

不完全合成を考慮した合成桁の終局荷重推定

広島大学大学院 学生会員 ○伊須田 遼
 広島大学大学院 フェロー会員 藤井 堅
 極東興和株式会社 正会員 谷 慎太郎

1. 序論

合成桁のような鋼・コンクリート複合構造物は、構成材料の弱点を相互で補完する合理的な構造形式である。PBL を用いた合成桁における設計計算は、完全合成を仮定して行われる。しかし、PBL を用いた合成桁の載荷試験において、合成桁は完全合成と重ね梁の間である不完全合成の挙動を示す^{1,2)}ことがわかっている。これは、実際の合成桁のPBLに作用するせん断力は、完全合成状態を仮定したせん断力よりも小さいことを示す。したがって、完全合成を仮定してPBLを設計するのは、安全側の設計になるものの、場合によっては過剰設計となることが予想される。

そこで本研究では、PBL のずれ耐荷力の違いに着目し、不完全合状態での実挙動を解明、不完全合成を考慮した合成桁の終局荷重推定を目的とし、孔径のみ異なるPBLを用いた合成桁の四点曲げ載荷試験を実施した。また、それぞれの孔径のPBLのずれ耐荷力を確認するために、同寸法の要素試験も実施した。

2. 試験体および試験方法

合成梁供試体の概要を図-1 に示す。供試体の全長は4,000mm、支間長は3,500mmである。コンクリート床版の断面は、高さ200mm、幅500mmとした。パラメータは、孔径のみで「TypeA」が孔径30mm、「TypeB」が孔径60mm、「TypeC」が孔径90mm、「TypeD」が孔径120mmとした。載荷試験に際しては、左支点から1,150mmと1,350mmの位置で集中荷重を与え、終局荷重や各位置でのたわみ、ひずみなどを計測した。なお、コンクリートと鋼材の材料特性を表-1と表-2に示す。

3. 実験結果

載荷試験により得られた、荷重-載荷点中央たわみの関係を図-2 に示す。荷重が急激に落ちたところでPBLが破壊したとみなした。PBLの破壊荷重としては、ジベルの孔径との相関はみられなかった。すべての供試

体において、荷重の増加とともにたわみの増分も上昇しており、曲げ剛性の低下がみられるが、ジベル破壊荷重まで完全合成と重ね梁の間の挙動を示していることがわかる。荷重が急激に落ちた箇所がいくつかあるのは、それぞれのPBLで破壊のタイミングが異なるためだと考えられる。しかし、コンクリート部の中は確認できないため、確かではない。最後に荷重が急激に落ちたところで載荷点より左側の区間において、コンクリート上面の梁軸方向に一直線にひび割れが発生し、合成梁は破壊に至った。

4. 不完全合成を考慮した合成桁の終局荷重推定

図-2の荷重-たわみの関係より、各々の合成桁の曲げ剛性を求め、そこから合成率の定義より導き出された荷重-合成率の関係を図-3に示す。また、PBLが荷重に抵抗するのは、完全合成として受け持つ荷重分によってPBL部に作用するせん断力であり、完全合成の荷重分担率と荷重の関係を図-4に示す。

まず、荷重増加に伴って合成率が低下していることがわかる。これは、PBLにずれ荷重が作用することによって徐々に孔内のコンクリートにひび割れが進展し、ずれ抵抗が小さくなっているためだと考えられる。またTypeA~TypeDにおいて、孔径が大きいほど合成率が大きくなっていることがわかる。孔径60mmと孔径90mmの間では合成率にあまり差は見られないが、特に孔径30mmでは格段に低く、孔径120mmでは格段に高いことがわかる。これらは、合成率から算出される完全合成の荷重分担率においても同じことがいえる。しかし、孔径60mm~孔径120mmの供試体では、合成率と完全合成の荷重分担率がいずれもおおよそ0.35と0.55まで落ちたときにPBLが破壊に至っていることがわかる。一方、孔径30mmでは、合成率と完全合成の荷重分担率はそれぞれおおよそ0.13と0.23であり、そもそも十分な合成率が得られていないことがわかる。

キーワード 孔あき鋼板ジベル, 合成桁, 不完全合成, 合成率

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻

T E L 082-424-7819・7828

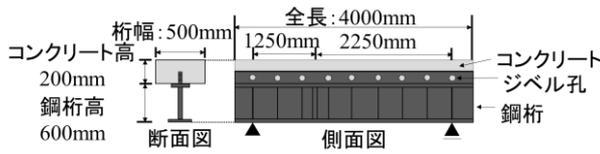


図-1 合成桁供試体形状

表-1 コンクリートの材料特性

供試体名	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
TypeA, B	36.4	3.7	30.4
TypeC, D	38.1	3.0	32.2

