

## 気泡混合軽量土の針貫入試験に関する研究その2

防災設計工学研究室 宮川 果奈  
指導教官 海野 隆哉

### 1. はじめに

気泡混合軽量土（以下、軽量土）は、配合を自由に設定でき、軽量で流動性に優れていることから、軽量土工法においてその実績が増えてきている。軽量土の強度管理は、一般に一軸圧縮試験により行われている。そこで、一軸圧縮強さを簡便に推定できる針貫入試験が提案された。針貫入試験（Fig1）とは、先端形状が平面型、またはコーン型（Fig2）で、側面は滑らかなステンレス丸鋼を軽量土に貫入する試験であり、貫入抵抗力をもとに軽量土の一軸圧縮強さを推定するものである。既往の針貫入試験<sup>1)</sup>では、針の貫入量に関する検討が不十分であり、さらに貫入量を増やし貫入抵抗力を評価する必要があると考えられる。

そこで本研究では、針の貫入量を増加させた場合の貫入抵抗力を評価し、さらに精度良く一軸圧縮強さを推定できる針貫入試験の試験方法を決定することを目的とし、目標一軸圧縮強さを変えた供試体に対して針貫入試験を行った。また、原位置での針貫入試験の適用を考え、ポータブルコーン貫入試験を参考に、原位置針貫入試験を行った。

供試体は Table1 に示す配合でプレフォーム方式により作製し、所定の日数気中養生した。作製

したブロック供試体に対して針貫入試験を行い、同時に作製した一軸圧縮試験供試体を用いて一軸圧縮試験を行った。



Fig1 針貫入試験装置



Fig2 貫入針

Table1 配合表

配合	$qu_{28}$ [kPa]	目標 密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	配合設計			
			固化材 [kg/m <sup>3</sup> ]	母材 [kg/m <sup>3</sup> ]	混練水 [kg/m <sup>3</sup> ]	気泡量 [%]
A	500	0.680	180	180	297	57.8
B	1000	0.770	210	210	329	52.3
C	1500	0.845	240	240	345	48.7

## 2. 針貫入間隔の検討

昨年度の研究では、一軸圧縮試験用供試体を用いて針貫入試験を行っていたために、 $\phi 10\text{mm}$ 以上の針を貫入させると供試体に割裂が生じる場合があった。そこで本研究ではブロック供試体を用いることとし、貫入抵抗力が隣の貫入跡の影響を受けないような針の貫入間隔を検討した。供試体はB配合で作製し、養生期間8日とした。貫入間隔を5mm, 10mm, 20mmの3種類とし、貫入量30mm程度まで針貫入試験を行った。

Fig 3にコーン型の試験結果を示す。平面型は貫入量の増加に伴い針直下の試料が下方方向へ押しつぶされるため、隣の針貫入跡の影響が少ないことがわかった。コーン型は貫入量の増加に伴い針直下の試料が横方向へ押されるために、針貫入間隔5mm, 10mmでは、貫入抵抗力が隣の針貫入跡の影響を受けたものがあった(Fig 4)。隣の針貫入跡の影響を受けずに安定した貫入抵抗力と貫入量の関係が得られるのは針貫入間隔20mm以上であることが確認できた。

## 3. 貫入量の検討

貫入量を増加させた場合、貫入抵抗力-貫入量関係図において第二直線部が水平に変わる可能性があり、そのときの貫入抵抗力を評価したいと考え、針貫入試験を行い針の貫入量を増加させた場合の貫入抵抗力と貫入量の関係を求めた。供試体はA配合およびC配合で作製し、養生期間を28日、および24日とした。

目標一軸圧縮強さ $qu_{28}=1500\text{kPa}$ の試験結果をFig 5、Fig 6に示す。平面型、コーン型ともに各試験ケースにおいて挙動が異なるために、貫入量を増加させると供試体の影響を受け、貫入抵抗力のばらつきが大きいことから、変曲点の現れたところを貫入抵抗力として評価する。また、以後の試験では変動係数(V)が小さいコーン型を用いることとした。

