

ボーリング試料による礫地盤の粒度評価と液状化対象土層の判定に関する考察

名城大学大学院	学生会員	○小林芳樹・兼松祐志
名城大学	正会員	小高猛司・崔 瑛
土木研究所	正会員	石原雅規
高知大学	正会員	原 忠
建設技術研究所	正会員	李 圭太

1. はじめに

河川堤防の基礎地盤の液状化危険度の判定には、粒度等によって判定の対象となる土層であるか判断した後、主に標準貫入試験による N 値を用いて判定がなされる。その際の粒度は、一般に標準貫入試験時にレイモンドサンプラーで採取したいわゆるペネ試料から分析されている場合が多い。しかし、比較的大きな礫が混在する礫質土地盤においては、内径 35mm のレイモンドサンプラーで採取したペネ試料だけでは実際の基礎地盤の原粒度を評価することは難しいと思われる。本報では、3 種の調査径でのボーリング調査から採取したペネ試料とコア試料、またバックホウによる直接掘削で採取した原粒度試料も用いて、それぞれの粒度を比較検討するとともに、液状化判定についての考察を行った。

2. 試料採取の概要

四国の某河川河口部の堤外地高水敷にて、およそ 5m の間隔を空けて一列に 3 本の調査ボーリングを実施した。調査で用いたボーリング孔の外径（内径）はそれぞれ 66(50), 116(100)および 140(125)mm である。いずれのボーリング孔においても、地表面から 1m 間隔で、前半の 50cm で標準貫入試験によるペネ試料の採取、後半の 50cm で無水掘りによる攪乱試料のコア採取を行った。また、ボーリング調査箇所から 20m 程度離れた掘削ピット内において、バックホウを用いて 3 深度分の原粒度試料を採取した。その内、一番下の下部試料は地下水位以深のものであり、それ以外の中部および上部試料は地下水位以浅の不飽和試料である。いずれの試料も細粒分が流出しないよう細心の注意を払いつつ、採取、梱包し、実験室に搬入した。

3. 粒度試験結果

図 1 は各ボーリング孔における全深度のペネ試料の粒度試験結果を示す。土質は深度方向に変わるのはもちろん、平面的にも厳密には同じではないが、各深度の粒度曲線は、各図それぞれの曲線群の中において、わずかに異なっているがほぼ同じ位置関係を示している。また、いずれの調査径においても粒度はレイモンドサンプラーの内径を反映し、最大粒径は 37.5mm である。また、孔径が大きい $\phi 140\text{mm}$ の曲線のデータのばらつきは他のボーリング径と比べて、若干大きい。

図 2 はボーリング孔毎の全深度のコア試料による粒度試験結果を示す。ボーリング No.1 の孔径 $\phi 66\text{mm}$ のコア試料の粒度において、粒径 5mm 程度からの礫の割合が急増する傾向が見られる。特に、0~5m の以浅において、 $\phi 66\text{mm}$ のコア試料の砂分の割合が、他の孔径のコア試料に比べて明らかに少ない。

