

V-28

PC鋼より線を使用した部材の最大ひび割れ間隔に関する実験的研究

東北大学大学院(ピー・エス) 正会員 ○犬飼 晴雄

東北大学工学部 正会員 三浦 尚

運輸省港湾技術研究所 正会員 福手 勤

1. はじめに

新しいタイプのコンクリート舗装として、異形鉄筋に比べより高強度の連続ケーブルを補強材とする「連続ケーブル舗装」の研究が進められている。この連続ケーブル舗装は、連続ケーブルとコンクリートとの付着により一定の間隔で微細なひび割れを誘発させることにより目地を無くすることができ、また鉄筋における継ぎ手が不要になるため施工性が改善され、さらに連続した高強度鋼の使用により舗装版の耐力が著しく大きくなるという特徴がある。これらの結果、経済性についても従来以上に有利になると予想されている。

本研究は、この連続ケーブル舗装の誘発ひび割れの間隔に関し、PC鋼より線を使用した場合の最大ひび割れ間隔を実験的に推定する方法について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 使用材料 実験には目標強度 400kgf/cm^2 の早強セメントによるレディーミクストコンクリートを、またJIS G 3536 SWPR19に規定する19本の素線をよりあわせた公称直径 17.8mm のPC鋼より線(公称断面積 2.084cm^2)を使用した。

2.2 引抜き試験 引抜き試験で用いた試験体は長さ 3600mm 、幅 1600mm 、厚さが 500mm で、ここに自由端側をケーシングして付着長を $\lambda=50, 100, 150, 200, 250, 300, 400$ 及び 500mm と変化させた計8本のPC鋼より線を埋設した。コンクリート打設後、試験体は引き抜き試験日まで 20°C の湿潤養生をした。引抜き試験は、引抜き荷重の反力がPC鋼より線の周囲のコンクリートに影響しないように、試験体の4隅でその反力を支持するようにし、引抜き荷重をロードセルにより、自由端の鋼材の相対変位量(滑り量 δ)を変位計により測定した。

2.3 両引き試験 試験体は連続ケーブル舗装を想定し、幅 300mm 、厚さ 220mm の断面で長さを 48400mm とした。PC鋼材は上縁より 150mm の位置に偏心させて1本配置した(鋼材比 $p=0.315\%$)。両端のアバットを用いてPC鋼より線に 2tf の張力を与え固定してからコンクリートを打設し、3日間 20°C で湿潤養生をしその後自然放置した。

両引き試験は両端のアバットに緊張ジャッキを設置し、ひび割れの発生が定常状態に達するまで双方の引張力を段階的に増加させた。

3. 試験結果

図-1は、引抜き試験によって得られた自由端の滑り量と式(1)で計算した付着応力度の代表的関係を付着長 $\lambda=300\text{mm}$ の場合について示したものである。 $\tau = P/(\lambda s)$ 式(1)

ここに、 P :引抜き荷重、 s :PC鋼より線の円周

また、図-2は、滑り量 0.2mm までにおける最大付着応力度と付着長の

関係を示したものである。図-1及び図-2より、PC鋼より線の場合、付着応力度に対し 100mm から 500mm の範囲では付着長の違いによる明確な影響がないこと、 $\delta=0.06\text{mm}$ 前後を境

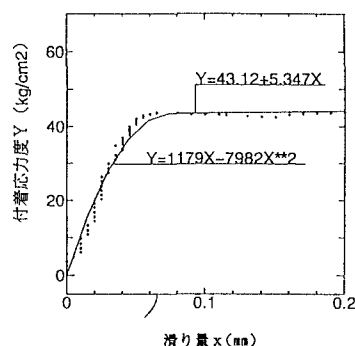
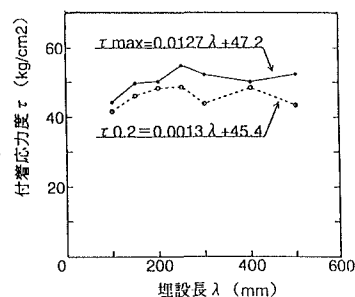


図-1 滑り量と付着応力度の関係

図-2 付着長(λ)の影響

に付着剛性が急激に減少するが、付着応力度については滑り量とともに斬増傾向を示すこと、付着剛性の低下前の滑り量－付着応力度曲線は2次曲線によって、低下後は1次曲線により精度よく近似できることが分かった。

