

締固めたまさ土の圧縮に現れる異方性

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
山口大学大学院 学生会員 ○芝尾朋子
山口大学大学院 学生会員 HAM Tae Gew 中拂太一

1.まえがき 道路や堤防などの土木構造物のライフサイクルコストの点からも、締固め土の力学特性の把握は重要である。特に、構造物の経年変状の理解のために、締固め土の変形特性に見られる時間依存性の理解は重要である。さらに、これらの土が異方性を有していることが指摘されているものの、十分に検討が進んでいないのが現状である。本研究では、盛土材として頻繁に用いられるまさ土を用いて、不飽和土状態である締固めたまさ土の圧縮特性および飽和化に伴う圧縮変形に見られる異方性について明らかにすることを目的とする。

2.圧縮試験 本研究で用いた試料は山口県下関市で採取した下関まさ土である。表1に用いた試料の物理的性質及び締固め試験の結果を示す。供試体は、最適含水比において締固め度が90%となるように締固め、-20℃で凍結させた。さらに図1に示すように、水平面に対する切り出し角 δ が0、45、90°となるようにコアビットを用いて円筒形に切り出した。切り出した供試体寸法は、直径50mm、高さ100mmである。等方圧縮試験は三軸試験機を用いて行った。拘束圧20kPaで供試体を自立させ、融解させた後、所定の拘束圧まで等方状態を保つように手動で増加させた。そのため所定の拘束圧に達する時間は圧縮応力に応じて異なっている。圧縮応力は30、60、120、240kPaの4ケースを行った。このときの軸方向は、 $\delta=0^\circ$ 供試体では堆積面と同一方向と、 $\delta=90^\circ$ 供試体では堆積面に対して垂直方向となる。ここでは、軸方向の変形量を正確に測定するために、初期軸ひずみ2.0%までは、非接触変位計により軸変位を計測した。

3.圧縮特性 図2は、 $\delta=0^\circ$ 供試体に対して60kPaの等方圧縮応力を加えたときの、圧縮応力と軸ひずみの時刻歴を片対数上に示したものである。軸ひずみは圧縮応力の増加に対応するように発生しており、圧縮応力が60kPaに達するあたりからひずみ増分も減少し、時間の経過とともに徐々に収束する傾向にあることがわかる。圧縮応力の载荷が終了するまでが一次圧縮（即時沈下）であり、それ以降の圧縮過程が二次圧縮過程といえる。圧縮応力が所定の圧力になった時間を t_p とし、その時点からのひずみ量を S_2 として以下考察する。図3は、圧縮時間10時間までの拘束圧60kPaの軸ひずみと圧縮時間の関係を示している。図中の矢印は载荷終了時点を示している。 δ の値が小さな供試体ほど、軸方向のひずみ量が増加していることが分かる。载荷終了時である10分以降をみると、 $\delta=0^\circ$ 供試体の圧縮量は $\delta=90^\circ$ 供試体の圧縮量の1.6倍となっている。図4は $\delta=90^\circ$ 供試体に対しておこなった圧縮応力30、60、120、240kPaに対する軸ひずみと圧縮時間の関係を圧縮時間1時間について示している。ここ

表 1 物理的性質および締固め試験

sample	$d_{50}(\text{mm})$	$F_c(\%)$	e_{max}	$w_{\text{opt}}(\%)$
	U_c	G_s	e_{min}	$\rho_{\text{dmax}}(\text{g/cm}^3)$
shimonoseki	0.555	7.89	1.116	13.24
	7.140	2.685	0.613	1.783

