

一面せん断試験によるカナダリッチモンド砂の原位置せん断強度の推定

01A3718 小椋 智彦
指導教員 前田 良刀

1. はじめに

カナダ UBC (The University of British Columbia) の近郊のフレーザーリバーに挟まれた三角州のリッチモンド地区には、極めてゆるいきれいな砂が深さ 4m から 22m 付近まで厚く堆積している。この飽和砂は、図-1、図-2 に示すように均等係数が $U_c=2.5$ の均等な粒径からなり地震時に液状化の危険性がある。このため、UBC では古くから地盤の液状化強度や橋梁基礎の支持力算定のためにこの砂の原位置せん断強度の推定が行われてきている。¹⁾

このような緩い砂は不攪乱試料の採取が極めて困難で、かつ高価であるため UBC では CPT コーンにより間接的に砂の内部摩擦角を推定する方法が多用されてきている。しかし、この CPT による方法はコーンによる支持力破壊モードを仮定し、それに対応するコーン指数 q_c から内部摩擦角 ϕ を求めるため得られる ϕ の精度は曖昧である。

本研究では、先ず相対密度 D_r を変化させた一面せん断試験結果から、 D_r と内部摩擦角 ϕ の関係を求め、次に標準貫入試験 N 値と相対密度の関係を利用して、原位置でのせん断強度を推定しようとするものである。

2. 一面せん断試験結果

当研究室でリッチモンド砂の最大、最小密度試験を行ったところ最大密度に対する間隙比 $e_{min}=0.64$ 、最小密度に対する間隙比 $e_{max}=1.0$ 、が得られたため一面せん断試験に用いる間隙比を、 e_{max} 付近、 $e=0.7$ 付近、および e_{min} 付近の 3 つの間隙比に対して試験を行った。

図-3(a)~(c)は、一面せん断試験結果である。図-3(a) e_{max} 付近では、緩い状態のため地盤の破壊は進行的でピーク強度が見られず、またせん断変形に伴い体積は収縮している。また図-3(b) $e=0.7$ 付近では、かなりはっきりとしたピーク強度が得られるとともに、せん断に伴う体積変化はほとんど見られない。すなわち、 $e=0.7$ はリッチモンド砂の限界間隙比にほとんど近いことが分かる。一方、密な状態の図-3(c) e_{min} 付近ではせん断変形に伴う正のダイレイタンスーのために明確

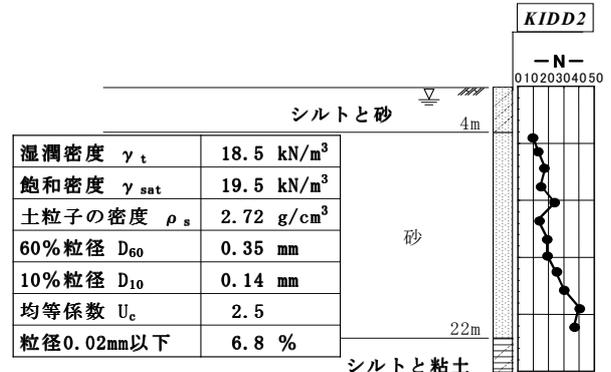


図-1 地盤状況

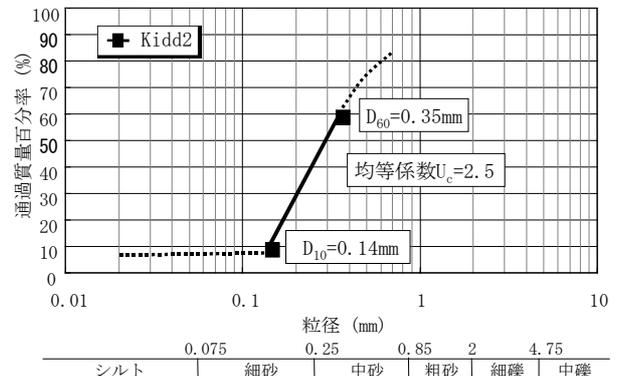
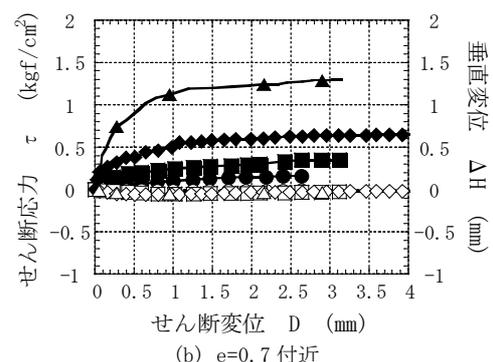
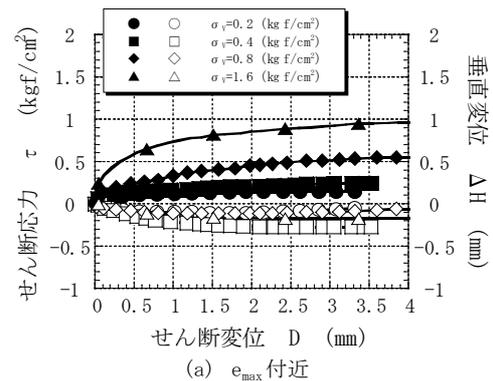


