

岐阜工業高等専門学校 正会員 吉村優治
積水ハウス(株) 正会員 ○橋村新吾

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(図1)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。特に地表面近くには比較的緩い南陽層と称される厚さ10m前後の沖積上部砂層が堆積³⁾しており、これまでの日本の地震で液状化を起こす下限深さが15m程度であることを考えると、この地方の液状化発生の危険度の大きさがわかる。

本報告は、木曾三川下流域に堆積(G.L.0~-10m程度)している代表的な砂を不攪乱状態で採取し、その堆積砂の特徴と液状化の危険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⁴⁾もある。本研究では、土木工事現場等から深度0.2~9.5m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. 堆積砂の性質と液状化の危険性 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。この表から全体的に地下水位が高いこと、液状化履歴があるにもかかわらず比較的ゆる詰めの状態にあることがわかる。

ここでは液状化の危険性を、比較的容易に判定できる粒度分布による方法⁵⁾、深度と限界N値による方法⁶⁾⁷⁾、細粒分含有率と限界N値による方法⁸⁾⁹⁾により検討した。ただし、限界N値については、不攪乱試料の相対密度DrからGibbsとHoltzの実験結果¹⁰⁾をまとめたMeyerhofの式¹¹⁾

$$D_r(\%) = 21\sqrt{N}/(\sigma'v + 0.7) \quad N: N \text{ 値}, \sigma'v: \text{有効上載圧}(\text{kgf/cm}^2)$$

から、逆に換算したN値を用いた。

図2は、試料の粒徑加積曲線であり、液状化の可能性のある土の粒徑分布(均等係数の小さい砂)⁵⁾が併記してある。この図より、採取したほ

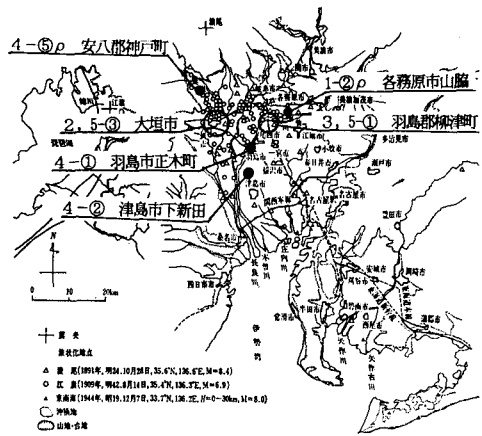


図1 濃尾平野の液状化発生履歴²⁾と試料採取地点

表1 試料採取地点の状況と物理的性質

No	試料採取地点	採取深さ (G.L.-m)	地下水位 (G.L.-m)	湧水	信頼度	ρ_t (g/cm^3)	ρ_d (g/cm^3)	間隙比 e	w (%)	Sc (%)	ρ_s (g/cm^3)	細粒分 (%)	e_{uh}	e_{cm}	Dr (%)
1-①p	各務原市山脇	1.5	4.8	△	○	1.567	1.341	1.006	16.9	45	2.690	11.4	0.789	1.446	67
2-①	大垣市青柳町	3.8	0.9	△	△	1.778	1.373	0.958	29.5	83	2.688	2.4	0.715	1.193	49
2-②	今宿町	2.4	2.4	—	△	1.830	1.320	1.058	38.7	99	2.714	35.2	0.886	1.583	76
2-③	2-①と同じ	9.5	0.9	△	△	1.991	1.741	0.553	14.3	81	2.704	1.2	0.490	0.701	67
3-①	羽島郡神津町丸野2丁目	5.0	2.4	△	△	1.820	1.385	0.930	31.4	90	2.679	2.0	0.752	1.249	66
3-②	丸野2丁目	3.5	3.0	△	×	1.919	1.467	0.813	30.4	99	2.660	0.4	0.779	1.252	93
3-③	梅丘3丁目	4.5	4.0	△	×	1.694	1.202	1.219	40.9	90	2.618	5.1	0.670	1.605	53
4-①(a)	羽島市正木町境	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	0.780	6.7	23	2.656	0.1	0.659	1.043	69
4-②(a)	愛知県津島市下新田	2.8	0.5	△	○	1.428	1.357	0.958	5.3	15	2.657	0	0.700	1.182	44
4-②(b)	同上	1.5	0.5	△	○	1.429	1.336	1.011	7.0	19	2.687	1.2	0.781	1.271	51
4-③p	安八郡神戸町北一色宮内	0.5	1.95	—	○	1.535	1.409	0.911	9.1	27	2.693	0.2	0.645	1.062	36
5-①	羽島郡神津町南塚2丁目	1.7	1.8	△	○	1.450	1.271	1.098	14.0	34	2.667	3.5	0.755	1.279	35
5-②	大垣市八島町	1.4	0.3	△	○	1.834	1.373	0.962	33.6	94	2.694	7.1	0.778	1.367	69