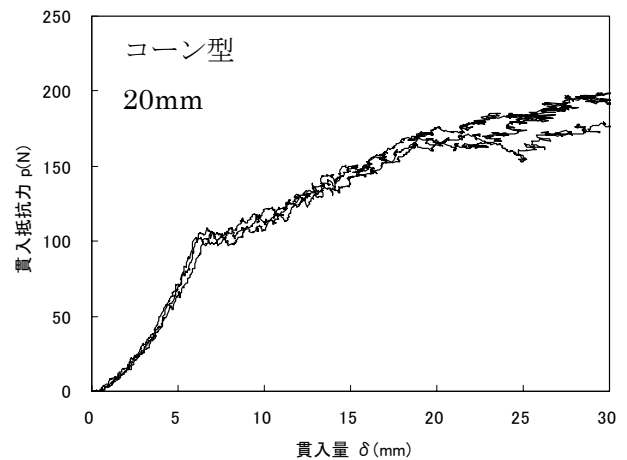
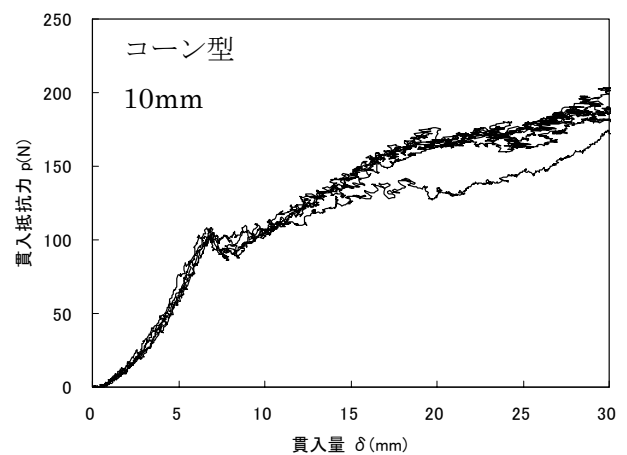
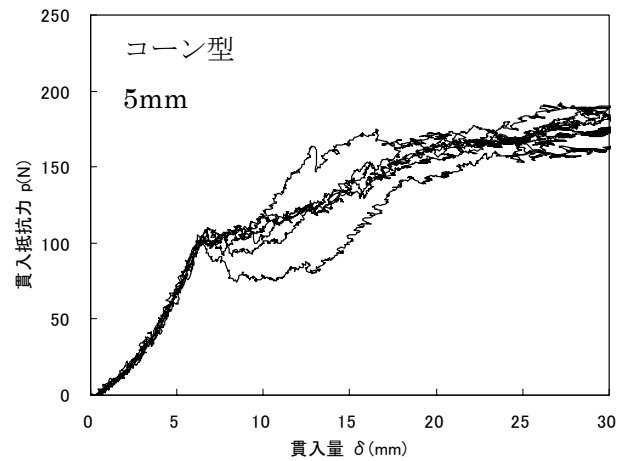


