

III-387

薄肉覆工コンクリートの耐荷力について

建設省土木研究所 ○正員 稲 野 茂
若築建設株式会社 上 原 功

1. まえがき

山岳トンネル工法の重要な支保部材の一つである吹付けコンクリートの作用効果には、局所的な地山との付着力やせん断力によって外力に対抗する考え方と、トンネル全体としてのアーチ状構造体としての考え方の2つがある。前者は地山が硬い岩の場合に、後者は地山が比較的軟らかい岩の場合に用いられる考え方である。

本文は、後者の考え方によるアーチ構造体としての吹付けコンクリートの耐荷力に対して、荷重の載荷範囲と地山の堅さが与える影響を調査するために実施した模型実験の結果を報告するものである。

2. 実験概要

図1に実験装置の概要を示す。実験は内径150cm、幅50cm、厚さ5cmの半円形のモルタル供試体を、半径方向に配置した16個の内の任意の油圧ジャッキで中心方向に载荷し破壊することにより行ったものである。なお、载荷しない範囲のジャッキについては、実際の吹付けコンクリートは地山に密着していることにより、その変形が地山により拘束される事を考慮して、所定のバネ反力係数（地盤反力係数）をもって供試体の半径方向の変形を拘束するようにした。実験変数としては、表1に示すとうり载荷範囲（载荷するジャッキ）と地盤反力係数を変化させた。

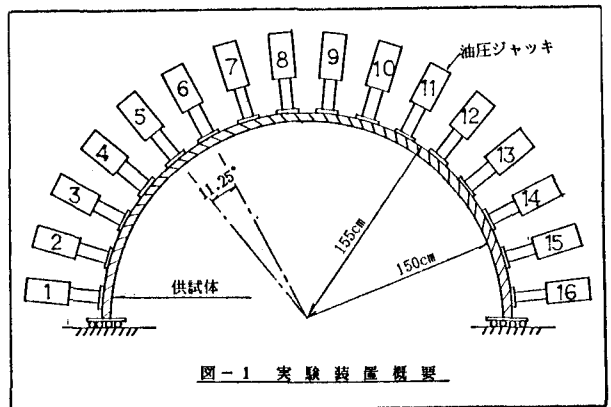


図-1 実験装置概要

3. 実験結果と考察

破壊形態はいずれの実験ケースにおいても、圧縮によるせん断破壊であった。各実験ケースの実験結果を表2に示す。破壊荷重と载荷範囲の関係は、载荷範囲が広がるほど破壊荷重も上昇している。これは供試体がアーチ状構造体であり、広範囲な一樣荷重が加わることにより、部材内に圧縮軸力が生じ、曲げモーメントによる引っ張り応力が抑えられることによると考えられる。実際の破壊に至るまでの状況についても、载荷範囲の狭いケース（1、2、3、4、7、8、）で

表1. 実験ケース

実験ケース	载荷点 (No.)	载荷範囲 (度)	地盤反力係数 (kgf/cm ³)
1	8~9	22.5	15
2	8~9	22.5	60
3	6~11	67.5	15
4	7~10	45.0	15
5	6~11	67.5	60
6	5~12	90.0	15
7	4~5	22.5	15
8	7~10	45.0	15
9	6~11	67.5	15
10	4~13	112.5	15

は初期の荷重段階で曲げによるクラックが載荷部の内側に、トンネルとしての軸方向に発生しており、破壊時にはこのクラック部分での圧縮破壊となっている。一方、載荷範囲の広いケース（5、6、9、10）では、荷重の途中段階では、ヘアークラックが円周方向に見られたものの、軸方向のクラックはなく、破壊面は軸方向に対し45度の角度での圧縮によるせん断破壊であった。またケース7は偏荷重を加えたものであるが、ケース1と比較した場合、36%ほど破壊荷重が低下している。これは偏圧により供試体に大きな曲げモーメントが生じたためである。

地盤反力係数と破壊荷重の関係では、反力係数が大きい場合（比較的硬い地山を想定した場合）と小さい場合では、前者の方が10～20%ほど破壊荷重が大きい。これは主として、曲げによる変形を拘束する方向に受動反力（地盤反力）が生じることにより、結果的に前述の載荷範囲が広いケースと同様に、曲げモーメントを減少させることによると考えられる。

4. 解析と今後の課題

図2に破壊荷重について実験結果と計算モデルによる解析結果の比較を示す。載荷範囲が2点の場合には、解析結果は実験結果よりも破壊荷重を高く算出している。これは2点載荷の場合には、曲げによるクラックが大きく進行することにより供試体の有効断面積が減少することを解析では考慮していないことによると考えられる。載荷範囲が6点以上の場合には解析結果は実験結果よりも破壊荷重を低く算出している。これは解析では供試体の応力が、別途に実施したモールド圧縮試験に基づく一軸圧縮強度（240kgf/cm²）に達した時点で破壊に至ると判断しているが、実際の供試体は一軸圧縮強度よりも高い応力状態でも破壊に至っていないことによるものである。表2に歪ゲージより算出した各実験ケースの供試体の最大圧縮応力を示してある。この原因としては、供試体は背面から拘束圧を受けていることにより、疑似的な3軸応力状態となり、これにより圧縮破壊強度が一軸圧縮強度よりも大きくなったことによると考えられる。実際の吹付けコンクリートの場合においても、地山と密着している場合には、背面の地山の拘束により強度は増大するものと考えられる。

アーチ状構造物としての吹付けコンクリートは、それ自体では薄肉の無筋構造物であり、非常に小さな耐力しか持たないが、地山と密着することにより、地山と一体化した非常に大きな耐力を持つ構造物となる。また、今回の実験および計算モデルでは吹付けコンクリートと地山とのせん断方向の付着力は考慮してなく、これを考慮することによりさらに耐力は向上するものと考えられる。今後は、定量的な判断を下すために、実験の方法自体及びモデル計算の方法を改良するとともに、実際の現場との整合性を詰めていく必要がある。

表2. 実験結果

実験ケース	ひび割れ発生荷重 (トン/シヤッキ)	破壊荷重 (トン/シヤッキ)	最大圧縮応力 kgf/cm ²
1	1.0	5.9	393
2	1.0	6.6	440
3	3.0	7.9	527
4	1.5	5.8	387
5	—	9.1	607
6	—	8.2	547
7	0.8	3.8	253
8	1.2	6.1	407
9	—	7.3	487
10	—	8.2	547

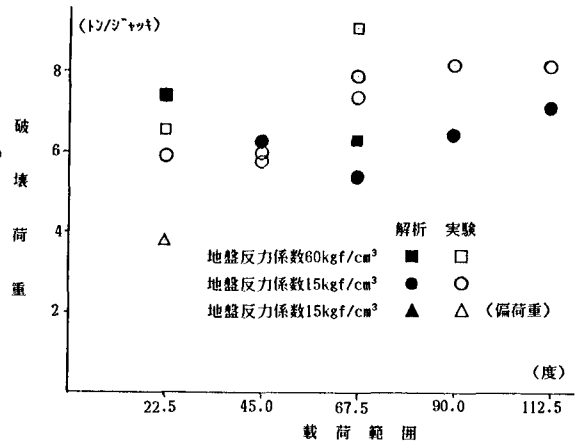


図2. 耐力の解析結果と実験結果の比較