

# 小規模線路下横断構造物の設計標準化に関する一考察

東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正 会 員 ○小 澤 裕  
 東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正 会 員 高橋 紗希子  
 東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 正 会 員 田 附 伸一  
 東日本旅客鉄道（株） 東北工事事務所 フェロー会員 岩 田 道敏

## 1. はじめに

小規模線路下横断構造物は歩道や用排水路等として、数多く計画施工されている。これらは各工事において毎回個別に設計を実施している。

本研究では、設計標準化を行うことで設計を簡略化し、工期短縮、コストダウンを図ることを目指している。設計標準化とは、ある基準となる条件で設計した場合の構造物の断面寸法や鉄筋量を予め決定しておき、実際の設計段階では、構造物寸法や現場環境等の条件を安全側に包括することで設計を簡略化するものである。

本論文では、上記の設計標準化に向けて基準条件の設定方法を探ると共に、各基準条件での断面諸元の決定を行った内容を報告する。

## 2. 検討概要

内空断面が正方形の線路下横断構造物の内空幅、土かぶり厚さ、周辺地盤の N 値を表 1 のように変化させた場合の断面力を構造解析によって算出した後、断面照査を通じて、断面諸元の決定根拠の考察を行った。なお、構造解析は平面骨組み計算システム、断面の性能照査は断面照査プログラムにより行った。本研究では、「鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）」<sup>1)</sup>、「鉄道構造物等設計標準（コンクリート構造物）のマニュアル」<sup>2)</sup>に基づいて解析している。周辺地盤の影響等は鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物）<sup>3)</sup>に基づき設定した。

また、施工性等を考慮して、本研究で設定した構造物に関する条件を表 2 に示す。部材厚は軸方向鉄筋のかぶりを確保すると共に、当社における現場打ち構造物の過去の施工実績から 0.3m を基準とした。ただし、軸方向鉄筋のピッチや径の条件範囲内で性能照査を満足できない場合には部材厚を 0.5m 大きくして分析を行った。

また、変動荷重としての鉛直土圧算出に必要な列車荷重は EA-17 を用い、永久荷重としての水平土圧は、砂質土として土圧と水圧を分離して定めている。

図 1 に内空幅 2.0m、土かぶり 2.0m の場合の骨組みイメージ図を示す。コンクリート部材の軸線で部材を直線モデル化し、剛域部を考慮して節点を定め、部材剛性を変化させた。次に断面照査における照査項目を表 3 に示す。曲げに関しては、側壁前面（側壁の場合、上下床版前面）、ハンチ始点（本研究では、上床版のみにコンクリート厚と同じ長さのハンチを設定）、スパン中央において照査を行い、せん断に関しては、支承前面から部材高さの 1/2 の位置で行っている。

地震時の設計に関しては、「鉄道構造物等設計標準（耐震設計）のマニュアル」<sup>4)</sup>に則り、地下構造物の層間

変形角が制限値(1/100)以内であれば、静的非線形解析によらず、安全性の照査をもって所要の耐震性能を満足するものとした。

表 1 設定パラメータ

パラメータ	値
N 値	1,3,10
内空幅	1.0m,2.0m,3.0m
土かぶり厚さ	1.0m,2.0m,3.0m

表 2 設定条件

設定対象	項目	設定条件
コンクリート	厚さ	0.3m
軸方向鉄筋	径	D25 以下
	ピッチ	250mm
地下水位	高水位面	地表面
	低水位面	下床版下面

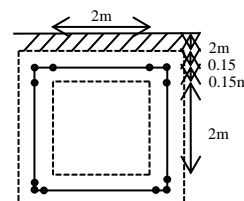


図 1 骨組みイメージ図

表 3 断面照査における照査項目

要求性能	照査項目
安全性	破壊・疲労破壊・安定性（浮上り）
使用性	外観（ひび割れ）
耐久性	ひび割れ

## 3. 解析結果及び考察

解析結果を以下に記す。断面力の比較は、安全性（破壊）とし、比較箇所は上床版としているが、側壁や下床版でも上床版と大きな差がないことを確認している。

構造解析結果の例として、図 2,3 に曲げモーメント図及びせん断力図を示す。曲げモーメント図は上床版スパン中央の値が最大の場合を、せん断力図は上床版の h/2 点が最大となる場合をそれぞれ示している。

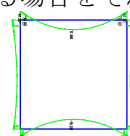


図 2 曲げモーメント図

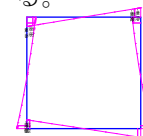


図 3 せん断力図

### 3.1. 地盤条件による断面力の比較

構造物の周辺地盤の N 値を変化させた時の断面力（上床版）の比較を表 4 に示す。ここでは、内空幅、土かぶり厚さがいずれも 3.0m の場合の比較を示す。結果より、N 値によって大きな差は生じないことがわかる。これよ

り設計標準化を行う際は、スパン中央における設計曲げモーメントが最大となる N 値が 1 の場合での考察で十分であると考える。

表 4 N 値による断面力の比較(上床版)

照査項目	曲げ[kN・m]			せん断[kN]
	側壁前面	ハンチ始点	スパン中央	
照査位置				h/2 点
N 値 1	89.8	62.1	77.1	145.3
N 値 3	90.3	62.5	76.6	145.3
N 値 10	91.3	63.5	75.3	145.3

### 3.2. 内空幅による断面力の比較

次に内空幅による比較を表 5 に示す。ここでは N 値 1、土かぶり 3.0m の時の比較を示す。内空幅が断面力に及ぼす影響は大きく、内空幅が大きくなるほど断面力が大きくなるのがわかる。

