

鋼橋の外ケーブル補強によりずれ止めに生じる水平せん断力の分布特性

近畿大学理工学部 正会員 東山 浩士 (株)酒井鉄工所(研究当時) 正会員 武藤 和好
 (株)富士ピー・エス 正会員 鈴木 真 大阪大学大学院工学研究科 フェロー 松井 繁之

1. はじめに 道路橋における設計活荷重の改訂，遮音壁等の添加による後死荷重の増大，損傷・劣化等に起因して，既設道路橋の耐荷性，耐久性の向上が求められている．既設道路橋の補強工法のひとつとして外ケーブルによりプレストレスを導入する方法がある．通常の場合，外ケーブルは鋼桁に定着されるため，プレストレスは鋼桁と床版を連結しているずれ止め（スタッドジベル，スラブアンカー等）を介して床版へと伝達されていく．この伝達過程においてずれ止めには水平せん断力が作用することになる．本研究では，プレストレス力導入によりずれ止めに作用する水平せん断力の分布特性を弾性 FEM 解析により検討した．

2. 水平せん断力 外ケーブルの配置形状は直線配置，クイーンポスト配置が一般的である．直線配置ではプレストレス力導入により外ケーブル定着位置において軸圧縮力と偏心曲げモーメントが与えられる．また，クイーンポスト配置では直線配置と同様に定着位置において軸圧縮力と偏心曲げモーメントが与えられ，さらに外ケーブル偏向位置においてプレストレス力の鉛直分力が与えられる．これらのプレストレス力によってずれ止めには水平せん断力が作用することになる．軸圧縮力と偏心曲げモーメントによる水平せん断力は外ケーブル定着位置近傍で最大値となり，支間中央付近ではゼロとなる分布形状を示す(図 - 1 (a)参照)．水平せん断力は主桁に定着される高さによって作用方向が異なる．完全合成と仮定した場合には単位長さ当たりの水平せん断力が次式¹⁾によって算定できる．

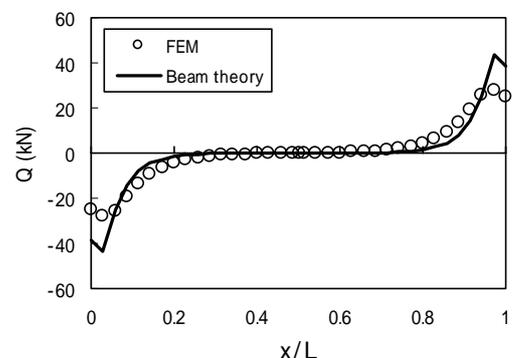
$$N_{cp} = \frac{A_c}{nA_v} N_p - \frac{A_c d_c}{nI_v} M_p, \quad N_{sp} = \frac{A_s}{A_v} N_p + \frac{A_s d_s}{I_v} M_p, \quad M_{cp} = \frac{I_c}{nI_v} M_p, \quad M_{sp} = \frac{I_s}{I_v} M_p \quad (1)$$

$$H_p = \frac{2N_{cp}}{a} \quad (2)$$

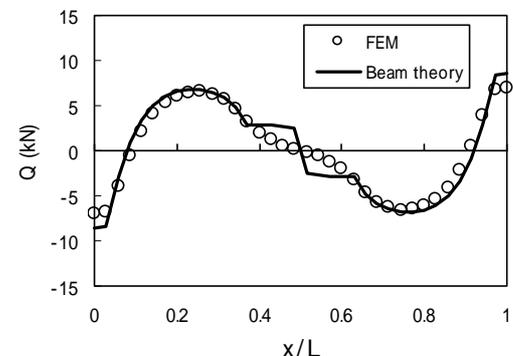
ここに， N_p ：軸力， M_p ：偏心曲げモーメント， N_{cp} ， N_{sp} ：床版，鋼桁の分担軸力， M_{cp} ， M_{sp} ：床版，鋼桁の分担曲げモーメント， A_c ， A_s ， A_v ：床版，鋼桁，鋼に換算した合成断面の断面積， I_c ， I_s ， I_v ：床版，鋼桁，鋼に換算した合成断面の断面 2 次モーメント， d_c ：合成断面図心から床版図心までの距離， d_s ：合成断面図心から鋼桁図心までの距離， n ：弾性係数比， a ：水平せん断力分布長

また，偏向位置における鉛直分力による水平せん断力は活荷重により生じる水平せん断力と逆方向に作用するため，ずれ止めに作用する水平せん断力を低減することになる(図 - 1 (b)参照，偏向位置 $x/L=0.36, 0.71$)．

外ケーブル補強工法は合成桁，非合成桁の両方に適用することが可能である．一般に，合成桁のずれ止めにはスタッドジベルが用いられ，非合成桁のずれ止めにはスラブアンカーが用いられている．既往の研究成果²⁾よりスラブアンカー(16×600mm)のせん断強度はスタッドジベル(19×120mm)2本分を若干下回る程度であり，ずれ定数は $k_h=481\text{kN/mm/本}$ を有している．このことからスラブアンカーであってもせん断力伝達能力を有し，外ケ



