

トンネル覆工材料が耐力に及ぼす影響について

(独)土木研究所 基礎道路技術研究グループ(トンネル) 正会員

真下英人¹⁾， 砂金伸治¹⁾
同 〇木谷 努¹⁾， 遠藤拓雄¹⁾

1. はじめに

近年，鋼繊維補強コンクリート（以下，SFRC とする），高強度コンクリートを始めとして，様々な材料がトンネル覆工に用いられている．この時，このような多岐にわたる材料の特性を明確にしておくことが，今後の覆工の合理的設計に重要であると考えられる．本報告では，覆工コンクリートのひび割れ進展という非線形挙動を考慮できる解析手法を用いて，現在一般に用いられるプレーン（無筋）コンクリート覆工の耐力に対する SF，高強度化による補強効果について検討を加える．

2. 検討の概要

2.1 はじめに

本検討では，覆工コンクリートのひび割れ進展という非線形挙動を考慮できる解析手法（解析コード：ATENA）を用いる．この解析手法は，筆者らが行った実大規模の覆工載荷実験の結果を十分再現可能であることがすでに確認されている¹⁾．

今回試算するトンネルは，図-1 に示すような内空幅 11.4m の暫定 2 車線道路トンネル相当規模である．解析では，厚さ 30cm の覆工を対象とし，支保工は考慮しない．

表-1 には，本検討で試算する覆工材料の入力値を示す．ここでは，プレーンコンクリートと SFRC の引張特性の差異を破壊エネルギーの差で表している．本検討では設計基準強度 $\sigma_{ck}=18\text{N/mm}^2$ のプレーン（無筋）コンクリートを基本として，SFRC および高強度コンクリート（ $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ ）について比較検討する．

2.2 パラメータスタディの概要

パラメータスタディとして，①荷重形態による影響， ②地盤ばね設置範囲の影響， ③周辺地盤条件による影響 について試算を行う．「①荷重形態による影響」では，図-3(a)のように天端のみに集中荷重が作用する場合と，同(b)のように側圧係数 $K=1.0$ ， 0.0 の分布荷重が作用する場合について試算する（地山条件を B 級地山相当とする）．「②の地盤ばね設置範囲の影響」では，図-3(c) のように天端集中荷重が作用する状態で，B 級地山相当の地盤ばねの設置範囲 θ をトンネル全周($\theta=90^\circ$)， $\theta=60^\circ$ ， 45° と変化させる．「③の周辺地盤条件による影響」では，図-3(d)のように天端集中荷重が作用する状態で，地盤ばねを B 級地山相当(地山変形係数 $D=5000\text{MPa}$)，C II 級地山相当(同 $D=1000\text{MPa}$)，都市部地山相当(同 $D=10\text{MPa}$)と変化させる．

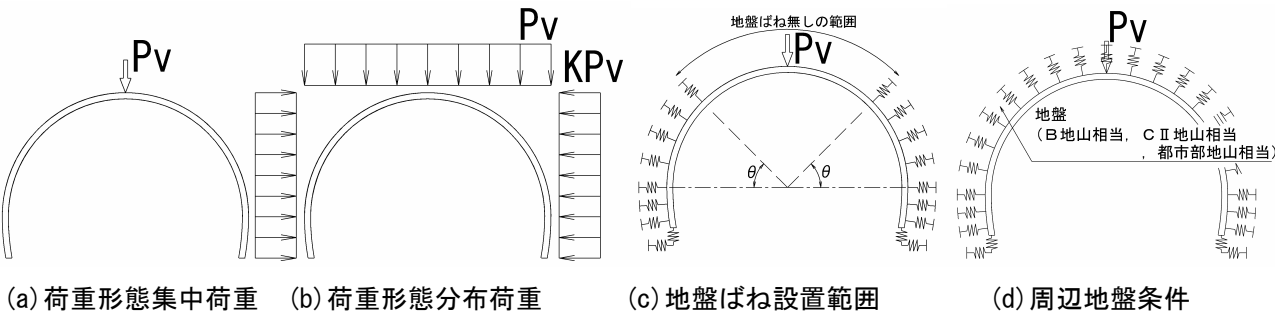


図-2 パラメータスタディの概要図

覆工，鋼繊維補強コンクリート（SFRC），高強度コンクリート，ひび割れ進展解析

¹⁾つくば市南原 1-6 TEL 029-879-6791 FAX 029-879-6796

3. 解析結果と考察

結果の評価は、天端変位-荷重の関係における最大荷重（構造耐力）、さらには断面耐力（プレーンは断面高さの50%、SFRCは同70%という限界ひび割れ深さに達した荷重）で評価する。