Fig 3 貫入抵抗力-貫入量関係



Fig 4 針貫入跡

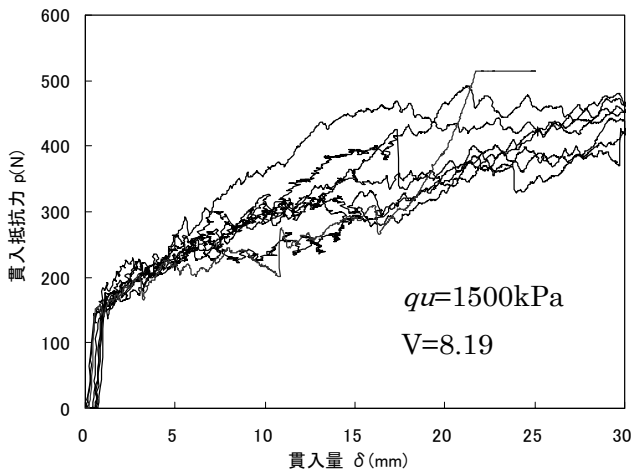


Fig 5 貫入抵抗力ー貫入量関係（平面型）

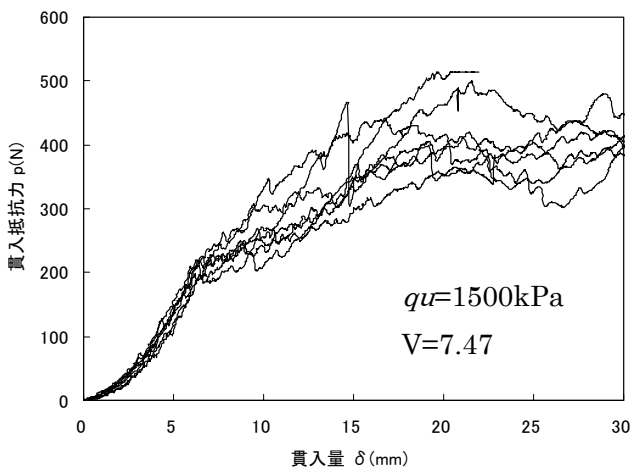


Fig 6 貫入抵抗力ー貫入量関係（コーン型）

#### 4. 針貫入試験の適用

既往の研究<sup>2)</sup>より、超軽量気泡混合軽量土の基本配合で造られ、鉛直方向に容器底面に接して採取された圧縮試験用供試体は、①湿潤密度分布は全断面でほぼ一定であること ②しかしながら、含水比分布は供試体下部ほど含水比が大きいこと ③母材の体積分布は供試体下部ほど小さな値を示すことが解っている。これらのことから、供試体下部ほど水セメント比が高い状態にあると考えられ、供試体の深さ方向に、骨格強度が低下している可能性が高いと考えられる。そこで、前述で決定した軽量土の針貫入試験方法や、貫入抵抗力の評価方法をもとに、軽量土供試体の強度の分布を求めるためのツールとして針貫入試験を適用した。供試体の配合はAとし、養生期間を14日とした。

Fig 7に試験結果を示す。本試験の結果、供試体底面の貫入抵抗力は供試体表面よりおよそ20N小さくなっており、貫入抵抗力は供試体下部のものほど小さくなる傾向であることが判明した。これは、既往の研究結果<sup>2)</sup>と整合し、補強するものである。

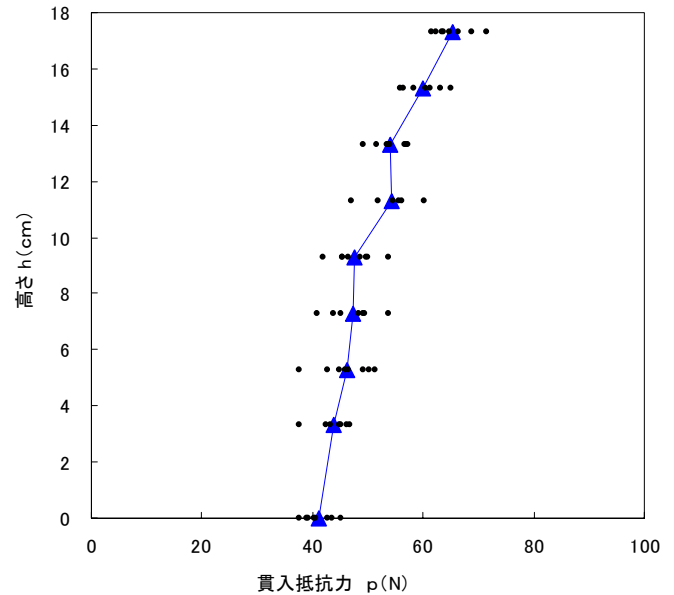


Fig 7 貫入抵抗力ー高さ関係

#### 5. 原位置針貫入試験

これまで行ってきた三軸圧縮試験機による針貫入試験を、ポータブルコーン貫入試験を参考として、原位置において試験（以下、原位置針貫入試験）できるように装置を改良し（Fig 8）、その適用性を検討した。貫入量は一気に押し込める程度とし、試験後にノギスにより測定した。1秒間に20個のデータを収集するよう設定し、貫入量をデータ数に比例配分して貫入抵抗力ー貫入量関係を求めた。なお、比較対象として従来どおりの針貫入試験も行った。供試体はB配合とし、養生期間で7日、14日、24日、31日で試験を行った。