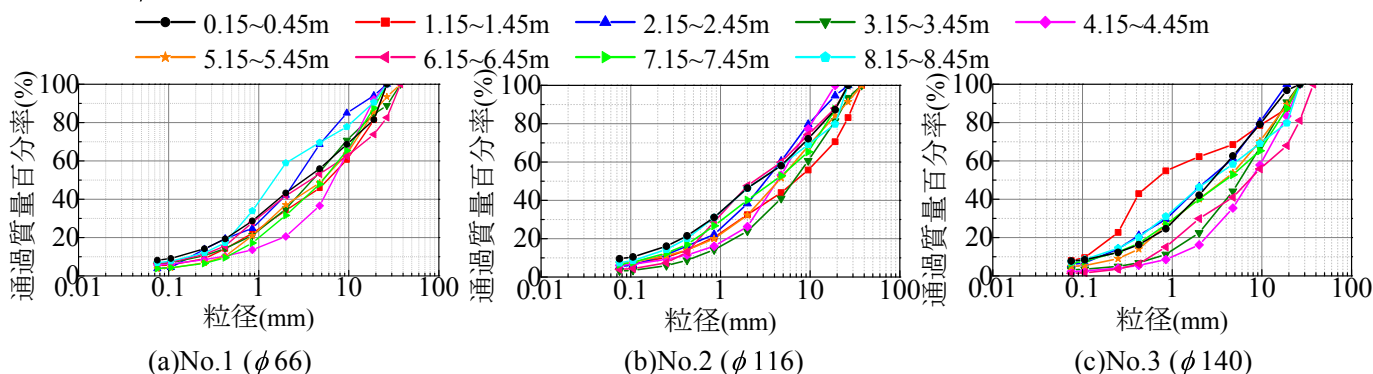


図 1 調査ボーリング孔毎に整理したペネ試料による粒度試験結果

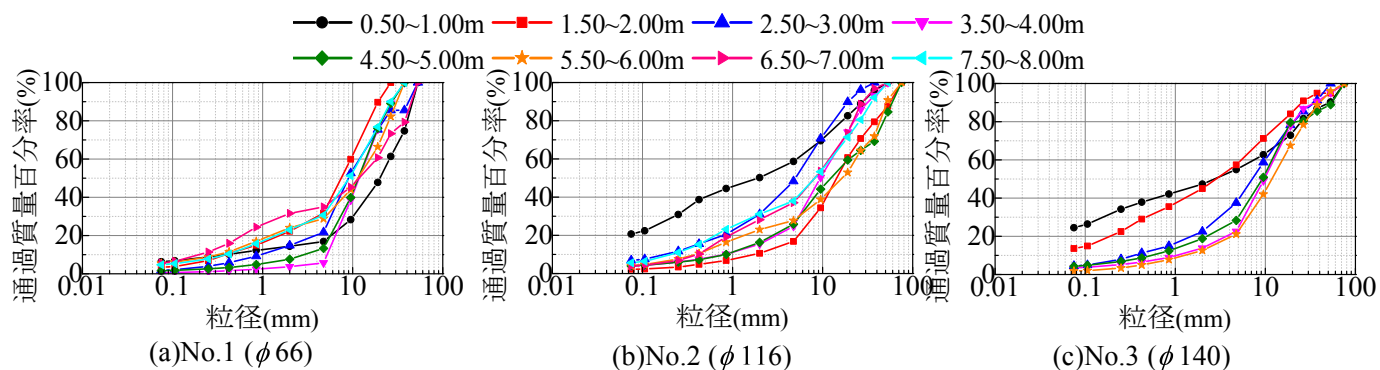


図2 調査ボーリング孔毎に整理したコア試料による粒度試験結果

図3は原粒度試料の粒度曲線である。下部と中部で得られた粒度は比較的近い粒径が示されたが、上部の粒度は他の粒径に比べて、砂分が少なく礫分が多い粒径である。下部試料以外は地下水位以浅であることをあらかじめ断っておかねばならないが、道路橋示方書で規定する液状化対象土層、すなわち「50%粒径 10mm 以下、かつ 10%粒径 1mm 以下」の基準に照らすと、上部試料の D_{50} がわずかに 10mm 以上、 D_{10} が 1mm 程度であり、微妙であることを除けば、中部、下部ともに液状化対象土層と判断できる。

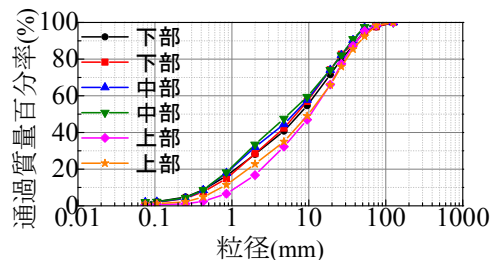


図3 原粒度試料の粒度試験結果

表2および表3はそれぞれペネ試料およびコア試料の深度ごとの D_{10} 、 D_{50} を示す。グレーの網掛けは、道路橋示方書の液状化対象土層と判定される試料である。表より、すべてのペネ試料は液状化対象の土層と判定される。一方、コア試料は対象外と判定される土層も見られる。特に、 $\phi 66\text{mm}$ の試料にその傾向が強い。採取した $\phi 66\text{mm}$ のコア試料を観察したところ、サンプリングチューブ径よりやや小さな礫が多く混入していることが目視で確認することができ、現実よりも粒径をやや大きく見積もる傾向があると推察された。そのため、本現場の礫試料に限れば、コア試料は液状化土層の判定だけに用いるのであれば、必ずしも適切とは言えない。ただし、50mm 以上の大きな礫の存在については、 $\phi 116\text{mm}$ および $\phi 140\text{mm}$ のコア試料を用いなければ決してわからない。これらの大きな礫の混入が、礫質土の力学特性にどのような影響を及ぼすのか、今後、詳細な力学試験を通して考察する必要がある。

表2 ペネ試料における液状化判定

深度(m)	$\phi 66$		$\phi 116$		$\phi 140$	
	D_{10}	D_{50}	D_{10}	D_{50}	D_{10}	D_{50}
0.15~0.45	0.13	3.23	0.09	2.62	0.15	2.79
1.15~1.45	0.26	5.89	0.24	6.83	0.11	0.58
2.15~2.45	0.18	2.61	0.19	3.22	0.15	2.48
3.15~3.45	0.25	3.99	0.50	6.56	0.71	5.73
4.15~4.45	0.42	6.92	0.31	4.35	1.01	7.50
5.15~5.45	0.42	5.21	0.19	4.43	0.28	3.89
6.15~6.45	0.20	3.71	0.32	2.35	0.57	7.18
7.15~7.45	0.45	5.22	0.16	3.93		
8.15~8.45	0.17	1.42	0.13	2.59		

表3 コア試料における液状化判定

深度(m)	$\phi 66$		$\phi 116$		$\phi 140$	
	D_{10}	D_{50}	D_{10}	D_{50}	D_{10}	D_{50}
0.50~1.00	0.40	20.0		1.95		2.84
1.50~2.00	0.39	7.86	1.83	14.21		2.96
2.50~3.00	0.98	9.05	0.18	5.04	0.35	7.25
3.50~4.00	5.20	11.4	0.79	9.43	1.01	9.70
4.50~5.00	2.90	11.4	0.82	12.05	0.54	9.32
5.50~6.00	0.32	11.8	0.40	17.27	1.27	11.81
6.50~7.00	0.20	12.6	0.40	8.23		
7.50~8.00	0.41	9.19	0.21	8.36		

4. まとめ

本調査の礫質土地盤においては、現行の液状化対象土層の判定だけに限れば、標準貫入試験時のペネ試料による粒度だけから評価しても結果としては差し支えないことがわかった。ただし、大きな礫まで含めた正確な粒度を推定するには、少なくとも $\phi 66\text{mm}$ よりも大きなボーリング調査径が必要であることもわかった。