

# 橋梁直下における地盤定数の整理と液状化判定

長岡技術科学大学 ○小柴 直也 正会員 杉本 光隆

## 1. はじめに

橋梁の設計を実施する前に、架橋位置で地質調査を行い、地盤の密度・強度・変形係数などといった材料特性、力学的特性の把握や、地震時に液状化が生じるか否かを判定することが必要となる。本報告では、ある新設道路橋の詳細設計にあたり整理した地盤定数と液状化判定の方法について報告する。

## 2. 地盤定数の整理

### 2.1 地層構成および支持層・耐震設計上の基盤面

表-1は地盤調査より明らかとなった、架橋位置の地層構成である。沖積層は粘土層と砂層の互層で、その下層に洪積砂層、さらにその下層に軟岩が堆積している。

道路橋示方書<sup>1)</sup>の解説によると、地層のN値が粘性土で20程度以上（一軸圧縮強度 $q_u=0.4N/mm^2$ 程度以上）、砂層・砂礫層で30程度以上を有していれば、その地層を支持層としてよい。N値が十分に大きかったことから、Oa-W3層を支持層とした。また、道路橋示方書<sup>1)</sup>には $V_{si}$ が300m/s程度以上であれば耐震設計上の基盤面として良いとある。十分堅固な地盤であればこの条件を満たしていると考えられることから、岩盤であるOa-W3層を耐震設計上の基盤面とした。

### 2.2 層分けと設計N値の計算

地質調査における標準貫入試験の結果から、地層を代表するN値を以下の方針で設定した。

- ①柱状図の記事や深さ方向のN値の変化を考慮し、柱状図をその深さ方向に層区分する。
- ②貫入量が30cm以下の場合には換算N値( $N' = \text{打撃回数} \times 30\text{cm} / \text{貫入量}$ )を用い、土砂層における換算N値の上限値は100とした<sup>2)</sup>。これは、N値と変形係数の相関が確認されている範囲である。
- ③礫叩きなどの異常値を除外するものとする。
- ④各ボーリングの地層毎の平均N値と標準偏差を求め、平均N値－標準偏差/2の小数点以下を切り捨

表-1 地盤調査位置の地層構成

地質時代		地層名		記号
現世		盛土・表土層		Bk
第四紀	完新世	沖積層	粘性土層	Ac1
			砂質土層	As1
			粘性土層	Ac2
			砂質土層	As2
	砂礫層	Ag		
	更新世	洪積層	砂質土層	Ds
新第三紀	鮮新世	新第三期	強風化砂岩・泥岩	Oa-W1
			風化砂岩・泥岩	Oa-W2
			弱風化砂岩・泥岩	Oa-W3

てた値をその層の設計N値とする。各ボーリングの地層毎の平均N値は四捨五入したものをを用いた。

### 2.3 地盤定数の設定方法

設計N値とボーリング調査の後に実施した一軸圧縮試験、孔内水平載荷試験などの土質試験の結果から、単位体積重量 $\gamma$ 、粘着力 $c$ 、内部摩擦角 $\phi$ 、変形係数 $E_0$ を、地盤毎に求めた。

#### ① 単位体積重量 $\gamma_t$

単位体積重量は、粒度組成や地層の締まり具合に応じてバラツキがあるため、道路橋示方書に示された一般値を採用した。砂質土でN値30以上、粘性土でN値8以上について、「密なもの」に分類される土の単位体積重量の一般値を採用した。岩盤の単位体積重量は岩石試験を行っていないため、NEXCO設計要領第二集<sup>3)</sup>により推定した。

#### ② 粘着力 $c_u$

砂質土の粘着力は0とした。粘性土の粘着力は、 $c_u=q_u/2$ より求めた。一軸圧縮強さ $q_u$ は一軸圧縮試験から求めたが、試験値がない層の $q_u$ は設計N値からの推定式<sup>2)</sup>（大崎の提案式もしくはTerzaghi and peck式）を用いて推定した。また、岩盤の粘着力は、対象の岩盤がN値50~100程度の軟岩であることから、NEXCO<sup>3)</sup>が提案している設計N値との相関関係を使用した。

