

III-444 土の補強効果に及ぼす鉄筋挿入方向の影響について

徳大林組技術研究所 平間 邦興, 鳥井原 誠, ○山本 彰

1. はじめに：斜面安定対策工法の1つとして、斜面に鉄筋を多数打設し、地山の安定を図る補強土工法が現在注目を浴びている。しかし、この鉄筋による補強効果は地山への打設方向によって大きく異なると言われており、⁽¹⁾そのため鉄筋の打設方向が土の補強効果に与える影響について検討しておくことは、この工法を確立する上で非常に重要であると考えられる。この研究では一様なひずみ場をもつ地山内に打設された鉄筋の打設方向が補強効果に与える影響を明らかにするため、砂を用いた中空円柱供試体内にアルミ棒を種々の角度で挿入してネジリせん断試験を実施し、アルミ棒の挿入角度が砂の強度変形特性に与える影響について検討している。

2. 試験方法：試験に用いた試料は予め2.0mmのふるいで調整した鬼怒川砂であり、その物理的性質は表-1に示している。供試体は図-1に示すように2本のアルミ棒を所定の角度(表-2)でセットし、相対密度 $D_r=70\%$ になるようにバイブレータを用いて砂を詰めた後、水で湿潤させた。なお、アルミ棒には予め接着剤を用いて砂粒子を付着させてある。実施した試験はせん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}=1.76\%/min$ 、拘束圧 $\sigma_c=2.0\text{ kgf/cm}^2$ の等圧排水中空ネジリせん断試験である。

3. 試験結果：図-2はアルミ棒を挿入していない場合およびアルミ棒を $\theta=45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ の角度で挿入した場合のせん断応力 τ とせん断ひずみ γ の関係を示している。ここで、今回実施した試験が等方等圧条件であることから、 $\theta=45^\circ$ はアルミ棒の軸方向に圧縮力のみが作用する方向(最大主ひずみ方向)であり、 $\theta=135^\circ$ は引張力のみが作用する方向(最小主ひずみ方向)である。また、 $\theta=90^\circ$ はアルミ棒の軸方向に引張力も圧縮力もほとんど作用しない方向である。この図によると、 $\theta=135^\circ$ の場合にはアルミ棒が挿入されていない場合に比べ、せん断初期のせん断応力増分も最大せん断応力も大きくなっているが、 $\theta=45^\circ, 90^\circ$ の場合にはアルミ棒の挿入されてい

表-2 アルミ棒の挿入条件

試験番号	アルミ棒の挿入角度 θ (度)	アルミ棒の長さ L (cm)	アルミ棒の径 ϕ (cm)
N1	アルミ棒を挿入しない		
S1	15	23.2	2.0
S2	30	12.0	
S3	45	8.5	
S4	60	6.9	
S5	75	6.2	
S6	90	6.0	
S7	105	6.2	
S8	120	6.9	
S9	135	8.5	
S10	150	12.0	
S11	165	23.2	
S12	180(=0)	15.7	

表-1 物理的性質

比重 G_s	2.694
粗砂分(2.0~0.42mm)%	40.1
細砂分(0.42~0.074mm)%	59.3
シルト分(0.074~0.005mm)%	0.6
均等係数 U_c	2.71
曲率係数 U_c'	1.00
最大密度 $\rho_{max}(\text{g/cm}^3)$	1.625
最小密度 $\rho_{min}(\text{g/cm}^3)$	1.284

