

大成建設(株) 正員 山田 邦光
住友金属工業(株) 正員 井上 肇
同 同 ○飯村 修

1. まえがき

柔構造の覆工であることを特長とする可縮セグメントは、地山の弛みのある限度内で許しセグメントに作用する地山荷重の軽減を期待するものである。従って初期応力の大きい山岳トンネルの覆工において効果的であると考えられる。

そこで筆者らは継手部に鋼管を使用した可縮セグメントを考案し、その力学的特性を調べるために部分模型による圧縮強度試験を行な

うとともに、それを山岳トンネルに用いた場合のモデルについて有限要素法により応力解析を行なった。ここにその結果の概要を報告するものである。

2. 模型実験

200%の土圧をうける地山に外径 $D=5,000\text{ mm}\phi$ のセグメントを用いた場合を想定し、その時考える断面の約 $\frac{1}{2}$ 、直線型供試体により圧縮強度試験を行ない、軸方向変形量および供試体各部における歪を測定した。可縮性を期待するためにその中央部に鋼管を用いた継手(可縮継手)を設けた。材質は供試体本体がSS41、継手部鋼管がSTPG38である。鋼管は継手両側の継手板に溶接により取付け、さらに継手部両側の供試体はボルト結合により固定した。なお、可縮継手のない供試体についても同様の圧縮強度試験を行ない、その変形特性を比較した。

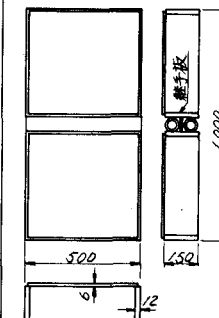
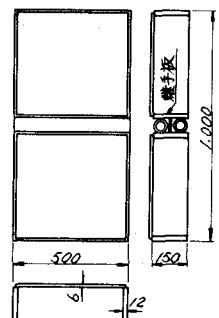
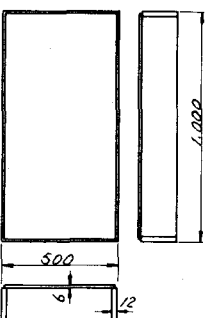
表1.に各供試体の形状寸法を、図1.に実験から得られた荷重変位曲線を示す。

3. モデル計算

地山に可縮セグメントを用いた時の変形特性と周辺地山およびセグメントの応力状態を調べるため、図2.のモデル(要素数196、節点数170)により有限要素法解析を行なった。計算は弾性範囲内で行ないその方法と条件は表2.に示す。

(1) Case 1 トンネル掘削前の地山の応力状態を求めたもので、トンネル頂部位置での土荷重が200%となるよ

表1. 模型実験供試体の種類

形式	A-1	A-2	C-1
断面形状			
鋼管	規格 STPG 38 スケール80 サイズ $48.6\phi \times 5.1\text{ mm}$ (中空)	規格 STPG 38 スケール80 サイズ $48.6\phi \times 5.1\text{ mm}$ (砂詰)	—

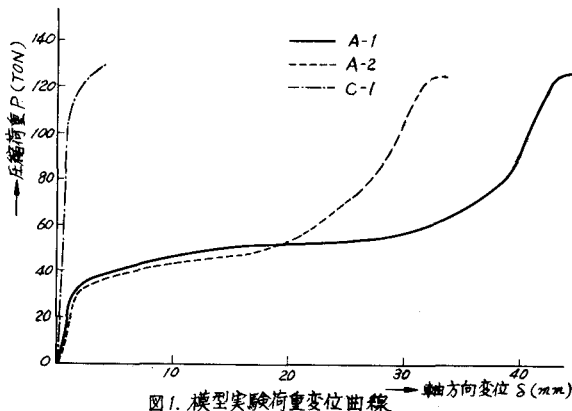


図1. 模型実験荷重変位曲線

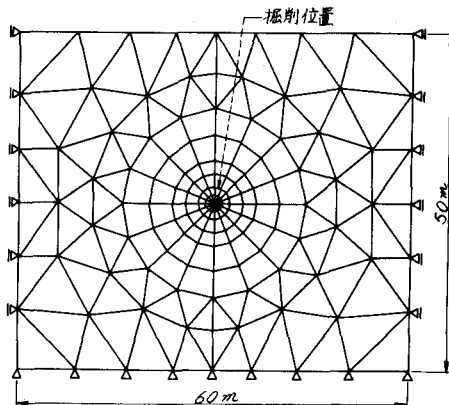
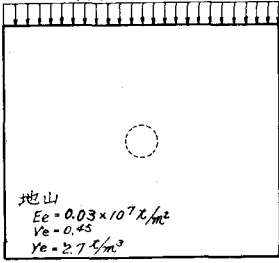
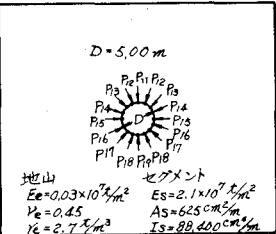
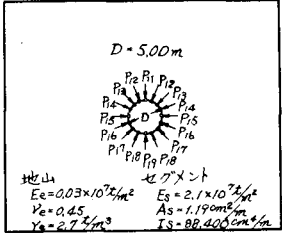


