

橋けた防護工に係る設計手法の1考察

ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 ○市川 忠久

1. はじめに

近年、鉄道の橋けた及び橋けた防護工への自動車の衝突事故が多発傾向にあり、列車の安全・安定輸送確保のための防衛策として橋けた防護工の設置をしている。従来、橋けた防護工は「橋桁防護工設計の手引き」（昭和62年制定）により設計されていたが、近年の車両制限令の改正により車両総重量は25t対応へと移行し、その結果防護工が大型化し建設費のコスト増加に繋がっている。そこで、建設費のコスト縮減を目指し、構造形式を大幅に変更し、設計手法も従来の方法から変更し設計を行った。本稿では、この設計手法について報告する。



図 1.1 従来の橋けた防護工

2. 構造形式・設計思想の見直し

2.1 構造形式・設計思想

今回提案した構造形式は、橋けた防護工一基あたり4本の場所打ち杭を要していた構造を、杭の実施工数量の削除、用地の削除に主眼を置いた1柱1杭方式を採用した。1柱1杭方式は、従来までの控え柱を有する構造に比べ、支柱に発生する断面力が顕著に大きくなるため、部材の断面性能に部材降伏以降の非線形領域を評価することとした。そのため、防護桁のみで衝突エネルギー吸収を考えていた従来の設計を見直し、支柱の塑性変形まで期待した設計とした。

今回行った設計方法の見直し、構造形式の変更について表2.1にまとめる。

キーワード 変形性能、静的非線形解析、変形エネルギー、変位制限

連絡先 〒460-0008 名古屋市中区栄二丁目5番1号 ジェイアール東海コンサルタンツ TEL052-232-4123 FAX052-232-4129

表 2.1 構造形式・設計方法

防護桁	衝突エネルギーの吸収は、支柱との合算のため必要吸収量は減少。 既製品コラム材の使用	
支柱	1柱1杭方式のため発生断面力の増大、限界状態設計法により降伏以降の性能評価し、既製品コラム材の適用	
支柱基部	支柱への作用断面力の増大、基部の損傷を許容しない制約のため、剛な構造となる。	
杭	杭の施工本数の縮小、引抜き力の作用は無い。 杭径の決定根拠は、杭前面の地盤の全面塑性化を防止すること。	
フーチング	フーチングは不要。(仮土留工の省略)	

2.2 変形性能

衝突時の橋けた防護工に要求される変形性能は、

- 1) 鉄道橋の防護を最優先とする。(変形時に防護工が鉄道橋に接触しないこと。)
- 2) 自動車衝突後の防護工取替えが容易な構造とする。(衝突後防護桁と支柱部材のみ改築することを前提とし、基礎は健全な体力を保持し、且つ有害な残留変形が生じない構造とする。)

3. 解析方法

3.1 検討手法

支柱及び基礎部の解析は、部材と地盤の非線形性を考慮した静的非線形解析により行った。自動車の衝突エネルギーの内、自動車本体が15%を吸収するものとし、防護工への衝突エネルギーは $E=0.85 \cdot (W/g) \cdot v^2/2$ (ここに、自動車重量 W 、衝突速度 V 、重力加速度 g) により算出する。

