

ガス導管工事における建設発生土の液状化特性

福岡大学 工学部 学生員○稲光真一 下川裕己
福岡大学 工学部 正員 佐藤研一 吉田信夫
西部ガス総合研究所 正員 長住修平

1. はじめに 近年の北海道南西沖地震、兵庫県南部地震で、ガスの供給停止を含む多大な被害が発生し、ガス事業における地震対策の向上が急務となっている。特に、埋戻し砂の液状化が原因と思われる埋設管の被害も多く報告¹⁾されている。また、ガス導管等の地下埋設物の建設工事では、工事に伴い発生する掘削残土を廃棄し、良質な砂で埋戻す工法で施工されている。埋戻し材として良質土を用いることは、良質土の入手困難、土砂運搬に伴う交通公害、土取り場や土捨て場における環境破壊などの社会問題²⁾となっている。従って、最近では掘削残土を埋戻し材として再利用することの必要性が認識されてきている。

そこで、本研究では、建設発生土を改良して埋戻し材として有効性の確認を目的としている。本報告では、まず、福岡市内5ヵ所のガス導管工事で発生した建設発生土の粒度分布を調べると共に、その内の1つの試料を用いて、建設発生土の繰返しせん断特性を把握することを目的とした。

2. 実験方法 表-1 に本研究の実験に用いている実験試料の物理特性を示す。ここで、再利用土とは、表-2 に示す福岡市内の5ヵ所の建設発生土の試料を同量で混合した試料である。また、図-1 に5ヵ所の建設発生土の粒径加積曲線を示す。馬出と高砂の試料が他の3ヵ所の試料に比べて礫や粗砂の含有率が低いが全体的に粒度分布、均等係数共に良い土といえる。次に、図-2 に今回の実験に用いた建設発生土の高砂の土と再利用土、そして実際に福岡市内のガス導管工事で使用されている埋戻し砂のそれぞれ 2mm フルイを通過試料の粒径加積曲線を示している。再利用土と高砂の試料はほぼ同じ粒度分布を示している。また、埋戻し砂は、細粒分含有率が約 10% に対して、再利用土と建設発生土(高砂)は細粒分含有率が約 30% と細粒分を多く含んでいることがわかる。実験は、直径 7.5cm、高さ 15cm の円筒モールドにウェットタンピング法(WT 法)で乾燥単位体積重量 $\gamma_d = 15.7 \text{ kN/m}^3$ (約 $\text{Dr} = 90\%$) になるように供試体を作成した。その作成方法を図-3 に示す。その後、背圧 $\sigma_{BP} = 98 \text{ kPa}$ を与えて飽和させ、B 値が 0.96 以上得られたら所定の拘束圧 $p_c' = 98 \text{ kPa}$ で約 1 時間等方圧密した後、非排水状態で振幅一定の 0.1Hz 正弦波を用いて空圧制御方式により圧縮側から載荷し、両振幅軸ひずみ DA が 10% になるとせん断を終了させた。

3. 実験結果と考察 図-4(a),(b)に埋戻し砂と建設発生土の繰返し応力比 $\tau/p_c' = 0.14$ の有効応力経路図を示す。埋戻し砂は急激な有効応力の低下と共にサイクリックモビリティを

表-1 物理的性質

	豊浦標準砂	埋戻し砂	建設発生土	再利用土
	2mm 通過分	2mm 通過分	2mm 通過分	2mm 通過分
比重 G_s	2.650	2.554	2.633	2.664
均等係数 U_c	1.583	8.32	53.086	151.85
10% 粒径 $D_{10}(\text{mm})$	0.12	0.09	0.0081	0.0027
50% 粒径 $D_{50}(\text{mm})$	0.17	0.65	0.30	0.30

表-2 物理的性質

	生松台 A	生松台 B	美野島	馬出	高砂
	試料全体	試料全体	試料全体	試料全体	試料全体
比重 G_s	2.656	2.645	2.655	2.637	2.633
均等係数 U_c	45.833	155.556	16.667	27.273	54.639
10% 粒径 $D_{10}(\text{mm})$	0.12	0.027	0.15	0.022	0.0097
50% 粒径 $D_{50}(\text{mm})$	3.1	2.5	1.8	0.46	0.36

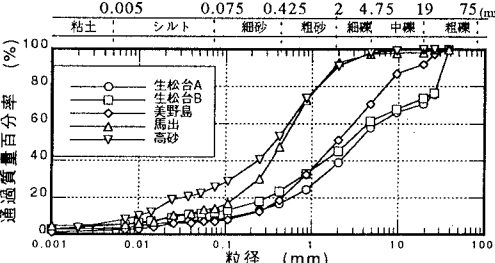


図-1 建設発生土の粒径加積曲線

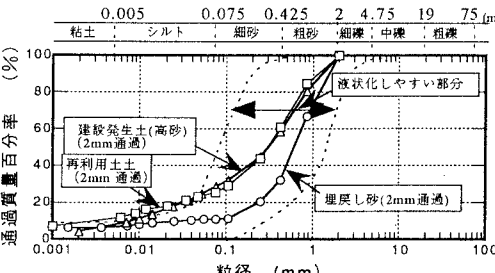


図-2 実験試料の粒径加積曲線

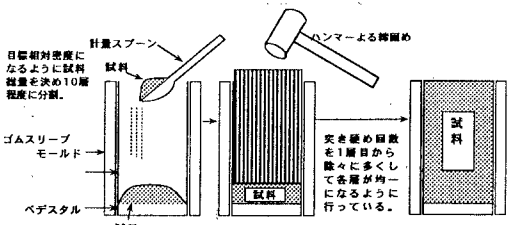


図-3 供試体作成方法(WT 法)

