

(I-3) 円筒要素を用いた中詰材のせん断抵抗実験について

防衛大学校 正員 香月 智 学生員 奥田 将樹
防衛大学校 正員 大平 至徳 正員 石川 信隆
砂防・地すべり技術センター 正員 鈴木 宏

1. 緒 言 近年、鋼製骨組の中に割石等の中詰材を詰めることによって作られる鋼製棒砂防構造物が建設されることが多くなってきた¹⁾。しかしながら、この構造物の中詰材と鋼製骨組の一体挙動によるせん断抵抗力の評価方法が確立されていないため、現状の設計法においては中詰材が鋼製骨組のいずれか一方のせん断抵抗力によって設計が行なわれている¹⁾。従来、中詰材のせん断抵抗力に関する研究としては、あまり例がなくわずかにセル構造を対象としたものがあるにすぎない²⁾。そこで著者らは、ラーメン構造と中詰材との相互作用について砕石を用いた実験を行い検討した³⁾。本研究では、さらに中詰材のせん断抵抗力を基礎的に解明するため、中詰材をコンクリート円筒要素にモデル化して単純せん断棒を用いたせん断実験を行い、中詰材の単純せん断抵抗力と中詰材の挙動について考察した。

2. 実験の概要

(1)実験装置および計測項目 実験装置は、幅30cmの鋼板を使用した単純せん断棒の中に中詰材を入れて、図-1に示すように単純せん断変形中の荷重と変位を測定するものである。使用した鋼板は、12mm厚のものでありL型鋼のフランジを溶接することにより剛性を大きくした。また、上載荷重板によって、中詰材上方から垂直方向の荷重を載せることができるものとした。せん断荷重は、棒上端に油圧ジャッキを用いて水平に載荷した。計測項目は、このせん断荷重と荷重点の水平変位量である。また、せん断変形にともなう中詰材の動きをトレースした。

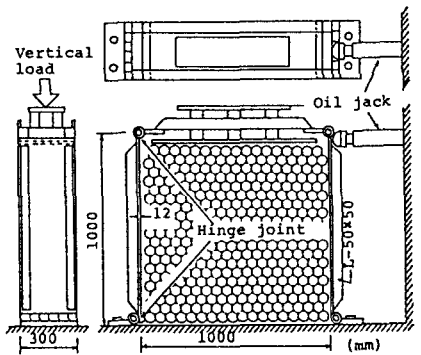


図-1 実験装置

(2)中詰材 実際の中詰材は、直径が15cm以上の礫材料であるが、本実験では図-2のように長さ12.5cm、直径5.2cmのコンクリート円柱を用いた。これは、①中詰材の挙動を2次元モデル化できる。②2次元面外への中詰材の移動がないため、漏出を防止する側壁板との間に生ずる摩擦の影響を取り除くことができる。③中詰材の形状による影響を単純化でき、また移動軌跡を観察できる。等の利点があるためである。中詰材の詰め方(配列方法)の種類としては、隣り合う中詰材がほぼ接触するように最も密に詰める密詰めの場合と、隣合う要素の間隔があいている緩詰めの場合の2種類について実験を行った。すなわち、密詰めの場合においては、下から18個、17個の中詰材を交互に積み、中詰材の総数は350個、総重量203.2kgであり、また緩詰めの場合は、15個、14個の中詰材を交互に積み、中詰材の総数は319個、総重量は 185.2kgとなる配列である。

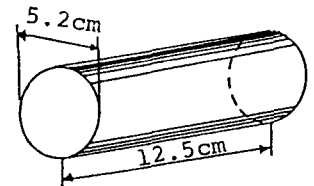


図-2 コンクリート円筒要素

表-1 実験ケース

ケース	区分	詰め方	上載荷重
CASE 1	A B	密詰め	0kgf
CASE 2	A B		167kgf
CASE 3	A B		299kgf
CASE 4	A B	緩詰め	0kgf
CASE 5	A B		167kgf
CASE 6	A B		299kgf

(3)実験ケース 実験ケースは、詰め方の種類と上載荷重の組合せによって、表-1に示す6通りとし各ケースについて2回ずつ実験を行った。

3. 実験結果

(1)せん断抵抗力～変位関係 図-3、4にそれぞれ密詰めの場合と緩詰めの場合のせん断抵抗力～変位関係

係を示す。全般を通じて、同一実験パラメータにおける結果は良く一致しており、円筒要素を用いることにより、形状および配列が標準化され実験の再現性が高まったものと思われる

a. 詰め方の影響 図-3と図-4を比較すると、密詰めの場合には当初弾性的に抵抗力が増し、変位10mm付近を境にやや硬化型に近い弾塑性応答を示すのに対し、緩詰めの場合には、変位量2mm付近を境に抵抗力が除々に低下する軟化型の弾塑性応答を示している。また同じ上載荷重毎の最大せん断抵抗力を比べると、密詰めの場合の総重量は緩詰めの場合の約1.1倍であるにもかかわらず、そのせん断抵抗力は緩詰めの場合の約3倍の大きさに達している。これは、同じ中詰材であってもその詰め方によって、せん断抵抗力に著しい違いが生じることを示している。

