

CS-79 鋼・コンクリートサンドイッチ合成構造の曲げせん断挙動について

新日本製鐵 鋼構造研究開発センター 正員○ 葛 拓造

正員 木下 雅敬

1. はじめに

土木構造の建設に於ける施工の省力化、高耐力化のニーズに対応する構造の一つとして、近年脚光を浴びている鋼・コンクリートサンドイッチ合成構造については、その設計方法として「鋼・コンクリートサンドイッチ構造設計指針(案)」¹⁾(以下、「指針」)が示されている。ここでは、そのせん断耐力の評価は、同種の構造である鉄筋コンクリートのせん断耐力評価式を準用しておこなわれている。しかし、この方法では実際のせん断耐力に対してかなり安全側の過小評価を与える場合のあることが知られている¹⁾。

本報告では、鋼・コンクリートサンドイッチ構造のせん断耐荷機構を明らかにし、適切なせん断耐力評価を与える設計法の検討を目的として、種々の破壊モードのうちコンクリート部でせん断破壊が生じる場合に焦点を絞った実験について報告するものである。

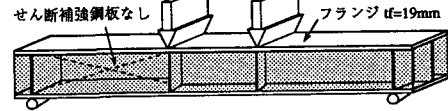
2. 実験概要

実験を行った供試体は、図-1に示す様なサンドイッチ合成構造であり、実験ケースは、せん断補強鋼板を設けない場合と、せん断補強鋼板の板厚を変化させた計3ケースである。この時、部材が曲げ破壊を発生しないように引張および圧縮フランジは十分に厚い鋼板を用いた。これにより、コンクリート部のせん断破壊が生じる場合におけるせん断補強鋼板の補強効果を検討することを主な目的とした。また、Case2&3では、ずれ止めの効果を明らかにするため、形鋼によるずれ止めを有するスパンと有しないスパンを設けた。表-1に、試験体形状、材料試験結果を示す。実験は図-1の様な2点載荷試験であり、単調載荷とした。計測は、梁のたわみ量・せん断補強鋼板の歪み・コンクリート表面の歪み及び、引張・圧縮フランジの歪みである。

3. 実験結果

試験状況の観察により、供試体は、ずれ止めを有しないせん断スパン内での斜めせん断ひびわれの発生に前後して、載荷点近傍のコンクリート部が圧壊して終局状態に至った。尚、このときCase1&3では、最大荷重に達するまでにフランジ部の鋼材の降伏は生じなかったが、耐力の最も大きかったCase2では、フランジ部の鋼材は既に一部降伏していた。図-2にCase3のひびわれ状況、図-3には同じくCase3のコンクリートの主ひびずみ分布を示す。

Case1



Case2, Case3

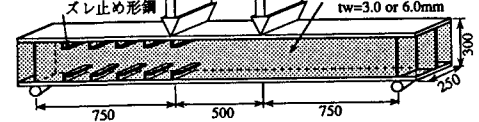


図-1 試験体の外形図

表-1 試験体緒元

試験体名	せん断補強	ずれ止め	bw cm	h cm	fc kgf/cm ²	As cm ²	f _{sy} kgf/cm ²	f _{wy} kgf/cm ²	a cm
Case1	なし	なし/なし	25	30	267.5	47.5	3400	3990	75
Case2	6 mm	なし/あり	25	30	258.5	47.5	3400	3990	75
Case3	3 mm	なし/あり	25	30	305.5	47.5	3184	3749	75

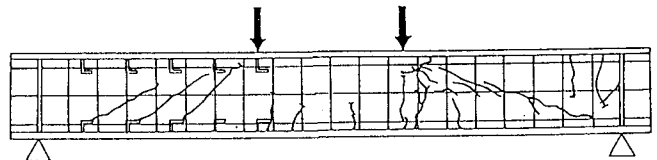


図-2 コンクリートのひびわれ観察図 (Case3)

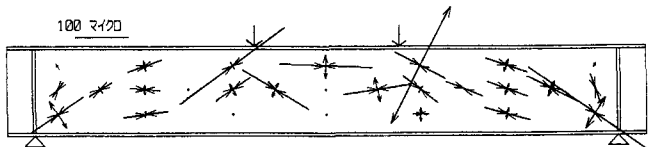


図-3 コンクリートの主ひびずみ計測結果 (Case3; P=41.4 tonf)

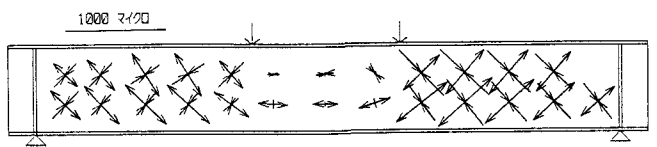


図-4 せん断補強鋼板の主ひびずみ方向図 (Case2; P=45.0 tonf)

