

パーフォボンドストリップのせん断伝達機構に関する数値解析的研究

国土交通省 正会員 赤城 尚宏

神戸市立工業高等専門学校 正会員 上中宏二郎

大阪市立大学工学部 正会員 鬼頭 宏明

大阪市立大学工学部 フェロー 園田恵一郎

1.まえがき Perfobond Strip(以降帯板と呼称)とは、合成桁などにおいて慣用の機械的ずれ止めであるスタッドコネクタに代わる物として 1980 年代後半にドイツのレオンハルトら¹⁾により開発されたもので、複数の円孔を設けた帯板を鋼桁フランジ外面上に鉛直に連続溶接施工されたものを指す。本研究は引き抜きせん断載荷実験(以降引抜き実験と呼称)を対象とし、汎用有限要素法:MARC²⁾による3次元接触弾性解析(Contact機能活用)を行い、帯板のせん断伝達機構を検討するものである。

2.引抜き実験 図-1 に示すように鋼板($t=19\text{mm}$)に1~3個の円孔($\phi 40$)を設けた鋼帯板($t=12\text{mm}$)を溶接したもの二個を向かい合わせる形式で配置し、その間にコンクリートを打設した。コンクリート部を油圧ジャッキ(9.8MN)で押し鋼板に引抜き力を与えた。鋼板にはグリース塗布とビニール敷設を施した後コンクリートを打設して両材料間の付着を除去した。また帯板端部でのコンクリートの支圧を防ぐため発砲スチロールを帯板に設置した。表-2 に使用材料の特性を示す。尚、実験供試体の実験変数は孔数(1.2.3)と貫通鉄筋(有、無)とし、計6体を用意した。

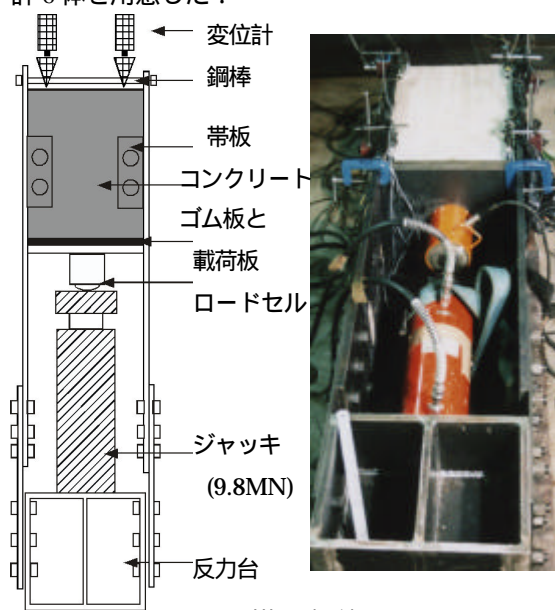


図1 引抜き実験概要

3.解析モデルの設定 コンクリート中央部分を対称面とし鋼板の帯板のせん断力載荷方向に添う中央線をもう一つの対称面とする 1/4 領域(図-2)を解析対象とし総数 3600 個の三次元要素で離散化した。両対称面上の節点は面外に節点が移動しない拘束を与えることで対称条件を満たすものとした(境界条件呼称; apply1.2)。また鋼板は載荷時に鋼板がコンクリートからはがれるようなそりが発生するので実験ではそれを抑えるために供試体端部に鋼棒を配置した。そり抑制を考慮し鋼板の底面上の節点を面外に移動しないよう拘束を与えた(apply3)。一方、荷重は油圧ジャッキがコンクリートに強制変位を与えることで荷重を与えることから、載荷面に強制変位を与えることとし、鋼板端部部分の反力の総和を載荷荷重とした(apply4)。更に鋼板の端部は反力を計測するためせん断方向のみ拘束を与えた(apply5)。これら境界条件を表-1 に要約した。解析に用いた材料定数は実験時のもの、すなわち表2 の値を用いた。

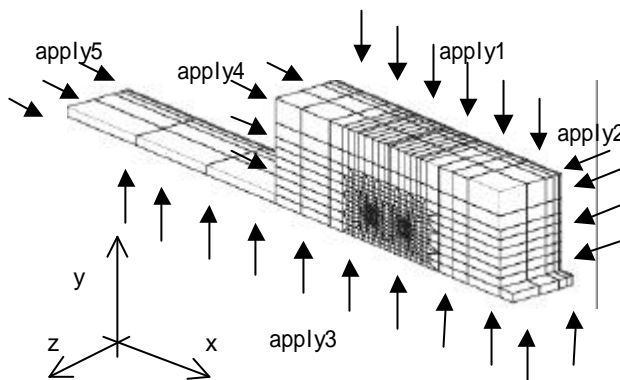


図-2 引き抜き供試体の解析モデル (1/4 対称領域)

表-1 境界条件(規定強制変位量)

#	U_x	U_y	U_z
apply1	-	0	-
apply2	-	-	0
apply3	-	0	-
apply4	0.01	-	-
apply5	0	-	-

Key Words :Steel-concrete composite construction , shear connector, 3DFEM

大阪市立大学工学部構造工学研究室 〒558-8585 大阪市住吉区 3-3-138 工学部C 棟 307 教室
TEL 06-6605-2723 (FAX 共通)

表-2 材料定数

コンクリート		帯板鋼材	
圧縮強度	ヤング率	引張降伏強度	ヤング率
f_c (MPa)	E_c (GPa)	f_{sy} (MPa)	E_s (GPa)
25.8	21.3	283	214

