

Ⅲ－B22 材料強度が矩形トンネルの断面構成に与える影響

首都高速道路公団	正会員	○多田 浩治
首都高速道路公団	正会員	並川 賢治
大日本コンサルタント(株)	正会員	中岡 和伸
大日本コンサルタント(株)	正会員	三浦 聡

1. はじめに

近年、道路建設は、周辺地域の大气汚染や騒音問題を解決するためにトンネル化される傾向が強まっている。その一方で、トンネルによる道路建設は高架構造に比べて建設費が割高になるためコスト削減の要望が強く、各方面でその取組が行われている。本論文は、道路トンネルのうち矩形トンネルの材料強度と部材断面の關係に着目して、コスト削減の可能性について検討を行ったものである。

一般的に、矩形トンネルの頂版・底版部材は、鉄筋の引張応力度あるいはせん断応力度で部材断面が決まり、側壁・中壁部材はそれに加えてコンクリートの圧縮応力度で決まることが多い。本検討ではコンクリート強度に着目し、その違いが各部材断面やせん断補強鉄筋量にどのような影響を与え、それがコストにどのような関連するかについて試算を行った。

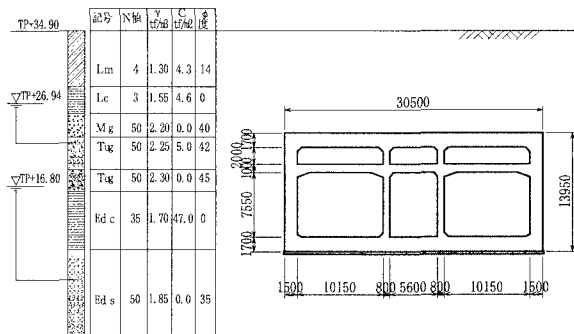
2. 検討条件

試算に使用した標準断面及び土質条件を図－1に示す。対象としたトンネル断面は往復4車線で中央部に管理用通路、上層にダクトスペースを有する3連2層構造の標準的な道路トンネル断面である。

検討はコンクリートの設計基準強度3種類について行った。表－1に示すとおり、部材厚さ一定のもとでコンクリート強度を変化させた場合（CASE-1, 2, 3）と部材厚さを変化させた場合（CASE-4）の4ケースとした。

また、許容せん断応力度や斜引張鉄筋量の算定方法の考え方が基準によって相違が見られることから、部材厚さ一定のもとで必要斜引張鉄筋量に関する試算を行った（表－2）。

このような試算に対する結果はトンネル深度の影響が大きいと考えられることから土被りを12.0mと5.0mの2とおりについて行った。



図－1 検討断面

表－1（部材断面検討ケース）

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4
土被り (m)	12.0	12.0	12.0	12.0
(2 ケース)	5.0	5.0	5.0	5.0
σ_{ck} (kgf/cm ²)	240	270	300	300
σ_{ca} (kgf/cm ²)	80	90	100	100
部材タイプ	TYPE-①	TYPE-①	TYPE-①	TYPE-②

※部材タイプ：TYPE-①は部材厚さ一定のもと鉄筋量を変化させたタイプ。ただし、その部材厚は CASE-1 ($\sigma_{ck}=240\text{kgf/cm}^2$) にて決定。
TYPE-②は、 $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ に対して部材厚を決定。

表－2（斜引張鉄筋量検討ケース）

	CASE-1	CASE-2	CASE-3	コンクリートの負担するせん断力
σ_{ck} (kgf/cm ²)	240	270	300	
基準① τ_a	3.9	4.15	4.4	$1/2 \cdot \tau_a \cdot l \cdot b \cdot d$
基準② τ_a	4.5	4.75	5.0	$1/2 \cdot \tau_a \cdot l \cdot b \cdot d$
基準③ τ_a	2.3	2.4	2.5	$\tau_a \cdot l \cdot b \cdot d$

※基準①：トンネル標準示方書開削工法編 (H8)

基準②：コンクリート標準示方書設計編 (H8)

基準③：道路橋示方書下部構造編 (H8)