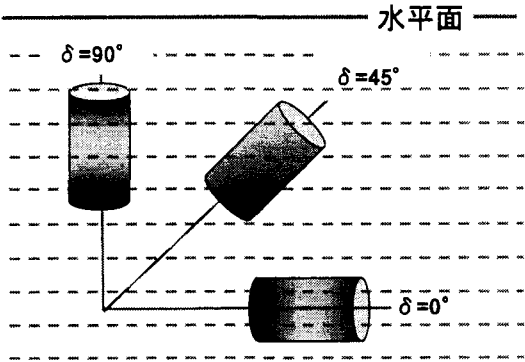


図 1 各供試体が水平面となす角

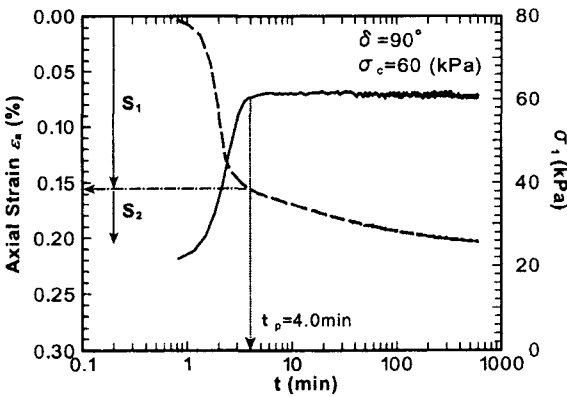


図 2 軸ひずみと圧縮応力の時刻歴

図3は、圧縮時間10時間までの拘束圧60kPaの軸ひずみと圧縮時間の関係を示している。図中の矢印は载荷終了時点を示している。 δ の値が小さな供試体ほど、軸方向のひずみ量が増加していることが分かる。载荷終了時である10分以降をみると、 $\delta=0^\circ$ 供試体の圧縮量は $\delta=90^\circ$ 供試体の圧縮量の1.6倍となっている。図4は $\delta=90^\circ$ 供試体に対しておこなった圧縮応力30、60、120、240kPaに対する軸ひずみと圧縮時間の関係を圧縮時間1時間について示している。ここ

でも図中の矢印は載荷終了時点を示している。いずれの圧縮応力においても、圧力の載荷中により一次圧縮が生じ、二次圧縮に移行していることがわかる。圧縮量は圧縮応力が大きい供試体ほど大きく、おおむね圧縮応力の大きさに比例している。この図で見ると二次圧縮中のひずみの発生に拘束圧による違いは少ないようにみえる。図5には、図3に示した結果について二次圧縮過程

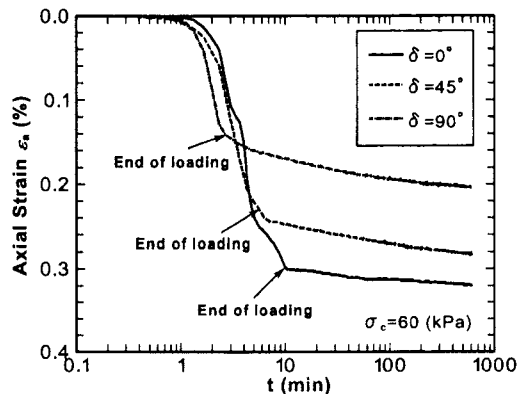


図3 軸ひずみと圧縮時間の関係

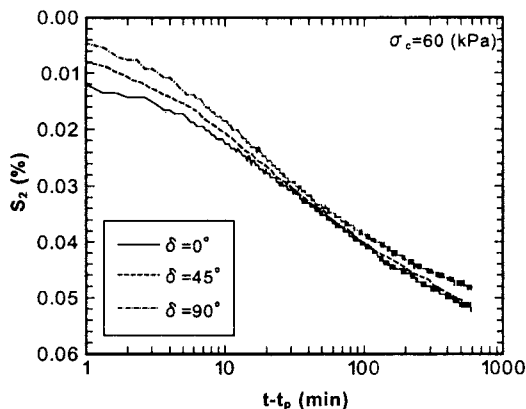


図5 二次圧密における軸ひずみと時間の関係

における軸ひずみと時間の関係を示す。圧縮時間が経過するとともに傾きが緩やかとなっている。二次圧縮中の変形挙動には明確な δ の依存性は認められない。図6は圧縮応力60kPaの等方圧縮開始から30分後から20kPaに加圧した水を供試体中に注入させたときの圧縮特性を示したものである。浸透してからの圧縮ひずみ量を S_3 、浸透開始時間を t_w とした。浸透と同時に急激な圧縮が生じ、サクシオンが低下したために起きるコラプス現象が認められる。浸透圧縮特性をより明確にするために、図7に浸透後の鉛直方向のひずみ量及び浸透量を $t-t_w$ との関係で示している。 $t-t_w$ が20~100sの間に浸透量が急激に増加し、それに伴って浸透圧縮量も大きくなっている。その後浸透は一定となり、ひずみは徐々に進行していく。また $\delta=90^\circ$ 供試体に比べ、 $\delta=0^\circ$ 供試体のひずみ量および浸透量はともに大きくなっていることがわかる。

