

圧力変動を受けるトンネル覆工の疲労試験に関する一考察

J R 東海 正会員 山崎幹男、 永長隆昭
嶋武正郎、○ 峰 之久

J R 東海コンサルタンツ(株) 正会員 斎藤正樹
清水建設(株) 正会員 木村克彦、吉田 順

1. はじめに

トンネル覆工コンクリートには、高速列車の走行に伴う圧力変動による繰り返し荷重が作用する。特に、大きい内圧が生じる場合 1) には、引張および圧縮の交番荷重が作用するため、通常の疲労試験で対象となる圧縮あるいは引張のみの荷重より疲労に対して大きな影響を受けることが予想される 2) 。本報告では、このような引張り、圧縮の繰り返し荷重が作用するトンネル覆工コンクリートの疲労特性に関する検討分析結果に考察を加えたものである。

2. 覆工のモデル化および試験方法

本実験では、トンネル覆工のクラウン部を対象にして試験を行った。クラウン部には、曲げモーメント及び軸力が繰り返し作用し、その結果覆工コンクリートには圧縮および引張応力が発生する。この状態は図 - 1 に示すように、偏心距離に対応して異なる軸力を作用させることによって荷重の作用状態を再現でき、これらの状況を模式化して図 - 2 に示す。本実験では、左右のアクチュエータを同期させて制御することにより、引張・圧縮の繰り返し応力とともに所定の曲げ応力を載荷した。疲労試験の載荷は荷重制御で行い、載荷速度は 5Hz とした。

3. 試験体および測定・載荷方法

試験体の寸法は、全高 1,500mm、幅 500mm で、試験体中央部の幅は覆工厚と同じ 300mm、奥行き方向の厚さは 200mm とした。試験体の上下部の載荷用はりとの接合部は鉄筋で補強（幅 500mm の部分のみ）し、中央部は覆工と同じく無筋とした。コンクリートは、型わくを水平においた状態で打ち込み、試験材齢まで封緘養生した。使用したコンクリートは、18-15-20N で、その強度特性を表 - 1 に示す。載荷は、強度伸びの影響を受けにくくするため、材齢約 50～90 日で行った。荷重の載荷においては、所定の荷重を図心に作用させた。

載荷時の測定は、ひずみゲージ、ひずみゲージ式変位計で行った。

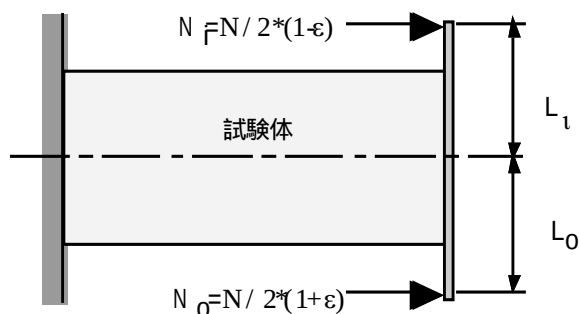


図 - 1 モデル化の概念図

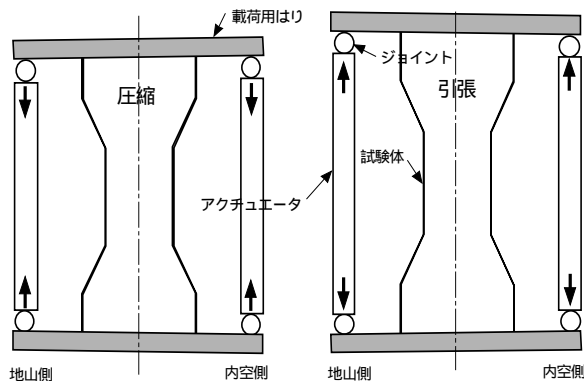


図 - 2 疲労試験機の概念図

表 - 1 供試体の力学的特性

項 目	単位	水中	封緘
圧縮強度	N/mm ²	22.3 ~ 28.1	21.4 ~ 26.2
引張強度	N/mm ²	1.96 ~ 2.50	1.85 ~ 2.43
曲げ強度	N/mm ²	4.26 ~ 5.05	3.53 ~ 4.25