表 5 内空幅による断面力の比較(上床版)

照査項目	曲げ[kN・m]			せん断[kN]
	側壁前面	ハンチ始点	スパン中央	
照査位置				h/2 点
内空幅 1.0m	9.2	5.6	12.9	42.1
内空幅 2.0m	38.5	23.0	37.9	74.1
内空幅 3.0m	89.8	62.1	77.1	145.3

### 3.3. 土かぶり厚さによる断面力の比較

土かぶり厚さによる断面力の比較を表 6 に示す。ここでは N 値 1、内空幅 3.0m の場合の比較を示す。土かぶり厚さの違いは断面力に影響を及ぼすものの、内空幅の影響ほど大きいものではなかった。

また、基本的には土かぶり厚さが大きいほど断面力が大きくなる傾向があるが、h/2 点におけるせん断力やスパン中央における曲げモーメントは土かぶり厚さ 2.0m の場合が最小になった。これは、上床版に作用する荷重のうち、永久作用の鉛直荷重は土かぶり厚さに伴い値が大きくなる関係にあるが、変動荷重としての鉛直土圧は、土かぶり厚さが小さいほど列車荷重による影響が大きくなるためその逆の傾向を示すことによる。これによって上床版に作用する、永久作用と変動作用を合わせた全体の鉛直荷重は土かぶり厚さが 2.0m の時が最小となり、スパン中央のモーメントと h/2 点でのせん断力は土かぶり厚さが 2.0m の時が最小となる。

表 6 土かぶり厚さによる断面力の比較(上床版)

照査項目	曲げ[kN・m]			せん断[kN]
	側壁前面	ハンチ始点	スパン中央	
照査位置				h/2 点
土かぶり 1.0m	71.4	46.5	70.3	137.8
土かぶり 2.0m	76.7	53.2	65.3	123.3
土かぶり 3.0m	89.8	62.1	77.1	145.3

### 3.4. 断面諸元と断面決定ケースの比較

構造解析の結果を基に断面照査を行い、必要となる鉄筋量を算出した。結果を表 7 に示す。決定ケースとなった照査項目は全て曲げモーメントによるものであった。また、鉄筋量は照査の前提となる最小鉄筋量及び応力度の制限を満たす量を下限としている。なお、内空幅 3.0m の場合は 2 章で述べた通り、部材厚を 0.35m にしている。

表 7 より、基本的には D19-4 本以上の軸方向鉄筋を配

置すれば、各要求性能を満足できることがわかる。しかし、内空幅 3.0m の土かぶり厚さ 1.0m と 3.0m の場合は D25 が 4 本必要となる。決定ケースを見ると、内空幅が 1.0m の小さな構造物は最小鉄筋量を満たせば十分である。また、照査の前提を満たせば、土かぶり厚さ 2.0m を境に安全性(疲労破壊)と使用性・耐久性で決定ケースが変化している。

表 7 必要鉄筋量、決定ケースの比較

		土かぶり厚さ[m]		
		1.0	2.0	3.0
内空幅 [m]	1.0	D16-4 本 最小鉄筋量	D16-4 本 最小鉄筋量	D16-4 本 最小鉄筋量
	2.0	D19-4 本 安全性(疲労)	D16-4 本 最小鉄筋量 使用性・耐久性	D19-4 本 使用性・耐久性
	3.0	D25-4 本 安全性(疲労)	D19-4 本 応力度の制限 安全性(疲労)	D25-4 本 使用性・耐久性

### 3.5. 地震時の検討

N 値を 1 とし、基盤面の地表面からの深さの設定値を変化させた所、25m で本研究において想定している寸法の構造物の全ての場合において層間変形角が制限値(1/100)を満足した。そして、解析結果から算出した曲げ耐力やせん断耐力から破壊形態の確認及び変形性能に対する安全性の照査を行うと、いずれの内空幅、土かぶり厚さの場合も曲げ破壊形態かつ弾性変形性能を有していた。

## 4. まとめ

本論文では、小規模線路下横断構造物の設計標準化に向けて解析的に検討を行った結果は以下の通りであった。

N 値、内空幅、土かぶり厚さをパラメータとした場合、断面力に大きな影響を及ぼすのは内空幅である。N 値によって断面力の差は極僅かであり、断面寸法に与える影響は小さいと考えられる。

内空幅 3.0m 以下、土かぶり厚さ 3.0m 以下では、D19 の軸方向鉄筋を 4 本ずつ配筋すれば基本的には断面照査を満足するが、内空幅が 3.0m で土かぶり厚さが 1.0m 及び 3.0m の場合は D25 が 4 本ずつ必要であった。

また、地震時については基盤面の地表面からの深さが 25m 以上の場合、本研究で想定する寸法の構造物は耐震性能を満足した。

今後は内空幅、土かぶり厚さを拡張し、断面諸元と決定ケースの関係を分析していくことで、設計標準化の実現を図る所存である。

### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編(2004), 『鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)』国土交通省鉄道局監修, 丸善出版
- 2) 東日本旅客鉄道株式会社(2005), 『鉄道構造物等設計標準(コンクリート構造物)のマニュアル』
- 3) 鉄道総合技術研究所編(2012), 『鉄道構造物等設計標準・同解説(基礎構造物)』国土交通省鉄道局監修, 丸善株式会社
- 4) 東日本旅客鉄道株式会社(2014), 『鉄道構造物等設計標準(耐震設計)のマニュアル』