

V-199

外ケーブルの曲げ半径に関する実験と考察

大林組本店土木部 正会員 鎌田 文男

1. まえがき

プレストレス導入のための緊張材をコンクリート部材断面の外側に配置する「外ケーブル構造」は、PC橋桁の構造の合理化を可能にする技術として注目されており、我が国でもプレキャスト・セグメント工法や押出し工法による架橋工事などにおいて適用例が増えつつある。外ケーブルは、部材断面の外側に配置される自由長区間は直線で、偏向部において湾曲させて折れ線状に配置されるため、外ケーブルの特長を活かすには、偏向部において従来の内ケーブルよりも小さい曲げ半径で湾曲させる必要がある。しかし、国内の技術規準では外ケーブルの曲げ半径に関する規定が十分に整備されておらず、設計に当たっては欧米の規定や実績を参考にしたり模型実験により個別に確認しているのが実情で、実施事例において大きなバラツキが見られる。

ここでは、外ケーブルの保護管内の配置状況を考慮し、偏向部においてPC鋼より線同士が交差することに伴い横力を受けて二軸応力状態となった場合の影響を実験的に調べ、破断に対する安全性の面から外ケーブルの曲げ半径の制限について考察を行う。

2. 外ケーブルの配置と応力状態

外ケーブルを構成するPC鋼より線は、定着端と偏向部において図-1のような配置になっていると考えられ、保護管内でPC鋼より線同士の交差が生じている可能性が高い。この交差位置が偏向部の湾曲区間内にある場合には、PC鋼より線に曲線配置に伴う曲げの影響にさらに横力の作用が加わる。また、ケーブルの配置特性より、自由長区間での張力の摩擦損失がほとんどないために、偏向部ではプレッシング中に緊張端とほぼ等しい張力（ $\leq 0.9 \cdot P_t$ ）が作用すると考えられ、厳しい応力状態となることが予想される。

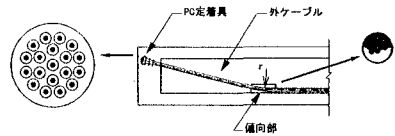


図-1 ダクト内のPC鋼より線配置状況

3. 横力の影響評価試験

横力を受けた場合のPC鋼材の引張特性、破断性状を評価するために、図-2の試験装置を用いて静的に引張荷重を載荷した。試験体はPC鋼より線（7本より15.2mm, SWPR7BL）の芯線を用いた。試験は、まず横力載荷治具のナットを締め付けて初期変形を与えることにより横力を作用させ、その後、破断に至るまで引張力を載荷した。載荷治具のスパン84mmの中央に与える初期変形量は0, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 18, 20mmの9水準とした。横力の大きさはボルト平行部にひずみゲージを貼り付けて計測した。

引張荷重とストロークおよび横力の関係の1例を図-3に示す。初期変形量と破断応力の関係は図-4のようになり、初期変形量が大きくなるに伴って破断応力は直線的に低下する。破断は横力の作用位置において生じ、横力なし（初期変形量=0）の試験体の外は

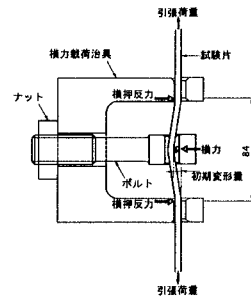


図-2 試験装置の概要図

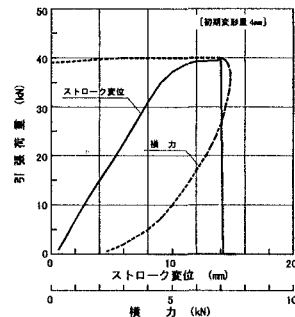


図-3 引張荷重とストローク変位、横力の関係

Key Words : external prestressing, post-tensioning, prestressing steel, deviation, design

〒540 大阪市中央区北浜4番33号, TEL 06-946-4480, FAX 06-946-4761

いずれもせん断破断であった。試験後の横力作用位置に残った圧痕（押し当て傷）の深さは0.2～0.5mmであった。

なお、押し当て傷がP C鋼材の引張特性に及ぼす影響を確認するため、上記と同様の試験体に0.2～0.8mm深さの押し当て傷を予め付与して引張試験を行ったが、破断応力の低下は最大で5%程度にとどまり、破面はいずれも延性であった。

