

土質の異なる盛土材料の強度特性に及ぼす締固め度の影響について

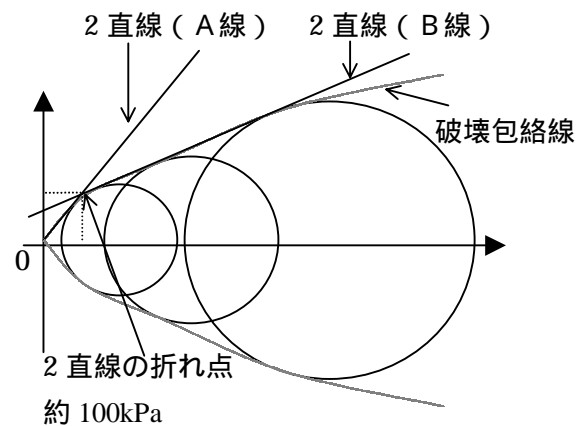
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 大木 基裕
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 舘山 勝
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島 謙一

1. 目的

鉄道構造物等設計標準（土構造）¹⁾を現在の仕様設計から限界状態設計法を基本とした性能照査型設計法に移行するのに伴い、現在各限界状態（地震時、降雨時）に対して盛土材の設計用値の検討を行っている。土の強度特性は土の種類や締固め度により大きく異なり、ひずみ量が増加すると共にピーク強度から残留強度に変化する（ひずみ軟化特性）場合があることがわかっている。適切な設計を行うためには、このような土の特性を考慮することが重要である。本検討は、試験および文献調査から得た多くのデータを基に、締固め度と内部摩擦角（ピーク強度 σ_{peak} 、残留強度 σ_{res} ）の関係を土質ごとに評価することを目的に行った。

2. 検討方法

本検討に用いたデータは試験を実施したものと、文献調査より把握できたもので構成されている。供試体は目立って大きな土粒子を除去し締め固め法により、直径 $D=75\text{mm}$ 、高さ $H=150\text{mm}$ に整形した。拘束圧は 49, 98kPa 程度とし、せん断をひずみ速度 0.05%/min、ひずみ量 15% まで実施した。せん断中の排水条件は土性を考慮し決定した。以上の条件をもとに、供試体の締固め度を 80~100% 程度で変化させて試験を行った。文献調査は、試験条件・試験結果が詳細に把握できたものを引用し評価に加えている²⁾⁻⁵⁾。



内部摩擦角はモール円の破壊包絡線の角度であり、拘束圧が高いほどは減少することが知られている⁶⁾。従って、拘束圧が大きくなる構造物（ダム、高速道路など）を設計する場合には図1のように、2直線法⁶⁾（2本の直線を重ね合わせ、その交点を折れ点とする破壊線を定義）を採用している。2直線のうち、A線（低拘束圧下）は粘着成分を持たない。また2直線の交点（折れ点）はおよそ拘束圧 100kPa 程度であると報告されている。鉄道盛土を考えた場合、盛土高さはおおよそ 6~7m 程度のものが多く、盛土中の拘束圧はおおよそ 100kPa 程度であることから、上述の2直線法におけるA線の範囲であると考えられる。従って、土質試験から強度定数を求める場合は粘着力を考慮しない方法（ $c=0$ 法）で評価した。

3. 試験結果・考察

図2に締固め度の違いを検討した飽和三軸試験の結果の一例（青森砂（SM））を示す。締固め度が向上するにつれてピーク強度は高くなっている。締固め度が90%程度以上になれば応力~ひずみ関係に明確なひずみ軟化特性が現れている。

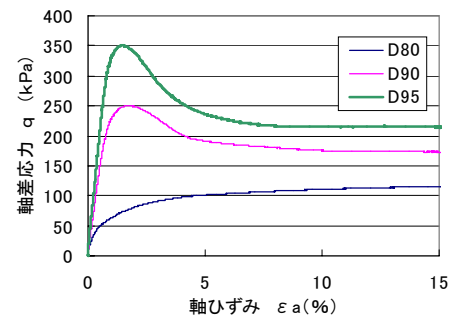


図2 青森砂の応力~ひずみ関係

図3に試験結果および文献調査より得られた締固め度と $\sigma_{peak} / \sigma_{res}$ の関係を鉄道構造物等設計標準 - 耐震設計⁷⁾における土質区分ごとに示す。耐震設計では旧日本統一土質分類法に則り、土質 SM ~ SC に区分している。土質区分の上では土質 SM が最も良質な材料とされ、土質 SC になるほど発現強度、繰返し荷重に対する沈下量などの点で、下位な盛土材料であるといえる。

