

木材を利用した高欄の一試案

(株)ジャス・コンサルタンツ

上東 英一 小久保 正勝

井野 太郎 安原 克巳

井上 肇

試案の趣旨

近年、消費エネルギーの節減・二酸化炭素排出量の削減それと自然環境資源の有効活用などの観点から、最近の木材加工技術の目覚ましい進歩・発展に支えられて木橋の架設が数多く見受けられるようになった。しかし、それも歩道橋が大半で車道橋の架設はごく少なく、それも国道・都道府県道・市町村道などの公道ではなく林道において見られるのみである。その理由の一つには道路橋としての木橋の設計示方書が制定されていないことが挙げられるが、他に木材の構造材料としての耐久性に難点があったり、橋の構造構成のための接合技術に問題があったり、防護柵としての高欄を木製にすることにその強度に難点があることなどが考えられる。

木材の強度については製材のままでなく、集成材として大断面を確保することが可能になり、かつ、かなりの強度の向上が期待できる見通しが立ち、耐久性も薬液の注入により35年程度の耐久性が確保できるようになった。

ここでは、問題点の一つである高欄の木製化を提案する。木製化により、林産地における木材資源わけでも間伐材の有効利用が期待され、金属やコンクリートと言った感覚的に冷たく硬いものから木材のもつ軟らかさ・自然環境との馴染みややすさなども実現できるものと考えられる。

試案の要点

① 親柱・束柱・笠木(手摺)など全ての高欄構造材には木材を使用する。ただし、接合部などには金属(鋼)製品を用いる。

② 道路橋示方書共通編4.2.1 橋梁用防護柵にある250kgf/mの水平力には通常の片持ちはり式の考え方で十分抵抗できるようにする。

③ 車両などの衝突に対しては束柱による片持ちはりによる抵抗に加えて、ある程度剛な笠木による衝突力の分散を期待するのみでなく、笠木部に橋軸方向に配置したケーブルとにより抵抗させようとするものである。これは、衝突力に対して剛なる抵抗ではなく、高欄の水平方向への変形を考慮した柔な抵抗を期待したものである。水平方向への柔な剛性は衝突による衝撃力を軽減する効果をも期待できる。

④ 地覆と笠木との間に人などの転落防止用と衝突力分配用とを兼ねた横木を1~2本配置する。この横木は、束柱に車両などが衝突したとき、衝突力を他の束柱に分散させ、その束柱にのみ力が作用して束柱がせん断破壊されるのを回避しようとするものである。

この横木は多くの束柱に力の分散を期待できるように連続はりに束柱に取り付ける。

⑤ ケーブルには高欄完成時に多少のPrestressを導入しておき、車両衝突時の抵抗力の確保を期待する(しかし、このPrestressは高欄のCreepのためにその多くは失われる)。また、このPrestressの保持のために橋の両端の親柱にそのための構造を準備しておくことが必要である。さらに、ケーブルの防錆のために束柱で位置を保持しつつ、適当な鞘(プラスチックまたは金属のパイプ)の中にケーブルを納める。

⑥ 束柱の基部と地覆とを連結する金具は250kgf/mの水平力による曲げモーメントには十分に抵抗し、車両の衝突によってはかなりの塑性的な曲げ変形ができるようなものであることが必要である。

⑦ 笠木と束柱、束柱と横木との接合部では適当な金属製の添接板(器具)を用いて木材の接合部の弱点を補うことが必要である。

⑧ 笠木は水平方向に束柱で非弾性的に支持された連続はりとして働くことを期待する。

⑨ ケーブルは道路に用いられているガード・ロープと同じように振る舞う。

- ⑩ 提案高欄の概要図は図-1, 抵抗方式を図-2に示す。
- ⑪ 実物による破壊に至るまでの実験を行うことを期待する。
- ⑫ この試案は道路橋の耐震設計あるいは構造物の塑性設計の思想に基づくものである。
- ⑬ 構造計算はすべて非線形計算となるので, 荷重増分法などを用いて計算を進めねばならない。

