

せん断補強鉄筋のフックが覆工の変形性能に及ぼす影響

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 海瀬 忍 関 茂和
 パシフィックコンサルタンツ (株) 正会員 ○山本 一敏 橋本知尚

1. はじめに

都市部山岳工法によるトンネルの覆工で鉄筋コンクリート構造が適用されているものは、一般的に道路橋梁のせん断補強鉄筋の構造細目（フック形状等）を参考としている。せん断補強鉄筋は覆工の耐震性能を確保するために不可欠なものであるが、覆工コンクリートの打設は打上げ方式という特殊な施工のため、構造細目が施工性に影響し、品質の確保が困難になることが予想される。しかし、トンネル覆工は、地上の鉄筋コンクリート部材と比較して被りコンクリートが相対的に厚く、限定された変形であれば構造細目を緩和することが可能と考えられる。本稿では、せん断補強鉄筋のフックに着目して実施した载荷実験の結果を報告する。

2. 実験概要

図-1 のような都市部山岳工法によるトンネルの覆工の一部を取り出し、供試体を作成した。図-2 に载荷実験に用いた供試体と载荷方法を示す。覆工厚は実物と同じ 400mm、供試体の幅は厚さの 2 倍とした。主鉄筋芯からの被り 100mm、せん断補強鉄筋は D13 で主鉄筋方向のピッチは 150mm である。また、平均軸圧縮力が 1N/mm^2 となるように軸力を与えた。供試体のせん断耐力は曲げ耐力をやや上回るものとなっている。

覆工のせん断耐力と変形性能に着目した実験であることから、単純梁の 2 点载荷とし、端部の支点と载荷点間でせん断耐力と変形性能を評価した。中間部が降伏すると端部の変形性能を評価することが困難となるため、剛性を高め降伏しないようにした。せん断スパン比は 3 である。

実験ケースは、道路橋示方書・コンクリート橋編に準拠したフックのせん断補強鉄筋を基本ケース（ケース 1）

とし、フック長を 1/2 にしたケース 2、直角フックをヘッドバーに置き換えたケース 3、ケース 1 に繊維補強（ポリプロピレン系繊維 0.3%）したケース 4 の合計 4 ケースである。载荷方法は、覆工の地震時の変形性能を評価するために、変位制御の交番载荷実験とした。なお、アーチ部の剥離・剥落を再現するため供試体を横置きとした。载荷パターンは主鉄筋が降伏する変位 (δ_y) までは徐々に载荷し、 δ_y 以降は δ_y の整数倍の変位毎に 3 サイクルを変位制御で载荷した。

