

Ⅲ－B30

累積損傷度理論に基づく液状化判定法の簡便化に関する一考察

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○山田 孝弘*

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正会員 児玉 育雄*

1. はじめに

平成9年、鉄道基礎構造物の設計が全面的に限界状態設計法へ移行されることとなった。その中で、大地震（設計震度の基準値 1.0）を想定した液状化判定法では、累積損傷度理論に基づき地震動の不規則性を考慮することによって、より合理的な判定が可能となっている。また判定には、地盤の固有周期や N 値、判定位置の全土載圧および有効土上載圧等の情報が必要となる。

本研究では、まず簡易判定法のアウトプットである液状化抵抗率に着目し、これを統計的手法により最小限の説明変数で定式化することによって、判定法の簡便化を試みた。次に、構造計画への展開をにらんで、簡単な骨組みモデルによる液状化の影響度の検討を行った。さらには、これらの結果と既往の実証的研究成果等を参考にして、液状化判定法の体系化を目指した。

2. 液状化抵抗率のモデル化

(1) 説明変数の選択

液状化抵抗率のモデル化に際し、まず説明変数の影響度を数量化理論第Ⅰ類によって分析した。なお、説明変数は、過去の液状化履歴の追跡調査等に基づき、液状化の影響要因と考えられる要素を抽出した。

① ボーリングデータ

液状化抵抗率を算出するために使用したボーリングデータは、福井駅付近で実施された6箇所と、阪神高速湾岸線付近で実施された8箇所の計14箇所である。

② 解析条件

解析条件は、液状化抵抗率を外的基準とし、各説明変数のカテゴリーを「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物」に基づき設定した。サンプル数は174である。

③ 解析結果

解析結果を表-1に示す。

重相関係数は0.718となり、統計的に高い相関があるとは結論できない。それを認識の上で、解析結果を考察すれば、液状化抵抗率に対する説明変数の寄与度は、レンジの大きさから N 値、土質分類の順で高いと推察できる。同時に、他の説明変数に比してその値も突出していることから、液状化抵抗率は、 N 値、土質分類の2説明変数で説明が可能であると考えられる。

表-1 数量化理論第Ⅰ類による解析結果

item (p)	category (q)	freq.	categ.score	range
現地地盤面からの深さ	$0\text{ m} \leq z < 5\text{ m}$	17	0.0715	0.1071(4)
	$5\text{ m} \leq z < 10\text{ m}$	61	0.0361	
	$10\text{ m} \leq z < 20\text{ m}$	96	-0.0356	
表層地盤の厚さ	$H < 25\text{ m}$	17	0.0598	0.0731
	$25\text{ m} \leq H < 30\text{ m}$	102	-0.0133	
	$30\text{ m} \leq H$	55	0.0062	
表層地盤の固有周期	$T_g < 0.5\text{ s}$	17	-0.0414	0.1519(3)
	$0.5\text{ s} \leq T_g < 0.75\text{ s}$	134	-0.0137	
	$0.75\text{ s} \leq T_g$	23	0.1105	
地下水水位	$0\text{ m} \leq h < 2.5\text{ m}$	59	-0.0116	0.0503
	$2.5\text{ m} \leq h < 5\text{ m}$	85	-0.0056	
	$5\text{ m} \leq h < 10\text{ m}$	30	0.0387	
N 値	$N\text{ 値} < 5$	10	-0.3626	0.9791(1)
	$5 \leq N\text{ 値} < 15$	97	-0.1338	
	$15 \leq N\text{ 値} < 25$	46	0.0795	
	$25 \leq N\text{ 値}$	21	0.6165	
土質分類	シルト・細砂	54	0.4866	0.8030(2)
	中砂	32	0.0198	
	粗砂	73	-0.3164	
	砂礫	15	-0.2545	

