

# 岩盤のN値と地盤定数の決定手法に関する調査事例

中央開発(株)  
市川 健

## 1. はじめに

岩盤の強度定数(C、 $\phi$ )を求めるには、現位置でのせん断試験等を行うのがもっとも信頼性がある。しかし、一般の基礎調査では、構造物の規模などの関係上、参考文献(応用地質学会「岩盤分類」、日本道路公団「設計要領第二集」)や標準貫入試験より得られるN値をもとにC、 $\phi$ を決定することが多い。N値を得るための標準貫入試験は、全ての岩盤を対象に実施できるわけではない。しかし、現在の設計条件をみれば、大規模なダムやトンネル調査以外、ほとんどの調査で「標準貫入試験」の実施が求められており、我々もそれを遂行している。

本論文では、現位置せん断試験等を行わない場合の岩種や岩級、N値を利用した岩盤の強度定数(C、 $\phi$ )の設定方法(設計手法別の特徴)について過去の事例を整理し、地質と定数決定法の区分を試みるものである。

## 2. 対象岩盤

本論文において考察対象とした岩盤は「粘板岩」、「花崗岩」、「シルト岩」の3岩種である。岩種ごとの特徴を表-1に示した。

表-1 対象岩盤の特徴

岩種	岩盤等級区分	時代(地層)	特徴
粘板岩	CH ~ D級	古生代 ~ 中生代(登米層)	<ul style="list-style-type: none"> <li>亀裂性硬質岩盤の代表</li> <li>卓越した縦亀裂(70~80°)が発達した岩盤で岩級によらずRQDは0%</li> </ul>
花崗岩	CL, D級	中生代白亜紀	<ul style="list-style-type: none"> <li>風化軟岩の代表</li> <li>岩盤上部数m~数10mは風化し「まさ土」となる。まさ土はD級で砂質土に区分</li> </ul>
シルト岩	CL, D級	新生代新第三紀(大年寺層)	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆積軟岩の代表</li> <li>全体に均質な状態で亀裂の発達はほとんどない。風化部はD級で粘性土に区分</li> </ul>

今回選定した3岩種であるが、筆者が経験した業務の中で、出来るだけ特徴(年代、層相等)の異なるものを選択したものであり、産地は全て東北地方である。なお、それぞれの岩盤の調査目的であるが、粘板岩は「道路」、花崗岩およびシルト岩は「造成」である。

## 3. 強度定数(C、 $\phi$ )の設定手法

N値や岩級により岩盤の強度定数(ここではC、 $\phi$ に限定)を求める方法は幾つかあるが、ここでは筆者がこれまでに適用してきた手法(文献)数例を述べる。表-2に各手法(文献)とその特徴を示したが、出典に着目すれば「道路」分野が多いことが一つの特徴といえる。各手法とも岩盤や岩級別、また式や図・表でC、

表-2 強度定数(C、 $\phi$ )の設定手法例

方法	文献名 出典	概説	特徴
①法	岩盤分類 <sup>1)</sup> (p.112) (応用地質学会特別号)	各岩盤等級から予想される物理定数(C、 $\phi$ 等)の範囲が示されている。使用頻度は非常に高い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩種ごとの設定はない</li> <li>岩級ごとに定数が設定されている</li> <li>各種試験値が数多く示されている</li> </ul>
	応用地質学会(昭和59年)		
②法	設計要領第二集 <sup>2)</sup> (p.4-9)	換算N値を使用し、岩種ごとの経験式でC、 $\phi$ を算出。	<ul style="list-style-type: none"> <li>換算N値の上限を300と設定</li> <li>岩種ごとに式が設定されている</li> <li>道路の分野で数多く用いられる</li> </ul>
	日本道路公団(平成10年)		
③法	設計要領第二集 <sup>2)</sup> (p.4-11)	粘板岩と花崗岩の岩級別せん断定数(C、 $\phi$ )の測定例が示されている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩種が粘板岩、花崗岩の2種限定</li> <li>岩級ごとに定数が設定されている</li> <li>CL、D級でCの幅がやや広い</li> </ul>
	日本道路公団(平成10年)		
④法	道路橋仕方書下部構造編 <sup>3)</sup> (p.236)	N値から粘性土、砂質土のC、 $\phi$ を設定する。岩の強風化部でも使用することが多い。	<ul style="list-style-type: none"> <li>未固結地盤で多くの実績がある</li> <li>C、<math>\phi</math>の両方を同時に設定することはできない(粘性土、砂質土で割切って設定)</li> </ul>
	日本道路協会(平成8年)		

$\phi$  が示されており、対象岩盤（岩級）に応じてどの文献を適用するかを選択することになる。また、岩の風化部を土砂として扱うか否かも文献選択時のポイントとなる。なお、定数決定には、設計側（発注者）の意向が多く含まれる場合があると念頭に置かなければならない。

#### 4. 算出結果

前述した各種岩盤において、それぞれの設定手法を用いて強度定数（C、 $\phi$ ）を算出した。表-3に算出結果を示した。以下岩種ごとに、設定手法の特徴を述べる。

