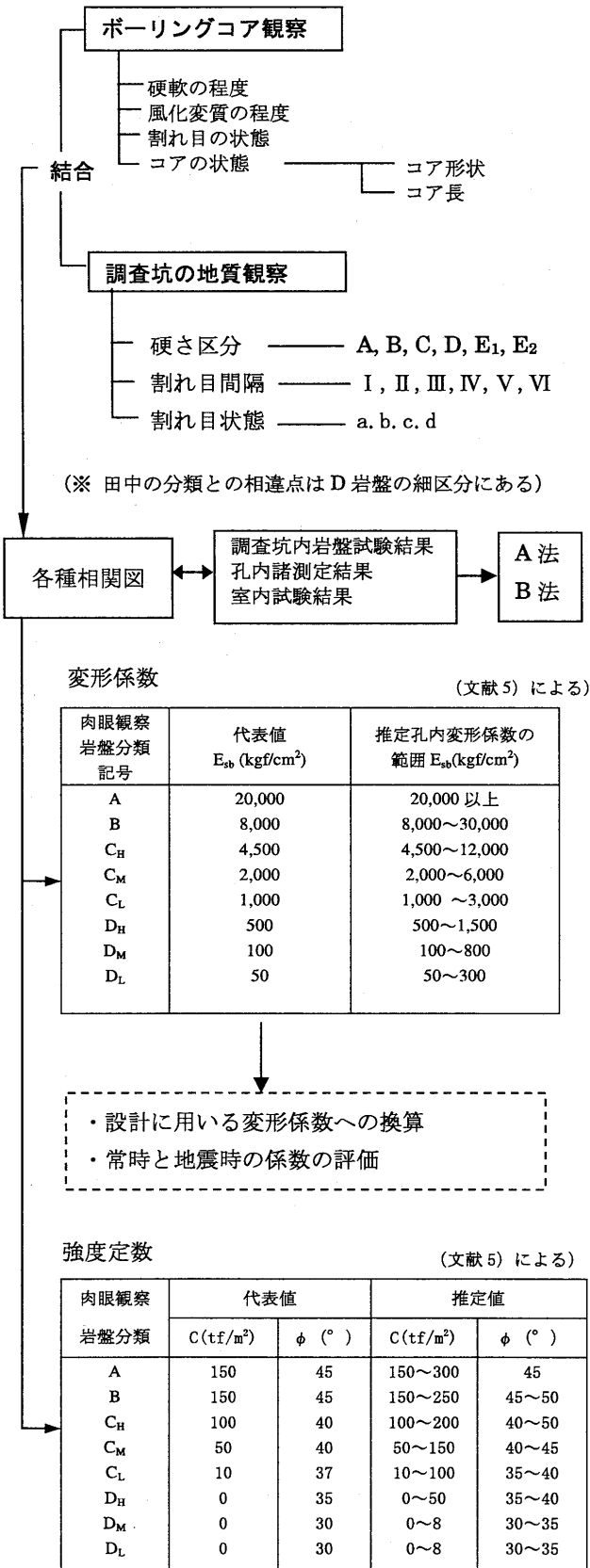


図 5.2-2 岩盤分類と設計定数設定への流れ

に沿って行い、それらを総合した岩盤分類基準を作成している。表 5.2-2 に作成された分類基準を示す。

地質観察による岩盤分類を行うに際して、とくに留意した点は、本地点は風化層が厚くその一部が基礎岩盤の対象となる可能性が考えられたため、この風化部分を一括して扱わず細区分している点が挙げられる。

一方、ボーリング孔内で実施したさまざまな孔内試験や測定結果、調査坑で実施した原位置岩盤試験結果を用いて、それら相互の関係や地質観察による岩盤の硬さや割れ目などの要素あるいは岩盤区分との相関関係が検討されている。

この検討結果を詳細に表示してA法あるいはB法がまとめられている。この結果を踏まえて肉眼観察による岩盤分類の各区分の設計定数としてまとめられたものが図 5.2-2 の中にみられる変形係数および強度定数を示す表である。

検討に用いられた相関図の1例を図 5.2-3 に示す。この相関図において岩盤分類の各区分に対する変形係数等の値には、ばらつきがみられるため、C法における定数を定める場合には、安全側を考えてこのばらつきの幅の下限を代表値として定め、推定値の上限としてはばらつきの中間を採用するなどの考慮がなされている。また、強風化を示すD岩盤はボーリング孔壁の保持が困難で、孔内载荷試験の