以下に図-3のような3個の束柱を持つ場合についてその計算例を示す。

束柱下部の鋼製の金具は径 d , 長さ a とする。鋼材の降伏点応力 σ_y , 変形の曲率 ϕ
 塑性域を含む丸鋼の塑性領域を示す角度 ϕ と曲げモーメントとの関係 ($M_y; \phi = \pi/2, M_u; \phi = 0$)

$$M = r^3 \sigma_y (4\phi - \sin 4\phi) / \sin \phi / 8 + 4r^3 \sigma_y \cos^3 \phi / 3$$

降伏曲げモーメント $M_y = \pi d^3 \sigma_y / 32$, 極限曲げモーメント $M_u = 4 d^3 \sigma_y / 24$, $M_u / M_y = 1.698$

鋼材の降伏ひずみ $\varepsilon_y = 0.0011$, 極限ひずみ $\varepsilon_u = 0.202$ (引張試験の伸び; 20%として)

図-3のときのケーブルの張力 $T = E_c A_c (\delta / \lambda)^3 / 2$ (初期には $T = 0$)

$$2T \sin \omega = R, \quad \sin \omega = \delta / \sqrt{(\delta^2 + \lambda^2)} = (\delta / \lambda) / ((\delta / \lambda)^2 + 1) \approx (\delta / \lambda)$$

$$2T (\delta / \lambda) = R, \quad R = E_c A_c (\delta / \lambda)^3$$

$$\delta = h \sin \theta = h a \mu p \phi, \quad \sin \theta = \theta \sum (-1)^n \theta^{2n} / (2n+1)! = \theta p, \quad \theta = a \phi$$

$$M_o = (P - R) h = \{P - E_c A_c (\delta / \lambda)^3\} h = \{P - E_c A_c (1 / \lambda)^3 (2 h a \mu p \varepsilon_y / d)^3\} h \\ = \pi d^3 \sigma_y / 32 \beta, \quad \beta; M = \beta M_y$$

$$R = E_c A_c (\delta / \lambda)^3 = (h a \mu p \phi y / \lambda)^3 E_c A_c$$

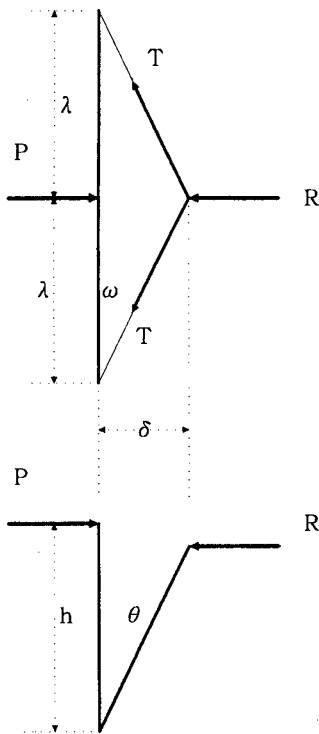


図-3

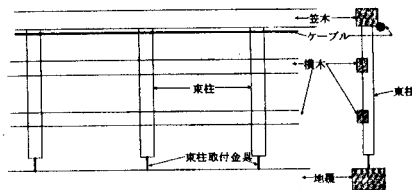


図-1 試案高欄概要図

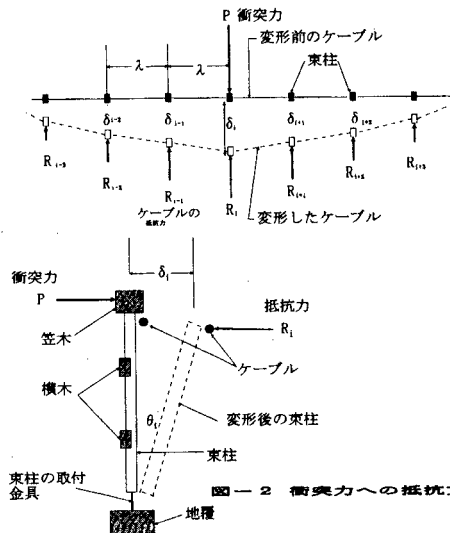


図-2 衝突力への抵抗方式