

コーン貫入試験による都市ごみ焼却灰の液状化強度評価の試み

福岡大学大学院 学生員 松村 耕平
 福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一
 福岡大学工学部 正会員 吉田 信夫

1.はじめに 筆者ら¹⁾はこれまでに、都市ごみ焼却灰の土質力学的な性質とその繰返しせん断特性について調べてきた。その結果、焼却灰は十分な締固めにより、大きな液状化強度を発揮する材料であることが明らかになった。しかし、都市ごみ焼却灰は、地盤材料と比較すると様々な物質を含む非常に不均一な材料であり、土質力学的な評価を行うには非常に難しい材料である。また、焼却灰の有効利用や埋立て地盤の跡地利用を考える場合、現位置においてごみ地盤の強度をいかに正確にかつ簡便な方法で把握するかということは、重要な問題である。また、最近では現位置のコーン貫入値から砂地盤の液状化強度を推定する手法が提案^{2), 3), 4)}されている。そこで本研究では、都市ごみ焼却灰を用いて締固めた土のコーン貫入試験に順じた実験的な検討を行い、繰返し三軸試験結果から液状化強度の評価を行った。

2.試料及び実験概要 実験で用いた焼却灰は、13 mm 以下に物理選別により粒度調整されたものと、それをさらに 2 mm ふるい通過試料に分取した 2 種類を用いた。図-1、表-1 に粒径加積曲線と物理特性を示している。2 mm 以下の焼却灰は、均等係数が小さく、砂に近い粒度分布を示している。コーン貫入試験は、地盤工学会基準 (JGS 0716) に準拠して行った。供試体は、2.5 kg のランマを用いて試料を内径 100 mm、高さ 127.3 mm のモールド内に 3 層に突き固め、作成した。その後、供試体上端面の中央に先端底面積 3.24 cm²、先端角度 30 度のコーンを鉛直に立て、約 1.0 cm/sec の速度で載荷試験装置を用いて貫入させた。コーンの先端が供試体の上端面から 5 cm、7.5 cm、10 cm 貫入した時の荷重計の読みからそれぞれの貫入抵抗力を求め、その貫入抵抗力をコーン底面積 3.24 cm² で除して、平均値からコーン指数 q_c を求めた。実験では、まず、一層あたりの突固め回数を 10 回、25 回、55 回、90 回の 4 種類の供試体に対して行った。また、供試体の締固め度 D と初期含水比 w がコーン指数 q_c に及ぼす影響について調べた。ここで締固め度 D は、最大乾燥密度に対する比 ($D = \rho / \rho_{dmax}$) により設定し、表-2 に示すような条件のもとで実験を行った。

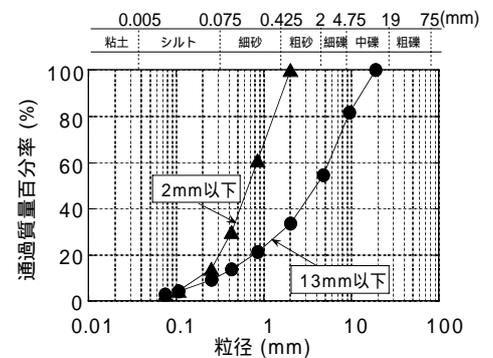


図-1 粒径加積曲線
 表-1 試料の物理特性

	13mm 以下	2mm 以下
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.24	2.57
均等係数 U_c	19.75	4.88
曲率係数 U_c'	1.63	1.31
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.41	1.24
最適含水比 w_{opt} (%)	22.1	33.3

表-2 実験条件

締固め度 D	0.7	0.8	0.9
初期含水比 w (%)	32	24, 32, 40	32

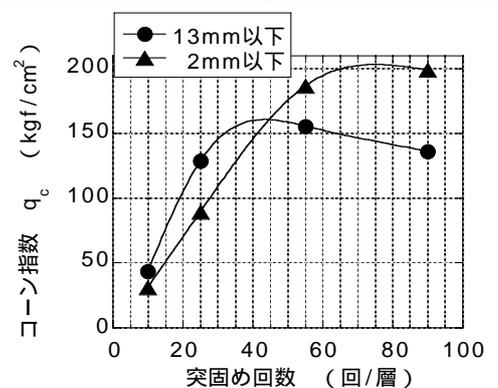


図-2 コーン指数 q_c と突固め回数曲線

3.実験結果及び考察

3.1 締固めた土のコーン貫入試験 図-2 に突固め回数とコーン指数 q_c の関係を示している。いずれの粒径の焼却灰とも、突固め回数の増加に伴い、コーン指数が増加していることが分かる。しかし、13 mm 以下焼却灰は、突き固め回数が 55 回を越えるとコーン指数が低下しており 2 mm 以下より小さな値を示していることが分かる。これは、13 mm 以下焼却灰がガラス片、鉄片、陶器片等といった材料を多く含んでいることが原因と考えられる。図-3 に同一含水比の

Key word : 焼却灰、コーン指数、繰返しせん断、締固め度、含水比

2 mm 以下の焼却灰における締固め度 D とコーン指数 q_c の関係を示す。締固め度の増加に伴ってコーン指数が大きくなっていることが分かる。特に $D=0.8$ から $D=0.9$ への焼却灰の強度増加が著しいことが分かる。次に、図-4 に $D=0.8$ における初期含水比 w の違いに着目したコーン指数 q_c の関係を示している。