図-2 粒径加積曲



なピーク強度が発現し、体積も膨張していることがわかる。また、破壊後はひずみ軟化現象によりその強度が低下し限界状態での強度 (e=0.7 付近でのピーク強度に対応) に近づいていく。

試験から求められる、せん断強さ τ と垂直応力試験 σ_v の関係を間隙比毎に整理すると図-4 が得られる。

3. 原位置せん断強度の推定

原位置でのせん断強度を推定するために、相対密度 D_r と内部摩擦角 ϕ の関係を示したのが図-5 である。図-4 では、間隙比 e を 4 種類に固定して一般的な方法で内部摩擦角を求めたが、各試験での間隙比 e は多少のばらつきがあり、厳密には 4 種類で固定されないので、図-5 においては試験時に測定されたそれぞれの間隙比から相対密度 D_r を計算し、内部摩擦角は次式で求めている。

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\tau_{peak}}{\sigma_v} \right) \quad \dots \dots (1)$$

一方、原位置での砂の相対密度 D_r は標準貫入試験 N 値から、経験的に次式で推定できる。

$$D_r = 21 \sqrt{\frac{N}{p_v + 0.7}} \quad \dots \dots (2)$$

なお、式(2)は道路橋示方書に示されたものである。図-1 での N 値から式(2)を用いて原位置での相対密度 D_r が計算できるので、この D_r と図-5 で得られる内部摩擦角から原位置でのせん断強度が推定できる。図-6 は、原位置でのせん断強度 (内部摩擦角 ϕ) に関するこれまでの UBC での結果と本研究との比較である。図から、本研究での結果は 2 つの CPT による結果の中間的な値を示すことがわかる。図中には、セルフボーリングによるプレッシャーメーター試験 SBPM から間接的に推定した値も併せて示しているが、このケースでは内部摩擦角をやや大きく推定する傾向があることがわかる。

4. 結論

非常に緩い砂地盤の原位置せん断強度の推定に最も簡単でかつ安価な一面せん断強度と標準貫入試験 N 値による相対密度 D_r を組合せた方法を検討した。その結果、内部摩擦角 ϕ は UBC で長年研究されている CPT での推定値のほぼ平均的な値を与えることが分かった。

<参考文献>

- 1) 例えば, Paul Wilson: Implication of Determining Design Parameters Given Site Variability, Different Testing Methods, and Uncertainty in Correlations. BASc, Uncertainty of British Columbia, 2000

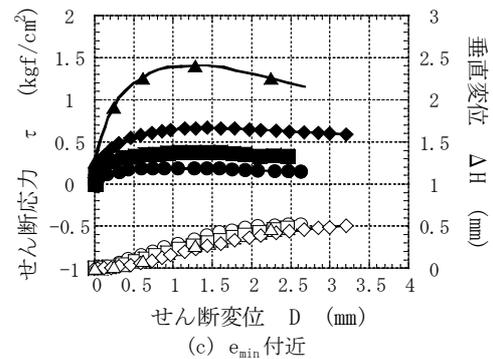


図-3 せん断力とせん断変位, 垂直変位の関係

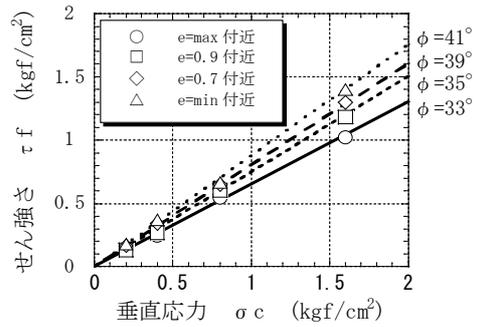


図-4 一面せん断試験結果

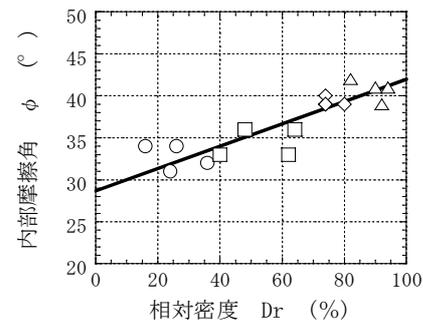


図-5 相対密度 D_r と内部摩擦角の ϕ 関係

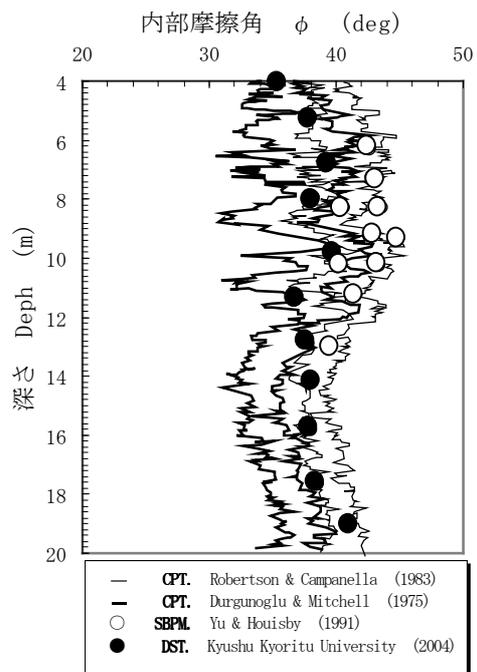


図-6 原位置せん断強度 (内部摩擦角 ϕ) の推定