表-2 鋼材の材料特性

降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)
341	453	30

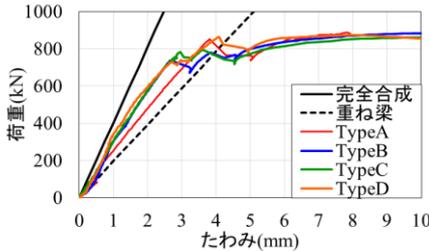


図-2 荷重-たわみ関係

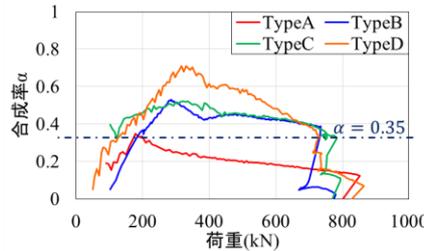


図-3 荷重-合成率の関係

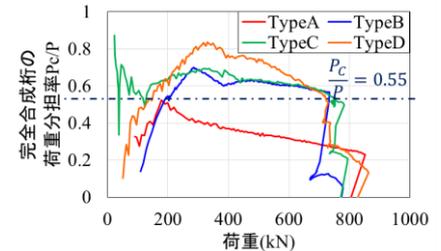


図-4 荷重-完全合成の分担率の関係

表-3 各 Type の合成率・荷重分担率一覧

	孔径 (mm)	要素試験より		合成桁試験より(PBL破壊時)					I / II
		平均ずれ耐荷力 I (kN/孔)	曲げ剛性 (kN・mm ²)	合成率	P (kN)	荷重分担率 P _c /P	P _c (kN)	ずれ力 II (kN)	
TypeA	30	71.4	1.67×10 ¹¹	0.13	851.9	0.23	194.1	65.6	1.09
TypeB	60	103.6	2.09×10 ¹¹	0.39	732.8	0.57	415.9	140.6	0.74
TypeC	90	110.7	1.99×10 ¹¹	0.32	783.3	0.50	389.1	131.5	0.84
TypeD	120	135.9	2.01×10 ¹¹	0.34	731.3	0.51	373.8	126.3	1.08

次に、荷重系列でまとめた合成率と荷重分担率、PBLに作用するずれ荷重、そして要素試験で得られた各 Type のずれ耐荷力などの一覧を表-3に示す。PBLに作用するずれ荷重は、載荷荷重 P ではなく、完全合成として受け持つ荷重 P_c に対して完全合成のはり理論から求められる。これらの結果から合成桁のジベル破壊時に PBL に作用するずれ力が、要素試験で得られた各 Type のずれ耐荷力とほぼ一致していることがわかる。よって、合成率を用いることで PBL に作用するずれ力の推定が可能である。また、最も孔径の小さい TypeA の合成桁が比較的高い終局荷重であったのは、十分な合成率が得られなかった分だけ、PBL に作用するずれ力が小さくなり、PBL が破壊するだけのずれ力が作用するのにより大きな載荷荷重を要したためだといえる。つまり、不完全合成桁ではやみくもに孔径を大きくしても合成率が大きくなることで比較的大きなずれ力が PBL に作用し、合成桁の終局荷重としては低い値になりうるということがわかった。

5. 結論

1. 本供試体桁断面では、合成率を用いることで PBL に作用するずれ力を推定することができ、孔径 60mm 以上であれば、合成桁の終局荷重推定も可能である。
2. PBL のずれ抵抗力が大きいと合成率が高くなるが、終局時には孔径 60mm 以上でいずれも合成率およそ 0.35、完全合成の荷重分担率およそ 0.55 であった。
3. 実構造物である不完全合成桁では、ジベル孔径が大きいとジベルに作用するせん断力も大きくなる。よって、ジベル孔径が大きくても合成桁全体の終局荷重が小さくなる場合があり、合成率との兼ね合いも含めて設計するのが合理的のように思われる。

参考文献

- 1) 岩崎初美, 藤井堅, 豊田正, 深田和宏: 合成桁における孔あき鋼板ジベルのずれ挙動に関する研究, 土木学会構造工学論文集, Vol.51A, pp.1483-1491, 2005.
- 2) 浅沼大寿, 平陽兵, 一宮利道, 大塚一正, 古市耕輔: 合成桁による孔あき鋼板ジベルのせん断耐荷力確認実験, 第 10 回複合・合成構造の活用に関するシンポジウム, pp.46_1-46_8, 2013.11.