$\lambda=100\sim 500\text{mm}$ の7種類の全データからPC鋼より線の滑り量－付着応力度曲線として式(2)が得られた。付着剛性の変化点 δ_0 は1次回帰曲線に δ_0 で接する2次曲線の誤差が最少になるように定めたものである。

$$\delta \leq \delta_0 : \tau = 14610\delta - 1185300\delta^2 \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

$$\delta > \delta_0 : \tau = 44.83 + 31300\delta \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad \text{式(2)}$$

ここに、 $\delta_0 = 0.00615 \quad (\text{cm})$

両引き試験では鋼材の引張応力度が $\sigma_p = 9000 \text{ kgf/cm}^2$ に達したとき定常状態になり、45本のひび割れが発生した。このときのひび割れ間隔の最大値、最小値、平均値及び標準偏差はそれぞれ $L_{\max} = 1670\text{mm}$ 、 $L_{\min} = 690\text{mm}$ 、 $L_{\text{av}} = 1055\text{mm}$ 及び $\sigma = 220\text{mm}$ で、ひび割れ間隔を正規分布とした場合の $L_{\max}$ の超過確率は0.3%であった。

4. 最大ひび割れ間隔の推定

三浦による方法(文献1,2)を用いて、引抜き試験から最大ひび割れ間隔を以下の手順により推定した。

①両引き試験における最大ひび割れ間隔時の平均付着応力度 u を仮定する(図-3a)。この時のコンクリート及び鋼材の応力度はそれぞれ図-3b、図-3cのように分布する。

②平均付着応力度作用時の最大ひび割れ間隔を $L_{\max} = 2A_e \sigma_{ct} / s u$ により計算する。 A_e は換算断面積で σ_{ct} はコンクリートの引張強度である。

③このときのひび割れ幅は $w_c = 2(\delta_p - \delta_0)$ で、ひび割れ面の滑り量は $\delta_0 = c/2$ である。式中の鋼材とコンクリートの伸び量 δ_p 及び δ_0 は図-3b、図-3cのそれぞれの応力度分布を積分して求められる。

④両引き試験時の鋼材の滑り量をひび割れ面で δ_0 、中央点で零の直線分布と仮定する(図-3d)と、式(2)の $\delta - \tau$ 曲線より最大ひび割れ間隔における付着応力度分布が得られる(図-3e)。

⑤得られた付着応力度分布についてその平均値を求め、これが最初に仮定した平均値と同じであれば、この時の最大ひび割れ間隔が求めるものである。同じでない場合には u を再仮定し同様な計算を繰り返す。

鋼材の偏心配置を無視し、以上の方法により算出した最大ひび割れ間隔は1678mmで、実測値1670mmと極めて良い適合性を示した。この方法によって、PC鋼より線を使用した鋼材比の異なる3種類の別の部材について検証したところ、同様に満足できる結果が得られた。

5. まとめ

①PC鋼より線では付着剛性の低下後も付着応力度の極端な低下は認められず、わずかではあるが斬増する特徴的傾向を示した。

②PC鋼より線の滑り量と付着応力度の関係は付着剛性の低下前は2次曲線で、低下後は1次曲線で精度良く近似することができた。

③PC鋼より線の場合の最大ひび割れ間隔は三浦の方法により極めて精度良く推定することができた。

参考文献

- 1) 三浦 尚他：鉄骨鉄筋コンクリートの分散性に関する研究、セメント技術年報、1983. pp455～458.
- 2) 三浦 尚：突起付き鋼材を用いた部材の力学特性、土木学会、合成構造用鋼材の利用に関する調査研究報告書、1993. 5. 3, pp21～41.

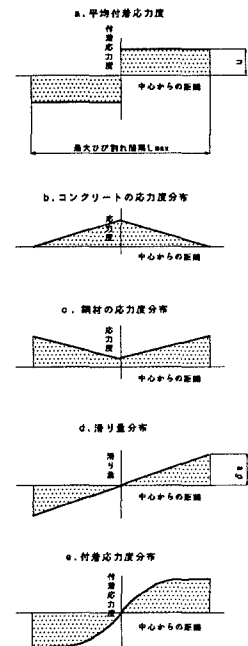


図-3 最大ひび割れ間隔の推定