

# H 鋼から鋼管に PBL を介して軸力が伝達される接合構造における正負繰返し挙動

広島大学大学院 学生会員  
株式会社 IHI 正会員

山口詩織  
道菅裕一

広島大学大学院 正会員  
中国電力株式会社 正会員  
広島大学大学院 学生会員

藤井堅  
森賢太郎  
佐々木達也

## 1. はじめに

近年、鋼・コンクリート複合構造では、異種材料間の応力伝達を行うためのずれ止めとして孔あき鋼板ジベル（以下、PBLと呼ぶ）が多用されるようになった。既往の研究により、鋼管内部にコンクリートを充填させて PBL を配置すると、鋼管が PBL 孔部周辺のコンクリートを拘束するので、そのずれ耐力は大きく上昇し、また、最大ずれ耐力に達した後もその耐力を維持することがわかった。しかし、PBL を用いた接合構造において正負繰返し载荷を行った際の履歴特性やずれ挙動は明らかにされていない。そこで、本研究では、ジベル孔を介して H 鋼から PBL プレートを設置したコンクリート充填鋼管に軸力を伝達させる接合構造についての、正負繰返し载荷を行った際の荷重伝達機構および履歴特性、さらにコンクリートあるいはモルタル等の充填材料の違いによるずれ挙動の違いを明らかにする。

## 2. 実験概要

供試体の形状を図-1 に、供試体名称と諸元を表-1 に示す。円形鋼管は、外径 276.4mm、板厚 6mm の STK400 であり、内部にジベル孔 2 孔を設けた PBL プレートを 2 枚配置した。この中に図-1 に示すようにウェブ中央にジベル孔を 1 つ持つ H 形鋼を挿入して、2 体の供試体を作製した。载荷は、鋼管を固定して H 形鋼に正負繰返し軸力を与えた。

コンクリートおよびモルタルの材料特性を表-2 に示す。

## 3. 実験結果と考察

漸増繰返しずれを与えて得られた鋼管と H 鋼の相対ずれと荷重の履歴曲線を図-2 に、ずれ変位を一定として繰返し载荷を行った場合の荷重-ずれの履歴曲線を図-3 に示す。なお、図-2 および図-3 で、充填材料はそれぞれコンクリートおよびモルタルである。

これらの図より、荷重-ずれ履歴は、荷重反転時にある一定の耐力を維持しながら大きな変形を生じるスリップ型で、ループの描く面積（エネルギー吸収能）はあまり大きくないことがわかる。また、図-3 からは、一定変位で繰返し载荷を行うと、その変位での 1 サイクル目で描くループの面積よりも 2 サイクル目以降のそれは小さくなるのがわかる。これは、過去に発生したずれ変位の範囲をジベル孔が通過するときに

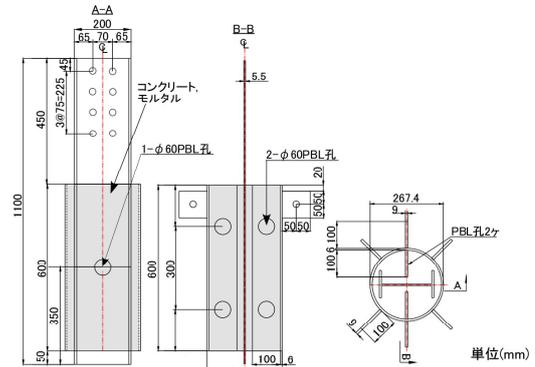


図-1 供試体形状 (typeB-concrete)

表-1 供試体一覧

供試体名	ピストン部材の断面形状	充填材料	鋼管内PBLプレート有・無
typeB-concrete	H鋼 (フランジ幅100mm)	コンクリート	有
typeB-mortar	H鋼 (フランジ幅100mm)	モルタル	有

表-2 材料特性

材料	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)
コンクリート	23264	0.26	33.6	3.16
モルタル	—	—	54.6	—

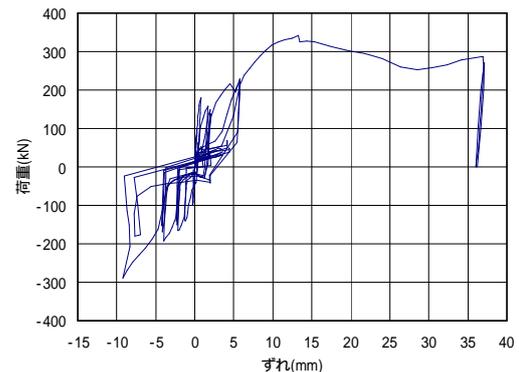


図-2 履歴曲線 (typeB-concrete)

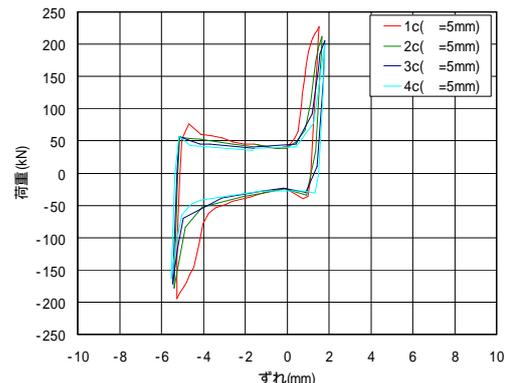


図-3 一定変位での履歴曲線 (typeB-mortar)

は、ジベル孔部周辺の骨材が磨耗し、滑りやすくなるためと考えられる。過去に経験したずれ変位よりも大きいずれが生じると、図-2 に示すように、PBL 本来のずれ機構が復活するので、荷重は急増する。