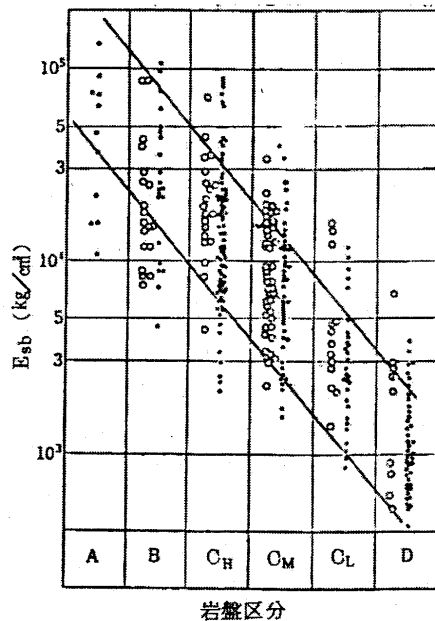


図 5.2-3 岩盤区分と孔内载荷試験の関係⁵⁾

値が少なく D_H, D_M, D_L など細区分されたそれぞれの定数を設定することが困難な場合が多い。その場合は、別途実施されている平板载荷試験との相関が利用されている。

このほか、孔内载荷試験による変形係数と地質観察による岩盤の硬軟やコア形状など観察区分要素との相関図や孔

5. 橋梁の岩盤分類

表 5.2-2 風化花崗岩の岩盤分類とボーリングコア・横坑内観察，測定値の関係

(文献5)より横坑内の測定値に関する部分を削除して作成)

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		
	Esb (kgf/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 (%)	Vpr (km/sec)	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)
D _L	50~100	極軟 まさ化 (E2)	柱状~ 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。	手の平での指圧砕でお おむね粉末状。 一部砂状。(E2)	割れ目間隔不明か 50cm 以上 割れ目面密着 (b~c) (I)
D _M	300~800	極軟 まさ化 (E2)	砂状 (VII)	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。	指圧砕で石英カリ長石 の粒子細片を残す。砂 状。粒子は硬い。(E1)	割れ目間隔不明か。 30~50cm 程度。 割れ目面密着 (b~c) (I~III)
D _H	800~ 1,500	軟 (D) ハンマーでぼ ろぼろに砕け る。	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。	指圧砕でようやく可。 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~ 30cm。(b~c) (II~III)
C _L	1,500~ 3,000	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。 斜長石の変質進む。	指圧砕で一部砕ける。 粒子は硬い礫状~細片 状。	割れ目間隔 5~50cm 程度 割れ目状況明瞭 (a~b) (II~IV, d)
C _M	3,000~ 6,000	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 5cm 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 5~15cm 程度。 き裂面に沿って粘土 をはさむ。 (IV~V, C)
C _H	6,000~ 12,000	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 5~15cm	25~75	4.1~5.0	斜長石、黒雲母は若干変 質	岩片は割合い硬質。 (B)	割れ目間隔 5~30cm 程度。面密着。 き裂に沿って薄い粘 土をはさむ。 (III~IV, d)

内P波速度値との関係も観察区分と変形係数の値の範囲を定めるのに利用されている。

一方、岩盤分類各区分に対する強度定数C、φの推定は、岩盤直接せん断試験の結果を基本とし、孔内測定値やボーリング観察結果、岩盤の風化の程度、間隙率の変化、岩盤の変形特性、岩盤の付着強度などのほか、岩盤の強度に関係があると考えられる要素をパラメータとして類推している。基本となっている岩盤直接せん断試験の結果と岩盤分類区分の関係を図 5.2-4 に示す。

強度定数の設定においても、変形特性と同様、この図をもとに肉眼による区分判定の精度を考慮し、ランクを下げて低めに評価がなされている。

風化花崗岩が分布する地点については、表 5.2-2 に示される地質観察要素を用いた岩盤分類を用いるなら、長大橋における概査のみならず、小中規模橋梁における基礎岩盤の支持力を推定する場合、図 5.2-2 に示される工学的定数を目安として使うことが可能であると考えられる。

なお、各岩盤分類区分の変形係数については、孔内載荷試験による変形係数の値として設定されているが、実際の設計に用いる定数は、常時、地震時とも、この値をもとに別途な方法で換算をしている。