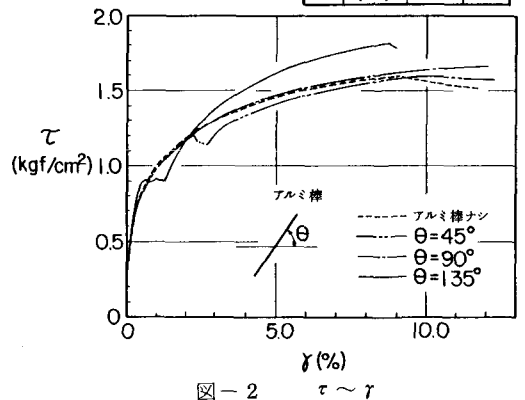


図-2 $\tau \sim \gamma$

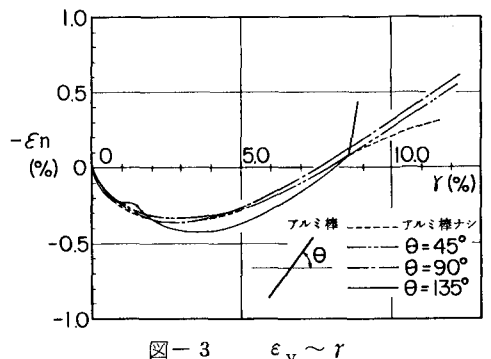


図-3 $\epsilon_v \sim \gamma$

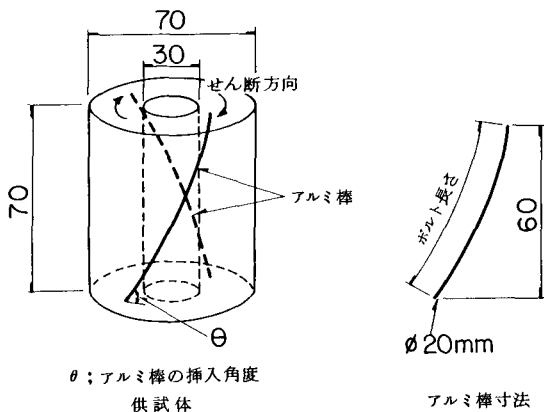


図-1 供試体の概要

ない場合との間に大きな差異は見られない。また、 $\theta=45^\circ, 135^\circ$ の場合にはせん断中にせん断応力の一時的な低下が見られるが、これはアルミ棒とその周辺にある砂の間で生じるすべりによるものと考えられ、このことは $\theta=135^\circ$ の場合には体積ひずみの変化にも顕著に現われている。さらに、図-3はせん断中の体積ひずみ ϵ_v とせん断ひずみ γ の関係を示しており、 $\theta=135^\circ$ の場合にはアルミ棒を挿入していない場合とやや異なる挙動を示しているが、 $\theta=45^\circ, 90^\circ$ の場合にはアルミ棒を挿入しない場合とほぼ同じ挙動を示している。以上のことから、アルミ棒は $\theta=135^\circ$ (最小主ひずみ方向)に挿入した場合に最も砂の強度変形特性に与える影響が大きくなることがわかる。そこで、以後、 $\theta=135^\circ$ の場合とアルミ棒を挿入しない場合に限って検討を加えることとする。

図-4は式(1)で定義されるダイレイタンシー角 ν とせん断ひずみ γ の関係を示している。この図から ν の値は両者とも γ の増加に伴って単調増加し、 $\theta=135^\circ$ の場合は 5.4° に、アルミ棒を挿入しない場合は 4.8° に漸近している。また、 $|\nu|$ を比較すると $\theta=135^\circ$ の場合の方が常に大きな値を示す傾向があり、アルミ棒の挿入がダイレイタンシーに与える影響が大きいことがわかる。次に、図-5は応力比(τ/σ_n)とひずみ増分比($-\dot{\epsilon}_v/\dot{\gamma}$)の関係を示しており、アルミ棒を挿入していない場合と $\theta=135^\circ$ の場合の等せん断ひずみ点を矢印で結んである。この図から、体積ひずみ増分が収縮側にある場合には等せん断ひずみ時の応力比はアルミ棒の有無による影響をあまり受けないが、体積ひずみ増分が膨張側にある場合にはアルミ棒の挿入によって応力比が大きく増加することがわかる。したがって、鉄筋の挿入効果はせん断時の土の体積膨張が大きい程増大する、と予想される。また、体積ひずみ増分はアルミ棒を挿入することによって、収縮時には収縮増分が、また膨張時には膨張増分が大きくなっている。

図-6は式(4)、(5)で定義される補強率 R とアルミ棒の挿入角 θ の関係を示している。ただし、アルミ棒を挿入した場合のせん断強度は式(4)に示すようにアルミ棒の長さが 7.0 cm に相当するように補正してある。さらに、図上には図-4で得られた最大せん断応力時のダイレイタンシー角 ν を用いて、アルミ棒に作用する力が圧縮力となる領域と引張力となる領域を示している。この図から、アルミ棒は引張力が作用する方向に挿入するのが効果的であり、特に最小主ひずみ方向に挿入するのが最も効果的であることがわかる。

4. おわりに：本研究では中空ネジリせん断試験機を用いた要素試験によって、鉄筋による砂の補強効果について検討を行なったが、今後は土槽および現場実験によってさらに検討を加えてゆく予定である。

参考文献：(1)浜田、龍岡；“鉄筋で補強された斜面の室内槽型実験”，第35回土木学会年次講演会

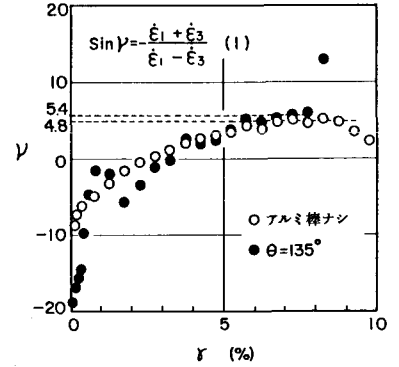


図-4 ダイレイタンシー角の変化

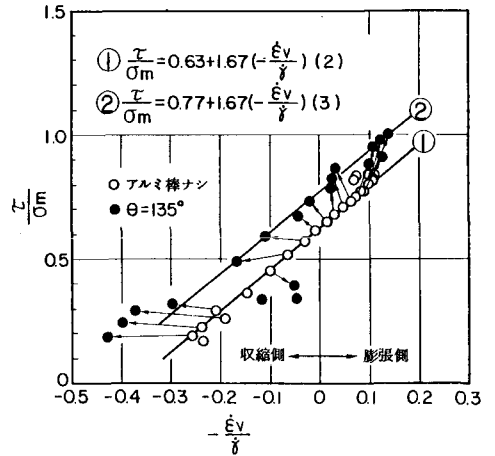


図-5 応力比(τ/σ_n)～ひずみ増分比($-\dot{\epsilon}_v/\dot{\gamma}$)

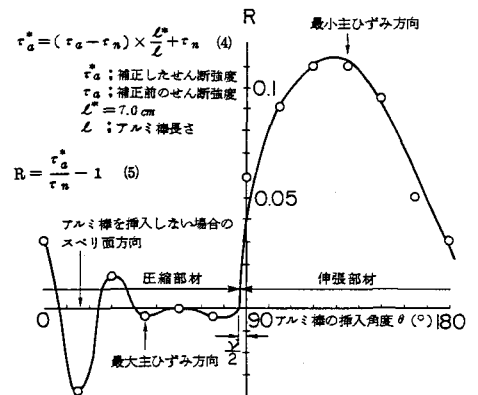


図-6 補強率 R ～アルミ棒挿入角 θ