図-4 に、鋼管中央位置のひずみ計測結果から求めた鋼管の周方向応力の履歴を示す。これらの図の鋼管周方向応力（横軸）は、鋼管の中央断面の各測定位置で求めた周方向応力の平均値である。図中、赤色で示したサイクルが、コンクリート充填（図-2）とモルタル充填（図-3）の正の荷重状態がほぼ同じである。赤色で示したサイクルの正の荷重状態に注目すると、コンクリートを充填した方がモルタル充填よりも周方向応力の増分が大きい。これは、コンクリートには粗骨材が入っているので、モルタルよりも骨材間の噛み合いが大きくなり、ジベル孔の押し広げ力が大きいことに因る。

次に、H 鋼のジベル孔から鋼管内に配置されたジベル孔への荷重伝達機構について考察する。鋼管内に配置された PBL 孔は上下 2 箇所あり、鋼管中央位置で H 形鋼のジベルからコンクリートを介して軸力が伝達される場合、たとえば引き抜き力の場合には、H 形鋼のジベルと鋼管の上側に配置されたジベルとの間のコンクリートは圧縮、一方、鋼管の下側のジベルとの間のコンクリートは引張が作用することになる。このとき、引張力が作用する鋼管下側ジベルと H 形鋼ジベル間のコンクリートにひび割れが発生することが予想されるが、もし、この間のコンクリートにひび割れが発生するならば、作用軸力は鋼管の上側のジベルのみ受け持つことになるから、鋼管中央での軸力は作用外力（荷重値）と同じになるはずである。一方、鋼管の下側のジベルも上側のジベルと同様に作用外力を受け持っているならば、鋼管中央での軸力は荷重値の 1/2 になるはずである。このとき、鋼管中央の軸方向ひずみには、実際には、コンクリートと鋼管間の摩擦力やジベル近傍の応力集中の影響などが現れるので、上記のように単純にはならない。

鋼管中央位置における鋼管の軸方向応力の履歴曲線を図-5 に示す。図には、作用軸力を鋼管断面積で除した軸応力（鋼管が受け持つべき軸応力）もあわせて示す。図中、赤色と緑色は、あるサイクルにおける正の荷重（引く抜き）状態である。この荷重に対する鉛直方向応力の増分を表-3 に示す。これらの図表より、鋼管中央位置の鉛直方向応力増分は、作用軸力の約 1/2 の応力に対応していることがわかる。したがって、H 鋼のジベル孔部から伝達される荷重は鋼管内の上下のジベルがほぼ同じ分担率で受け持っており、コンクリートが引張となる側のジベルも反対側のジベルと同様に荷重分担し

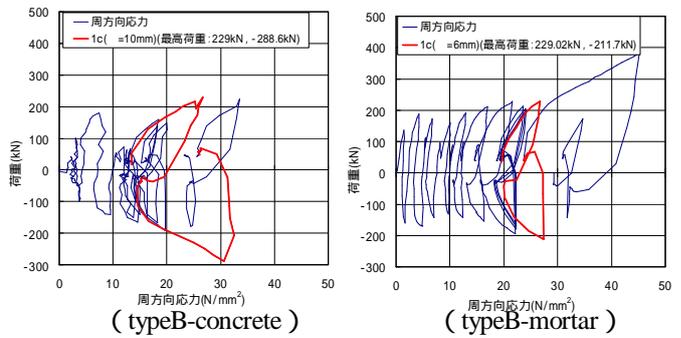


図-4 周方向応力履歴曲線

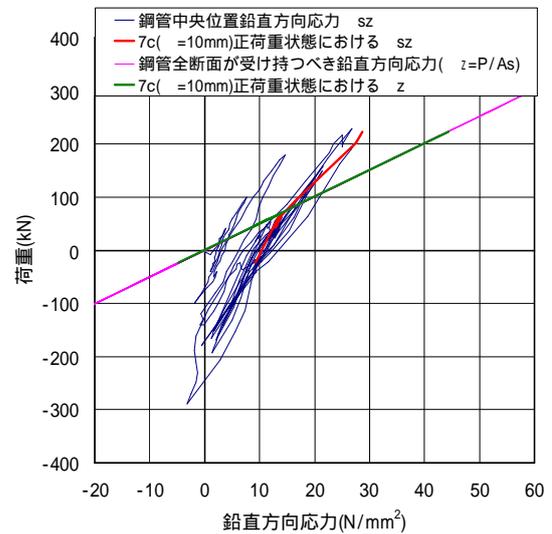


図-5 鉛直方向応力履歴曲線 (typeB-concrete)

表-3 鉛直方向応力増分 (typeB-concrete)

	荷重 (kN)	鋼管全断面が受け持つべき鉛直応力増分量 (N/mm <sup>2</sup> )	鋼管中央位置での鉛直方向応力増分量 (N/mm <sup>2</sup> )
typeB-concrete	-23.80	49.1	20.5
7c(δ=10mm)	223.50		

ていると考えられる。

#### 4. 結論

(1) ジベル孔を介して H 鋼から PBL プレートを設置したコンクリート充填鋼管に正負繰返し荷重を伝達させる接合構造の履歴特性は荷重反転時にある一定のずれ耐力を維持しながら大きな変形を生じることがわかった。

(2) H 鋼のジベルから伝達される荷重は鋼管内の上下に配置されたジベルがほぼ同じ分担率で受け持つ。

#### 参考文献

- 1) 藤井ら：土木学会論文集 A, Vol.64, No.2, pp.502-512, 2008.
- 2) 日向ら：構造工学論文集, Vol.53A, pp.1089-1098, 2007.
- 3) K.Fujii, et.al: Proc. 4<sup>th</sup> INT. Struct. Eng. and Const. Conf. (ISEC-4), Melbourne, Vol.1, pp.447-453, 2007.
- 4) 深田ら：第 6 回複合構造の活用に関するシンポジウム論文集, Vol.6, CD-ROM, 2005.