(a) 直線配置



(b) クイーンポスト配置

図 - 1 水平せん断力分布

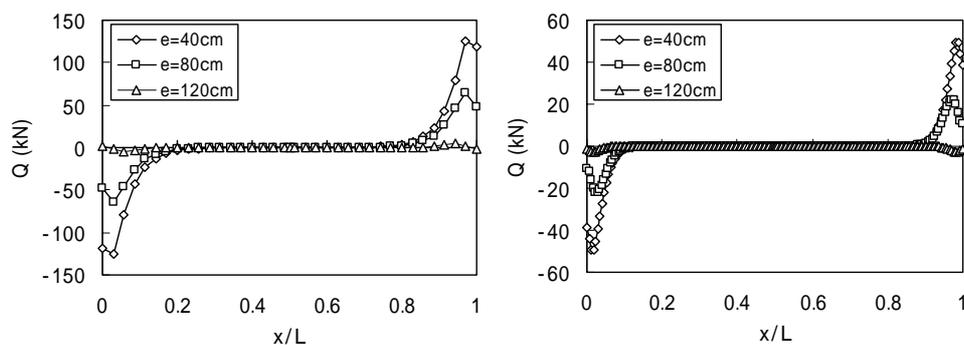
キーワード 鋼橋，外ケーブル，ずれ止め，水平せん断力

連絡先 〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1・TEL:06-6721-2332・FAX:0729-95-5192

ケーブル補強工法においてずれ止めの照査は重要な設計項目のひとつであると言える。

3. 水平せん断力分布

表 - 1 に示す支間長 35m の鋼橋断面諸元に関して外ケーブルを直線配置した場合の結果をスラブアンカー、スタッドジベルともに Case-1 の場合を図 - 2 に示す。スラブ



(a) スラブアンカー (b) スタッドジベル

図 - 2 水平せん断力分布

アンカーは 16 × 600mm を 1m 間隔に 1 本ずつ配置，スタッドジベルは 22mm を 200mm 間隔に 1 列当たり 3 本配置した。導入

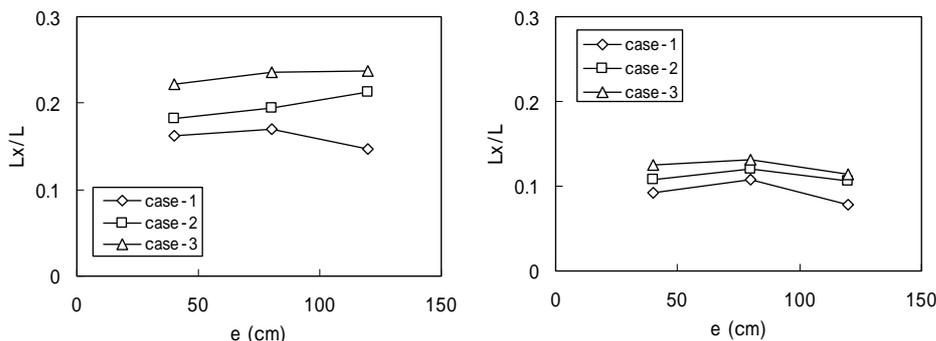
表 - 1 断面諸元

L	35 000		
Case	1	2	3
Slab	2600 × 220	2600 × 220	2600 × 220
U-flg.	230 × 11	250 × 19	480 × 28
Web	1750 × 9	1750 × 9	1750 × 9
L-flg.	280 × 12	380 × 25	550 × 25

(寸法単位: mm)

したプレストレスは一定 ($P=1000\text{kN}$) として外ケーブル定着位置を合成断面の図心位置から下方に $e=40, 80, 120\text{cm}$ と偏心させた。解析結果から、水平せん断力は桁端部に集中し、スラブアンカーには大きなせん断力が作用している。

スラブアンカー、スタッドジベルともに偏心量が小さいほど軸力が卓越するためにずれ止めへの負荷が大きくなることが分かる。図 - 3 は別のモデル³⁾を用いて外ケーブル定着位置を支間中央へ向かって 1m, 2m 移動させた時の水平せん断力分布である。定着位置を支間



(a) スラブアンカー (b) スタッドジベル

図 - 4 水平せん断力分布長

中央へ向かって移動することによって定着部後方のずれ止めが水平せん断力の一部を分担するため、ずれ止め 1 本当たりの水平せん断力が低減している。また、定着位置をある距離だけ移動すると水平せん断力の減少が留まることから、水平せん断力の分布長を考慮して定着位置を決定することによってずれ止めへの負荷を低減させることができると言える。

4. 分布長

図 - 2 の水平せん断力分布は三角形と近似でき、この仮定の下で各 Case の分布結果から等価分布長 L_x を算出し、支間長 L で無次元化した結果を図 - 4 に示す。桁の剛性、外ケーブル偏心量によって分布長は異なるが、スラブアンカーの場合は $L_x/L=0.2$ 前後、スタッドジベルの場合は $L_x/L=0.1$ 前後となる。

5. まとめ

非合成桁であってもスラブアンカーはせん断力伝達能力を有しており、プレストレス導入により水平せん断力が作用する。外ケーブル補強設計ではずれ止めの照査を行うことが重要であると言える。

謝辞：本研究は、「(財) 災害科学研究所 鋼橋の外ケーブル補強研究会 (大阪大学大学院教授・松井繁之委員長)」における活動の一部であり、貴重なご意見を戴いた主査・委員各位に感謝いたします。

参考文献：1) 東山：外ケーブルを用いたプレストレスによる合成桁橋コンクリート床版の力学性状向上に関する研究,大阪大学学位論文,1999., 2) 平城・松井・武藤：柔な合成作用に適するスタッドの開発,構造工学論文集,Vol.44A,pp.1485-1497,1998., 3) 宮本・平田・柳下・森：プレレスト合成桁の弾塑性挙動解析と橋梁補強工法への適用,構造工学論文集,Vol.40A,pp.1101-1114,1994.