

I-167 立体トラス型ジベルを有する鋼・コンクリート合成サンドイッチはりの静的曲げ挙動に関する一考察

防衛大学校 正会員 高橋芳彦 防衛大学校 正会員 内田 孝
 " " 石川信隆 九州大学 " 太田俊昭

1. はじめに

近年、力学性状の向上、建造物の軽量化および施工性の迅速化などの目的から鋼・コンクリート合成構造に関する研究が盛んに行なわれるようになってきた¹⁾。特に、鋼・コンクリート合成サンドイッチ構造（以下、サンドイッチ構造）の研究は、主として海洋建造物への適用を目的として行なわれてきたが、その静的曲げ挙動についてRC構造と定量的に比較した研究はあまり行なわれていない。また合成床版のずれ止めとして有効な立体トラス型ジベル²⁾をサンドイッチ構造へ応用した例もない。そこで本研究は、サンドイッチ構造を海洋建造物以外の建造物へも適用することを目的として、立体トラス型ジベルを有するサンドイッチはり（以下、SWはり）の静的および一方繰り返し曲げ実験を行ない、終局回転角およびエネルギー吸収容量などについてRCはりと比較検討し、さらにSWはりの曲げ耐荷力についての簡易算定式を提案して実験結果と比較しようとするものである。

2. 静的曲げ実験

(1) 実験概要 本研究で取り上げた供試体は、図-1に示すようなSWはりおよびその比較のためのRCはりである。SWはり供試体は、RCはりと比較してその有用性を定量的に評価するために、断面の設計において降伏モーメントがほぼ等しくなるようにした。すなわち、①はり幅、②引張鉄筋量（引張鋼材量）および圧縮鉄筋量（圧縮鋼材量）、③圧縮鉄筋（圧縮鋼板）と引張鉄筋（引張鋼板）間の距離をほぼ等しくした。実験条件（載荷形式、スパン長、コンクリート圧縮強度）を表-1のように変化させ、各条件に対し1体、合計6体について行なった。なお、載荷は両端単純支持の状態で中央集中載荷とし、大変形域までの挙動を追跡するために変位制御とした。

(2) 実験結果および考察 図-2に無次元化曲げモーメント～回転角関係を示す。縦軸の無次元化曲げモーメントとは、曲げモーメントの実験値 (M_{exp}) を表-1に示した曲げ解析により得られる降伏モーメント ($M_{y,cal}$) で除して無次元化した値 ($M_{exp}/M_{y,cal}$) である。また横軸の回転角は、はり

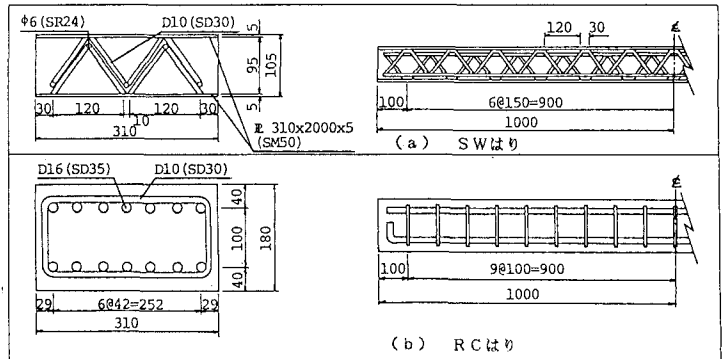


図-1 供試体の形状寸法

表-1 実験条件および実験結果の一覧

項 目	SWはり			RCはり		
	No.1 漸増	No.2 繰返	No.3 漸増	No.1 漸増	No.2 繰返	No.3 漸増
スパン長(cm)	180		120	180		120
コンクリート圧縮強度 (kgf/cm ²)	579		821	579		821
破壊形態	局部座屈	曲げ	曲げ	曲げ寸断	曲げ寸断	曲げ寸断
降伏荷重(tf)	14.3	14.2	22.8	14.6	15.7	23.6
降伏モーメント (tf・m)	6.44	6.39	6.84	6.57	7.07	7.08
最大荷重(tf)	15.5	19.5	29.5	17.0	18.6	28.6
最大曲げモーメント (tf・m)	8.58	11.03	18.56	7.03	7.50	11.14
降伏変位(mm)	17	15	9	10	10	7
降伏回転角(rad)	.038	.033	.030	.022	.022	.023
終局変位(mm)	25	170	90	98	96	57
終局回転角(rad)	.056	.378	.300	.218	.213	.190
終局限界エネルギー吸収容量	.041	.496	.388	.211	.216	.201