キーワード 内部摩擦角，締固め度，土質区分，ピーク強度，残留強度

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL042-573-7261

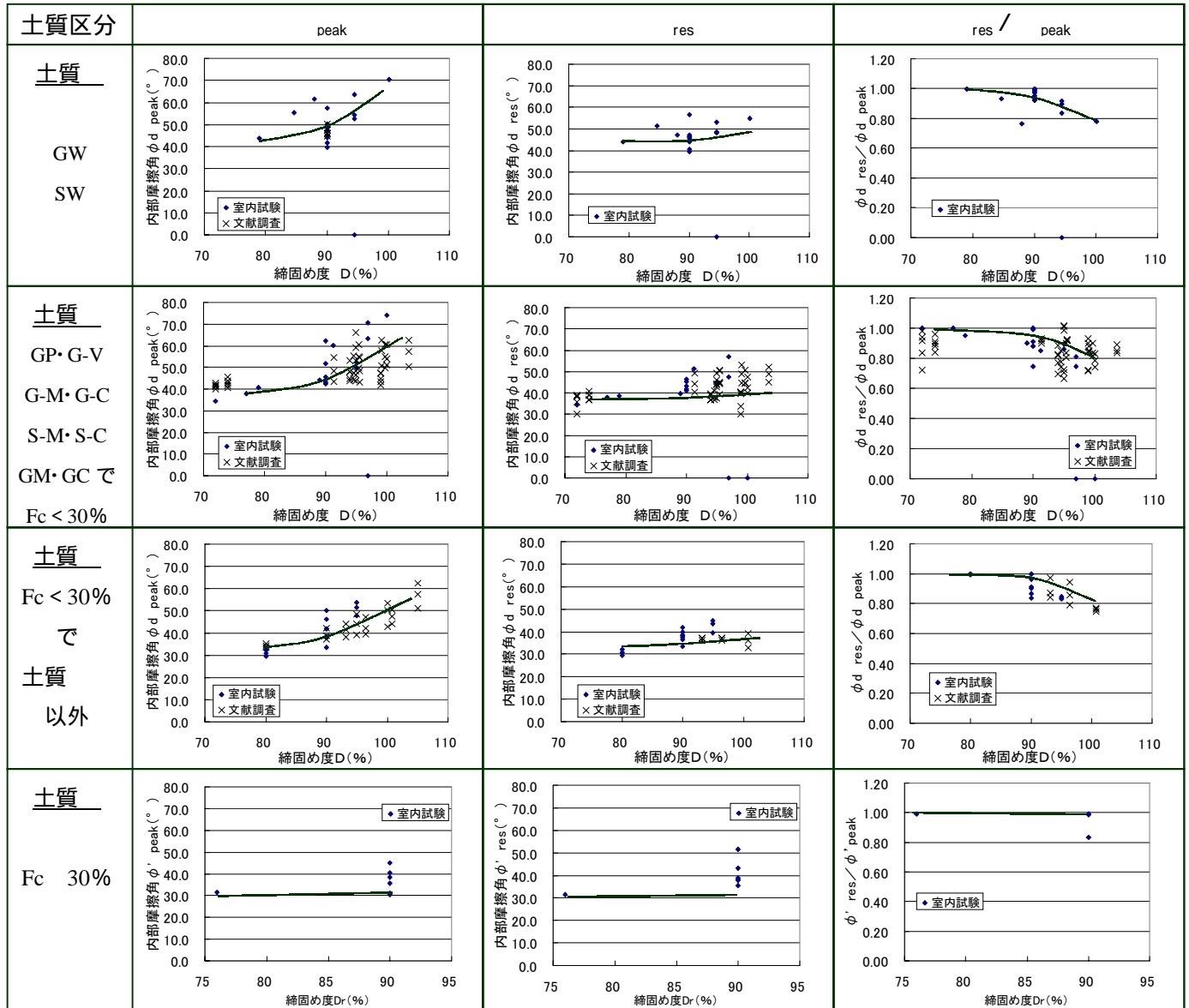


図3 締固め度と peak、res、res / peak の関係

peak は、上位の土質区分になるほど大きくなる。また、締固め度が高いほど peak が大きくなる傾向は粗粒土である土質 に共通している。特に、締固め度が90%程度以上になると peak の増加傾向は強まる。

res は、締固め度にあまり影響されず peak に見られるような顕著な増加傾向はなく、土質 に共通して概ね一定の値である。なお、残留状態としてはせん断ひずみ量 15%を基準としている。

この結果から res / peak は、締固め度が90%程度より低いときには概ね 1.0 であり、ピーク強度と残留強度に大きな違いがない。締固め度 90%程度以上になるとその比は 0.8~0.9 程度となり、締固め度が高いほどひずみ軟化傾向が顕著に現れているといえる。

土質 の peak, res は締固め度によらずほぼ一定の値である。また res / peak は概ね 1.0 であり土質 は細粒分含有率が高く粘性土の特性が現れ、ピーク強度と残留強度に大きな違いはない。

この結果を基に、実盛土の条件（拘束圧や締固め度など）を考慮し適切な設定用値を定めていく予定である。

【参考文献】1)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 - 土構造物，2000. 2)青木，松室，蔣，館山，龍岡，古関：低拘束圧下での砂質土の動的変形・強度特性の研究，第34回地盤工学研究発表会，1999. 3)工藤，西，田中：砂礫地盤の静的力学特性，電力中央研究所報告，1989. 4)Tatsuoka, F., Sakamoto, M., Kawamura, T. & Fukushima, S.: Strength and deformation characteristics of sand in plane strain compression at extremely low pressures, *Soils and Foundations*, Vol.26, No.1, 1986. 5)高速道路調査委員会：平成14年度土構造物の耐震設計に関する調査委員会，2003. 6)地盤工学会：土の強さと地盤の破壊入門，1995. 7)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 - 耐震設計，1999. 8)(社)地盤工学会：土質試験の方法と解説，2000.