

濃尾平野の堆積砂の特徴と液状化の可能性について

岐阜工業高等専門学校
 揖斐川工業(株)

○吉村優治
 井上孝二・白井龍郎

1. はじめに 木曾三川(東から木曾川,長良川,揖斐川)によって造られた濃尾平野は、地震時に液状化を生じ易い地形として注目されており、明治以降だけでも濃尾地震(M=8.4, 1981.10.28)、江濃地震(M=6.9, 1909.8.14)、東南海地震(M=8.0, 1944.12.7)¹⁾により各地で液状化が発生している²⁾。この濃尾平野は沖積平野部が86%を占め、扇状地地帯、自然堤防地帯、三角州地帯の沖積平野の三地形帯が我国の沖積平野のなかで最も典型的に配列しており、主に木曾三川と称される木曾・長良・揖斐川の堆積作用により形成された、洪積層と沖積層とからなる水成堆積平野である。日本の地盤が液状化を起こす下限深さは、これまでのいくつかの地震の調査報告^{3) 4) 5)}などから15m程度であることが推定できる。この深さは濃尾平野では沖積層であり、ほとんどの地域が砂またはシルト層から成り、N値は小さく、地下水により飽和状態にある。

本報告は、木曾三川下流域に堆積(G.L.0.5~10m程度)している代表的な砂を採取し、その堆積砂の特徴と液状化の可能性について述べたものである。

2. 試料の採取方法 粒状体の土を乱さずに採取するのは極めて難しく、凍結サンプリング等の方法が採られている。しかし、自然に堆積している土は必ず細粒分を含んでおり、サンプリングの仕方によっては不攪乱土を採取する事が可能であり、その調査実績⁶⁾もある。本研究では、土木工事現場等から深度0.5~10m程度に堆積している砂を注意深くブロックサンプリングして不攪乱に近い状態で採取し、物理的性質試験を行った。その採取場所を図1に、深度を表1に示す。

3. 堆積砂の性質 表1に試料を採取した地点の状況及び堆積砂の物理的性質をまとめて示す。サンプリングは土を乱さないよう慎重に行ったが、矢板を打設してある工事現場もあり、表中にその信頼度を併せて記した。また、図2は試料の粒径加積曲線を採取地域別にまとめたものであり、図3にはこれと同一スケールで液状化の可能性のある土の粒径分布(均等係数の小さい砂)⁷⁾を示す。この表1、図2,3から以下のことが言える。

季節的な変動はあるが地下水位が高い。大垣市はその昔、各所で自噴水が湧き「水の都」と呼ばれ、今でも毎年8月には水都祭が行われている。昔はこうした自噴水が濃尾平野各地で見られ、生活用水や灌漑用水等に利用されてきた。図4は一宮市での不圧地下水位(7m井)と被圧地下水位(70,250m井)の経年変動⁸⁾を示したものであり、地下水汲み上げによる地盤沈下が問題になっている濃尾平野でも7m井の地下水位は低下していない。こうした事実から、濃尾平野の地盤沈下は被圧地下水の汲み上げによって進行しており、液状化に影響を及ぼす浅層部の砂は依然として地下水により飽和状態にある。

粒度分布については2-⑦

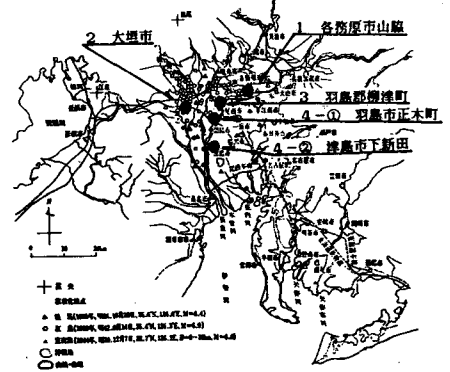


図1 濃尾平野の液状化発生履歴²⁾と試料採取地点

表1 試料採取地点の状況と土の物理的性質

No	採取地点	採取深さ (G.L.-m)	地下水位 (G.L.-m)	排水	信頼度	ρ_t (g/cm^3)	ρ_d (g/cm^3)	間隙比 e	w (%)	Sr (%)	ρ_s (g/cm^3)	細粒分 (%)	e_{min}	e_{max}	Dr (%)
1-①a	各務原市山脇	1.5	4.8	ナシ	△	1.567	1.341	1.006	16.9	48	2.690	11.4	0.789	1.446	67
2-①	大垣市青柳町	3.8	0.9	ナシ	△	1.778	1.373	0.958	29.5	83	2.688	2.4	0.715	1.193	49
2-②	今富町	2.4	2.4	-	△	1.830	1.320	1.056	38.7	99	2.714	35.2	0.886	1.583	76
2-③	2-①と同じ	9.5	0.9	ナシ	△	2.089	1.827	0.480	14.3	81	2.704	1.2	0.480	0.701	100
3-①	稲津町丸野2丁目	5.0	2.4	ナシ	△	1.820	1.385	0.930	31.4	90	2.673	2.0	0.762	1.249	66
3-②	丸野2丁目	3.5	3.0	ナシ	△	1.913	1.467	0.813	30.4	90	2.660	0.4	0.779	1.252	93
3-③	南塚2丁目	4.5	4.0	ナシ	×	1.694	1.202	1.219	40.9	90	2.618	5.1	0.870	1.605	53
3-④	梅松3丁目	5.5	3.0	ナシ	×	1.856	1.383	0.926	34.2	99	2.664	31.2	0.647	1.349	60
4-①(a)	羽島市正木町猪俣	0.2	1.0	-	○	1.897	1.563	0.701	21.4	81	2.659	5.0	0.681	1.218	96
4-①(b)	同上	0.85	1.0	-	○	1.592	1.492	0.790	6.7	23	2.656	0.1	0.659	1.043	69
4-②(a)	豊川市下新田	2.8	0.5	ナシ	○	1.428	1.357	0.958	5.3	15	2.657	0	0.700	1.162	44