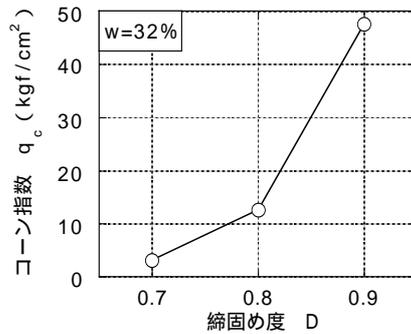


図-3 締固め度 D とコーン指数 q_c の関係

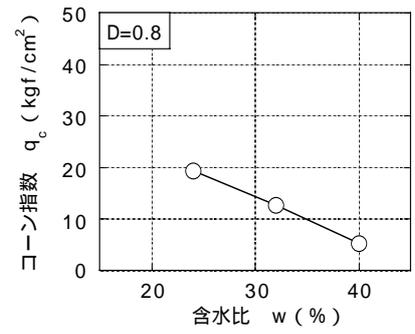


図-4 含水比 w とコーン指数 q_c の関係

コーン指数は、初期含水比の影響を受け、含水比の増加に伴って低下していることが分かる。同一密度においても初期含水比がコーン指数に及ぼす影響は大きいことが分かる。

3.2 コーン指数と液状化強度の関係

図-5、6 に 2 mm 以下焼却灰の繰返し試験から得られた両振幅軸ひずみ $DA=5\%$ における繰返し回数 N と繰返し応力比 τ/σ'_c との関係を示す。図-5 の締固め度の影響から、焼却灰の締固め効果は、液状化強度を大きく増加させ、 $D=0.9$ では $D=0.7$ の約 3 倍の強度増加を示している。また、これは図-3 の締固め

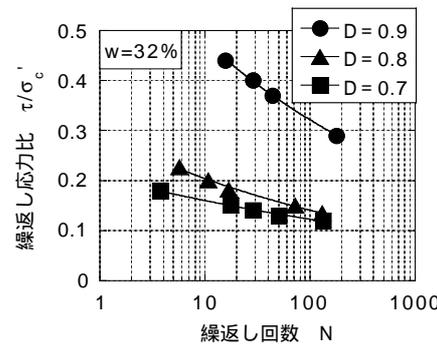


図-5 液状化強度曲線 (締固め度の影響)

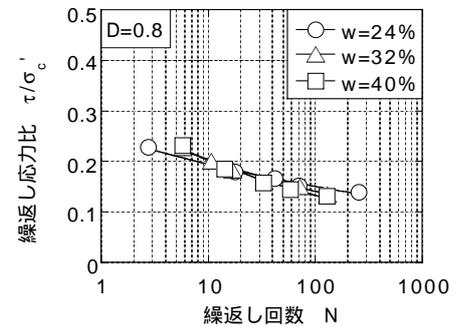


図-6 液状化強度曲線 (初期含水比の影響)

めによるコーン指数の増加がこの結果を裏付けていることも分かる。また、図-6 に示す初期含水比の影響については、含水比の増加に伴ってわずかな強度低下を示している。そこで、これらの液状化強度曲線から、繰返し回数 $N=20$ 回における繰返し応力比を液状化強度 R_{20} と定義し、コーン指数 q_c との関係を図-7 に示す。この図中には、締固め度の違いによるものと初期含水比の違いによるものそれぞれの結果を示している。この図から、影響要因の違いによらず、コーン指数と液状化強度の関係は、ほぼ良い対応を示し、コーン指数から液状化強度を推測できることを示唆している。

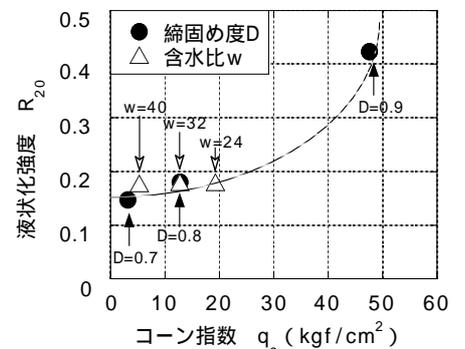


図-7 コーン指数 q_c と液状化強度 R_{20} の関係

4.まとめ

- 1) コーン貫入試験で得られるコーン指数は、焼却灰の締固め効果及び含水比の影響を評価する事ができる。
- 2) 締固めた焼却灰のコーン貫入試験により得られたコーン指数と液状化強度の関係は、液状化強度評価の可能性を示した。

今後、焼却灰の粒径の影響等を考慮にいたした実験を行い、焼却灰地盤へのコーン貫入試験の適応性について検討していく予定である。最後に、本実験を行うにあたり、焼却灰の取り扱いについて指導を頂いた福岡大学工学部花嶋正孝教授、島岡隆行助教授、栗田工業(株)の平尾孝典氏、そして、福岡大学卒業生の渡辺賢二君(現 運輸省)には、データ整理等の協力を受けたことに深く感謝の意を表します。

参考文献 1) 松村ら：都市ごみ焼却灰の繰返しせん断特性、第 35 地盤工学研究発表会、投稿中 2) 三村ら：コーン貫入試験による砂地盤の液状化強度評価、土と基礎、vol.47、No.9、pp.21~24、1999. 3) 松尾ら：コーン貫入試験による密な砂地盤の液状化強度評価に関する現場実験、土と基礎、vol.47、No.9pp.25~27、1999. 4) 鈴木ら：コーン貫入試験試験及び標準貫入試験結果と現位置凍結試料の液状化強度との関係、第 30 回土質工学研究発表会、pp983~984、1995.