

中国古代版築遺跡の構築土・黄土について

佐賀大学 学生会員 陸 江
 佐賀大学 正会員 鬼塚 克忠
 佐賀大学 正会員 唐 曉武

1. まえがき

著者らは、中国・日本における古代版築遺跡について様々な現場調査と研究を行っている¹⁾。本文では、中国の版築遺跡の構築土に用いられている黄土の性質について報告する。

2. 版築とは

版築という単語は中国の「孟子」の中の一文、「...舜...伝説挙于版築之間...」に基づくものである。この意味は「舜が版築の労働者から上位のポストに抜擢されたと言い伝えられる」である。日本の広辞苑によると版築は、「中国における土壁や土壇の築造法。板で枠を造り、一層ずつ枠で突き固める。」とある。中国の古文における「版」は木の板で造られる枠、「築」は枠を意味し、枠と枠は版築の主要な道具である。中国では、古代の城壁、河道堤防、軍営壁壘などに版築技術が用いられている。例えば、唐以前の万里の長城は版築技術により土を締め固めて造られた。

約 4000 年前、中国北部を横断する黄河の中下流域で青銅器を代表とした黄河文明が始まった。指紋までくっきりと写し取れるほど細かな黄土は、青銅器を作る際の鋳型に用いられたと考えられている。そして B.C. 15 世紀～A.C. 10 世紀初頭までの約 2500 年間にわたって多くの王朝がこの黄河流域に都を置いた。その様々な王朝の宮殿や基壇や城壁などの黄土から成る大規模な版築遺跡が数多く残っている。

3. 中国における黄土の分布、成分及び基本的性質

黄土は、風力の運搬と堆積作用より、堆積後の攪乱繰り返しの影響を受けていなく、無層理の黄色いシルト質の堆積土である。ひとたび攪乱されたものは黄土状の土と呼ばれ、黄土と区別される。炭酸塩類を含み、目視可能な大きさの間隙を特徴とする。中国では、黄土は北緯 30°～48°の間にベルト状に分布し、総面積約 44 万 km² である。また、各地の黄土の厚さが異なっている。高原における黄土の厚さは川谷地区より大きく、例えば陝西甘肅黄土高原の黄土の厚さは 100～200m、一方、川谷地区は 20m 未満である²⁾。

表 - 1 に新疆に位置する中崑崙山付近に採集した黄土の鉱物成分を示す³⁾。この表においては、炭酸塩類の割合がかなり高いことを示している。黄土の炭酸塩類は主に方解石であり、少量の白雲石も含んでいる。黄土に含まれる炭酸塩類は黄土地盤の環境と密切に関連している。一般的に、黄土地区の気候は非常に乾燥である。それ故、土中水分は絶えず蒸発し、水分に含まれる炭酸カルシウムなど炭酸塩類が土粒子の表面に析出して、土粒子の間の粘着物になっている。また、この炭酸塩類の粘着力は、毛管水の水膜粘着力と共に、土粒子の移動に対する抵抗力をなし、土の収縮を阻止している。そこで、目視可能な大きさの間隙を形成する。

表 1 中崑崙山における黄土の鉱物成分³⁾

軽 鉱 物 (%)					重 鉱 物 (%)			
石英	長石	白雲母	岩屑	炭酸塩類	黒雲母	角閃石	カンラン石	他
29.84～38.85	31.5～34.71	4.07～6.42	0.81～2.67	19.69～29.27	1.61～2.23	1.01～2.03	0.65～1.12	<0.36

中国の主要な黄土分布地区における黄土の物理、力学性質が表 2 に示している。日本統一土質分類により、黄土は粘質土(CL)に属する。黄土のシルト分の割合が比較的高く、また、I_p は 9～14、W_L は 26.0%～33.0% であり、粘質土にも関わらず、黄土は粘質土とシルトの両方の特性を持っていると考えられる。前述のような目視可能な大きさの間隙の特徴があるため、黄土の間隙比は 0.87～1.08 と比較的大きい。また、含水比は 11%～20%、飽和度 38%～60%といずれも低い。