図2. 計算モデルと要素分割

表2. モデル計算の荷重条件

	Case 1	Case 2	Case 3
計算モデル	上載荷重 $w=139.25 \text{ t/m}$  地山 $E_s=0.03 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ $\nu_s=0.45$ $\gamma_s=2.7 \text{ t/m}^3$	$D=5.00 \text{ m}$  地山 $E_s=0.03 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ $\nu_s=0.45$ $\gamma_s=2.7 \text{ t/m}^3$ セグメント $E_s=2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ $\nu_s=0.15$ $A_s=625 \text{ cm}^2$ $I_s=89,400 \text{ cm}^4$	$D=5.00 \text{ m}$  地山 $E_s=0.03 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ $\nu_s=0.45$ $\gamma_s=2.7 \text{ t/m}^3$ セグメント $E_s=2.1 \times 10^7 \text{ t/m}^2$ $\nu_s=0.15$ $A_s=1,190 \text{ cm}^2$ $I_s=89,400 \text{ cm}^4$

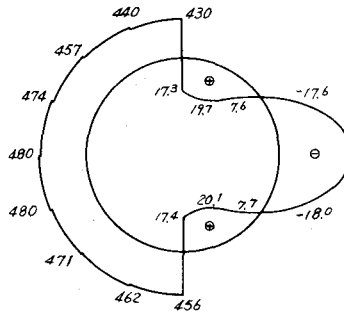
うに上載荷重を与えた。Case 2とCase 3で外力として与えた等価節点力はこの時のトンネル周辺要素の応力から求めたもので、その値は表3に示す。

(2) Case 2 トンネル掘削断面に相当する要素を取除いてその周囲に剛なセグメント部材を挿入し、上載荷重の代りにCase 1で求めた等価節点力を半径方向に与えた。

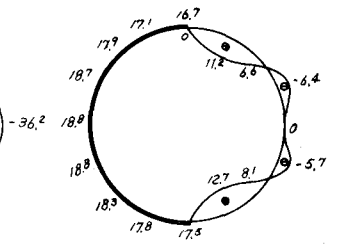
(3) Case 3 Case 2の剛なセグメントの代りに4箇所ヒンジを有する柔なセグメントを用いた。等価節点力はCase 2と同じである。なおこの時のセグメントの軸剛性は、模型実験で得られた荷重変位曲線を参考にして決定した。

表3. 等価節点力

P_{11}	103.6 t
P_{12}	209.1 t
P_{13}	197.3 t
P_{14}	155.8 t
P_{15}	129.1 t
P_{16}	162.0 t
P_{17}	210.7 t
P_{18}	227.0 t
P_{19}	113.1 t



軸力 (t) 曲げモーメント (t-m)
図3. Case 2 断面力図



軸力 (t) 曲げモーメント (t-m)
図4. Case 3 断面力図

Case 2とCase 3のセグメント部材の曲げモーメントと軸力を図3, 4に、また周辺地山の応力分布を図5, 6に示す。

4. 結果と考察

模型実験A-1, A-2からは、ほぼ期待したとおりの荷重変位曲線が得られた。またモデル計算によれば柔なセグメントを用いた場合 (Case 3) の最大曲げモーメント、最大軸力は、剛なセグメントを用いた場合 (Case 2) の各々約1/5および約1/3である。従って、継手部に鋼管を用いた比較的単純な構造の可縮セグメントの有効性が模型実験および応力計算の双方により推定できたといえる。

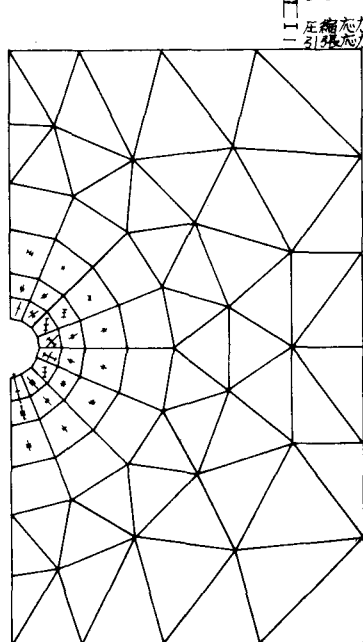


図5. 地山の応力分布 (主応力) (Case 2)

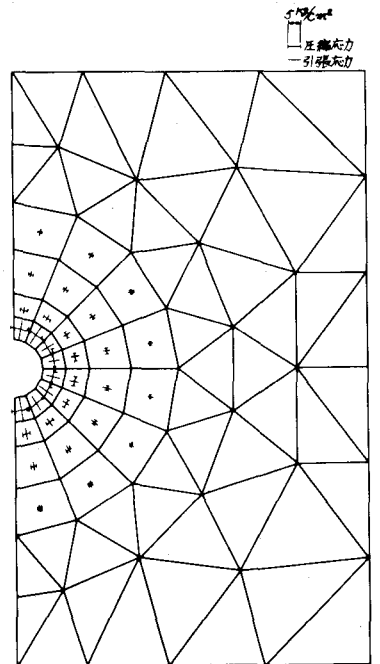


図6. 地山の応力分布 (主応力) (Case 3)