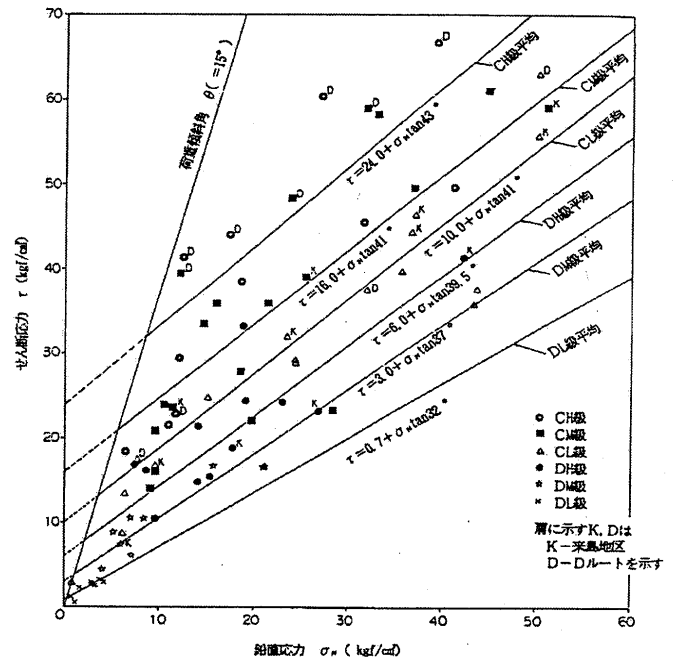


図 5.2-4 岩盤せん断試験結果と岩盤区分⁸⁾

5. 橋梁の岩盤分類

5.2.2.2 設計定数設定のための岩盤評価

橋梁基礎とくに長大橋梁における概略設計および詳細設計においては、支持特性としての設計定数は、変形特性と強度特性に分けられる。

変形特性についてみると、短期の変形係数と長期の変形特性つまりクリープ変形特性を評価することが必要となる。長大橋梁の場合は基礎の長期の不等沈下などによるケーブル張力の変化などに対応するため、クリープ定数の設定は重要である。

これらの特性は、とくに岩盤分類との関係では、一般に常時の設計定数として静的な特性を中心に評価される。しかし、地震時における挙動や船舶の衝突を考慮して、動的な変形特性などを定める必要がある。

表 5.2-1 に示した項目のうち、ここでは、基本となる常時の変形係数を代表としてとりあげ、それらを設定するための測定結果の利用とその手順の概要について述べる。

図 5.2-5 に、概略および詳細設計段階（図 5.2-1 における A 法、B 法を適用する段階）における変形係数の求め方に

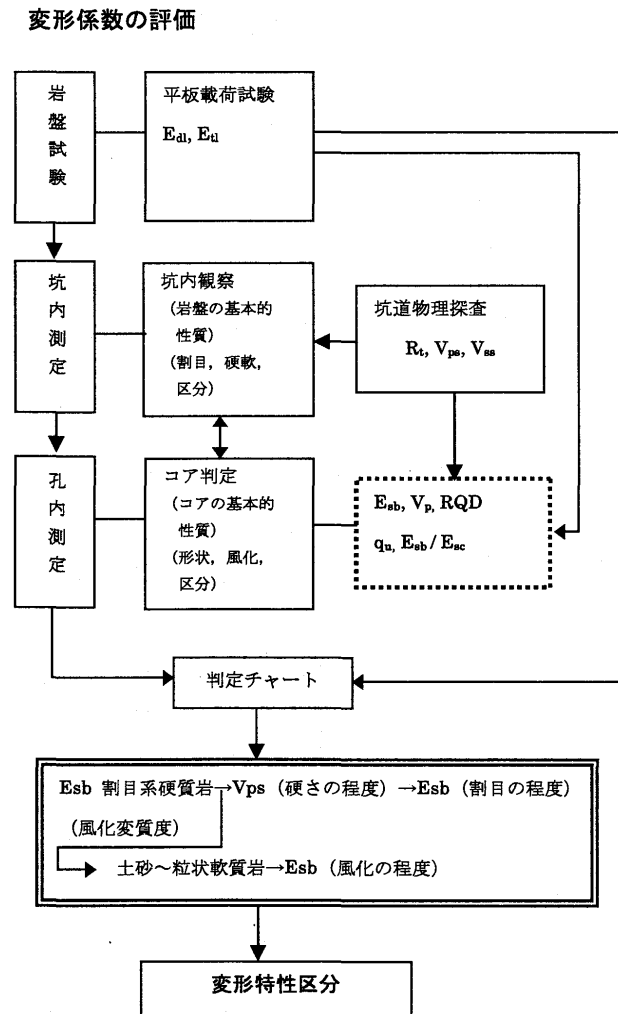


図 5.2-5 変形特性推定の手順⁵⁾

関する流れ図を示した。

基本的な流れは、坑内および孔内の観察や測定の結果から、コア観察による形状、風化区分、孔内載荷試験による変形係数 E_{sb} 、速度検層による P 波速度 V_{ps} 、RQD の値および一軸圧縮強度 q_u などをインデックスとした判定チャートを用いて、岩盤の割目の程度あるいは風化の程度のいずれかに重点を置いてそれぞれの特性を区分している。