が「液状化の可能性あり」、その他は「特に液状化の可能性あり」である。また、数個の砂については洗い試験を実施してその補正曲線を併記したが粒度分布にはそれほど影響しないことがわかる。

図1から全試料採取地点は過去に液状化を起こしている様であるが(柳津町丸野一帯については住民からの聞き取り調査から福井地震(M=7.3, 1978.6.28)¹⁾の際に噴砂があったことがわかっている)、相対密度が小さい地点が多い。液状化抵抗は既往の研究^{9) 10)}などから相対密度が70~80%を越えると急に大きくなることがわかっており、砂の締めり方からみても今回調査を行った全地点で再液状化の危険性がある。

4. おわりに 今回調査した全地点の堆積砂が液状化の可能性が大きいことが明らかになった。また、同一地点でも深度、場所が僅かに違っただけでも堆積砂の性質が著しく異なること、砂は矢板の打設でかなり締まること等もわかった。

濃尾平野の地下の砂や礫(以下、陸砂利という)等の多くの資源は、最深9mまで掘削¹¹⁾され良好な骨材として利用されている。こうした掘削現場や山土等で埋め戻されている採取跡をよく見かけけるが、液状化危険度の大きい場所から資源として陸砂利を採取し、液状化の危険のない土を選んで埋め戻せば、お金のかからない液状化対策になるのではないだろうか。

謝辞 本研究を実施するにあたり、試料採取に御協力頂いた大垣市役所水道部、柳津町役場建設課、また、貴重な御助言を頂いた長岡技術科学大学建設系小川正二教授に対し心から謝意を表します。

参考文献 1)宇佐美龍夫:「資料日本被害地震総覧」,東京大学出版会(1975.3) 2)栗林栄一・龍岡文夫・吉田精一:「明治以降の本邦の地盤液状化履歴」,土木研究所彙報,第30号,pp.14-23,39-41,88-93(1974.12) 3)土木学会新潟震災調査委員会:「昭和39年新潟地震震害調査報告」(1966.6) 4)土木学会東北支部:「1978年宮城県沖地震調査報告書」(1980.4) 5)土木学会:「1983年日本海中部地震震害調査報告書」(1986.10) 6)陶野郁雄:「液状化層の堆積構造に基づく液状化深度の推定に関する研究第11章土質学的にみた液状化層の物理性質」,昭和61年度文部省科学研究費補助金(自然災害特別研究(1))研究成果報告書(課題番号61020037),pp.108-116,162(1987.3) 7)日本港湾協会:「港湾施設の技術上の基準・同解説」,pp.2-168~2-171(1979.4) 8)東海三県地盤沈下調査会:「濃尾平野の地盤沈下と地下水 第5章濃尾平野の地下水位変動と地盤沈下」,名古屋大学出版会,p.101-148(1985.3) 9) P.De Alba, H.B.Seed and C.K.Chan:「Sand Liquefaction in Large-Scale Simple Shear Tests」,J.GED,ASCE,Vol.102,No.G79,pp.909-927(1976) 10) K.Tokimatu and Y.Yoshimi:「Empirical Correlation of Soil Liquefaction Based on SPT N-value and Fines Content」,Soils and Foundations,Vol.23,No.4,pp.56-74(1983) 11)岐阜県鉱業会:「岐阜県砂利採取事務要領集」,pp.25-35(1988.10)

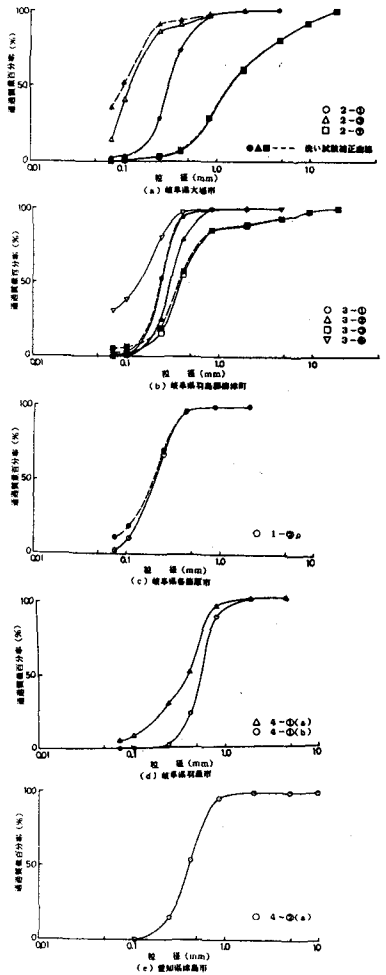


図2 採取試料の粒径加積曲線

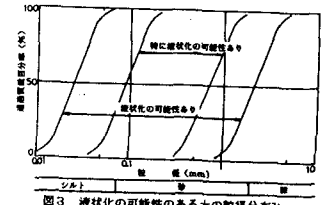


図3 液状化の可能性のある土の粒径分布

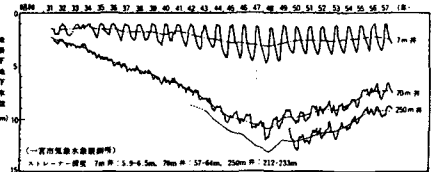


図4 一宮市高田における地下水位経年変動