ひびわれ性状及びコンクリートの主歪み分布の性状は、各ケースともほぼ同様であった。せん断スパン内の斜めせん断ひびわれおよびコンクリートの圧縮主歪み方向が、部材軸となす角度はほぼ30度前後であった。図4にCase2のせん断補強鋼板の主応力図を示す。図より、主応力方向が部材軸となす角度はほぼ45度前後であり。圧縮と引張の主応力の大きさがほぼ等しいことにより、せん断補強鋼板は純せん断の応力状態に近い応力状態にある。また、Case2&3において、せん断補強鋼板は最大荷重に達する以前に、せん断スパン内にはほぼ全域に渡って降伏に到っていることが計測された。

4. 考察

(1) 「指針」の耐力評価との比較

表-2に、実験より得られたせん断耐力と、「指針」により計算されるせん断耐力を比較したものを示す。表からは、「指針」によるせん断耐力評価は、Case1&3について良い評価を与えているように見える。しかしながら、6.0mmのせん断補強鋼板を有するCase2については、その耐力をかなり過小に見積もっている。せん断補強鋼板のある場合の「指針」における耐力評価は、コンクリートとせん断補強鋼板がトラス機構を形成するという仮定のもとコンクリートの圧縮斜材が破壊するかもしれないせん断補強鋼板の引張斜材が降伏するかによってトラス機構が崩壊することによりせん断耐力が決定されることとしている。今回のケースの場合は、指針に基づけば、せん断補強鋼板の引張斜材の降伏を与える耐力（表-3(d)）は、実験のせん断耐力をかなり上回った評価を与え、全てコンクリート部の破壊により決定されることになる（表-3(c)と(e)）。しかし、実験での供試体は、全てコンクリート部の圧壊により終局に到っているが、そのせん断耐力はせん断補強鋼板の厚さに応じて増加している。また、実験では、最もせん断補強が厚いCase2においてもせん断補強鋼板は終局状態で降伏している。

(2) せん断補強鋼板のせん断耐力に及ぼす影響

せん断補強鋼板のない場合（Case1）とせん断補強鋼板のある場合（Case2&3）のせん断耐力を比較し、せん断補強鋼板の厚さによるせん断耐力上昇分を検討した（表-3(b)）。このせん断耐力上昇分を、せん断補強鋼板の純せん断耐力（表-3(f)）と比較してみると、せん断耐力の上昇分はほぼせん断補強鋼板の純せん断耐力に相当することがわかる。この事実は、上述した、せん断補強鋼板の応力状態が終局時においてほぼ純せん断に近い応力状態になっていることと対応して考えられる。これらの事実より、コンクリート部の圧壊にてせん断耐力が決定されるモードについて、せん断補強鋼板のある場合のせん断耐力は、せん断補強鋼板のない場合のせん断耐力にせん断補強鋼板の純せん断耐力を加えることにより、良い評価を与えられると考えられる。

5. まとめ

表-2 サンドイッチ合成構造せん断耐力の検討

今回の実験は、せん断スパン比が2.5であり、終局耐力は、ずれ止めを有しないスパンでのコンクリート部の圧壊により決定する場合であるが、実験結果より以下の事がわかった。

(1) せん断補強のあるサンドイッチ構造においては、せん断補強鋼板の降伏はコンクリートの破壊に先行して発生し、そのとき、せん断補強鋼板の応力状態はほぼ純せん断に近い状態である。

(2) せん断補強鋼板のある場合のせん断耐力は、せん断補強鋼板のない場合のせん断耐力にせん断補強鋼板の純せん断耐力を加えることにより良い評価を与えられると考えられる。

本研究のまとめに際し、北海道大学工学部土木工学科の上田多門助教授に貴重なご意見を戴いたことを記してここに感謝の意を表するものであります。

参考文献 1) 鋼・コンクリートサンドイッチ構造研究小委員会、鋼・コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案）、土木学会、コンクリートライブラリー73号、1992

試験体名	せん断補強鋼板の厚さ	(a) 実験によるせん断耐力	(b) せん断補強鋼板によるせん断耐力上昇分	「指針」によるせん断耐力の検討			(f) せん断補強鋼板の純せん断耐力
				(c) コンクリート部の破壊により決定されるせん断耐力	(d) せん断補強鋼板の降伏により決定されるせん断耐力	(e) 「指針」による設計せん断耐力計算値 min((c),(d))	
Case 1	0 mm	21.6 tonf	—	22.9 tonf	—	22.9 tonf	—
Case 2	6 mm	67.5 tonf	44.6 tonf (Case2-Case1)	46.7 tonf	111.0 tonf	46.7 tonf	41.5 tonf
Case 3	3 mm	46.7 tonf	23.8 tonf (Case3-Case1)	50.8 tonf	52.0 tonf	50.8 tonf	19.8 tonf