キーワード 黄土，版築，遺跡，土の基本的性質

連絡先 〒840-8502 佐賀市本庄町一番地佐賀大学理工学部都市工学科 TEL 0952-28-8695

表 2 中国の主要黄土地区の黄土性質²⁾

地点	粒度分布 (%)		γ kN/cm ³	W %	Sr %	e	W _L %	I _p	m _{v100-200} MPa ⁻¹	c kPa	°
	0.05~0.005mm	<0.005mm									
蘭州	67	15	14.0	11	38	1.05	26.0	9.0	0.075	25	20.0
西安	66	24	15.0	19	43	1.08	30.5	12.0	0.104	25	21.5
洛陽	60	28	17.5	20	60	0.87	33.0	14.0	0.081	38	18.0
太原	71	18	16.0	17	46	0.95	29.1	10.5	0.250		

*注：m_{v100-200} は圧密応力の変化 100kPa から 200kPa までの体積圧縮係数である。

4. 版築遺跡に用いられる黄土

表 - 3 に現場調査時に採集した西安付近の二種類の自然黄土と阿房宮基壇遺跡の二ヶ所に版築された黄土の性質を示している。秦(約 B.C.220 年)の阿房宮基壇は西安市三橋鎮南にあり、前殿の残存部は東西 1,300m、南北 500m、最も高いところは 10m 以上である。版築の一層の厚さは 8~10cm であり、全層に丁寧な版築が用いられていると推察される。黄土は阿房宮遺跡の表面で取った試料であるので、表 - 3 のとおり、含水比が低くなっていると考えられる。この阿房宮基壇に用いた黄土は自然の黄土と同じ性質を有することが分かる。

版築遺跡への黄土 表 3 いくつかの自然の黄土と遺跡に版築された黄土の性質

の利用方法には素土、素土と粗骨材の混合物、土と石灰の混合物三つがある。

地点	W %	s g/cm ³	W _L %	W _p %	I _p	粒度分布 (%)				分類	山中硬度計
						礫	砂	シルト	粘土		
耀県南	12.4	2.66	37.2	16.1	21.1	0.0	2.6	85.9	11.5	CL	-
宜君	0.6	2.65	35.5	17.3	18.2	0.0	0.7	79.5	19.8	CL	32~35
阿房宮1	2.1	2.67	34.2	18.7	15.5	0.0	1.0	80.7	18.3	CL	36~37
阿房宮2	1.9	2.66	35.8	18.7	17.1	0.0	1.8	91.0	7.2	CL	35~37

素土は混合物を含

まない、純粋な黄土のことである。素土は版築技術の発明によって用いられるようになった。例えば、前述の阿房宮基壇遺跡はすべて黄土だけを用地、版築工法で締め固めている。黄土の採取が容易なことから、素土は幅広く利用されている。素土と粗骨材の混合物においての粗骨材は砂や砕いた石、磚でできている。素土と粗骨材の混合物は以下の 2 種類がある。一つは、黄土と粗骨材を混ぜた混合物である。他は黄土と粗骨材を互層に締め固めたものである。中国では土と石灰の混合物を灰土といい、明代以降、建物の基礎部分に幅広く利用されている。

自然の黄土は含水比が低く、前述のように粘質性土だが、粘質土とシルトの両方の特性を持っており、粘性が低い。それで、版築施工時、締め固めやすく、より緊密な状態にすることができる。つまり、黄土は締め固めに非常に適している土である。また、黄土が炭酸カルシウムなど炭酸塩類を含んでいるので、版築後、黄土の主要成分は SiO₂ と炭酸カルシウムがある程度の CaSiO₃・H₂O を生じると考えられる。CaSiO₃・H₂O の強度が高いので水浸と凍融に対する耐久性に優れているので、構築物の強度と耐久性が向上する。土と石灰(消石灰)の混合物については同じことが言える。黄土中の SiO₂ は石灰と混合すると、化学反応により CaSiO₃・H₂O を生じる。黄土は細粒分が多いので、締め固めにより、細粒分と石灰顆粒の化学反応の効果が良く、CaSiO₃・H₂O の量が多くなる。

5. まとめ

- (1)黄土は炭酸塩類と目視可能な大きさの間隙を含有する特徴を有する。
- (2)黄土は CL (粘質土) に分類され、粘質土とシルトの両方の特性を持っていると考えられる。
- (3)黄土は粘性が低く、締め固めに非常に適している土である。

参考文献

- ・ 鬼塚克忠ら：中国における古代の版築技術について，土と基礎，2002 年 5 月号掲載予定。
- ・ 顧曉魯ら：地基と基礎，中国建築工業出版社，1995 年。
- ・ 唐肖宇ら：中昆侖山北坂黄土の鉱物成分と微結構特徴分析，干旱地区地理，1991 年 4 月号。