表-3 算出結果一覧

岩種	粘板岩				花崗岩 (まさ土)		シルト岩			
	CH	CM	CL	D	CL	D	CL	D		
N 値	測定回数	1	5	18	4	32	10	261	12	
	範囲	最小	750	214	62	9	22	3	30	5
		最大		750	750	29	500	27	167	30
		平均	750	467	282	21	132	13	66	18
地盤定数 (C、 $\phi$ )	①法	C	2,000	1,000	1,000以下		1,000以下		1,000以下	
			4,000	2,000						
		$\phi$	40	30	15~38		15~38		15~38	
			55	45						
	②法	C	—	—	96	41	75	35	205	93
		$\phi$	—	—	41	36	40	34	20	20
	③法	C	2,000	1,250	500	0	100	0	—	—
		$\phi$	40	40	35	25	37	30~35	—	—
	④法	C	—	—	—	—	—	—	—	108
		$\phi$	—	—	—	—	—	28	—	—
	⑤法	C	—	—	—	—	—	—	586	—
		$\phi$	—	—	—	—	—	—	40*	—

算出方法：①応用地質学会岩盤分類（各岩盤等級区分物埋定数の範囲）  
 ②日本道路公団設計要領第二集（換算Nによる）  
 ③設計要領第二集（測定例）  
 ④道路橋仕方書（H8）  
 ⑤室内試験（圧裂引張・一軸）  
 単位：C（KN/m<sup>2</sup>）、 $\phi$ （°）  
 採用値：太字  
 \*：E-74による $\phi$ は57°⇒他の事例を参考に40°に低減

##### (1) 粘板岩

岩自体が非常に硬質でCL級以上では換算N値が300以上を示す。②法ではCM、CHが算出できない為、①法もしくは③法により定数を設定することとなる。粘板岩の場合、③法の参表で「粘板岩」と明記されており、なおかつ①法と比較し

ても安全側の数値となる③法を選択した。

##### (2) 花崗岩

風化程度により「まさ土」という特殊土に姿を変える。CL級までは岩として評価してよいが、D級以下（まさ土）では岩（固結地盤）と土砂（未固結地盤）との両面から地盤を評価する必要がある。花崗岩は上述した粘板岩同様、③法で「花崗岩」と明記された参表があるが、②法の値と比較しCが25%程度大きな値を示した。当該調査において発注者（設計担当）の意向により、できるだけ安全側の定数を設定する必要があったため、CL級においては②法を選択した。なお①法は、Cが大きくなり過ぎる為、設定から除外した。次にD級の扱いであるが、平均N値が13と低いこと、層相が土砂状を呈することから砂質土に区分し（粒度試験より）、④法により $\phi$ 成分のみを与えた（②法ではC=35（KN/m<sup>2</sup>）、 $\phi$ =34°となるため採用を控えた）。

なお、まさ土の強度定数は、初期間隙比（e0）や強熱減量（Li）との相関性があることも指摘されている4）。N値以外にもこれらの物性値を用いた定数選定も可能である。

##### (3) シルト岩

岩質が非常に均質であることが特徴的である。新鮮部はCL級に属し、風化部はD級となる。CL級部分のC、 $\phi$ を設定する為、圧裂引張試験と一軸圧縮試験（⑤法）実施した（発注者の要望、既存との比較）。露頭（岩盤）とボーリングコア（供試体）の状態が近似している為、岩石試験の値を岩盤の代表値とすることとした。なお、上記試験より求めた、C、 $\phi$ はそれぞれ586（KN/m<sup>2</sup>）、57°であるが、 $\phi$ があまりに大きな値であるため、他の事例を参考に40°に低減した。⑤法で求めた値は①法と②法の間的な値で

あった。次にD級部分であるが、これは上述した花崗岩（まさ土）同様、N値や層相および粒度試験結果から土砂（粘性土）と区分し、④法によりCのみを与えた。

#### 5. 設定手法に関する考察と今後の課題

本論文では岩種や岩級、層相（風化程度・固結程度）の違いから、選択した参考文献（式、表）により、強度定数に相違があることを改めて確認した。また、使用文献の特徴を捉えることで、今後の解析にも役立つものとする。しかし、ここで考えなければいけないのが標準貫入試験（N値）の位置付けである。設計がN値に頼り、そこからC、 $\phi$ を機械的に算出するケースが増加している。特に道路部門ではその傾向が強いように感じる。標準貫入試験は全ての地盤に万能ではなく、それにより求められたN値もときに真の地盤強度を反映していないこと

があることを念頭に置きたい。今後は公共投資の縮小、調査費の削減により、原位置での試験や高価な室内試験（三軸等）は、更に減少するものと考えられる。現況で得ることのできる数少ないデータをより有効的に活用し、今後も地盤定数の設定手法について考察していきたいと考える。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 応用地質学会：応用地質学会特別号「岩盤分類」p.112, 1985.8
- 2) 日本道路公団：設計要領第二集、p.4-9, 4-11, 1998.7
- 3) 日本道路協会：道路橋仕方書「下部構造編」, p.236, 1996.12
- 4) 土木学会論文集：「物理強度特性からみた乱さないまさ土の分類」, pp.159-168, 1984