

古代秋田城の築地塀を構成する白色および褐色粘土の互層構造について（その2）

今井忠男、西川治、千田恵吾、木崎彰久、栗崎笑、柴田いずみ

1 はじめに

これまでの発掘調査から、秋田城の築地塀は、別編2写真3に示すように白色と褐色の縞模様（互層）になっていることが知られているが、互層の機能や力学的性能についてはあまり知られていない。一般に、古代城の築地塀は、土を突き固めて層状に重ねていく版築と呼ばれる建築法がとられており、秋田城の築地塀も同様の版築構造である（伊藤2006）。しかし、版築の構造は、建築方法から層状となるが、同一の粘土を用いる限り、色彩的に明瞭な縞模様になることはない。つまり、秋田城の築地塀には、色の異なる2種類の粘土が用いられ、意図的にこれらを互層とする版築法が行われたと考えられる。

前回の研究（その1）では、この築地塀の白色部について、その成因を調べた（今井ほか2016）。この結果、白色部の粘土は、褐色部および築地塀の原料採取場所（土取場）の粘土と比較し、鉱物組成にほとんど差が見られないことがわかった。また、政庁内の白壁がクリストバライトの白粉で化粧されていることが明らかとなり²⁾、このことから、版築の白色部粘土も、土取場の粘土にクリストバライトを主成分とする白色粘土が混ぜられ、白くしたものと推定した。

本研究では、クリストバライトを主成分とする白色原料として、秋田県横手市大森町で産する八沢木粘土を用い、これと土取場粘土と混ぜ合わせて白色混合粘土を作成した。この白色混合粘土と土取場粘土とで版築構造と同様な互層の粘土試料を作成し、これらの強度特性を調べることで、秋田城の築地塀に関する機能や力学的性能を明らかとした。

2 実験方法

粘土試料には、別編2表6に示す土取場粘土と八沢木粘土を用いた。これら粘土の組成については、前報に示した（今井ほか2016）。これら現地で採取した粘土は、乾燥させて破碎した後に篩にかけて精製した。これら乾燥試料は、別編2表7に示すように、あらかじめ測定した最適含水比（締固め密度が最大）となるような水量を含ませて、手で十分にこねた。また、両者を混ぜた混合粘土は、八沢木粘土の混合比が乾燥重量で5～50%になるよう試料を配合した。

このような手順により、最適含水比でこねられた粘土試料は、別編2表8に示すような条件で、圧縮試験用の試験片に作製した。具体的には、直径50mm、高さ10cmのモールド内に粘土を少量ずつ入れ、550gの円柱状の重りを20cmの高さから50回落下させ、1層を突き固めた。突き固めた1層の厚さは約17mmで、高さ10cmの円柱試験片が6層となる様に調整した。作製した試験片はモールドから取り出し、室内中で4日間養生し、乾燥度を36%±5%とした。粘土試料は、乾燥度（含水比）によって強度が大きく変化するため、乾燥度の調整が重要となる。

別編2写真4に作製した試験片を示す。別編2写真4（1）～（5）は、八沢木粘土の混合比を0～100%と

別編2表6 試料粘土の採取場所

試料番号	試料名称	試料の色	採取場所および地層
A-3	土取場粘土	赤褐色	第106次調査地 C区、第四紀潟西層
C-1	八沢木粘土	灰白色	横手市大森町八沢木地区、新第三紀大森層

別編2表7 混合粘土の配合条件

試料名称	最適含水比 w (%)	混合粘土の混合比 w (%)
土取場粘土	30.5	95, 90, 80, 50
八沢木粘土	48.5	5, 10, 20, 50

別編2表8 圧縮試験片の作製条件

試験片サイズ (mm)	φ 50×100
突固め回数 (回)	50 (重り 550g、20cm落下)
突固め層数 (層)	6 (層厚 17mm)
養生日数 (日)	4 (乾燥度36%±5%)

した試験片である。写真より、八沢木粘土の混合比を上げていくと、土取場粘土の粘土はだんだんと白くなり、混合比 50%では、かなり白色な粘土に見える。また、別編2写真5には、突き固め層が、それぞれ3層づつの互層となるように作製した、土取場粘土と混合粘土の試験片を示す。写真より、混合粘土における八沢木粘土の混合比が上がるにしたがい、明確な縞模様が見られる。別編2写真3に示した秋田城築地塀のイメージに近い縞模様は、混合比が20%程度と思われる。

