

四国の埋立地の液状化危険度マップ作成に用いる土質特性の推定

日本工営 正会員 ○林 良樹

日本工営 正会員 佐藤 誠一

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 榎山 正

国土交通省 四国地方整備局 正会員 小泉 勝彦

1. はじめに

四国地方において、南海トラフ地震後の復旧・復興に重要な役割を果たすと考えられることから、港湾埋立地の液状化の予測判定を緊急に行う必要があった。液状化の予測判定の検討対象箇所は、11港湾の17地区であり、予測判定に先立ってボーリングデータを収集したが、液状化の判定に必要なデータが入手できない埋立地があった。また、それらの箇所にて新たにボーリング調査を行うには制約条件があり、ボーリング調査期間が十分とれないことが判明した。そこで、埋立地の液状化予測判定に必要な土質定数の設定は、図1に示す手順で行った。

本報では、この手順②における細粒分含有率（以下「 F_c 」）ならびに塑性指数（以下「 I_p 」）の推定値の設定について報告するものである。なお、対象埋立地においてボーリング調査が全く実施されていない場合（手順③および④に該当）には、PDC及び表面波探査を行い、土質特性を評価している^{※1}。

2. 埋立土の土質特性の推定

地盤調査による埋立土のN値はあるが、物理試験結果がない箇所については、 F_c と I_p を推定する必要があった。ここで、 F_c は、道路橋示方書に土質分類に対する一般値^{※2}（単位重量、D50、 F_c ）が示されているが、その分類が該当しない土質があることや、四国港湾地域の特性を反映することが望ましいことから、四国港湾地域にて物理試験を実施している、ボーリング柱状図に示された土質区分毎の F_c を、物理試験を実施していない別のボーリング柱状図の同じ土質区分箇所へ適用することに着目した。 F_c の土質試験結果は、8港10地区より収集した383試験である。この F_c を柱状図に記載された土質区分と記事に基づき土質区分毎に整理した。 F_c の整理結果を表1及び図2に示す。埋立土を対象とした整理であるため礫～砂質土系材料が主体となっており、それらの標準偏差は10以下程度である。他方、シルトを含む材料では標準偏差が10～20程度となっており相対的にバラツキの程度が大きい結果となっている。なお、港湾基準における土質定数設定手法^{※3}では、室内試験結果が変動係数0.6を上回ると、試験値の見直しを行うが、表1の礫混じりシルト質砂、砂、シルト質砂、シルト混じり細砂は、データ数10以上で変動係数0.6を下回っており、統計的にもばらつきが少ない数値となっていることが分かった。次に I_p については、 F_c よりもさらにデータ数が少なく、土質区分毎の整理は困難であった。そこで、 F_c と I_p の相関性を確認し、 F_c を用いた推定式に着目して整理した。

3. 液状化判定への適用

本整理結果を用いて液状化判定を行うには、土層毎に推定値を設定する必要がある。 F_c は安全側の評価への配慮として、土層毎に平均値- σ で得られる値を設定値とした（表1）。また、 I_p については、 F_c から推定される最低の塑性指数が得られるような関係式を提案した（図3）。なお、細粒分含有率が15%以下の場合については塑性指数を0とした。

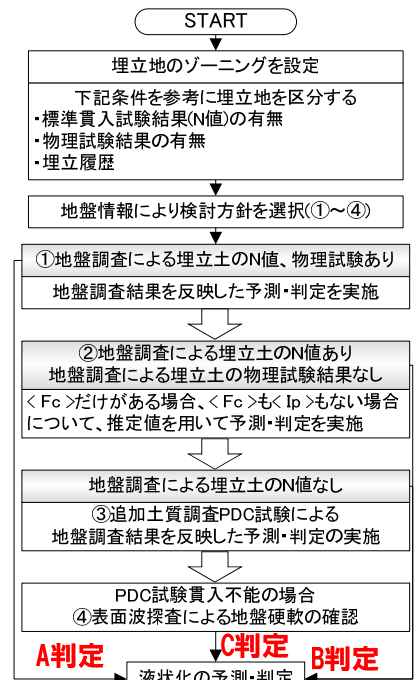


図1 土質定数設定手順

キーワード 埋立地，液状化，細粒分含有率，塑性指数

連絡先 〒530-0047 大阪市北区西天満 1-2-5 大阪 JA ビル 6F，E-Mail：a4439@n-koei.co.jp

表1 土質区分毎の細粒分含有率設定値

土質分類	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差	変動係数	設定値	土質分類	データ数	最小値	最大値	平均値	標準偏差	変動係数	設定値
砂礫	40	1.0	34.3	10.6	7.59	0.72	3.0	砂	54	1.5	35.0	10.8	5.84	0.54	4.9
粘土質砂礫	8	7.7	24.3	17.8	4.86	0.27	12.9	中砂	5	3.0	27.0	13.4	8.73	0.65	4.7
玉石混じり砂礫	15	1.0	25.0	5.9	6.41	1.08	0.0	砂質シルト	7	51.7	89.9	65.2	11.91	0.18	53.2
玉石混じり粘土質砂	2	29.2	29.4	29.3	0.14	0.00	29.2	シルト質砂礫	7	8.0	33.0	23.1	10.02	0.43	13.1
礫混じり玉石	4	0.0	1.9	0.6	0.90	1.57	0.0	シルト質砂	22	11.5	53.0	25.4	12.02	0.47	13.4
礫混じり粗砂	22	1.0	32.0	8.5	5.98	0.70	2.5	シルト質細砂	4	8.0	53.0	28.7	18.80	0.66	9.9
礫混じり砂	71	0.7	39.0	12.1	8.25	0.68	3.9	シルト質粘土	2	74.7	87.9	81.3	9.33	0.11	72.0
礫混じり細砂	4	14.4	24.2	17.4	4.62	0.27	12.8	シルト混じり砂礫	22	2.0	27.0	10.7	7.71	0.72	3.0
礫混じりシルト質砂	12	6.5	49.0	22.9	12.28	0.54	10.6	シルト混じり砂	45	3.3	93.0	15.1	15.36	1.02	0.0
礫混じり砂質シルト	2	23.0	38.0	30.5	10.61	0.35	19.9	シルト混じり細砂	10	8.0	32.0	15.0	6.98	0.47	8.0
礫混じり砂質粘土	10	60.0	86.0	68.1	7.56	0.11	60.5	粘土混じり砂礫	7	9.0	15.0	13.3	2.35	0.18	10.9
								粘土混じり礫質砂	8	5.4	27.0	16.0	6.34	0.40	9.7

