

砂質地盤におけるコーン貫入試験のコーン先端角と貫入抵抗の関係について

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○井原 大介

呉工業高等専門学校 正会員 重松 尚久

呉工業高等専門学校 学生会員 多賀谷 武史

1. はじめに コーン貫入試験は、長い歴史と広範囲な実用実績を持つ優れた原位置試験であることは、欧米を中心に広く認識されている。我が国においても、近年では各種センサーなどの新しい機能の付与や貫入メカニズムの力学的解析の発展に伴って、コーン貫入試験に対する信頼性、汎用性が高まってきている。本研究では、貫入量が浅い地点で先端角の異なるコーン（30、45、60°）を用いて実験を行うことによって、コーン先端角が砂質地盤のコーン先端抵抗に及ぼす影響について考察し、砂質地盤の地表面付近での有効な修正係数を試験結果より提案する。

2. 実験装置および実験方法 図-1 に実験装置の概要を示す。試料砂には、豊浦標準砂とまさ土を粉砕した破碎性砂質土の2種類を用い、それぞれの乾燥密度は、豊浦標準砂において 1.485g/cm^3 、破碎性砂質土において 0.921g/cm^3 となった。図-2 にコーン先端部のおよび諸元を示す。本研究における重要な要素であるコーン先端角は標準である 60° コーンの他に、力学特性を見るために 45° コーン、30° コーンを使用した。実験は、貫入速度 $v = 1.0\text{mm/sec}$ とし、コーンの先端抵抗 Q_c はロードセルを通し、貫入量は変位計を通してメモライザーにより記録した。

3. 実験結果と考察

3-1 コーン支持力 コーン貫入試験において、試験結果の評価対象とされるものはコーン支持力 q_c である。コーン支持力の算定式を式 (1) で表す。

$$q_c = \frac{Q_c}{A} \quad (1) \quad \begin{array}{l} Q_c : \text{コーン先端抵抗} \\ A : \text{コーン断面積} \end{array}$$

一般にコーン貫入試験の試験結果は、横軸に q_c 値、縦軸に貫入量をプロットする。図-3 に標準砂における q_c の変化を示す。これよりコーン支持力 q_c 値は、コーン先端角の違いでみると角度が大きくなるにつれて、 q_c 値は大きな値となっていることがわかる。また、貫入量 80mm あたりまではコーン先端角の違いによる影響はほとんど見られないが、その後、貫入量が増加するにしたがってコーン先端角の違いによる影響が大きくなっていく。粘着力 c が存在しない標準砂においては、貫入を行った地点に側面から砂が流れ込むような形となり、それにより周面摩擦力 Q_f が発生する。周面摩擦力 Q_f は、

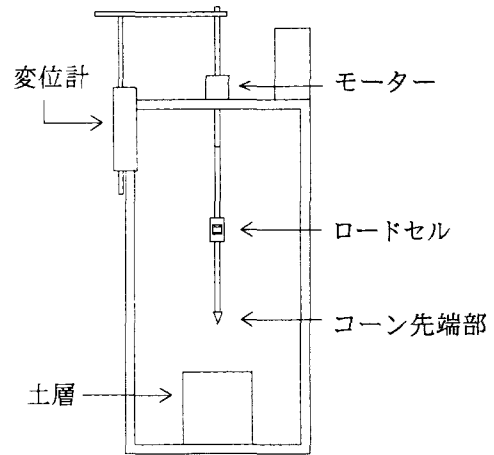


図-1 実験装置

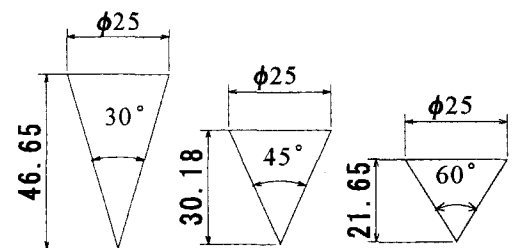
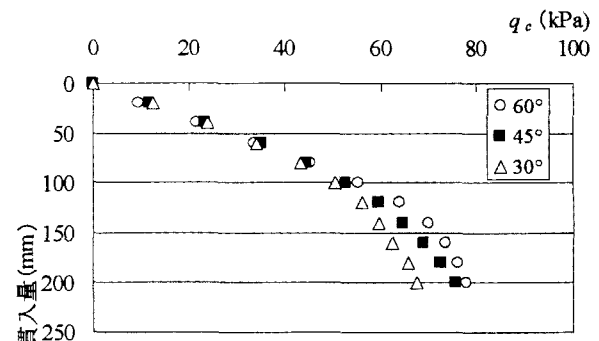


図-2 コーン先端部詳細

コーン先端角度(°)	30	45	60
コーン長(mm)	46.65	30.18	21.65
コーン重量(g)	22.7	15.4	11.8
コーン断面積(mm ²)	490.625	490.625	490.625

図-3 標準砂における q_c の変化

ロッド部分に作用する力であり、この影響が先端抵抗 Q_c に対して大きかったため、80mm 地点まで先端角による影響が小さかったと考えられる。次に、図-6 に破碎性砂質土における q_c の変化を示す。破碎性砂質土においても、標準砂の場合と同様に先端角が大きくなるにつれ、 q_c 値は大きな値となっているが、標準砂の場合と異なり、貫入開始直後からコーン先端角の違いによる q_c 値の変化があらわれている。これは破碎性砂質土の場合はみかけの c が存在するため、標準砂の場合と異なり側面の砂が貫入地点に流れ込んでこなかったために周面摩擦係数 Q_f が作用せず、先端角の違いによるコーン先端抵抗 Q_c 値に変化があらわれたためと考えられる。