具体的には、二重枠に囲まれた中に示すように、まず孔内変形係数 E_{sb} の値で、割れ目系硬質岩と土砂〜粒状軟質岩の 2 グループに分け、次いで孔内 P 波速度 V_{ps} の値から割れ目系硬質岩を細区分し、さらにそれを孔内変形係数 E_{sb} の値で区分している。これらの背景にあるのは、いろいろな要素と孔内変形係数の相関などで、図 5.2-6 および図 5.2-7 にその例として V_{ps} と E_{sb} との関係を示す。図 5.2-6 に示すパラメータを考慮した関係から V_{ps} は E_{sb} に比べて岩盤の硬軟をより強く反映していることがわかる。

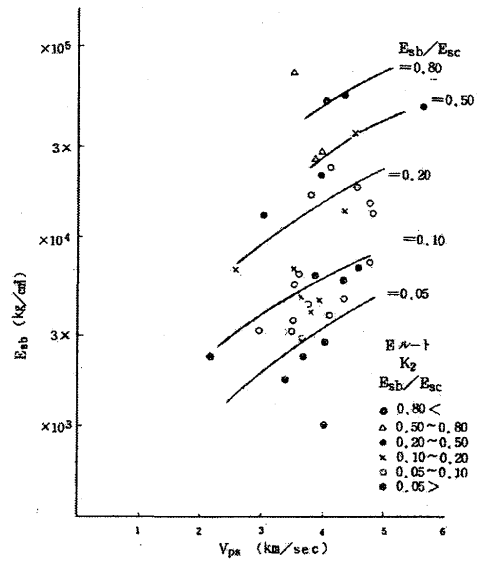


図 5.2-6 孔内 P 波速度と孔内変形係数の関係 (割れ目情報をパラメータ)⁵⁾

このことから、図 5.2-7 の関係を分析し、P 波速度のある範囲を示す孔内変形係数を区分することができる。

このような分析、考察をいろいろな相関図について行うことにより、区分を判定するチャートを作成している。

区分は肉眼観察による岩盤分類を踏まえて行い、変形特性区分を作成し、それぞれの区分の変形係数を設定している。この様にして求められた変形区分表示と変形係数の値を表 5.2-3 に示す。図 5.2-2 の中の変形係数の表と比べそれぞれの数値は高くなっておりより厳密な岩盤評価がなされている。

強度特性の評価については、変形特性の評価と基本的には同じ流れで行っているが、変形特性においては、孔内載荷試験の値→P 波速度→孔内載荷試験の値を順次、区分に用いているのに対して、強度定数では、RQD→一軸圧縮強

5. 橋梁の岩盤分類

度→孔内载荷試験 (P 波速度) を用いている。つまり、変形特性あるいは強度特性をそれぞれ反映する要素を主体として判定を行っている。

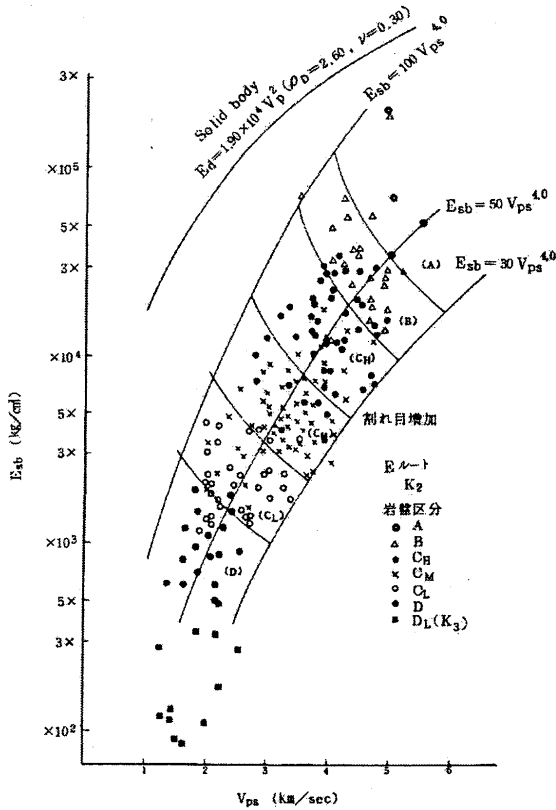


図 5.2-7 孔内 P 波速度と孔内変形係数の関係⁵⁾
(岩盤分類をパラメータ)