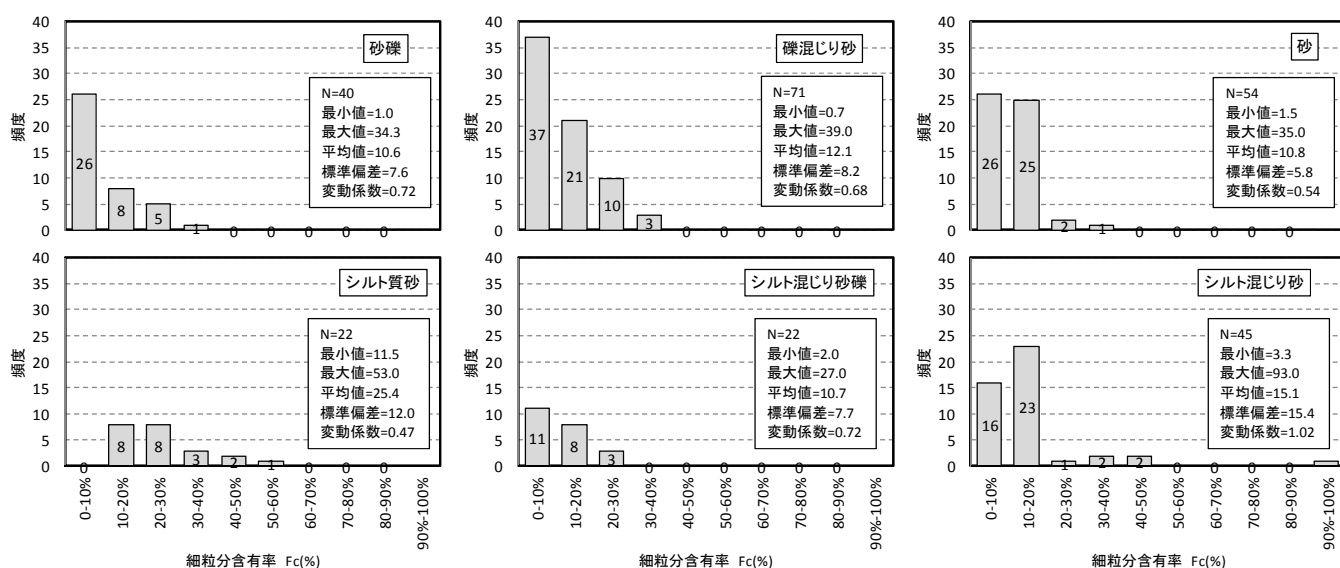


図2 細粒分含有率の頻度分布

4. まとめ

四国港湾地区においてボーリング柱状図で示される土質区分毎で整理したFcは、統計処理の結果、変動係数0.6を下回る土質もあり、実用に耐えることが分かった。また、四国港湾地区にてFcからIpを推定することもできた。これらのことから、ボーリング柱状図がある箇所については、土質区分毎の統計データ及びFcとIpの関係式を用いることにより土質情報(Fc、Ip)を簡易に推定することが可能となる。

今後は、これらのデータを継続追加更新して推定精度を向上し、四国港湾地区の土質情報の簡易推定手法の更なる活用が望まれる。

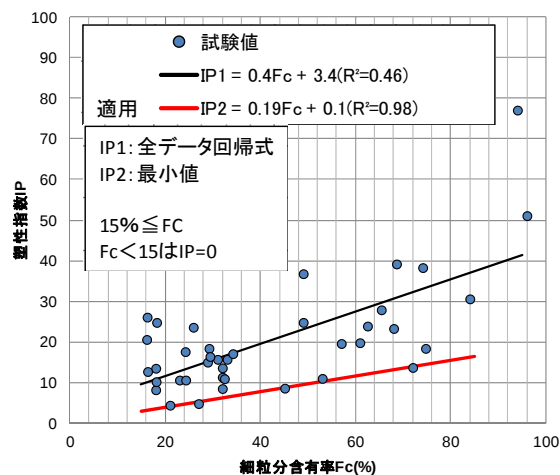


図3 四国港湾地区におけるFcとIpの関係

謝辞：本検討の実施にあたり、ご指導、ご助言を頂きました港湾空港技術研究所 山崎特別研究官、愛媛大学 岡村教授、徳島大学 渦岡教授、高知大学 原准教授、香川大学 山中准教授、港湾技術研究所 小濱耐震構造研究チームリーダーに御礼申し上げます。また、検討対象とした港湾施設管理者並びに民間事業者各位には貴重なデータをご提供頂きました。

【参考文献】

- 1) 林ら:動的貫入試験と表面波探査を用いた埋立地における液状化地盤の評価, 第48回地盤工学研究発表会, 2013.7(投稿中)
- 2) (社)日本港湾協会:港湾の施設の技術上の基準・同解説, 2007
- 3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002