4.まとめ 本研究では、締固めたまさ土に対して等方圧縮試験を行い、圧縮における異方性について検討した。その結果、圧縮量は初期構造異方性が明確に現れ、圧縮量に現れる異方性の程度は、時間が経過するに伴い低下することが分かった。また浸水させることにより圧縮量は増加し、浸透圧縮量、浸水量においても初期構造異方性が明確に現れた。これらの結果には、圧縮しながら飽和度が局所的に上昇することによるサクシオンの低下がさらなる圧縮を生むこと、また、浸透中の圧縮については、その理由に加え不飽和浸透性における異方性も考えられ、更なる検討が必要と考える。

参考文献 1) 鬼塚克忠ら：締固めた土の圧縮及び強度異方性について、土質工学会論文報告集, Vol. 19, No. 3, pp. 114-123, 1979.

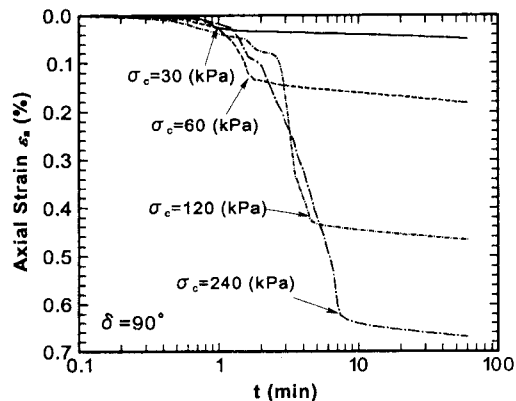


図4 各主応力における軸ひずみと圧縮時間の関係

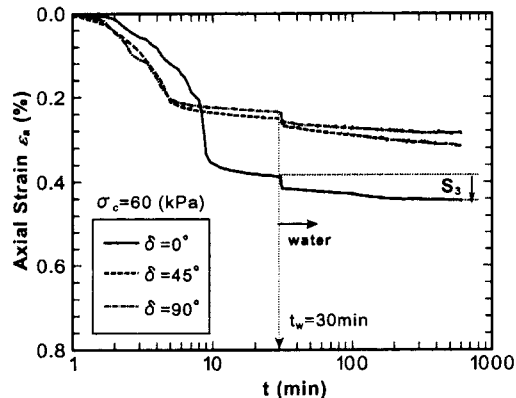


図6 浸透圧による軸ひずみと圧縮時間の関係

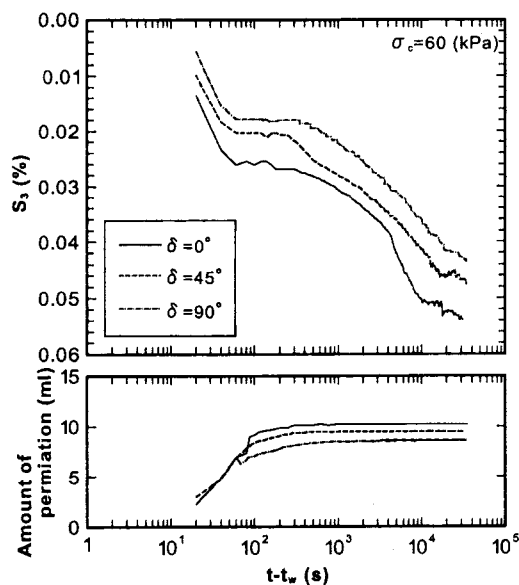


図7 浸透時の軸ひずみ及び浸透量と圧縮時間の関係