貫入抵抗力ー貫入量関係を Fig 9 に示す。貫入量6 mmの時の貫入抵抗力を針の断面積で除した値を先端抵抗とし、一軸圧縮強さー先端抵抗関係を Fig 10 に示す。なおこれは、各材齢において3回ずつ行った試験の平均値により示した。図中の実線は、島<sup>1)</sup>が提案した一軸圧縮強さの推定式を



Fig 8 原位置針貫入試験装置

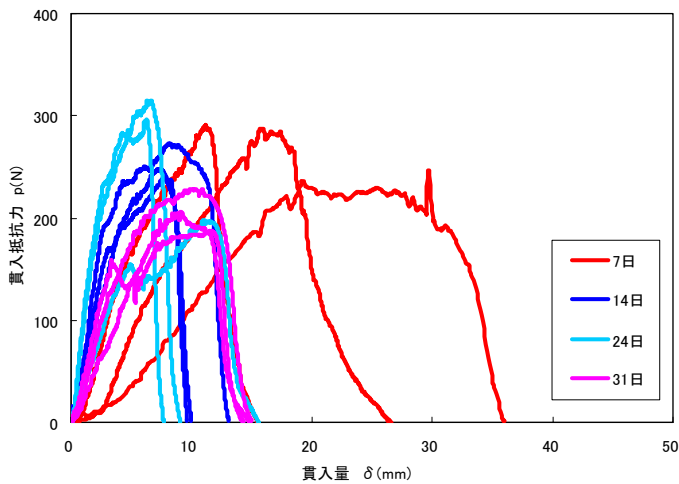


Fig 9 貫入抵抗力－貫入量関係

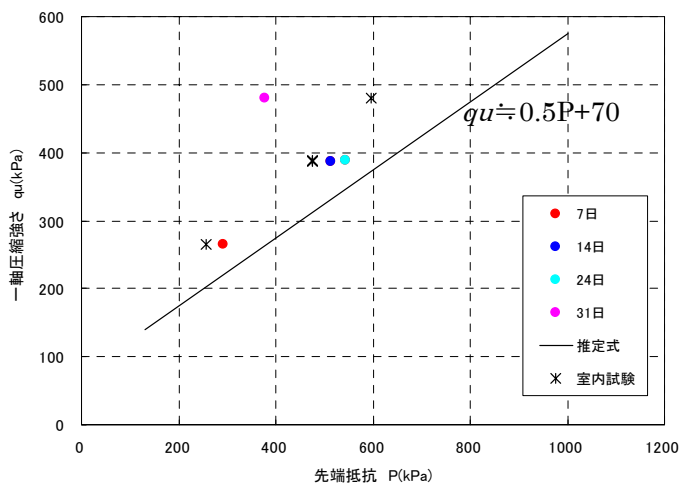


Fig10 一軸圧縮強さ－先端抵抗関係

示したものである．材齢 31 日を除いた原位置針貫入試験による先端抵抗と一軸圧縮強さの関係は推定式に近い値を示した．これらの結果から，原位置における針貫入試験の適用が期待されるが，今後の課題として，①さらに多くのデータを収集すること ②配合を変化させた場合の検討が必要であることが挙げられる．

## 6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す．

- ①貫入抵抗力に影響を与えない針の貫入間隔は 20mm 以上である．
- ②貫入深さが大きくなると第二直線部のばらつきが大きいため，貫入抵抗力－貫入量関係図において，変曲点の現れたところを貫入抵抗力として評価する．
- ③針貫入試験により，容器底面に接して採取された圧縮試験用供試体は，下部ほど弱いことを証明した．
- ④原位置針貫入試験によって求められた針貫入抵抗力は，島が提案する推定式に近い値を示すことがわかった．これにより，原位置における針貫入試験の適用の可能性が示された．

## 【参考文献】

- 1) 島裕一郎，気泡混合軽量土の針貫入試験に関する研究，長岡技術科学大学，2005
- 2) 玉尾由享，気泡混合軽量土の局所的物理特性に関する研究，長岡技術科学大学大学院，2004