

合成桁接合面のせん断プレストレス分布の検証に関する解析的研究

九州工業大学 学生会員 高場啓輔 九州工業大学 正会員 出光 隆
同上 正会員 山崎竹博 富士ピー・エス 同上 徳光 卓

1. はじめに

鋼・コンクリート合成桁の接合面には大きなせん断力が作用するため、ジベル等のずれ止めが用いられる。本研究では、これらのせん断力を低減する目的で、荷重により合成桁接合面に生じるせん断応力とは逆向きに作用するせん断プレストレスの導入について検討してきた。昨年度までは、合成桁のコンクリート床版と鋼桁とを高力ボルトで摩擦接合した供試体を用い、その床版のひずみ分布からせん断プレストレスの測定を行ってきた。しかし、このような接合方法では、接合面のせん断応力はボルト周囲に集中するため、せん断プレストレス分布を正確に測定することが困難であった。そこで、本実験では、コンクリート床版に代わって鋼床版を用い、接着剤によって一体化させることにより、ばらつきの少ないひずみ分布の測定を試みた。それらの結果から、せん断プレストレス分布を測定し、接合面のせん断変形を考慮した合成桁の理論解析方法について、妥当性を検討した。

2. 実験概要

せん断プレストレス導入方法には、せん断プレストレスを接合面の接着前および接着後に導入する、いわゆるプレベンディング方式およびポストベンディング方式がある。本実験では、図1に示すプレベンディング方式の供試体を用いた。せん断プレストレス導入

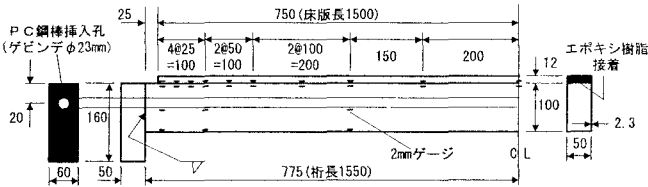


図1 供試体概略図

手順は次の通りである。①鋼箱桁上縁から20mmの位置にゲビンデφ23mmを挿入し、緊張力3tfで緊張する。②緊張した状態で鋼箱桁上面にエポキシ樹脂を塗布し、鋼床版を鋼箱桁上面に接着する。③接着剤が十分に硬化した後、緊張力を解放し、せん断プレストレスを導入する。

3. 解析概要

合成桁接合面では、せん断力Qが作用し、接着剤のせん断ひずみやすべりに伴う相対変位(ずれδ)が生じる。そのため、図2のひずみ分布図に示すように、接合位置で鋼箱桁ひずみεsと鋼床版ひずみεcは、接着剤層のせん断変形を通して不連続となり、両者間に単位長さあたりのずれ量dδ/dxが生じると仮定できる。このような接合面のせん断力を算定するために、合成桁を要素に分割し、接合面にせん断バネを配置した不完全合成桁理論を用いた。解析方法として、要素間の変形の適合条件と力の釣合い条件を満たすように繰り返し計算を行い、接合面のせん断応力分布とずれ量分布を求めた。計算フローチャートを図3に示す。

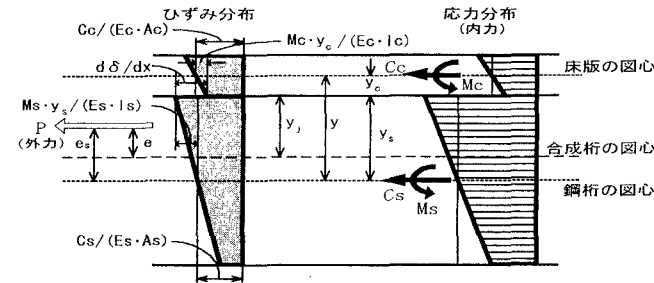


図2 ひずみおよび応力分布

ここで、

- M: モーメント
- y: 接合面からの図心距離
- E: 弾性係数
- I: 断面二次モーメント
- A: 断面積
- C: 軸方向合応力
- 添え字 c: 床版 s: 鋼桁 j: 合成桁