(1) 荷重状態図 (2) 変位図 (3) 支柱部解析モデル (4) 桁部解析モデル

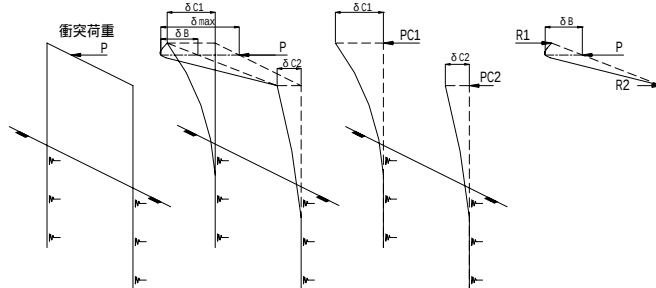


図 3.1 解析モデル

解析モデルは上図のように、桁部と支柱部分に分けてモデル化する。防護桁が終局状態に達する以前に支柱が倒壊しないこと、及び2.2の変形性能を満足し、

かつ桁及び支柱の変形エネルギーの総和が衝突エネルギーに等しくなる状態をトライアルにより決定する．

3.2 部材の変形エネルギー

部材の変形エネルギー量の算定は、荷重載荷位置に着目した下図3.2において降伏水平力を1.3倍した位置を折れ点とするバイリニアモデルとし算出する．

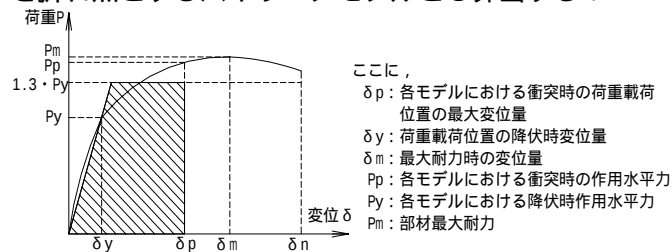


図 3.2 荷重変位曲線

上図3.2より、変形エネルギーは下記により算出する．

$$1) \delta p = \delta y \text{ の場合 } E = P_p \cdot \delta p / 2$$

$$2) \delta y < \delta p < \delta m \text{ の場合}$$

$$E = 1.3 \cdot P_p \{ \delta p - \delta y / 2 \}$$

桁部材は、「現行手引き」に準じ、衝突位置での桁の折角 15 度における変形までエネルギーを吸収するものとする．また、桁最大耐力時の作用荷重を支柱最上部に反力として与え、支柱と基礎の照査を行う．このとき、支柱は塑性変形まで許すが、基礎は降伏しないものとする．

3.3 防護工の変位量の制限

防護工の最大変位量 $\delta_{\max}$ （＝桁の最大変位量＋支柱最上部での変位量）は、防護桁と鉄道橋桁の内面離隔よりも大きくなるよう設計する．

4. 実設計

4.1 設計条件

3.解析方法で述べた設計手法により 5 橋りょうの防護工について表 4.1 設計条件に基づき設計を行った．

表 4.1 設計条件

橋りょう	衝突荷重	衝突速度	防護桁スパン	衝突エネルギー
A	140kN	30 km/h	8.5m	418 kN・m
B			10.0m	
C			17.5m	
D	250kN	30 km/h	14.0m	747 kN・m
E		40 km/h	12.7m	1336 kN・m

4.2 基礎の変位制限値

衝突時に基礎に有害な残留変形が生じない構造とするため下記について確認する．

1) 地盤バネの塑性化の検討：衝突時に杭前面地盤の地盤バネが全て塑性化しないこと．

2) 杭頭変位量の検討：杭頭変位量が杭径 ϕ の 10% より小さいこと．これは、衝突による基礎の傾きが大き

い場合、上部工の取替えに際し、支柱を鉛直に取付けることが困難となるため、制限を設けたものである．

4.3 結果

各橋りょうの防護工部材は表 4.2 に示す．また、防護工の吸収エネルギーは下記の表 4.3 のとおりである．

表 4.2 防護工部材

橋りょう	桁部材	柱部材
A	□ - 450 × 450 × 22	□ - 500 × 500 × 25
B	□ - 500 × 500 × 25	□ - 500 × 500 × 32
C	□ - 500 × 500 × 25	□ - 500 × 500 × 32
D	□ - 600 × 500 × 28	□ - 500 × 500 × 28
E	□ - 650 × 600 × 32	□ - 700 × 600 × 32

表 4.3 防護工の吸収エネルギー（kN・m）

橋りょう	防護桁	支柱（近接）	支柱（遠隔）	防護桁スパン(m)
A	326.1	122.9	5.0	8.5
B	452.5	55.3	44.9	10.0
C	443.8	14.5	9.1	17.5
D	623.1	169.2	8.1	14.0
E	990.0	353.0	132.8	12.7

同断面（B，C）の防護桁を比較すると、スパンの短い方が曲げに対する抵抗力（抵抗モーメント M_m ）が大きく桁部材のエネルギー吸収量は大きくなるが、 M_m が大きい分、支柱へ大きな反力が作用する．スパンが短い場合には、防護桁断面を小さくし曲がり易くすることで支柱への反力を軽減できる．それにより桁部材で吸収できるエネルギーは少なくなるが、反力が小さい分、支柱部材断面を小さくすることもできる．

4.4 まとめ

(1) 従来の設計手法を見直し、防護工の構造を 1 柱 1 杭方式とし、杭本数、フーチング施工数量を削減することが出来た．併せてフーチング構築に対する仮土留工の省略も図れた．

(2) 防護工のスパン、支柱の高さ、変位量の制限値等の条件を勘案し、より経済的な構造となるよう部材断面を決定する必要がある．

(3) 今回の設計手法では、支柱基部の損傷を許容しない制約としたため、支柱基礎が剛な構造となり、鋼重の増加に繋がった．鋼重を更に減らしスリム化を図るには、基礎の損傷の程度を緩和することが有効な方策と考える．

5. 参考資料

1) 鉄道構造物設計標準・同解説（コンクリート構造物）、2) 鉄道構造物設計標準・同解説（鋼・合成構造物）、3) 鉄道構造物設計標準・同解説（基礎構造物）、4) 鉄道構造物設計標準・同解説（耐震設計）、5) 鉄道構造物設計標準（抗土圧構造物）、6) 橋桁防護工設計の手引き