b. 上載荷重の影響 密詰めおよび緩詰めいずれの場合にも、上載荷重の増加にともないほぼ比例的に最大せん断抵抗力が増加している。図-5に、各実験結果の底面応力と最大せん断応力との関係を示す。ここで、底面応力とは、中詰材および上載荷重の全重量を中詰材の底面積で除したものであり、最大せん断応力とは、最大せん断抵抗力を同じく中詰材の底面積で除したものである。このグラフの傾きを、クーロンの破壊基準における $\tan \phi$ と仮定すると、みかけの内部摩擦角 ϕ は、密詰めの場合には $\phi = 29.6^\circ$ 、緩詰めの場合には $\phi = 10.9^\circ$ となった。これより、同じ中詰材であっても詰め方によってみかけの内部摩擦角にも大きな違いが生じ、密詰めの方がみかけの内部摩擦角が大きくなることが推測される。

(2)せん断変形に伴う中詰要素の移動 図-5, 6にそれぞれ密詰めの場合と緩詰めの場合における要素の移動軌跡を示す。これは、せん断実験中における各中詰材の要素の中心の移動を、枠上端変位が10cmに至るまでの間トレースしたものである。図-5から、密詰めの場合には、載荷側の要素が、若干上方へ膨張するように動くが、全体的には、層状にかつ水平に移動することが分かる。一方、図-6から緩詰めの場合には、底面下部に山形の不動領域ができ、それに沿って他の要素は移動していることが分かる。すなわち、緩詰めの場合には山形のスベリ面が形成されるものと考えられる。これらのことから、密詰めの場合と緩詰めの場合では中詰材の内部に全く異なる形のせん断スベリ面が形成され、それによってせん断抵抗力～変位関係やみかけの内部摩擦角に違いが現われるものと考えられる。

参考文献 1) 砂防・地すべり技術センター鋼製砂防構造物委員会：鋼製砂防構造物設計便覧、昭和62年10月
2) 北島昭一：岩盤上のセル構造の研究について、土と基礎、1962, 10, pp.25-33
3) 鯉淵、香月、石川、鈴木：鋼製枠砂防構造物の中詰材のせん断抵抗力に関する実験的研究、年講、昭和63年、1-27, pp108-109

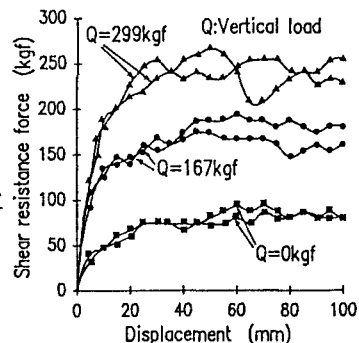


図-3 せん断抵抗力～変位関係 (密詰めの場合)

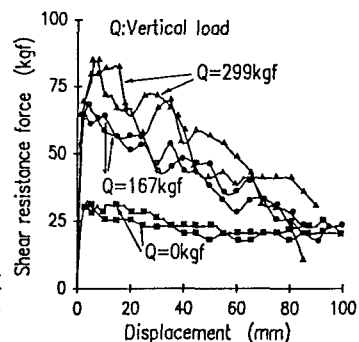


図-4 せん断抵抗力～変位関係 (緩詰めの場合)

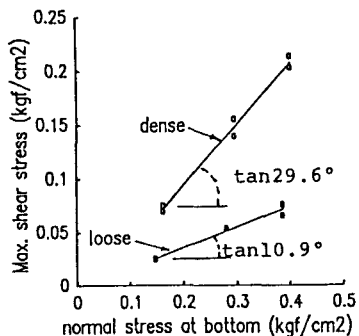


図-5 最大せん断応力～底面応力関係

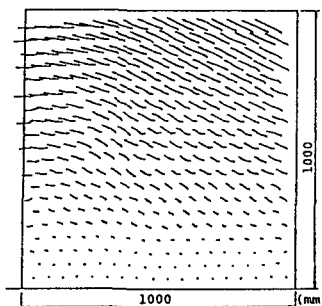


図-6 中詰材の移動軌跡
[密詰め (上載荷重なし)]

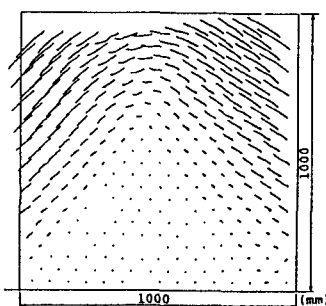


図-7 中詰材の移動軌跡
[緩詰め (上載荷重なし)]