キーワード 矩形トンネル、コンクリート材料強度、断面構成、許容応力度、コスト削減、

連絡先：〒151-0053 東京都渋谷区代々木2-1-1 首都高速道路公団 Tel:03-5352-8631 FAX:03-5352-8644

〒170-0003 東京都豊島区駒込3-23-1 大日本コンサルタント(株) Tel:03-5394-7615 FAX:03-5394-7605

3. 結果及び考察

コンクリート強度の違いによる部材断面の検討結果を表-3、表-4に示す。図-2、図-3にはCASE-1に対する各ケースの数量比率を示した。

コンクリート強度を高くしても底版・頂版の部材断面はほとんど影響を受けないが、側壁・中壁部材については、土被りが深い場合には圧縮鉄筋量を相当量減少でき部材厚さも薄くできることが判った。土被り 12.0m の場合、CASE-1 と CASE-3 を比べると（部材厚一定のもとで $\sigma_{ck}=240$ と 300kgf/cm^2 ）鉄筋量が 20%程度減少しており、CASE-1 と CASE-4 では（ $\sigma_{ck}=240$ と 300kgf/cm^2 でそれぞれ適切な部材厚にした場合）コンクリート量が 5%、鉄筋量が 15%程度減少している。土被りが 5.0m の場合は、12.0m の場合の減少率に比べて約 5 割程度の減少率となっている。このような側壁・中壁部材への影響は、土被りが大きくなるほど軸力が卓越し部材断面が圧縮応力度で決まる傾向が強くなるためである。

コンクリート強度と斜引張鉄筋量の関係に関する検討結果を図-4、図-5に示す。今回の試算では軸力等による許容応力度の割増しを考慮していないため、コンクリート強度と必要斜引張鉄筋量は比例関係になった。なお、基準による有意な差は見られなかった。

4. まとめ

トンネル深度が大きくなる程、コンクリート強度を高くすることで、側壁・中壁の部材断面を縮小できコスト削減の可能性のあることがある程度把握できた。コンクリート強度を高くすることによる材料単価との関係を整理していく必要はあるが、例えば、部材ごとにコンクリート強度を使い分けるなどの手法も考えられる。

今後、以下のようなデータを蓄積し、コスト削減に対して最も効果的な方法を検討していきたいと考える。

- ①斜引張鉄筋量に関して許容応力度の割増しを考慮した試算。
- ②トンネル深度のパラメータだけでなく、断面形状の相違や断面規模をパラメーターとした試算。
- ③基準の背景と適用法の整理。

表-3（土被り 12.0m）

土被り 12.0m	CASE-1		CASE-2		CASE-3		CASE-4	
	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮
底版	1.7m	D29	1.7m	D29	1.7m	D29	1.7m	D29
頂版	1.7m	D32	1.7m	D32	1.7m	D32	1.7m	D32
側壁	1.6m	D32 D29	1.6m	D22 D25	1.6m	D19 D22	1.5m	D25 D25
中床版	1.0m	D22	1.0m	D22	1.0m	D22	1.0m	D19
中壁	0.8m	D32 D32	0.8m	D25 D25	0.8m	D22 D22	0.6m	D25 D25

表-4（土被り 5.0m）

土被り 5.0m	CASE-1		CASE-2		CASE-3		CASE-4	
	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮	厚さ	引張 圧縮
底版	1.3m	D32	1.3m	D32	1.3m	D32	1.3m	D32
頂版	1.3m	D32	1.3m	D32	1.3m	D32	1.2m	D32
側壁	1.3m	D32 D22	1.3m	D32 D19	1.3m	D32 D19	1.3m	D32 D19
中床版	1.0m	D22	1.0m	D22	1.0m	D22	1.0m	D22
中壁	0.8m	D25 D25	0.8m	D22 D22	0.8m	D19 D19	0.6m	D22 D22

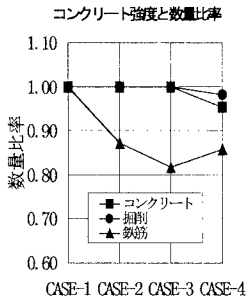


図-2（土被り 12.0m）

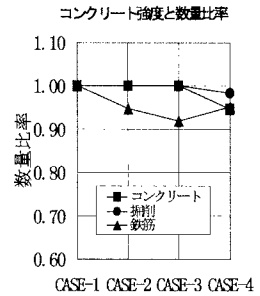


図-3（土被り 5.0m）

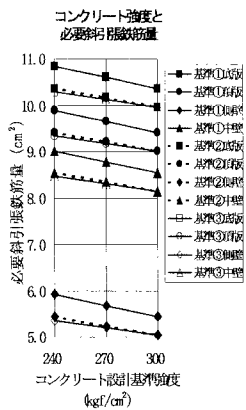


図-4（土被り 12.0m）

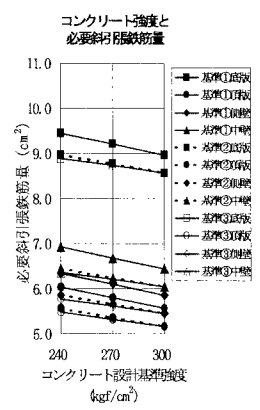


図-5（土被り 5.0m）