表 5.2-3 変形区分表示別変形係数⁵⁾

変形係数区分表示 記号	孔内変形係数の範囲 Esb (kgf/cm²)	代表値 Esb (kgf/cm²)
A~d	30,000 以上	50,000
B~d	12,000~30,000	20,000
C _H ~d	6,000~12,000	8,000
C _M ~d	3,000~6,000	4,500
C _L ~d	1,500~3,000	2,000
D _H ~d	800~1,500	1,000
D _M ~d	300~800	500
D _L ~d	50~300	100

5.2.3 層状岩盤, 互層状岩盤における分類の考え方

5.2.3.1 本州四国連絡橋における例

本州四国連絡橋の明石～鳴門ルートに分布する岩盤は、第三紀層の神戸層群と和泉砂岩のいわゆる層状岩盤が主体である。ここでは、前述の風化花崗岩と大きく異なる岩盤評価がなされている。神戸層群を取り上げ以下に述べる。神戸層群は、細粒から中粒の砂岩、泥質岩や凝灰岩、礫岩

等の互層からなる層状岩である。

神戸層の岩盤評価に対する基本的な考え方の一つは、地盤構成をできるだけ簡略化した平均的なモデルを構築し、その工学的性質を定めることである。

互層の各単層を正確に追跡し、その工学的性質を把握することは困難であるため、できるだけ簡略化すること、すなわち“分帯”が試みられた。

分帯を行うに当たっては、地質断面図および各種検層の値を参考にして、各単層をグループ化する。その基本的考えとしては、

- 地質構成の類似性と岩質の類似性
- 孔内変形係数、速度検層値、一軸圧縮強度などの工学的性質の大きさとその深度方向への変化傾向
- 基礎幅に比較して十分深いと考えられる領域は浅い部分に比べてより簡略化する。

などが基本として考慮されている。このようにして作成されたアンカレッジ地点の分帯区分図の例を図 5.2-8 に示す。この地点では神戸層を K₁~K₄ の四つの分帯に簡略化して

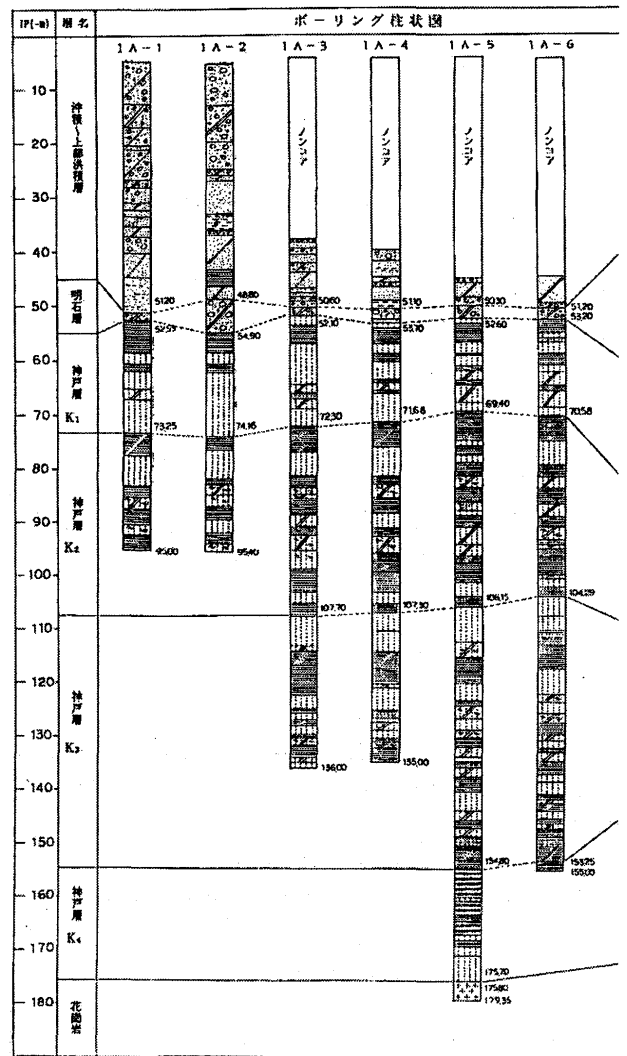


図 5.2-8 アンカレッジ地点の地質分帯区分図⁸⁾

5. 橋梁の岩盤分類

いる。

また、分帯の工学的性質についての考え方は、以下の通りである。

分帯に含まれる同一岩質の地層の工学的性質は同一母集団に属するものとして扱うものとし、その方法として、平均値化法を主体とし、評点法あるいは重回帰分析法などが行なわれた。

