

プレキャストセグメントPC桁の終局曲げ耐力の算定式に関する一提案

日研高圧コンクリート(株) ○正会員 馬庭秀士

鹿児島大学工学部 正会員 松本 進

鹿児島大学工学部 非会員 富永真生

1. はじめに

橋桁を幾つかのセグメントに分割して工場等で製作するプレキャストセグメント工法は、施工性の単純化、省力化を図れ、また、外ケーブル方式は、橋体重量を軽減でき、施工や管理が容易であることから、近年外ケーブルを併用したプレキャストセグメント工法の活用が積極的に進められている。プレキャストセグメントPC桁の曲げ性状は、著者らの提案している解析モデル¹⁾を用いることで精度よく算出できるが、コンピュータ解析を伴うため実用性に欠ける。本研究では、曲げ耐力に影響を与えるスパン/有効高さ比、セグメント長等の要因を取り上げて数値計算を行い、それらを考慮した外ケーブル方式プレキャストセグメントPC桁の終局曲げ耐力の算定式を提案した。

2. プレキャストセグメントPC桁の終局曲げ耐力の算定式

外ケーブル方式PC部材はコンクリートと鋼材の間に付着がないため、コンクリートの伸びと鋼材の伸びが異なり、通常の曲げ理論で耐力を算出するには、鋼材の張力が必要となる。ここでは、鋼材応力として終局時の鋼材伸び歪変化量 $\Delta \varepsilon_p$ を鋼材位置でのコンクリートの歪変化量 $\Delta \varepsilon_{cp}$ の α 倍とした。また、外ケーブル方式ではデビエータのみに鋼材が保持されているため、たわみにより初期の鋼材有効高さと終局時の鋼材有効高さが異なる。そのため、初期の有効高さを低減する方法(鋼材有効高さ低減係数: β)を適用した。ここに、終局時の鋼材応力は弾性範囲にあることが多いことを考慮すると、鋼材応力および終局時の有効高さの算定式は以下のようになり、通常の曲げ理論で終局耐力を算出できる。

$$f_{ps} = f_{pe} + E_{ps} \alpha \left(\varepsilon'_{sc} + \varepsilon'_{cu} \frac{d_p' - nx}{nx} \right) \quad (1) \quad d_p' = \beta d_p \quad (2)$$

ここに、 d_p :セグメント継目位置の初期鋼材有効高さ d_p' :セグメント継目位置の終局鋼材有効高さ E_{ps} :鋼材ヤング係数 nx :曲げ破壊時中立軸 ε'_{cu} :曲げ破壊時の圧縮縁歪み(=0.0035) ε'_{sc} :鋼材位置におけるコンクリートの有効プレストレスによる圧縮歪み

a) 鋼材応力の算定式

鋼材応力の算定式においては、① L/d_p (L :スパン)、② S_d/L (S_d :デビエータ間隔)、③ M_d/L (M_d :載荷幅)、④ BL/L (BL :セグメント長)、⑤ $f_{cd}/500$ (f_{cd} :コンクリート強度)の5種類の要因を取り上げ、数値解析を行った。図-1には、終局時のケーブルの伸びに影響を及ぼす代表的要因である L/d_p 、 BL/L の結果を示す。この図から、終局時のケーブルの伸び歪

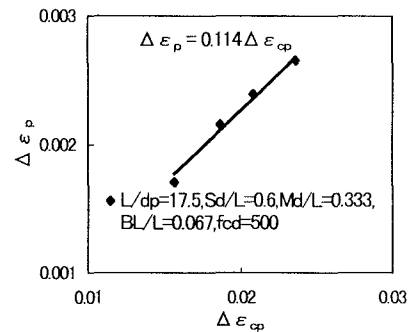
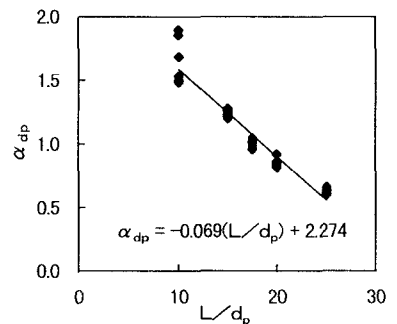
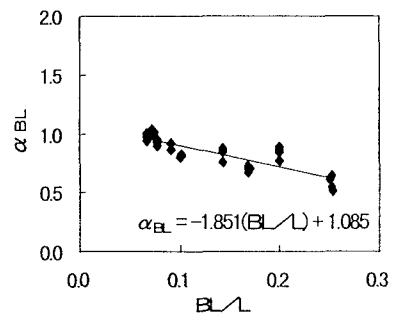
(a) $\Delta \varepsilon_{cp}$ - $\Delta \varepsilon_p$ 関係(b) α_{dp} - L/d_p 関係(c) α_{BL} - BL/L 関係