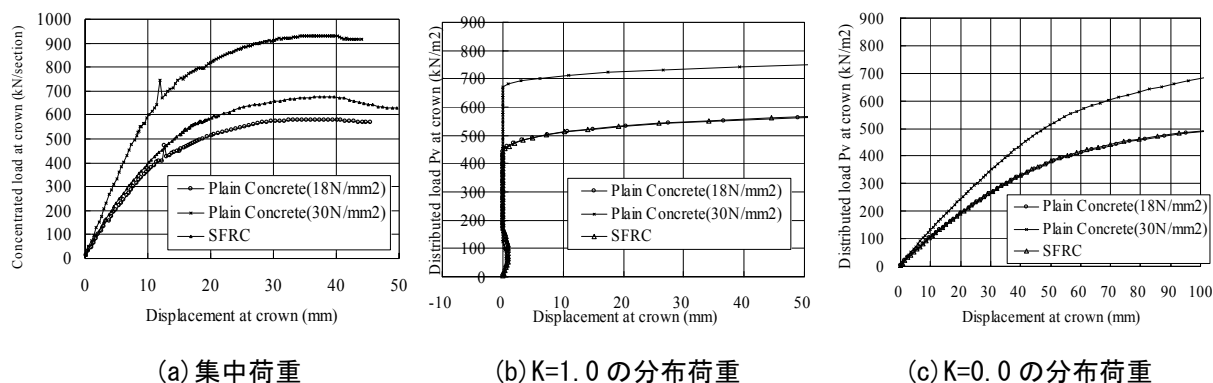


図-3 荷重形態の差異による天端荷重-天端変位曲線

図-3 に荷重形態によるパラメータスタディの結果を示す。これによると、荷重形態により異なった補強効果が認められることが分かる。

SF、高強度化の補強効果としてプレーンを1.0とし各荷重で比をとったものを図-4に示す。これによると断面耐力に対するSFの効果は荷重形態により大きく異なっている。一方、構造耐力に対するSFの効果は集中荷重で顕著に見られるものの、分布荷重ではあまり明確ではないことが分かる。さらに、断面耐力に対するSFの効果は、構造耐力に対するものより、どの荷重形態に対しても顕著に認められることが分かる。また、高強度化の効果はどの荷重形態に対してもある程度認められる。

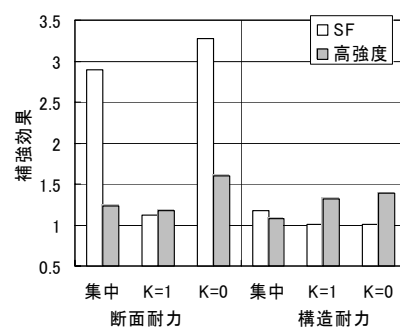


図-4 荷重形態の差異と補強効果

図-5 に地盤ばね設置範囲における補強効果の変化を示す。なお、各地盤ばね設置範囲の時の基準となるプレーンの構造耐力の変動を90°を1.0とし折れ線（右縦軸）に示す。これによると、SFの断面耐力に対する効果は、ばね設置範囲に関わらず大きい。また、構造耐力に対するSFの効果は、地盤ばね設置範囲が小さくなると顕著になっていることが分かる。これはばね拘束が小さくなると覆工が曲げ卓越になっていることによると考えられる。一方、高強度化の効果は、SFに比べ、地盤ばね設置範囲による差は顕著ではない。

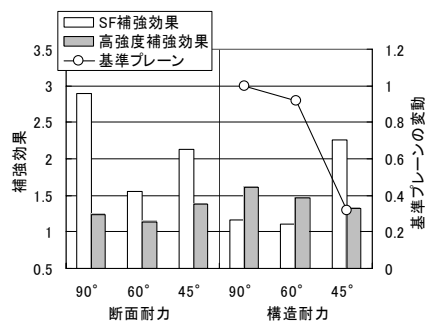


図-5 地盤ばね設置範囲と補強効果

図-6 に地盤条件が異なった場合の補強効果を図-5と同様に示す。これによると地盤条件が悪くなると構造耐力が減少するとともに、特にSFの補強効果が若干増加していることが分かる。一方、断面耐力に対するSFの効果は、構造耐力に対するものに比べ大きい、地盤条件に対する変動は構造耐力と逆の傾向となっている。

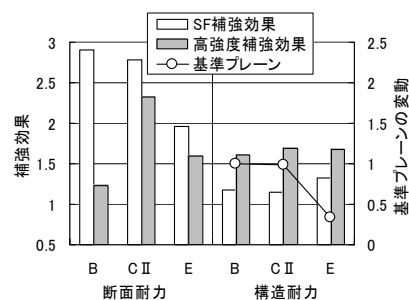


図-6 地盤条件と補強効果

4. まとめ

本検討では各条件とSFRC、高強度コンクリートの補強効果について考察した。それによると、SFの効果は、構造耐力より断面耐力に対して顕著であった。また、分布荷重より集中的な荷重が作用する場合、地盤の拘束が不十分な場合、地盤が軟弱な場合にSFの効果が増大することが分かった。

参考文献：

- 1) 砂金他：トンネル覆工の耐荷力の評価に関する研究, トンネル工学研究発表論文・報告集, 第12巻, 2002.11