4. 横力を考慮した場合の偏向部の曲げ半径に関する考察

偏向部の曲線区間において外ケーブルのP C鋼より線同士が交差した場合のせん断破断に対する安全性を以下の条件および手順で検討した。

- ①P C鋼より線は7本より15.2mm, SWPR7BLを考える。
- ②交差の条件は、応力上最も厳しくなると考えられる図-5の状態を想定する。
- ③検討はプレストレスング中（定着直前）を対象とし、軸引張応力度 $\sigma_1' = 0.9 \cdot \sigma_{py}$ が作用しているものとする。
- ④半径 r の曲げ変形による応力 $\sigma_1'' = \pm (\phi/2r) \cdot E_p$ が付加し、引張縁の応力度は $\sigma_1 = \sigma_1' + \sigma_1''$ になっているものとする（腹圧力の影響は無視することとする）。
- ⑤交差による折れ角 θ を図-2の試験での初期変形量に換算して図-4より破断応力 σ_g を求め、P C鋼材のせん断強さを引張強さ（実測値 $=1930\text{N/mm}^2$ ）の $1/3$ （ $\tau_u=1110\text{N/mm}^2$ ）と仮定してモールの応力円から破断時の軸直角方向応力度 σ_{2u} を求める。
- ⑥引張荷重と軸直角方向応力度 σ_2 の関係を図-6に示す2通りのモデルとして引張縁におけるせん断応力度 τ_{xy} を求める。

このようにして求めた τ_{xy} とせん断強さとの比を図-6に示す。同図に曲線配置による曲げのみ考慮した場合の、引張縁の発生応力と引張強さおよび降伏点の規格値との比を合わせて示す。

偏向部の湾曲区間でP C鋼より線同士の交差が生じた場合、せん断破断に対する安全率は、曲線配置のみを想定したときの曲げ破断に対する安全率よりも0.1～0.15程度低下する。この交差の影響は、外ケーブルを構成するP C鋼より線の本数が2本以上の場合に考慮する必要があり、複数本が関与して複雑に交差した場合には、図-5よりも厳しい応力状態となることもあり得ると考えられる。

5. まとめ

外ケーブルの配置設計に際しては、構成するP C鋼より線同士が偏向部において交差した場合の引張特性の大幅な低下を考慮して、過度に小さな曲げ半径を採用しないよう注意する必要がある。このP C鋼より線同士の交差は、疲労特性にも影響すると考えられる。なお、P Cケーブル全体にツイストを掛けると、交差の条件が限定され、かつ緩和されることになり、安全性の確保・向上に有効と考えられる。

《参考文献》

- 1) 持田, 前川, 鎌田, 橋本, 「外ケーブルを活用したプレキャストセグメント連続箱桁橋の設計」, プレストレストコンクリート, Vol. 39, NO1, pp. 56～64 (1997. 1)

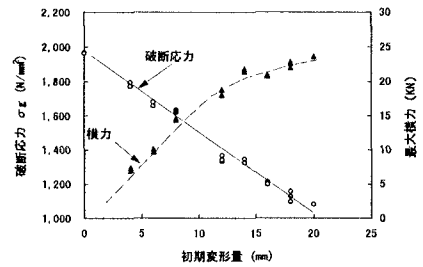


図-4 初期変形量と破断応力、最大横力の関係

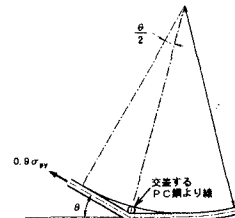


図-5 偏向部におけるP C鋼より線同士の交差の想定

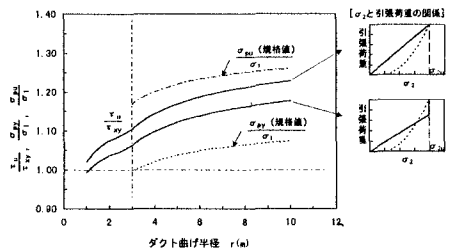


図-6 ダクト曲げ半径と破断に対する安全性の関係