

孔あき鋼板ジベルを用いた合成桁のずれ挙動解析

大日本コンサルタント(株) 正会員 ○有吉 孝文

広島大学 正会員 藤井 堅

広島大学大学院 学生会員 藤村 伸智

1. はじめに

合成構造には、鋼とコンクリートを一体化させるためにずれ止めが用いられているが、この力学特性を把握することは重要である。そこで本研究では、孔あき鋼板ジベルを用いた押し抜きせん断試験を行ってずれ特性を調べるとともに、孔あき鋼板ジベルを合成桁に適用した場合の力学挙動を実験的に把握した。さらに押し抜きせん断試験を基に結合要素を構築し、有限要素解析によって合成桁の曲げ挙動解析を行い、本解析手法の妥当性を検証した。

2. 解析手法

2-1 結合要素 ジベルのずれは、鋼・コンクリートの中央面の節点とをつなぐ結合要素として扱う。ばね定数 K は、孔あき鋼板ジベルの押し抜き試験で得られた荷重-ずれ関係より決定する。孔の位置でのずれと力との関係は、以下のように表せる。

$$F' = ku' \quad (1)$$

ここで、 F' は孔の位置でのずれ力、 u' は孔の位置での相対ずれである。

本解析では、Fig. 1 に示すように押しぬき試験から得られた非線形の荷重-ずれ関係を数本の直線で近似し、その傾きからばね定数を求めた。また、(1) 式は孔の位置でのずれ力-ずれ関係を示しているの、板の中央面での変位-ずれ力関係を表現できるように Fig. 2 を参照して、

$$u'_C = u_C - h_C \theta_{YC} \quad (2)$$

$$u'_S = u_S + h_S \theta_{YS} \quad (3)$$

を得る。ここで h_C : コンクリート中央面と孔中心の位置の距離

h_S : 鋼中央面と孔中心の位置の距離、 θ_{YC} : コンクリート中央面の節点の回転角、 θ_{YS} : 鋼中央面の節点の回転角を示し、それぞれ板要素の節点変位を示す。なお、要素は、4 節点アイソパラメトリックシェル要素を用いた。

2-2 解析モデル 合成桁曲げ実験に用いた供試体の解析モデルを Fig. 3 に示す。鋼およびコンクリートともに、完全弾塑性とし、材料特性は Table. 1 に示す値を用いた。

Table. 1 材料特性

	弾性係数 (KN/mm ²)	ポアソン比	降伏応力 圧縮強度 (N/mm ²)
鋼	191	0.26	283.9
コンクリート	26.1	0.195	33.2

3. 解析結果

Fig. 4 に解析値と実験値の荷重-たわみ曲線を比較して示す。図には、梁理論による完全合成と重ね梁とした計算値もあわせて示す。Fig. 4 から、解析値と実験値は、完全合成桁と重ね梁の中間的な挙動で、両者はよく一致していることがわかる。

解析値と実験値の荷重-ずれ関係を Fig. 5 に示す。解析値と実験値を比較す

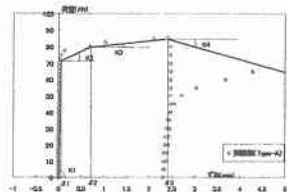


Fig. 1 荷重-ずれ関係

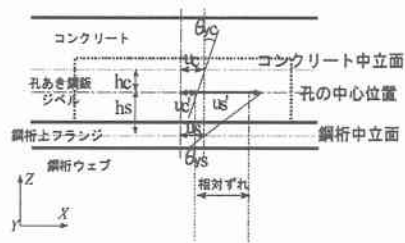


Fig. 2 孔の位置における相対ずれ

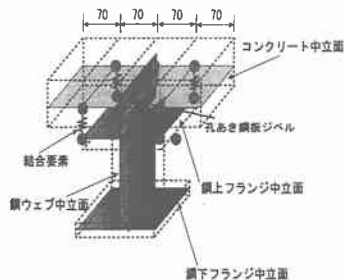
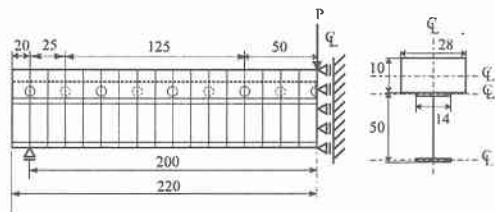


Fig. 3 解析モデル

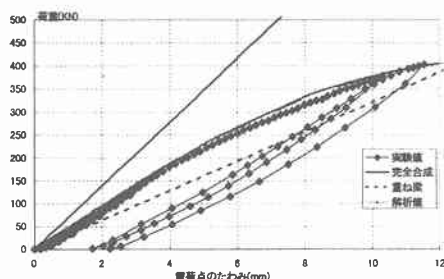


Fig.4 荷重-たわみ関係

ると、同じずれに対して解析値と実験値は、また、実験値と解析値は、ほぼ一解析値は、実験値よりもやや高いずれ力となっているが、200KN 付近からずれが大きくなる現象や各ジベルのジベル位置におけるずれの現れ方はよく対応していることがわかる。