表-2 地盤定数の一覧

項目		平均N値	設計N値	単体体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi^\circ$	変形係数 $\alpha E_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	低減係数DE			
地層名	記号							L1	L2 TYPE I	L2 TYPE II	
盛土・表土層		Bk	1.9	1.0	18.0	23	-	2800	-	-	-
沖積層	粘性土層	Ac1	1.3	1.0	14.0	31	-	4500	-	-	-
	砂質土層	As1	2.8	2.0	17.0	-	28	5600	2/3	0	1/6
	粘性土層	Ac2	2.3	2.0	14.0	37	-	4560	-	-	-
	砂質土層	As2	5.7	5.0	17.0	-	30	14000	1	1/3	1/3
	砂礫層	Ag	19.4	19.0	17.0	-	36	53200	-	-	-
洪積層	砂質土層	Ds	11.6	11.0	17.0	-	35	20000	1	1	1
新第三期	強風化砂岩・泥岩	Oa-W1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	風化砂岩・泥岩	Oa-W2	43.3	43.0	17.9	158	21	142400	-	-	-
	弱風化砂岩・泥岩	Oa-W3	67.8	67.0	18.7	206	21	193600	-	-	-

③ 内部摩擦角  $\phi_u$

粘性土の内部摩擦角  $\phi_u$  は一般に0となることが一軸圧縮試験や UU 三軸圧縮試験によって確かめられるため0とした。砂質土層の内部摩擦角は、道路橋示方書<sup>1)</sup>で提案されている推定式をもとに設定した。また、岩盤の内部摩擦角は対象の岩盤がN値50~100程度の軟岩であることから、実績の多い、換算N値との相関関係を用いて推定した。

④ 変形係数  $E_0$

地盤の変形係数は原位置での孔内水平載荷試験を実施した層は実測した変形係数を優先し、それ以外の層は、 $E_0=700N$ によってN値から推定した<sup>1)</sup>。岩盤の変形係数は、 $E_0=27.1N^{0.69}(\times 98.1)$  kN/m<sup>3</sup>によってN値から推定した。<sup>3)</sup>

設定した地盤定数を表-2に示す。

3. 液状化判定

道路橋示方書<sup>1)</sup>の規定に従い、液状化が生じる可能性のある土層を粒度試験および液・塑性限界試験の結果から判定した。次の3つの条件すべてに該当する場合に、液状化の判定を行う必要がある。

- ①地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層である。
- ②細粒分有率FCが35%以下の土層、または、FCが35%を超えても、塑性指数 $I_p$ が15%以下である。
- ③50%粒径 $D_{50}$ が10mm以下で、かつ、10%粒径 $D_{10}$ が1mm以下である。

液状化の判定を行う必要がある土層に対しては、N値、FC、 $D_{50}$ などから動的せん断強度比R、地震時

表-3 液状化判定による土質定数の低減係数

$F_L$ の範囲	地表面からの深さ $x$ (m)	動的せん断強度比R	
		$R \leq 0.3$	$0.3 < R$
$F_L \leq 1/3$	$0 < x \leq 10$	0	1/6
	$10 < x \leq 20$	1/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 < x \leq 10$	1/3	2/3
	$10 < x \leq 20$	2/3	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 < x \leq 10$	2/3	1
	$10 < x \leq 20$	1	1

せん断応力比Lを求める。液状化に対する抵抗率 $F_L$ (= $R/L$ )をレベル1地震動及びレベル2地震動それぞれに対して算出した。この値が1.0以下の土層は液状化が生じる可能性があるとして判定した。

液状化が生じると判定された土層は、その $F_L$ 値、地表面からの深さ、動的せん断強度比に応じて耐震設計上の地盤定数、地盤反力係数、地盤反力度の上限値、最大周面摩擦力度等を、表-3に示す低減係数により低減する。液状化判定の結果、沖積層の砂質土でL1、L2地震動の双方に対して液状化が生じる可能性があるとして判定した。その低減係数DEを表-2に示す。

4. まとめ

本投稿では、地盤定数の整理と液状化判定について述べた。これらの結果を元に、橋梁詳細設計のうち下部工基礎工の設計、耐震設計を適切に行うことができた。

参考文献

- 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善出版，2017。
- 2)地盤工学会：地盤調査の方法と解説，丸善出版，2013。
- 3)NEXCO 総研：NEXCO 設計要領第二集，2016。