平均値化法では、細粒度成分の含有率に注目し、砂岩、泥岩、泥質砂岩、砂質泥岩の4区分に砂質岩、泥質岩の2区分を加える。そしてそれぞれの面積比率を考慮して単純平均している。対象とした物性値は、砂質岩などの含有率、平均一軸圧縮強度、分帯の平均内部摩擦角、分帯の平均粘着力、分帯の平均変形係数である。

一方、評点法は、地盤の変形特性や強度特性に関係のあると思われる測定要素を選び、それぞれの測定値分布傾向を考慮し、3~5分割してそれぞれのランクに点数を与え、総合評点に応じて変形係数や、強度定数を与える方法である。要素としては、孔内P波速度値 V_{pr} 、孔内変形係数 E_{sb} 、一軸圧縮強度 q_u 、コアの変形係数 E_{sc} 、コアのp波速度 V_{pc} 、自然含水比 ω 、単位体積重量 γ_t が選ばれた。各要素の測定値と評点の関係を表 5.2-4 に示す⁶⁾。なお、各要素の評点を与えるに際しては、室内試験による要素については、重回帰分析の結果などにより、重み付けを行って、フィールドの試験結果にウエイトを置いている。

表 5.2-4 評点法による測定要素の評価⁶⁾

評点 測定値	1	2	3	4	5
V_{pr} (km/sec)	$V_{pr} \leq 2.5$	-	2.5~3.0	-	$V_{pr} > 3.0$
E_{sb} (kg/cm ²)	$E_{sb} \leq 1000$	1000~2000	2000~4000	4000~6000	$E_{sb} > 6000$
q_u (kg/cm ²)	$q_u \leq 5$	5~10	10~20	20~40	$q_u > 40$
E_{sc} (kg/cm ²)	$E_{sc} \leq 200$	200~500	500~1000	1000~2000	$E_{sc} > 2000$
V_{pc} (km/sec)	$V_{pc} \leq 1.5$	-	1.5~2.0	-	$V_{pc} > 2.0$
ω (%)	$\omega \geq 15$	15~10	10~8	8~5	$\omega < 5$
γ_t (g/cm ³)	$\gamma_t \leq 2.1$	2.1~2.2	2.2~2.3	2.3~2.4	$\gamma_t > 2.4$

重回帰分析法は、データのばらつきの考察や上記の検討に資する要因の選定などに参考として用いられている。

互層状岩盤である神戸層の岩盤評価は以上のように考えられたが、必ずしも確立された岩盤評価手法には至っておらず今後の課題も残されている。

評点法は、層状岩盤である和泉層群が分布する大鳴門橋においても岩盤の判定基準を出来る限り客観的なものにする目的で行われた。具体的には、岩石の硬さ、コア形状、キレツ間隔、キレツ面の状況の各要素をそれぞれ評点により区分して、それらの総合点として岩盤を評価し分類する方法が試みられた^{9),10)}。表 5.2-5 にそこで用いられた評価点

の基準を示す。

表 5.2-5 層状岩盤の評価点基準¹⁰⁾

評点 要素	1	2	3	4	5
岩片の硬さ	極軟~軟	軟~中硬	中硬	中硬~硬	硬
コア形状	細礫~礫	礫~短柱	短柱	短柱~棒	棒
キレツ間隔	無数	5cm 前後	5~10cm	10~30cm	30cm 以上
キレツ面の 状況	顕著な酸化 粘土化	顕著な酸化 および 粘土化	鉱物脈、 若干酸化、 粘土化	密着ない し鉱物脈	密着

5.2.3.2 他の地点における例（特に評点法について）

上に述べた評点法は、その後、若松大橋、白鳥大橋などでも実施されている。

1991年に完成した若松大橋（支間長 522m）の第三紀層の火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩が分布する地点では、ボーリングコアの観察結果から、コアの硬軟、形状、割れ目の性状、RQDなどを観察評価し岩盤をA、B、CH、CM、CL、Dの6つに区分している。一方、ボーリング孔内で実施された孔内載荷試験による孔内変形係数 EP とこれらのコア観察の各要素との相関図を作成し、その結果から関係の不良なRQDを取り除き、特に関係の良好なコア形状のウエイトを2倍として、それぞれの評点を総合している。その結果得られた評点と孔内変形係数 EP との関係図を図 5.2-9 に示す。また、岩盤区分と評点、孔内変形係数との対比は表 5.3-6 に示す。