これら試験片は、材料試験機によって一軸圧縮試験を行い、それぞれの試験片の圧縮強度を求めた。また試験後には試験片の含水比を測定し、最適含水比との比から乾燥度を求めた。

3 実験結果

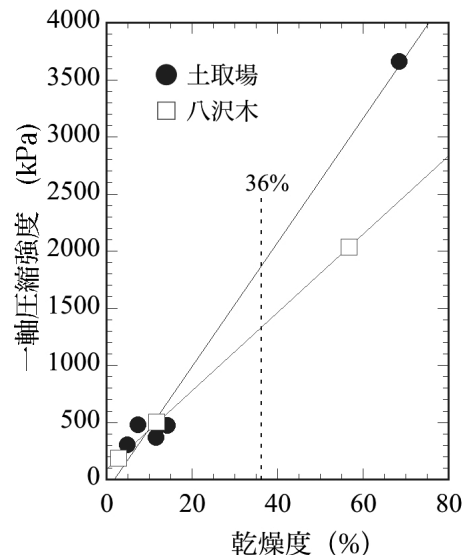
はじめに、単一粘土において圧縮強度と乾燥度との関係を調べた。その結果を別編2図5に示す。図より、乾燥度が低いときは、土取場と八沢木の粘土の強度にあまり違いは現れないが、乾燥度が進むにしたがい強度差が広がることがわかる。同程度の乾燥度なら、土取場粘土の強度は八沢木の1.4倍程度になり、秋田城築地塀に用いられた粘土は、強度性能が高いことがわかった。

次に、別編2図6に混合粘土の圧縮試験の結果を示す。図より、混合粘土において八沢木粘土の混合比を増加させると、強度が急激に低下する傾向がわかる。土取場粘土の強度は、八沢木の1.4倍程度であることから、単純には、八沢木粘土を多く混ぜても、混合粘土の強度は2/3程度（1000kPa）までしか低下しないと考えられるが、混合比50%では、それ以上に低下していることがわかる。この原因の1つとして、最適含水比の大きい八沢木粘土を混ぜ合わせたことで、全体の乾燥度が進んでも土取場粘土の水分量が多く、強度が上がらなくなったことが考えられる。

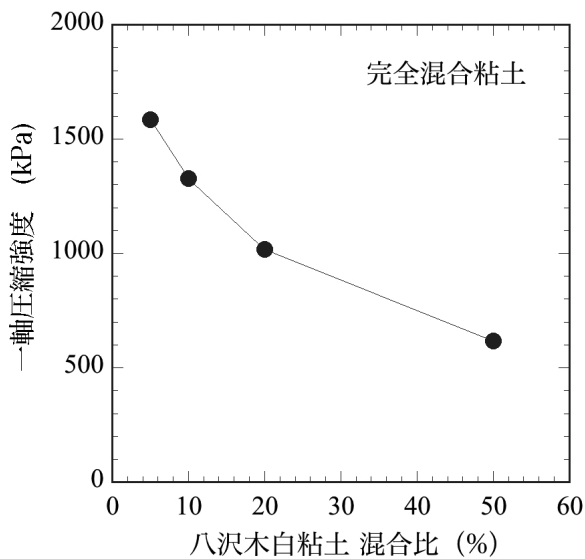
これに対し、別編2図7に、混合粘土と土取場粘土とを互層とした試験片の圧縮試験結果を示す。図より、八沢木粘土を多く混合した低強度の混合粘土を用いても、互層にすれば、試験片の圧縮強度は、あまり低下しないことがわかった。このことから、版築構造は、弱い層を強い層で挟む互層とするため、全体の強度は、概ね強い層の値に近くなると考えられる。この原因として、圧縮による破壊（割れ）は、せん断方向（斜め）に進むため、圧縮方向に垂直な方向に弱面が存在しても、強度への影響は小さいためと考えられる。

4 考察

最後に、秋田城の築地塀が、白色の鉱物を用いた縞模様として造られた要因について考える。そもそも、この築地塀には、土質を硬くするための石灰は用いられておらず²⁾、白色の主鉱物はクリストバライトの白粉であると推定したことから、固化作用を期待して添加したとは考えられない。本実験結果より、クリストバライ

