

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、損傷や腐食などに起因して、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。この工法は補強目的に合ったプレストレスを外ケーブルの配置形状によって効率的に導入することができ、設計の自由度が高いという長所を有している。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、プレストレス力の導入によりずれ止めに作用する水平せん断力分布をずれ止めの種類、外ケーブル偏心量、主桁剛性に着目して解析により検討した。

2. 水平せん断力

ずれ止めに作用する水平せん断力の概念図は図-1の通りである。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の導入によって外ケーブル定着位置において軸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外ケーブル定着位置において軸力と偏心曲げモーメントが与えられ、外ケーブル偏向位置において鉛直力が与えられる。これらのプレストレス力によってずれ止めに水平せん断力が作用することになる。不完全合成理論¹⁾によれば、プレストレス力（軸力）導入による水平せん断力は外ケーブル定着位置付近で最大値となり、桁中央付近ではゼロとなる分布形状となる。また、水平せん断力の作用方向は外ケーブルの定着位置によって変化し、断面の図心位置近傍に定着した場合は活荷重により生じる水平せん断力と同じ方向に作用することになる。

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、合成桁ではずれ止めにスタッドジベルが用いられ、非合成桁ではスラブアンカーが用いられている。スラブアンカー（ $\phi 16 \times 600\text{mm}$ ）のせん断強度はスタッドジベル（ $\phi 19 \times 120\text{mm}$ ）2本分を若干下回る程度であり、ずれ定数は $k_H=481\text{kN/mm}$ 本を有しているという押抜き実験結果²⁾が得られている。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。

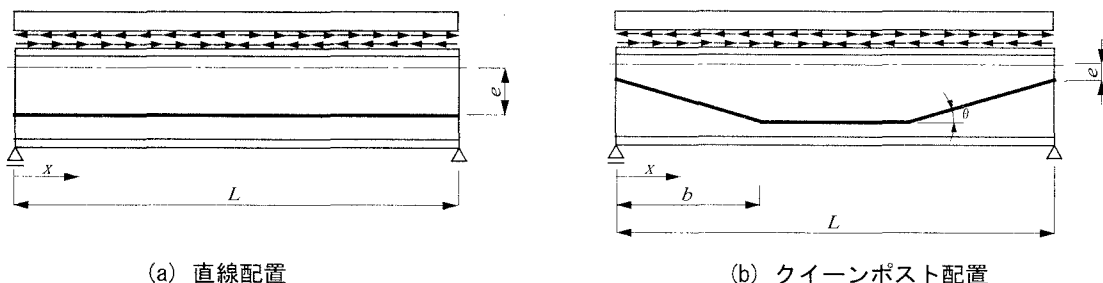


図-1 外ケーブル配置形状

3. 解析結果

表-1に示す支間長35mの鋼橋の断面諸元に関して外ケーブルを直線配置したとして弾性FEM解析を行った。

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)

ずれ止めには非合成桁としてスラブアンカー(φ16×600mm, ずれ定数 $k_h=481\text{kN/mm/本}$)を1m間隔に1本ずつ配置, 合成桁としてスタッドジベル(φ22mm, 1列当たり3本, ずれ定数 $k_h=267\text{kN/mm/本}$ ³⁾)を200mm間隔に配置した。導入する軸

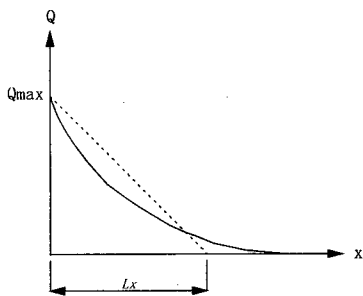


図-3 等価分布長

力は一定($P=1000\text{kN}$)として合成断面の図心位置から外ケーブルの定着位置を $e=40, 80, 120\text{cm}$ と偏心させた。解析結果を図-2に示す。スラブアンカー, スタッドジベルともに外ケーブル偏心量が小さいほど軸力が卓越するために水平せん断力が大きくなり, ずれ止めへの負荷が大きくなる。水平せん断力の分布範囲はスラブアンカーでは $x/L=0.2$ 程度, スタッドジベルでは $x/L=0.1$ 程度であり, ずれ定数が高いほど水平せん断力は桁端部に集中することになる。ずれ止め1本当たりの水平せん断力は配置間隔の大きなスラブアンカーで大きくなり, 非合成桁であってもスラブアンカーの耐力評価を行うことが不可欠であると言える。

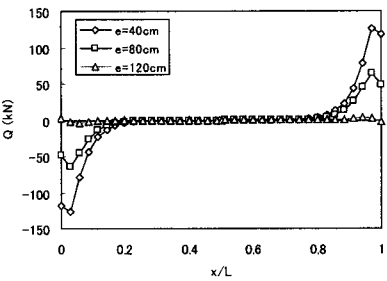
次に, これらの結果から水平せん断力の分布範囲を図-3に示す等価分布長により算出した。分布長と外ケーブル偏心量との関係を図-4に示す。桁の剛性によっても分布長は異なり, 剛性が高いほど分布長は大きい傾向を示している。水平せん断力分布長と完全合成として算出される断面力によりずれ止めの照査を行う。

4. まとめ

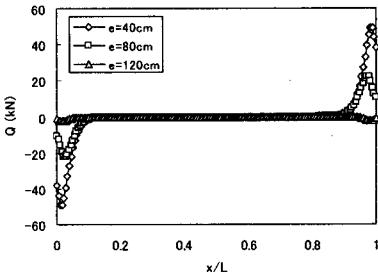
非合成桁であってもスラブアンカーはせん断力伝達能力を有しているため, プレストレス力の導入によって水平せん断力が作用する。設計においてはずれ止めの照査を行うことが重要であり, 水平せん断力の分布長はスラブアンカーで $Lx/L=0.2$ 前後, スタッドジベルで $Lx/L=0.1$ 前後であると言える。

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, 貴重な意見を戴いた主査・委員各位に感謝致します。

参考文献 1) ハウラネック, A., シュタインハルト, O.: 鋼橋の理論と計算(橋 善雄, 小松定夫共訳), 山海堂, 1964., 2) 松井繁之, 平城弘一, 武藤和好: 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., 3) 平城弘一: 頭付きスタッドの静的および疲労強度と設計法に関する研究, 大阪大学学位論文, 1990.

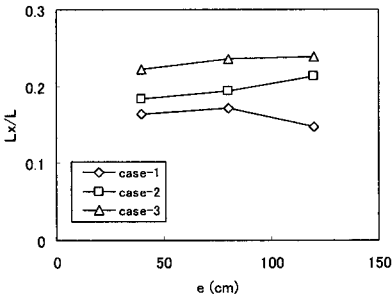


(a) スラブアンカー

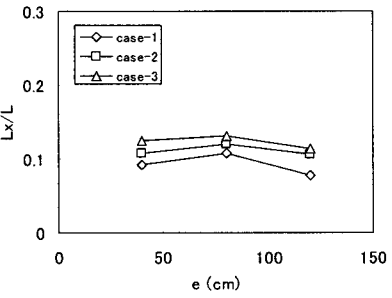


(b) スタッドジベル

図-2 水平せん断力分布



(a) スラブアンカー



(b) スタッドジベル

図-4 分布長