3-2 コーン先端角の違いによる修正係数 図-4 に標準砂の試験結果に一般に用いられている修正係数を乗じたものを示す。理論的には、この補正を行った値と基準値となる 60° コーンの試験結果とが等しくならなければならないが、今回の実験では等しくなっていない。このことより、現在使用されているコーン先端角による修正係数は、あくまで軟弱地盤の深い位置の q_c 値に対して有効なものであり、今回の実験のような標準砂、破碎性砂質土等の砂質地盤の地表面付近では有効ではないと考えられる。そこで、今回のような砂質地盤の地表面付近における、有効な修正係数を検討する。先端角 60° の任意貫入量における q_c 値を先端角 α° の任意貫入量における q_c 値で割ることによって求め、図-5 に一例として標準砂の 30° コーンの場合を示す。これより、補正を行った場合の q_c 値は 60° コーンとほぼ等しい値となっている。このことから、今回の実験試料である標準砂のような粘着力 c をもたない ϕ 材の場合は、 45° コーンで $k_a = 1.03$ 、 30° コーンで $k_a = 1.15$ の修正係数を用いることで補正ができる。また同様にみかけの粘着力 c をもつ破碎性砂質土のような c 、 ϕ 材の場合は、 45° コーンで $k_a = 1.14$ 、 30° コーンで $k_a = 1.24$ の修正係数を用いれば、砂質地盤の地表面付近におけるコーン先端角による影響の補正が行われると考えられる。以上のことにより、 q_c 値に対してコーン先端角の違いによる影響は、破碎性砂質土のような c 、 ϕ 材の方が標準砂のような ϕ 材より大きくなると考えられる。

4. 結論 コーン支持力 q_c 値は、貫入量の増加に伴い増加した。またコーン支持力は、先端角が大きくなるにつれて増加した。実験により q_c 値に対してコーン先端角の違いによる影響は、破碎性砂質土のような c 、 ϕ 材の方が標準砂のような ϕ 材より大きくなると考えられる。これは、コーンに作用する垂直応力 σ_v 、せん断応力 τ の大きさが、コーン先端角 β に左右されるためであると考えられる。また、一般的なコーン先端角の修正係数では、地表面付近における砂質地盤の試験結果の補正には有効でないと考えられる。

参考文献 (1) 室町忠彦:静的コーンペネトロメーターの軟弱地盤調査への適用に関する実験的研究,鉄道技術研究所, No.757, pp.56-69, 1971. (2) 小林泰三, 深川良一, 松浦敦:特性曲線法に基づくコーン支持力の理論的解析と強度定数 c 、 f 推定法の提案, 土木学会論文集 III, pp.117-131, 2002.

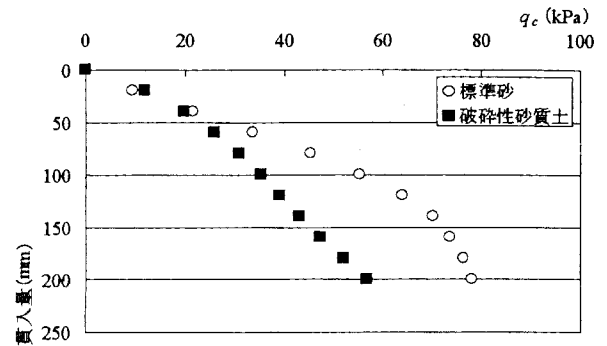


図-4 標準砂と破碎性砂質土の比較

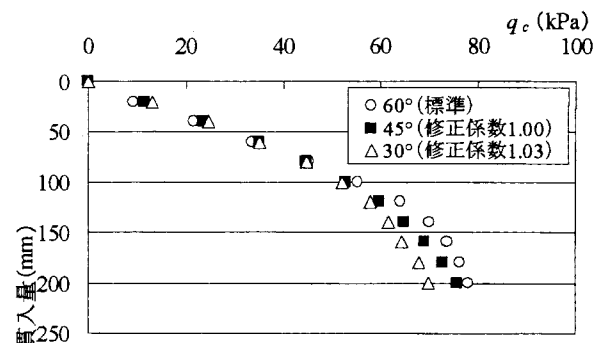


図-5 修正後の標準砂の q_c

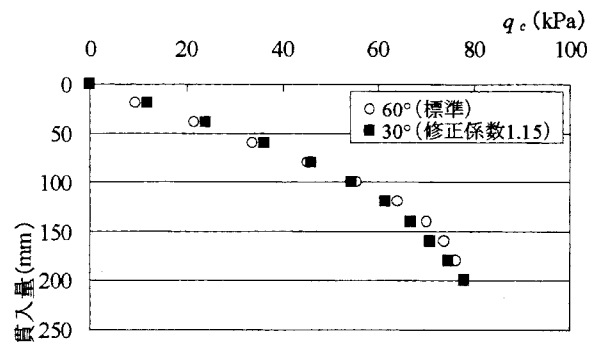


図-6 実験による修正係数で補正した場合