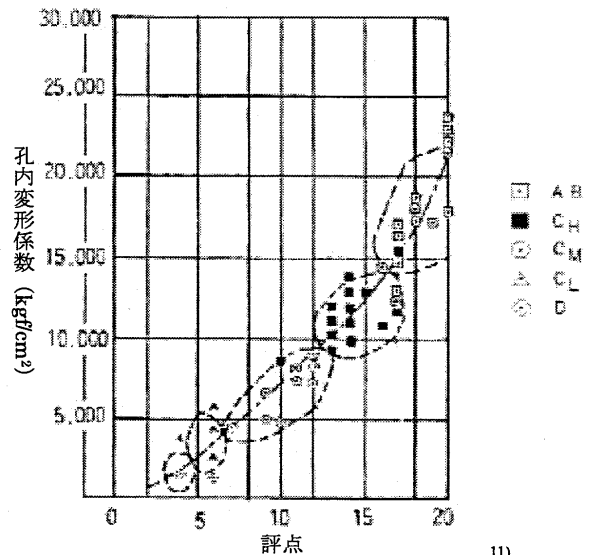


図 5.2-9 評点と孔内変形係数との相関¹¹⁾

また、白鳥大橋（支間長 720m）では火山碎屑岩類の分布する地点において、同じような手法により、コア観察結果と孔内変形係数の相関が良好な「岩片の硬さ」と「コア形状」の2つの要素をもとに、表 5.2-7 に示す判定基準を

5. 橋梁の岩盤分類

設け、コアの観察結果と岩盤の変形特性の評価に用いている。総合された評点と孔内変形係数の関係を図 5.2-10 に示す。

このように上記した両橋梁地点とも変形特性を評価するにあたり、あらかじめ孔内変形試験の結果と相関のよい地質観察要素を用いて評点基準を構築している。一方、前述した本州四国連絡橋の神戸層群においては、互層状岩盤の

度値あるいは岩石試験等の結果も取り上げられている特徴がある。当該地点の地質的特徴を考慮した修正や追加を重ね標準化を目指すことは、評点法のみならず岩盤分類あるいは岩盤評価における今後の方向の一つと考えられる。

(WG1 武内俊昭)

文献

- 岡原美知夫・小幡宏・森浩樹・津川優司 (1987) : 岩盤上の直接基礎の鉛直支持力推定法に関する研究, 土木研究所資料, 第 2512 号, pp. 13-17.
- 吉中龍之進・桜井春輔・菊地宏吉 (1989) : 岩盤分類とその適用, 土木工学社.
- 宮島圭司 (1981) : 本州四国連絡橋基礎の岩盤分類 (その 4), 土木施工 22 巻 9 号, pp. 97-104.
- 林宜熙・石川浩次・越智啓登 (1976) : 各種孔内測定による岩盤の工学的性質の判定, 土と基礎, vol.24, No.3, pp. 7-14.
- 本州四国連絡橋耐震, 地盤に関する調査研究小委員会 (1980) : 本州四国連絡橋の耐震, 地盤に関する調査研究報告書 (風化花崗岩の支持特性判定要領 (案)) 昭和 55 年 3 月, 土木学会.
- 本州四国連絡橋公団, 設計第二部 (1977) : 本州四国連絡橋基礎の地盤と支持力に関する調査研究報告書 (昭和 52 年 5 月), 土質工学会委託.
- 本州四国連絡橋公団 (1988) : 明石海峡大橋の設計地盤定数設定報告書, 昭和 63 年 3 月.
- 本州四国連絡橋公団 (1993) : 本州四国連絡橋 地質地盤調査誌, 平成 5 年 3 月.
- 越智啓登・能戸仵・福沢久 (1973) : 岩盤の総合評価に関する一試案, 第 4 回 岩の力学国内シンポジウム講演集, 岩の力学連合会, pp. 25-30.
- 宮島圭司 (1976) : 大鳴門橋の地盤調査, 応用地質 vol.17, No.4, pp. 153-167.
- 長崎県 (1993) : 若松大橋工事誌, 平成 5 年 3 月, pp. 80-90.
- 土木学会北海道支部 (1985) 白鳥大橋下部構造に関する技術検討委員会報告書, 昭和 59 年度 北海道開発局 室蘭建設部委託.