ずれ止めの各孔における鋼とコンクリート界面のずれ分布を実験値とともに Fig.6 に示す。また Fig.7 は、Fig.6 と対応して、解析から得られた各孔のばね力（ずれ力）を示す。これらの図からわかるように、荷重 150KN までは、界面のずれは小さく、また各孔のずれ力はどの位置でもほぼ同じであり、ずれ止めに作用するずれ力は一様であると考えられる (Fig.7)。荷重が 150KN を超えると、ずれ分布は荷重点に向かって小さくなるが、支点付近のずれが最も大きくなるとはいえない。ずれ力も 150KN までは支点から内側で最大ずれ力が発生しているが、さらに荷重が 200KN を超えると、ずれ力は支点で最大となる直線分布に近づくのがわかる。そして、350KN 以上の荷重では、ずれ力分布が一本の直線に漸近するのが、Fig.7 からわかる。350KN 以上の荷重でずれ力がほとんど変わらないのは、孔内コンクリートが破壊し、もはやずれ抵抗がなくなっていることを示している。

Fig.8 に、孔の位置での全せん断力と載荷荷重関係を示す。ここでの全せん断力は各孔のずれ力を足しあわせたものである。また、完全合成を仮定して得られる孔の位置での全せん断力もあわせて示す。Fig.8 では、荷重が 200KN までは、全せん断力は完全合成とした梁理論から得られる全せん断力とほとんど一致している。その後、孔内コンクリートの破壊が進むと荷重増分に対するずれ力増分は小さくなり全せん断力は一定値に漸近することがわかる。

4. まとめ

- (1) 合成桁の実験結果と解析結果とを比較した結果から、押し抜き試験結果を結合要素のばね定数に反映させた本解析手法は、合成桁の曲げ挙動を精度よく推定できるといえる。
- (2) あまり大きなずれが発生しない荷重 (200KN) までは、たわみ性状は、不完全合成となるが、ジベルの孔に作用するずれ力の和と完全合成として梁理論から求めた全せん断力とほとんど一致した。孔内コンクリートの破壊が進むと荷重増分に対するずれ力増分は小さくなり全せん断力は一定値に漸近する。

参考文献 1) 藤井, 西土, 有吉: 押し抜きせん断試験による孔あき鋼板ジベルのずれ特性, 鋼構造年次論文報告集, 1999.11 2) 西海, 富永, 室井, 古市: 拘束条件を考慮した孔あき鋼板ジベルのずれ止め特性に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, 1998

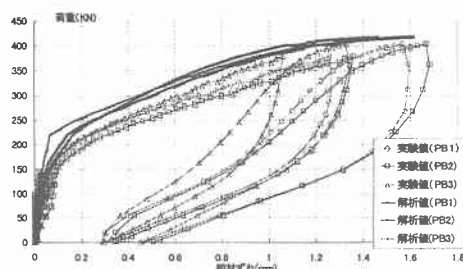


Fig.5 荷重-相対ずれ関係

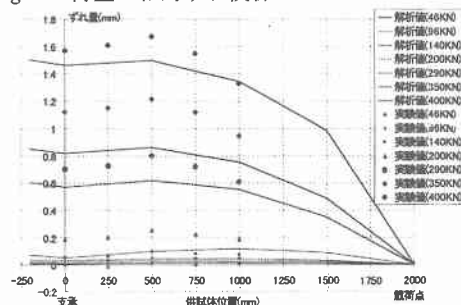


Fig.6 ずれ分布

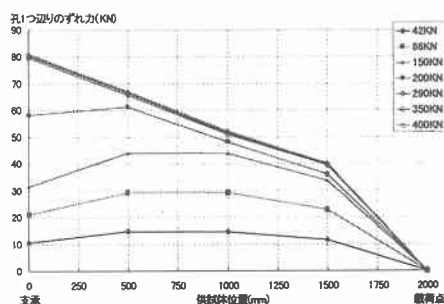


Fig.7 ずれ力分布

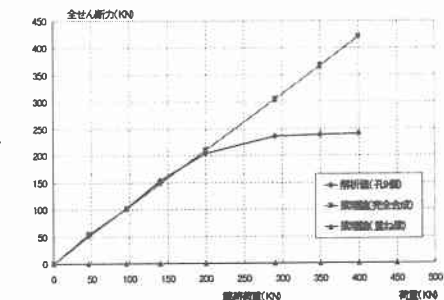


Fig.8 全せん断力-載荷荷重関係