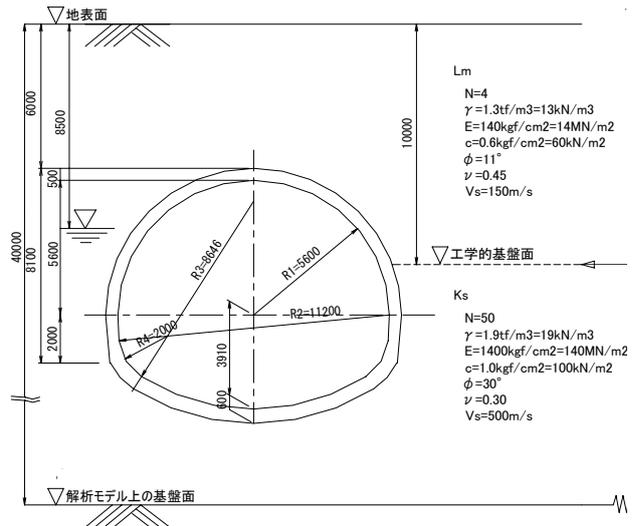


図-1 都市部山岳工法によるトンネルの例

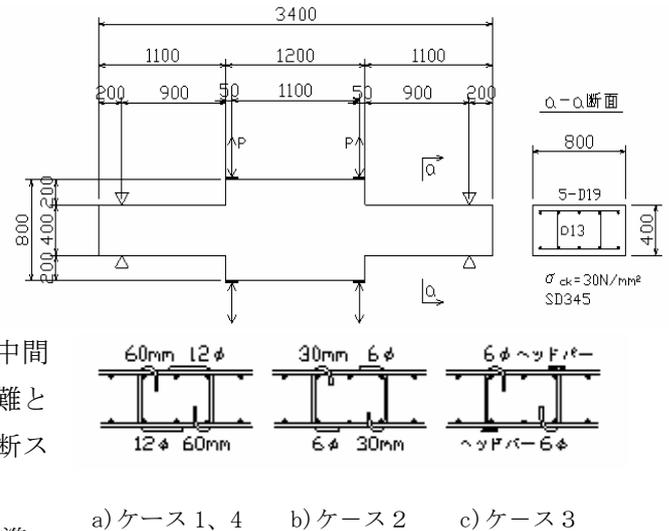


図-2 供試体および载荷方法

キーワード：覆工、せん断補強鉄筋、フック、変形性能

連絡先：TEL 03(3344)0550 FAX 03(3344)1365

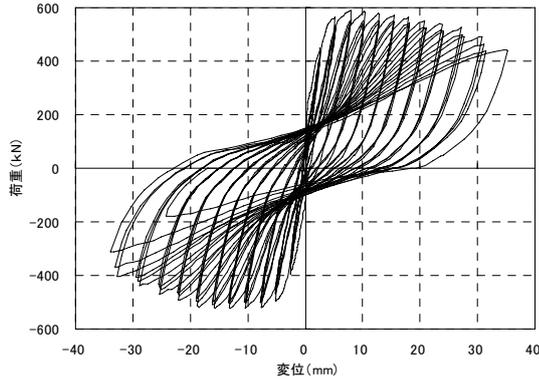


図-3 荷重-変位関係 (ケース 2)

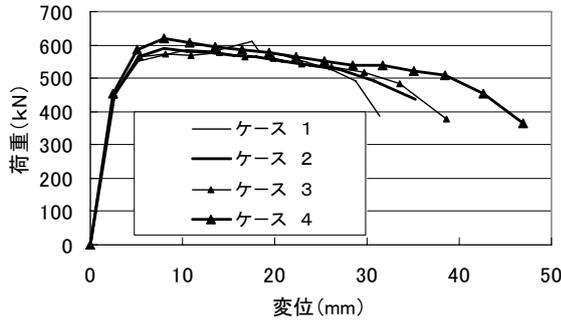


図-4 骨格曲線の比較

表-1 実験結果の総括表

項目	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
せん断補強鉄筋、繊維補強	直角 (12φ) + 半円形フック (60mm)	フック長 ケース 1 の 1/2	ヘッドバー + 半円形フック (60mm)	ケース 1 と同じ、ポリプロピレン系繊維 0.3%
降伏荷重	450.4 kN	456.7 kN	457.5 kN	452.5 kN
降伏変位	2.615 mm	2.537 mm	2.743 mm	2.475 mm
最大荷重	610.7 kN	588.5 kN	576.7 kN	620.4 kN
終局変位	29.5 mm	34.5 mm	35.0 mm	42.5 mm

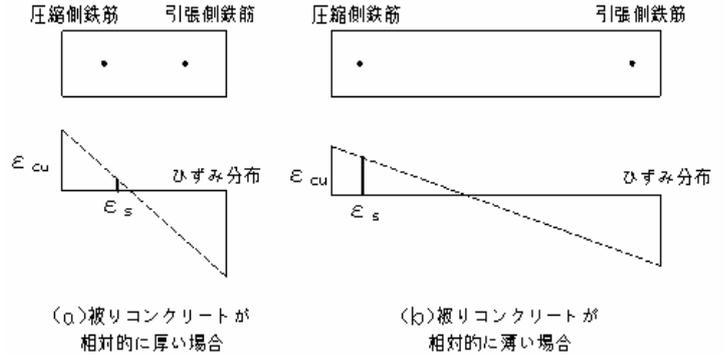


図-5 圧縮側鉄筋のひずみの概念図

3. 実験結果

図-3、4 にケース 2 の荷重-変位関係および各ケースの骨格曲線の比較、表-1 に実験結果の総括表を示す。これらより、次のことが言える。

- ① 全てのケースで、降伏変位と降伏荷重はほぼ同じであった。
- ② 全てのケースで曲げ破壊型の損傷が先行し、設計で想定したせん断耐力が確認できた。
- ③ ケース 1~3 は、最大荷重、終局変位はほぼ同じであり、せん断補強鉄筋のフック形状が荷重-変位関係や部材の損傷に与える影響は小さいことが確認できた。また、被りコンクリートの顕著な剥落が $8\delta_y$ (約 21mm) 付近で見られた点もほぼ同じであった。
- ④ ファイバーコンクリートを用いたケース 4 では、終局変位が大きくなりじん性の向上が見られた。また、最終段階まで顕著な剥離・剥落は見られなかった。
- ⑤ ケース 1~3 の荷重-変位関係があまり変わらない理由として、図-5 に示すように覆工のかぶりコンクリートが部材厚に対して相対的に厚く、圧縮側の主鉄筋のひずみが小さいことが挙げられる。実験においても、主鉄筋の圧縮ひずみは僅かであった。このため、圧縮側の主鉄筋付近のコンクリートの損傷が小さく、せん断補強鉄筋のフック形状の影響が小さいと考えられる。

4. まとめ

今回対象とした覆工では、最大荷重、終局変位、剥離・剥落の状況ともほぼ同じであり、せん断補強鉄筋のフック形状が荷重-変位関係や部材の損傷に与える影響は小さいことが確認できた。今後、検討を継続し、この適用範囲を把握するとともに、段取り筋や幅止め筋のせん断補強鉄筋への活用について検討する予定である。

本検討にあたり、実験に関して JFE テクノリサーチ (株) に協力いただいた。記して感謝致します。