表 5.2-6 岩盤区分と評点・EP との対比¹¹⁾

岩盤区分	評点レンジ	EP(kgf/cm ²)
A・B	17~20	14,000
CH	13~16	9,000~14,000
CM	7~12	4,000~9,000
CL	5~6	2,000~6,000
D	5点以下	1,000~3,000

表 5.2-7 コア判定基準と評点¹²⁾

判定要素	記号	区分	判定基準			
岩片の硬さ	A	硬岩	・ハンマーの強打で折られる ・千枚通しが突き刺さらない			
	B	中硬岩	・ハンマーの軽打で折れる ・千枚通しが少し突き刺さる			
	C	軟岩	・ハンマーの軽打で崩れる ・千枚通しが 1cm 程度突き刺さる			
	D	極軟岩	・手で崩れる ・千枚通しが容易に刺さる			
コアの形状	I	棒状	・30cm 以上のコア			
	II	短柱状	・10~30cm のコア			
	III	礫状	・10cm 以下ないし岩片~礫状コア			
	IV	土砂状	・軟質で土砂状コア			
評点	5	4	3	2	1	0
岩片の硬さ	A	A~B	B	B~C	C	D
コア形状	I	I~II	II	II~III	III	IV

評価ということから孔内変形試験のほかに、孔内弾性波速

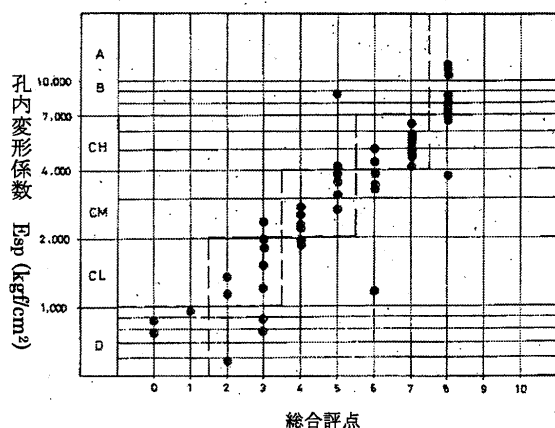


図 5.2-10 総合評点と孔内変形係数 Esp の関係¹²⁾

5. 橋梁の岩盤分類

表 5.1-2 橋梁の岩盤分類に関連する出来事

西暦	元号	主な橋梁の開通(括弧内の数値は最大支間距離)及び設計基準等
1960	35	城ヶ島大橋 (59m)
1961	36	
1962	37	若戸大橋 (367m)
1963	38	
1964	39	
1965	40	
1966	41	日本道路協会「道路橋示方書下部構造設計指針(調査及び設計一般編)」
1967	42	
1968	43	
1969	44	
1970	45	道路構造令(政令)
1971	46	道路構造令施工規則(建設省令)
1972	47	
1973	48	関門橋 (712m)
1974	49	
1975	50	
1976	51	
1977	52	平戸大橋 (465m)
1978	53	
1979	54	
1980	55	土木学会「本州四国連絡橋の耐震, 地盤に関する調査研究報告書(風化花崗岩の支持特性判定要領(案))」
1981	56	
1982	57	
1983	58	因島大橋 (770m)
1984	59	
1985	60	大鳴門橋 (876m)
1986	61	
1987	62	
1988	63	南・北備讃瀬戸大橋 (1100,990m) 児島～坂出ルート (全長 37.5 km) 開通 本州四国連絡橋公団「明石海峡大橋の設計地盤定数設定報告書」
1989	S64/H1	
1990	2	
1991	3	若松大橋 (522 m) 建設省の海峡横断道路プロジェクト技術調査委員会設立
1992	4	
1993	5	本州四国連絡橋「地質・地盤調査誌」発刊
1994	6	レインボーブリッジ (570m)
1995	7	
1996	8	
1997	9	
1998	10	明石海峡大橋 (1991m) 神戸～鳴門ルート (全長 81.1 km) 開通 新全国総合開発計画策定(海峡横断道路の橋梁プロジェクト選定) 白鳥大橋 (720m)
1999	11	来島海峡第三大橋 (1030m), 多々羅大橋 (890m)
2000	12	
2001	13	
2002	14	日本道路協会「道路橋示方書・同解説 (I 共通編・IV 下部構造編)」(平成 14 年版)
2003	15	
2004	16	
2005	17	
2006	18	西瀬戸自動車道路(尾道～今治ルート全長 59.4 km) 開通
2007	19	