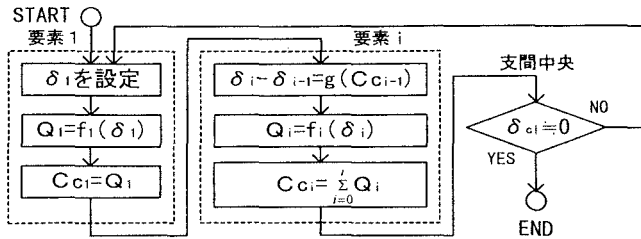


図3 接合面のせん断力とずれの計算フローチャート

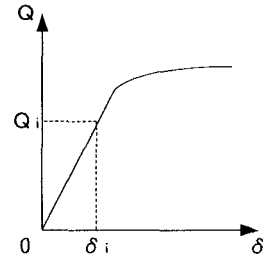


図4 ずれ関数の概略図

本解析では、せん断バネを2.5cm ピッチで配置し、エポキシ樹脂で接着した鋼板の二面せん断試験より求めたせん断バネのずれ関数を使用した。図4に示すように、ずれ関数は非線形となるが、本実験のせん断プレストレス導入程度のせん断力では、接合面の挙動は線形部分で生じたと考えられ、せん断力とずれの関係を $Q_i = k \cdot \delta_i$ として用いた。本解析のせん断バネ定数は、 $k = 1.8994 \times 10^6 \text{ N/mm}$ となった。ゲビンデの緊張力解放に伴い、鋼床版には軸方向応力が導入される。その応力の合力（床版軸方向合応力 Cc ）の分割要素間における差が、せん断プレストレスに相当する。ずれは床版軸方向合応力の関数で式(1)のように表される。

$$\delta_i - \delta_{i-1} = (\varepsilon_{ci} + \varepsilon_{si}) \cdot (x_{i+1} - x_i) \quad (1) \quad \varepsilon_{ci} = \frac{C_{ci}}{E_c \cdot A_c} - \frac{M_{ci}}{E_c \cdot I_c} \cdot y_c$$

$$\varepsilon_{si} = \frac{C_{si}}{E_s \cdot A_s} - \frac{M_{si}}{E_s \cdot I_s} \cdot y_s \quad (2)$$

4. 実験結果と解析結果の考察

図5、図6および図7に、それぞれ実験より得られた床版軸方向合応力分布、せん断応力分布およびずれ量分布を解析値とともに示す。その結果、せん断応力はプレテンションPC桁の定着部と同様に定着長さに相当する位置では大きく作用し、桁中央部に向かって急速に減少していく現象が確認された。このことは、今回のせん断プレストレス導入程度のせん断力では、接合面の破壊は生じておらず、せん断弾性変形に伴いせん断応力分布が生じたと理解される。合成桁接合面のせん断応力分布、ずれ量分布とも実験値と解析値がほぼ一致し、本解析方法により、せん断プレストレスの算定が可能であることが確認できた。

5. まとめ

- 1) プレベンディング方式で導入したせん断プレストレスは、プレテンションPC桁の定着長に相当する位置で大きく作用し、桁中央部に向かって急速に減少される。
- 2) プレベンディング方式で導入した合成桁接合面のせん断応力分布およびずれ量分布は、接合面のせん断弾性変形をずれ関数として考慮することにより、精度良く解析できる。

【参考文献】徳光卓・山崎竹博・出光隆：せん断プレストレスを利用した鋼・コンクリート合成桁接合面のせん断補強に関する研究，土木学会論文集 NO. 592/V，pp. 63～72，1998-5

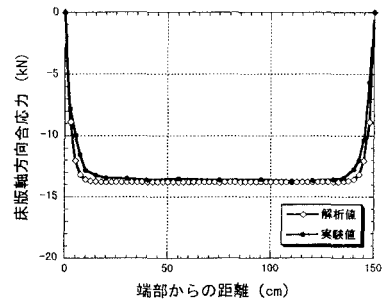


図5 床版軸方向合応力分布

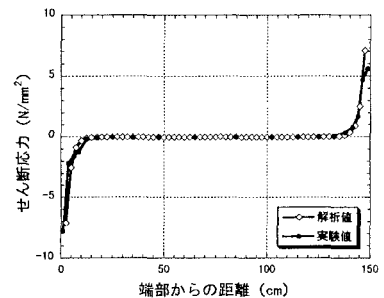


図6 せん断応力分布

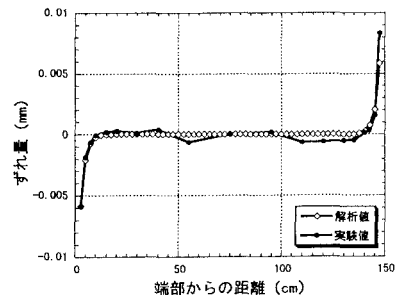


図7 ずれ量分布