キーワード：疲労試験、S - N特性、トンネル、覆工コンクリート

連絡先：東京都中央区八重洲 1-6-6、TEL03-3274-9545 FAX03-3274-9550

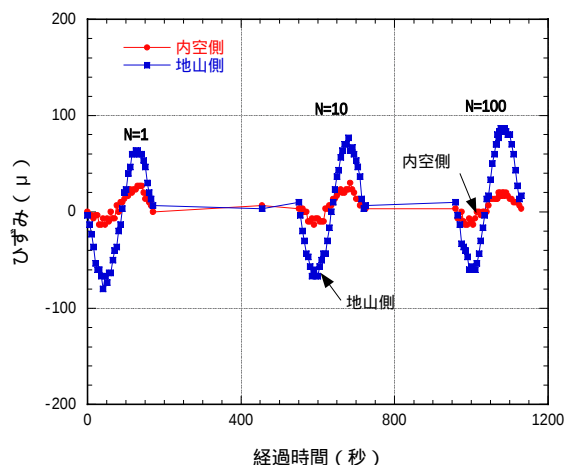


図 - 3 ひずみゲージの経時変化

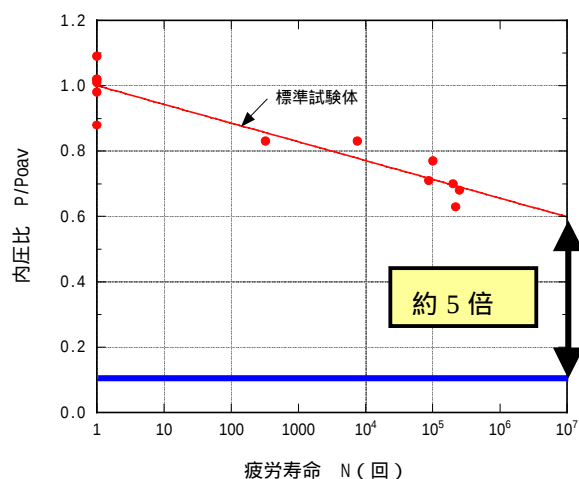


図 - 4 S - N 特性

4. 試験結果および考察

まず、基準となる静的強度を求めるために静的載荷試験を実施した。ひずみゲージおよび π ゲージの測定値は、ほぼ弾性的な挙動を示し破断に至った。標準試験体の静的破壊強度(換算内圧)は、平均で約 98kN/m² である。

疲労試験は、静的強度を基準として強度の 65 ~ 90% 程度の荷重を想定して載荷した。標準試験体で内圧比 0.83 の場合の載荷時に π ゲージで測定した内空側、および地山側ひずみの時刻歴変化 (N=1, 10, 100 回) を図 - 3 に示す。この図からもわかるように地山側のひずみは、繰り返し回数の増加に伴い大きくなっており 325 回で破断した。

疲労試験結果を内圧比で整理した S-N 特性を図

- 4 に示す。回帰の精度は、寄与率で約 85% と高い。これらの関係が外挿できるとすれば、標準試験体では 1000 万回における内圧比は 0.60 で、この値は圧力変動の最大値が内圧比で約 10 数% であることからその約 5 倍である。

また、ひび割れが疲労特性に与える影響を調べるため、人工的に模擬ひび割れを作成した供試体についても疲労試験を行った。標準およびひび割れ深さが 30%、50% の試験体の S-N 特性を図 - 5 に示す。ここで得られた回帰直線はひび割れの深さによってほとんど差がなく、ひび割れ深さが 50% 以下の範囲では S-N 特性はその影響をあまり受けない。しかし、50% のものは幾分同じ繰り返し回数に対する内圧比が大きい傾向がある。これは、載荷の関係でひび割れがある場合には偏心モーメントが大きくなり、発生応力に占めるモーメントの影響が大きくなったことと考えられる。

5. まとめ

トンネル覆工をモデル化したコンクリートの疲労試験を実施し、次のことが明らかになった。

(1) 健全な覆工では、圧力変動による疲労に対して十分耐力があることを確認した。

(2) ひび割れ深さ(30 ~ 50%) の範囲では S-N 特性に大きな変化はみられない。

参考文献：1) 渡瀬他：第 55 回土木学会年次学術講演会概要集，III-B088, 2000，2) H.A.W. Cornelissen et. : Uniaxial tensile fatigue failure of concrete under constant-amplitude and programme loading, Magazine of Concrete Research, Vol.36, No.129, pp.216-226, 1984, 12