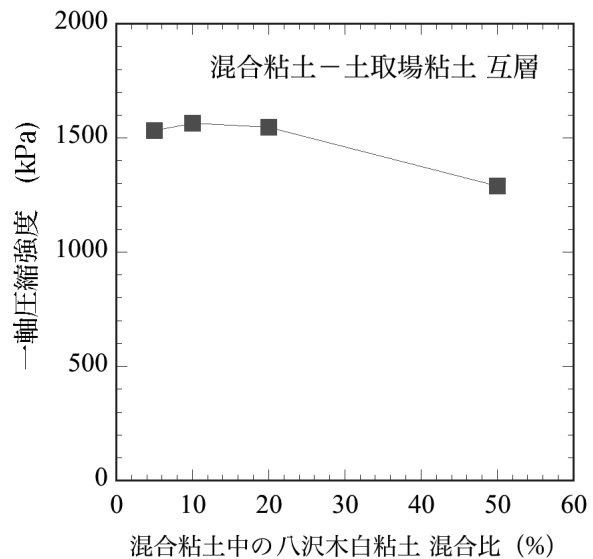


別編2図5 単一粘土の圧縮強度に及ぼす乾燥度の影響



別編 2 図 6

混合粘土の圧縮強度に及ぼす混合比の影響



別編 2 図 7

互層粘土の圧縮強度に及ぼす混合比の影響

トを主成分とする白色の粘土を築地塀の原料粘土に混合すると、その強度は低下するため、強度的には混合しない方が良いことが明らかとなった。したがって、築地塀の原料粘土に白色粘土を混合させる意味は、力学機能が多少低下し、製造に手間がかかっても、築地塀の色合いを白色あるいは白の縞模様にしたという、色彩的な装飾性（デザイン）にあると思われる。

秋田城を造った古代人は、粘土という建築材料の力学的特性をできるだけ低下させずに、材料そのものに色彩的な装飾を試みていることが明らかとなった。このことが、現代的な材料試験の結果から、実証できたと考えられる。

5 まとめ

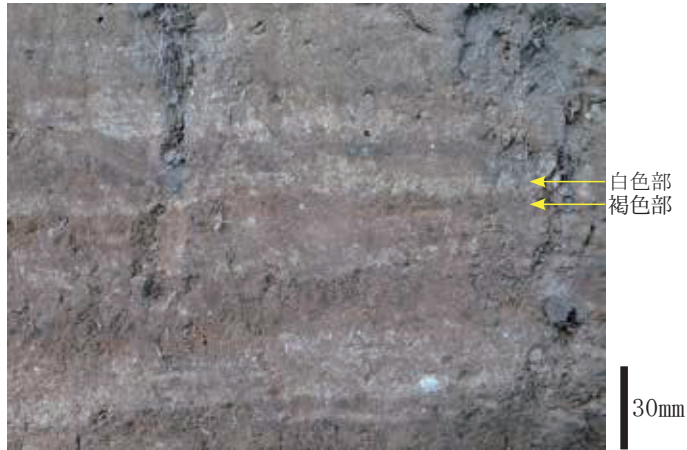
本研究では、秋田城の築地塀が、白色の鉱物を用いて縞模様として造られた要因およびその力学特性について、実験によって明らかにした。本研究の結果をまとめると、次のようである。

- 1) 土取場粘土に白色の八沢木粘土を混合すると強度は低下する
- 2) 土取場粘土に八沢木粘土を混合した混合粘土と土取場粘土とを交互層にすると強度の低下は少ない
- 3) 築地塀の縞模様を再現するには、白色の八沢木粘土を 20%以上混合しなければならない
- 4) 築地塀の色合いを白色あるいは白の縞模様にした理由は、色彩的な価値（装飾）が重要を高めるため

引用文献

伊藤武士 2006 『秋田城跡 最北の古代城柵』日本の遺跡 12、同成社

今井忠男・西川治・千田恵吾・栗崎笑・柴田いずみ 2016 「古代秋田城の築地塀を構成する白色および褐色粘土の互層構造について（その1）」『秋田城跡 秋田城跡調査事務所年報 2015』秋田市教育委員会・秋田城跡調査事務所、pp. 78-81



別編2 写真3 秋田城築地塀の断面における
白色・褐色の互層



(1) 混合比 0%
(土取場粘土)



(2) 混合比 10%



(3) 混合比 20%



(4) 混合比 50%



(5) 混合比 100%
(八沢木粘土)

別編2 写真4 土取場粘土に八沢木粘土を混合した試験片



(1) 混合比 10%



(2) 混合比 20%



(3) 混合比 50%

別編2 写真5 土取場粘土と混合粘土を互層
にした試験片