示すことなく液状化している。これに対して、建設発生土の方は、繰返し回数と共に有効応力が除々に低下しサイクリックモビリティーを示して液状化に至っている。図-5(a),(b)に示す軸差応力と軸ひずみの関係においても埋戻し砂の供試体が伸張側に急激に変形しているのに対して、建設発生土は、伸張、圧縮側共にひずみが発生している。図-6に繰返し回数 N に対する最大過剰間隙水圧比 $(u/p_c')_{\max}$ の関係を示す。埋戻し砂と建設発生土の供試体を比較すると、どの応力比においても建設発生土の方が同一繰返し回数に伴う過剰間隙水圧の発生が小さくなっていることがわかる。図-7に繰返し回数 N に対する両振幅軸ひずみ DA の関係を示す。 $\tau/p_c' = 0.14$ で比較すると埋戻し砂の供試体は、繰返し回数3回目で急激に軸ひずみが発生し、4回目で10%に至っている。これに対して、建設発生土の供試体は繰返し回数10回目から徐々に軸ひずみが発生し始め、20回を越える辺りで10%に至っている。その他の応力比でも同じ挙動を示し、軸ひずみが発生し始めてからの挙動も、埋戻し砂の供試体は、軸ひずみが発生し始めると急激に10%に至るのに対して、建設発生土の供試体は徐々に軸ひずみが発生している。図-8に両振幅軸ひずみ $DA = 5\%$ に達した時点の繰返し回数と繰返し応力比 τ/p_c' の関係を示す。また、埋戻し砂に消石灰を5%添加した結果も同時に示している。繰返し回数 $N = 20$ 回における繰返し応力比を比較すると埋戻し砂の供試体は $\tau/p_c' = 0.11$ に対して、建設発生土の供試体は $\tau/p_c' = 0.16$ と強い強度を示している。また、繰返し応力比が大きくなれば、その強度の差が大きくなっている。埋戻し砂に消石灰添加した場合は、添加しない場合に比べてどの応力においても約2倍程度の強度増加が見られる。よって、建設発生土と建設発生土とほぼ同一の粒径を示している再利用土に消石灰を添加すれば、同様の強度増加が望めることが予想できる。

4. 結論 埋戻し砂よりも建設発生土の方が強い液状化強度を示すことから、建設発生土をそのまま埋戻し砂として用いることができる可能性があることがわかった。また、建設発生土、再利用土にも消石灰を添加すれば、埋戻し砂同様、液状化強度の増加が期待できる。

〈参考文献〉1) 安田進、山田桂介：北海道南西沖地震による長万部町の下水道被害に関する考察、第30回土質工学研究発表会講演概要集、pp.973-974、1995 2) 掘削発生土の再利用、日本石灰協会-石灰による土質安定処理委員会、pp.2.

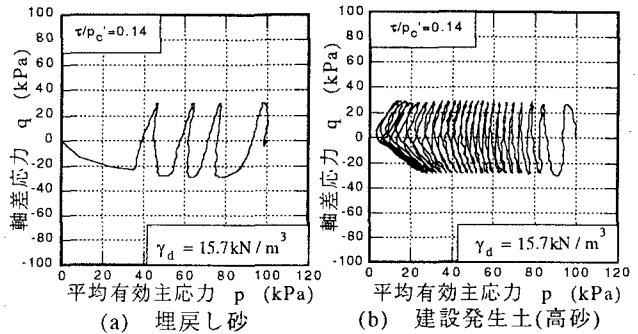


図-4 有効応力経路図

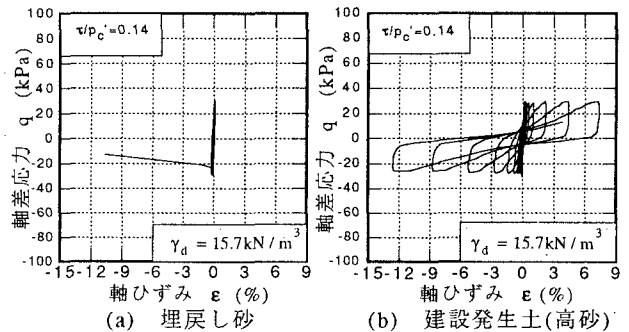


図-5 軸差応力・軸ひずみの関係

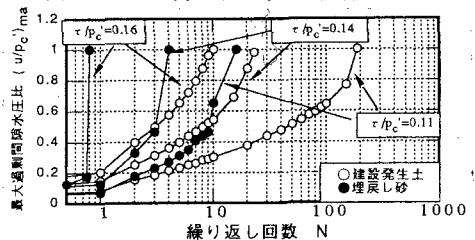


図-6 $N-(u/p_c')_{\max}$ の関係

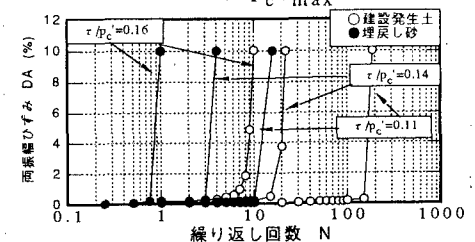


図-7 $N-DA$ の関係

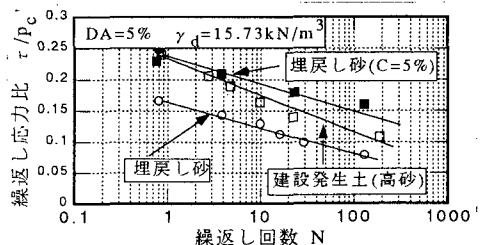


図-8 液状化強度曲線