図-1 鋼材の伸びに及ぼす各要因の影響

変化量 $\Delta \varepsilon_p$ とケーブル位置でのコンクリートの歪変化量 $\Delta \varepsilon_{cp}$ は線形関係にあり、 L/d_p 、 S_d/L 、 B/L 、 $f_{cd}/500$ が大きいほど終局時の鋼材応力が小さく、 M_d/L が大きいほど終局時の鋼材応力が大きくなる傾向がある。特に、プレキャストセグメントPC桁の場合、セグメント数が少ないと継目部に変形が集中することを示している。これらの関係は次式で表せる。

$$\alpha = 0.114 \alpha_{dp} \alpha_{sd} \alpha_{Md} \alpha_{BL} \alpha_{fcd} \quad (3)$$

$$\alpha_{dp} = -0.069 (L/d_p) + 2.274 \quad (3-1) \quad \alpha_{sd} = -0.280 (S_d/L) + 1.137 \quad (3-2)$$

$$\alpha_{Md} = 0.892 (M_d/L) + 0.686 \quad (3-3) \quad \alpha_{BL} = -1.851 (B/L) + 1.085 \quad (3-4)$$

$$\alpha_{fcd} = -0.467 (f_{cd}/500) + 1.517 \quad (3-5)$$

b) 終局時の鋼材有効高さの算定式

解析要因は、 L/d_p 、 S_d/L 、の2種類とした。なお、他の要因の影響はほとんど見られなかったため、鋼材有効高さの算定には無視した。図-2に終局時有効高さに影響を及ぼす代表的要因 L/d_p の結果を示す。この結果より初期の鋼材高さと終局時の鋼材高さの間には線形関係があることが分かった。また、 L/d_p 、 S_d/L が大きいほど、鋼材有効高さ低減係数 β は線形的に小さくなる。これらの関係式は次式で表せる。

$$\beta = 0.888 \beta_{dp} \beta_{sd} \quad (4)$$

$$\beta_{dp} = -0.007 (L/d_p) + 1.133 \quad (4-1)$$

$$\beta_{sd} = -0.217 (S_d/L) + 1.128 \quad (4-2)$$

3. 本算定式の妥当性について

外ケーブル方式の終局曲げ耐力の算出法としては、外ケーブルの位置は相対的に変化しないものとし、鋼材張力の増分を考慮しない方法(マニュアル²⁾)と、睦好ら³⁾による鋼材張力の増分を考慮する算定式がある。ここでは、これら2つの算定式と本算定式の妥当性について検討を行った。図-3は、既往の供試体の終局曲げ耐力と算定式の比率を示したものである。この結果によると、睦好らの算定式は全体的に実験結果より大きく算出され、危険側の結果となった。この原因として、睦好らは一体構造として解析を行っているため、セグメント継目の局部変形を考慮できないためであると考えられる。また、マニュアルに関しては曲げ耐力が大きくなる場合、かなり安全側となる傾向がある。一方、本算定式は外ケーブル方式プレキャストセグメントPC桁の終局曲げ耐力を全般的に精度よく評価できるものと考えられる。

4. まとめ

スパン/有効高さ比、デビエータ間隔、載荷幅、セグメント長、コンクリート強度の各要因を考慮した本算定式により、外ケーブル方式プレキャストセグメントPC桁の終局曲げ耐力を精度よく評価できることが分かった。

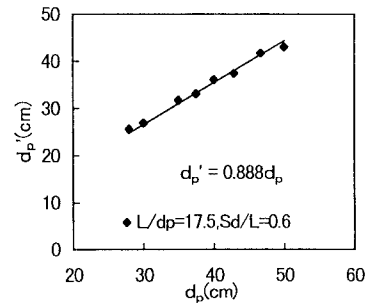
【参考文献】 1) 馬庭他：外ケーブルPC梁の曲げ性状に関する実験的検討

平成7年度 土木学会西部支部研究発表会

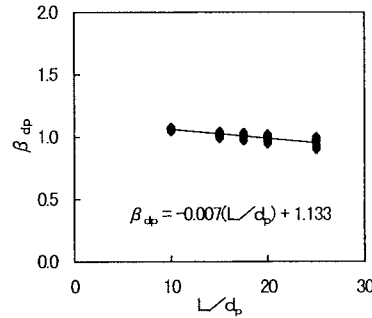
2) (財) 高速道路技術センター：外ケーブルを用いたPC橋梁の設計マニュアル

3) 睦好他：外ケーブルPC部材の曲げ性状および曲げ耐力算定法に関する研究

土木学会論文集 No. 508/V, 1995. 2



(a) $d_p - d_p$ 関係



(b) $\beta_{dp} - L/d_p$ 関係

図-2 終局時有効高さに及ぼす各要因の影響

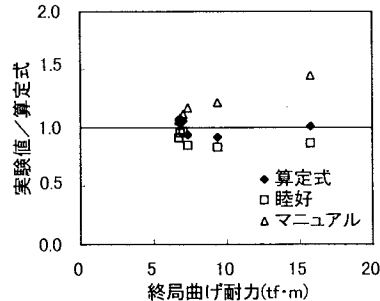


図-3 算定式の精度