【キーワード】累積損傷度、液状化抵抗率、液状化判定法

*技術部 土木設計第二部

〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-4-20

TEL06-303-1446 FAX06-303-3929

(2) 液状化抵抗率のモデル化

モデル化に先立ち、モデルの信頼性を向上させ、かつ解析上の多重共線性を回避するために、説明変数の選択の適否について、相関分析と総当たり法により検証した（検証結果は紙面の都合上割愛する）。最終的に、液状化抵抗率は式(1)のように定式化できた。

$$Y = 0.122x_{11} + 0.063x_{12} - 0.994x_{51} - 0.748x_{52} - 0.537x_{53}$$

現地盤面からの深さ

N値

$$+ 0.752x_{61} + 0.319x_{62} + 1.000 \quad \text{式(1)}$$

土質分類

ここに、Y：液状化抵抗率

x_{pq} ：アイテムpのカテゴリ-q

3. 液状化の影響解析

液状化判定法の体系化および今後の構造計画を見据えた際に、有益な設計情報として加工する目的で、液状化の度合いが構造全体系に及ぼす影響について骨組み解析によって検討を行った。

具体的には、1柱1杭式5径間ラーメン高架橋において、杭頭付近の地盤ばねを任意に無視した場合の各部材に生ずる断面力を抽出し、断面照査を行っている。同じく、杭径を変えた場合についても検討している。ここでは、杭径1.1mの結果のみを表-2に示し、考察は紙面の都合上割愛させていただく。

なお、骨組みモデルおよび地盤モデルは図-1、2に示すとおりである。

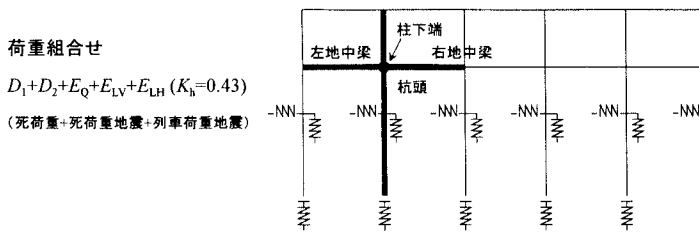


図-1 骨組みモデル

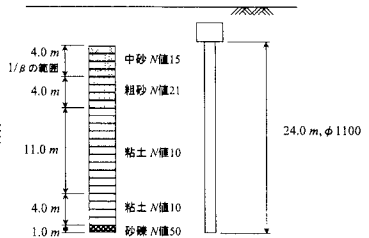


図-2 地盤モデル

4. おわりに

本研究では、まず統計的手法を用いて液状化抵抗率のモデル化を行った。本モデルは、比較的容易に収集できる設計情報で、簡便に液状化判定ができる点が特徴であり、またその簡便性ゆえ、今後概略設計段階での活用も期待できると考えている。ただし、現段階ではモデル精度が低いことも否めず、活用にあたっては制約が必要であると考えている。

次に、構造全体系に対する液状化の影響度を把握する目的で、1柱1杭式5径間ラーメン高架橋を対象に骨組み解析を行った。これより、弾性設計の範囲内における傾向を把握できた。また、断面照査の結果、液状化が懸念される場合の杭基礎の構造計画に関する有効情報を得ることができた。ただし、場所打ち杭の支持力性状（既往の実験結果によれば、支持力の分担力は、先端支持力30%、周面摩擦力70%程度といわれている）を考えれば、液状化時の安定の検討や、また側方流動等、地盤変位の影響が無視できない場合は、杭頭ではなく、地中部の発生モーメントが支配的になることも考えられ、安定のみならず、耐力上も検討が必要と考える。

最後に、貴重なデータを提供していただいた阪神高速道路公団 中村 求氏、また終始適切な御指導と御助言を賜った（財）鉄道総合技術研究所基礎研究室の諸兄に、ここに記して、深甚なる謝意を表する。

表-2 解析結果（発生モーメント $t \cdot m$ ）

	a	b	c	d	e	f	g
柱下端	130.3	130.1	130.1	130.5	130.5	130.8	131.8
左地中	119.6	135.0	149.3	173.5	119.4	121.1	116.5
右地中	79.6 (1.00)	95.7 (1.20)	106.7 (1.34)	128.2 (1.61)	79.3 (0.99)	80.7 (1.01)	76.3 (0.96)
杭頭	69.0 (1.00)	98.5 (1.42)	125.9 (1.82)	171.2 (2.48)	68.2 (0.98)	71.0 (1.03)	61.1 (0.88)

注1) ：地盤ばね無視1m

注2) *：第1層（中砂N値15）の地盤ばねを考慮かつ第2層（粗砂N値21）を無視