ほぼ全地点の砂が「特に液状化の可能性あり」という分布をしていることがわかる。

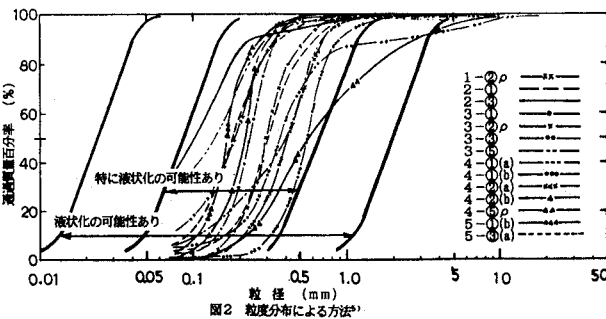


図2 粒度分布による方法¹⁾

図3, 図4は表1に基づいて、各試料の深度と限界N値、細粒分含有率と限界N値の関係をプロットしたものである。両図の限界N値からは数地点を除くほとんどの地点の砂が液状化の危険性のある状態にあることがわかる。

以上の結果、採取した砂の性質（粒度分布、細粒分含有率）及び堆積の状態（相対密度、地下水位）から判断して、今回調査したほぼ全地点で液状化の危険性が極めて高いことが明らかになった。

4. おわりに 今回は調査地点が限られてはいたが、そのほとんどの地点の堆積砂が液状化の可能性があると明らかになった。これと木曾三川の中・下流域流域の河川敷から採取した数十種類の全試料の粒度分布が「特に液状化の可能性あり」あるいは「液状化の可能性あり」の範囲にある¹²⁾ことを考え併せると、木曾三川によって造られた水成堆積平野である濃尾平野は、そのほぼ全域で液状化の可能性があるとさえそうである。

謝辞 本研究を実施するにあたり、試料採取に御

協力頂いた揖斐川工業(株)骨材研究所、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)井関弘太郎:3.中部地方の地形と地質,土と基礎,Vol.38,No.9,pp.97-103(1990.9) 4)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」,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) 5)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) 6)小泉安則:新潟地震における砂の密度の変化,土と基礎,Vol.13,No.2,pp.12-15(1965.2) 7)日本建築学会:建築基礎構造設計規準・同解説(1974) 8)消防庁:危険物の規制に関する規則(1978) 9)日本瓦斯協会液化天然ガス用貯槽保安調査委員会:LNG地下式貯槽指針(1979) 10)Gibbs,H.J. and Holtz,W.G.:Reserch on determining the density of sand by spoon penetration test,Proc.,4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,London,Vol.1,PP.35-39(1957) 11)Meyerhof,G.G.:”Discussion of session 1”,Proc.,4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering,London,Vol.3(1957) 12)吉村優治・尾崎康人:木曾三川砂の粒度分布と液状化の危険性について,平成2年度自然災害科学中部地区シンポジウム講演要旨集,pp.28-29(1990.11)

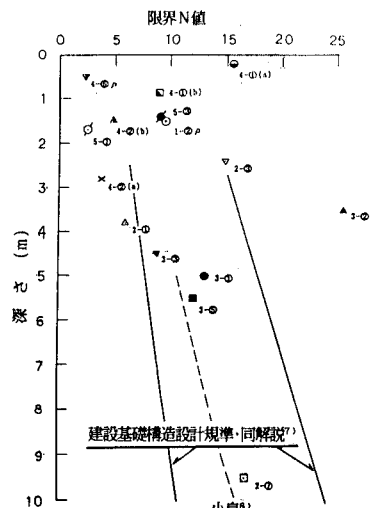


図3 深度と限界N値による方法⁸⁾⁷⁾

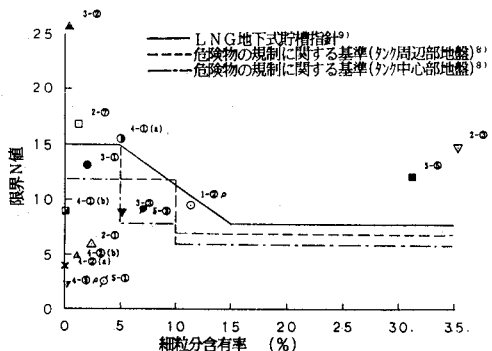


図4 細粒分含有率と限界N値による方法⁸⁾⁹⁾