4.解析モデルの妥当性の検証

1) 荷重-相対ずれ曲線における初期剛性：まず荷重段階初期においては実験供試体も弾性範囲内の挙動を示すと思われるのでその段階での荷重-相対ずれ曲線における初期剛性(実験値; K_0 , 解析値; K_A)に着目する。実験値と解析値を表-3のように対比すると、#5,6を除き良好な対応関係が認められた。

表-3 実験値と解析値の対比

#	Tag	孔数	鉄筋	K_0 (kN/mm)		K_A (kN/mm)		[1]/[2]
				[1]	[2]	[1]	[2]	
1	1N	1	×	419.1	303.9	1.38		
2	1R	1		383.8	310.3	1.24		
3	2N	2	×	643.6	684.7	0.94		
4	2R	2		478.6	701.4	0.68		
5	3N	3	×		1260	-		
6	3R	3			1287	-		

2) 帯板せん断方向のひずみ：実験で計測された帯板のせん断方向ひずみを、対応する位置での解析結果と比較することで本解析の妥当性を再度検証した。実験上では繰り返し荷重の範囲内ではひずみが安定していないものが多いがその中で比較的安定していた供試体(2R)をその対象として選出した。図-3は計測された帯板上のひずみと対応する節点での解析値との比較である。この図より解析値は実験荷重初期段階の実験値の傾向を概ね再現できていることがわかる。

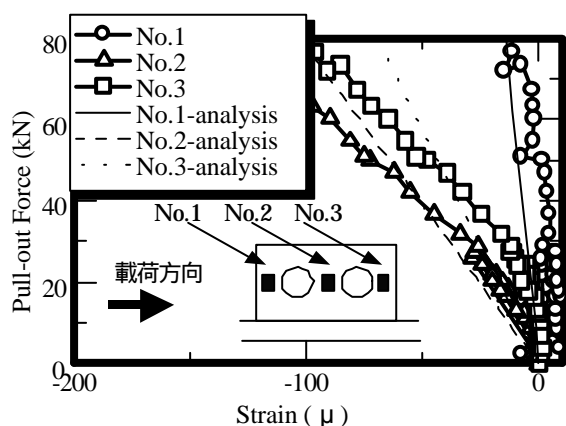


図-3 供試体 2R における帯板のせん断方向ひずみ

5.考察

1) ひび割れ性状：供試体のコンクリート部分において帯板から発生するクラックが実験にて確認された。これは帯板がずれるときに生ずる割裂力に起因するものであり、数値解析的に検証すると図-5に示す帯板上部のコンクリートの割裂方向(Z方向)に発生する応力の存在が確認できた。また

このことより貫通鉄筋はこれらの割裂力に抵抗する働きがあることも示唆できる。

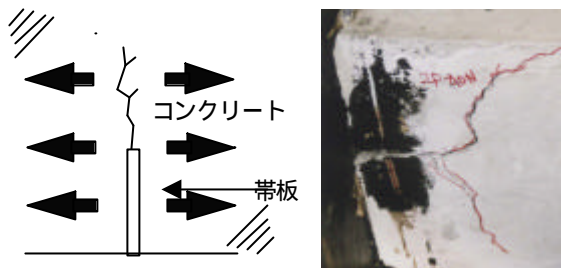


図-4 帯板から発生したと思われるクラック図

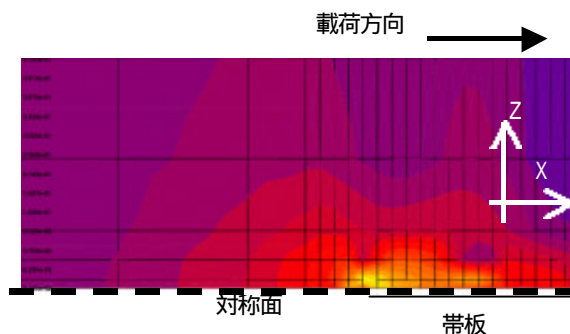


図-5 帯板上部(5mm)の割裂方向応力分布図

2) 帯板の応力分布：帯板のせん断方向応力の分布を観察すると、荷重側の帯板孔部ほど大きな応力が局所的に働いていることから、全作用せん断力は各円孔にて均等に負荷するのではなく荷重側の円孔から負担されていくことが指摘できた。

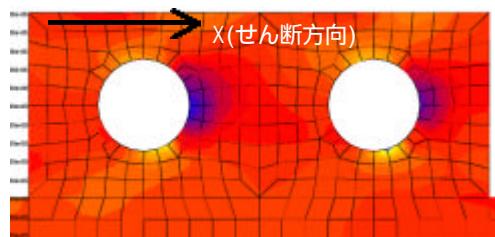


図-6 供試体 2R における帯板のせん断方向直応力分布図

6.結論

- 1) 鋼とコンクリートとの接触条件を考慮した汎用有限要素法の弾性解析モデルを構築し、引抜き実験荷重初期段階での実験値との比較により、その妥当性を検証できた。
- 2) 実験供試体のコンクリート部に生ずるひび割れは帯板周辺に働く割裂力に起因するもので、数値解析的にその割裂力の存在を確認できた。
- 3) 帯板に負荷するせん断力は荷重側円孔から負担されていくものであることを、数値解析結果より指摘できた。

参考文献

1) Leonhardt, F, et al :Neues, vorteilhaftes Verbundmittel fur Stahlverbund Tragwerke mirt hoher Dauerfestigkeit, Beton-und Stahlbetonbau, pp.325-331, 12/1987.
 2) 日本マーク(株)：非線形構造解析プログラム Marc K-7 マニュアル A-E 編, 1997.