

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) 正会員 ○小澤 裕
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 高橋 紗希子
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 田附 伸一
 東日本旅客鉄道(株) 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、設計標準化に向けて基準条件の設定方法を探った後、各基準条件での断面諸元の決定及び実用化する際の設計フローの作成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)」¹⁾、「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」²⁾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)³⁾に基づき設定した。

施工性等を考慮して、本研究で設定した諸条件を表2に示す。部材厚は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は部材厚を0.05mずつ拡大して解析を行った。なお、本研究では上床版、側壁、下床版ともに同じ部材、鉄筋を配置することを想定している。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。

構造解析の際は、図1のように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。曲げは、側壁前面(側壁の場合、上下床版前面)、ハンチ始点(上床版に部材厚と同じ長さのハンチを設定)、スパン中央の位置、せん断は、支承前面から部材高さの1/2の位置で照査を行った。

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」⁴⁾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,4.0m,5.0m
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 以上
軸方向鉄筋	径	D32 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
周辺地盤	土質	砂質土

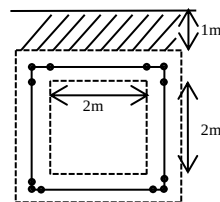


図1 骨組みイメージ図(内空幅 2m、土かぶり厚さ 1m)

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

3.1. 構造解析の結果

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、せん断力図は上床版h/2の値が最大となる場合を示している。

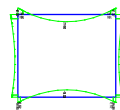


図2 曲げモーメント図

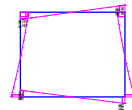


図3 せん断力図

次に、N値を変化させた時の上床版の断面力の比較を表4に示す。ここでは、内空幅、土かぶり厚さがいずれも3.0mの場合を示す。表4より、N値によって断面力に大きな差は生じないことがわかり、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の場合での検討で十分であると言える。なお、側壁、下床版も同じ傾向を示すことを確認すると共に、

N 値 30 以下では土の単位体積重量や静止土圧係数といった地盤特性に変化がないことを確認して検討している。

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]
照査位置	側壁前面	ハンチ始点	スパン中央	h/2 点
N 値 1	72.8	45.1	76.8	145.1
N 値 3	73.2	45.5	76.3	145.0
N 値 10	74.1	46.4	75.0	144.8

3.2. 断面照査の結果

断面照査を行い、必要な部材厚さ及び鉄筋量を算出した結果を表5に示す。なお、軸方向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、スターラップは前述の地震時の安全性の照査を満足する量であると共に、「鉄道構造物等設計標準(開削トンネル)のマニュアル」⁵⁾に則り、間隔を断面有効高さの 1/2 かつ 300mm 以下で配置している。

表5より、内空幅、土かぶり厚さの拡大と共に、必要な部材厚や軸方向鉄筋量は増加傾向にある。しかし、永久鉛直土圧と列車荷重による変動鉛直土圧を合わせた全体の鉛直土圧が土かぶり厚さ 2.0m で最小になることから、必要鉄筋量は 1.0m の場合に比べて少なくなると考えられる。一方、スターラップはせん断スパンが短い内空幅 1.0m では他の寸法に比べ鉄筋量が多くなるが、それ以外の断面寸法では、基本的に有効高さの 1/2 以下を満たして、D16 の鉄筋を 1 組ずつ配筋すれば良い結果となった。

また、内空幅 5.0m、土かぶり厚さ 1.0m の場合は部材厚を 600mm と少し厚くしないと浮上りの検討を満足しない結果となった。断面決定ケースは内空幅が 1.0m では最小鉄筋量、内空幅 2.0m 以上かつ土かぶり 1.0m では疲労破壊、その他の条件では、使用性・耐久性であった。

3.3. 設計標準化のフローチャート

図4に設計標準化を実用化の際の、設計のフローチャートを示す。従来のフローから、浮上りの検討や地震時以外の計算(断面照査等)を省略できる。なお、地震時の計算については、層間変形角は現地の地盤構成によって大きく変化するため、設計標準化においても別途現地地盤に合わせて検討することとした。

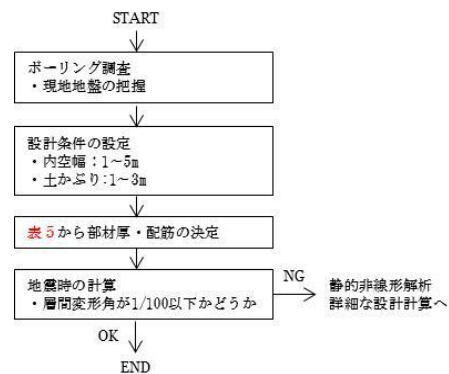


図4 設計標準化フローチャート

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た構造解析や断面照査の解析結果を示すと共に、実用化に向けた設計のフローチャートの作成を行った。

N 値による断面力への影響は小さく、設計標準化を行う際は N 値 1 の場合を適用することとした。また、本研究の対象構造物(内空幅 1.0m~5.0m、土かぶり厚さ 1.0m~3.0m)では、内空幅が 1.0m では最小鉄筋量、内空幅 2.0m 以上かつ土かぶり 1.0m では疲労破壊、その他の条件では、使用性・耐久性が断面決定ケースとなった。軸方向鉄筋については、いずれの場合も D25 以下の径で断面照査を満足する結果であった。

さらに、本研究で解析した断面諸元の結果を用いると共に、現地地盤に応じた層間変形角の検討を別途実施することによる設計標準化の設計フローチャートを作成し、従来の設計方法に比べ簡略化が可能であることを示した。

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』
- 5) 東日本旅客鉄道株式会社(2004),『鉄道構造物等設計標準(開削トンネル)のマニュアル』

表5 必要部材厚、鉄筋量、断面決定ケースの比較

		内空幅[m]				
		1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
土かぶり厚さ[m]	1.0	部材厚:300mm 軸方向:D16-4 本 スタ:D16-2 組@100mm 最小鉄筋量	部材厚:300mm 軸方向:D19-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 疲労破壊	部材厚:300mm 軸方向:D25-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 疲労破壊	部材厚:450mm 軸方向:D25-4 本 スタ:D16-1 組@150mm 疲労破壊	部材厚:600mm 軸方向:D22-4 本 スタ:D16-1 組@250mm 疲労破壊
	2.0	部材厚:300mm 軸方向:D16-4 本 スタ:D16-2 組@100mm 最小鉄筋量	部材厚:300mm 軸方向:D16-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 使用性・耐久性	部材厚:300mm 軸方向:D22-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 使用性・耐久性	部材厚:450mm 軸方向:D22-4 本 スタ:D16-1 組@150mm 使用性・耐久性	部材厚:550mm 軸方向:D22-4 本 スタ:D16-1 組@200mm 使用性・耐久性
	3.0	部材厚:300mm 軸方向:D16-4 本 スタ:D16-2 組@100mm 最小鉄筋量	部材厚:300mm 軸方向:D19-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 使用性・耐久性	部材厚:350mm 軸方向:D25-4 本 スタ:D16-1 組@100mm 使用性・耐久性	部材厚:500mm 軸方向:D25-4 本 スタ:D16-1 組@200mm 使用性・耐久性	部材厚:650mm 軸方向:D25-4 本 スタ:D16-1 組@250mm 使用性・耐久性