※ アンダーラインは計算値
 ※ 網掛けは(実験値)/(計算値)

の変形が載荷点の回転のみで他の部分は剛体であると仮定して算定した値である。この図から、以下のことが考察される。

- ① RCはりの耐力は最大曲げモーメントに達した後、一旦降伏モーメント付近まで減少するが、SWはりの耐力は回転角の増大にともない漸増的に増大し、終局限界状態近傍で最大耐力となる。
- ② SWはりの終局回転角は、No.1供試体を除きRCはりのその約1.6倍の値を示し、RCはりに比べすぐれた変形能力を有していることが認められる。また、降伏モーメントに達した以降の耐力もSWはりの方がはるかに大きく、図-2の無次元化曲げモーメント～回転角関係に囲まれたSWはりの終局限界エネルギー吸収容量（斜線部）はRCはりの約2.2倍となる。

3. SWはりの曲げ耐荷力の算定

(1) 最大曲げモーメント (M_{max}) の算定 曲げを受けるSWはり断面は曲率が増加するにつれて中立軸は圧縮鋼板方向に移行し、最終的（終局限界状態）には圧縮鋼板下面の位置に達する。したがって、SWはりの最大曲げモーメント (M_{max}) は合力間距離が最も大きい状態で最大となり、その値は式(1)で求められる。表-1から明らかなように、算定結果と実験結果はきわめてよく一致している。

$$M_{max} = M_u = f_u \cdot A_s \cdot d \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 M_u ：終局限界状態における曲げモーメント

f_u ：引張鋼板の引張強度 A_s ：引張鋼板の断面積

d ：引張鋼板から圧縮鋼板までの距離

なお、式(1)からわかるように、SWはりの最大曲げモーメントにコンクリートの圧縮強度は影響しない。このことは、図-2に示した実験結果からも明らかである。

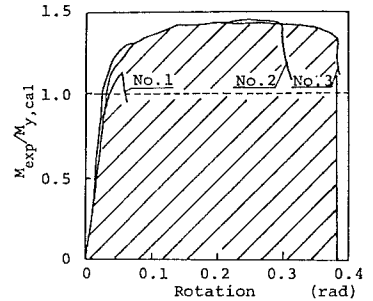
(2) 圧縮鋼板座屈モーメントの算定 表-1に示したように、SWはりのNo.1供試体は圧縮鋼板の局部座屈で終局限界状態に至った。その時点での曲げ耐荷力は以下の方法で算定できる。すなわち、図-3に示すように、圧縮鋼板を立体トラス型ジベル取り付け部がヒンジに相当する長柱と仮定すると、オイラーの長柱座屈の公式を応用することにより圧縮鋼板の局部座屈時の圧縮ひずみ ε_{cm} は式(2)で求めることができる。

$$\varepsilon_{cm} = \frac{(\pi \cdot t)^2}{12 \cdot x^2} \quad \text{----- (2)}$$

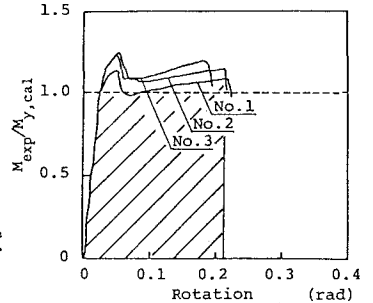
ここで、 t ：圧縮鋼板厚 x ：ジベル取り付け位置間の距離

RC断面の曲げ解析に式(2)で求めた ε_{cm} で圧縮鋼板に局部座屈が生じるという条件を加えることにより、圧縮鋼板局部座屈モーメントが算定できる。なお、図-4は解析結果と実験結果の比較であるが、本算定法で概略推定できるものと考えられる。

- 1) 高橋、内田、石川、太田：高強度コンクリートを用いた立体トラス型ジベル付合成はりの静的および繰返し曲げ挙動について、第15回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、63.3
- 2) 太田、日野、興石、日向：立体トラス型ジベルを有する合成版構造の力学特性と設計法に関する研究、構造工学論文集、Vol.34A、1988.3



(a) SWはり



(b) RCはり

図-2 無次元化曲げモーメント～回転角関係

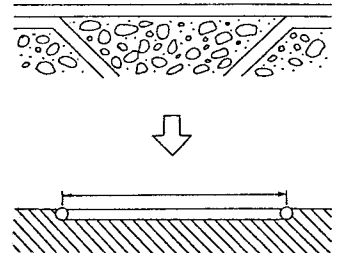


図-3 圧縮鋼板の長柱模式図

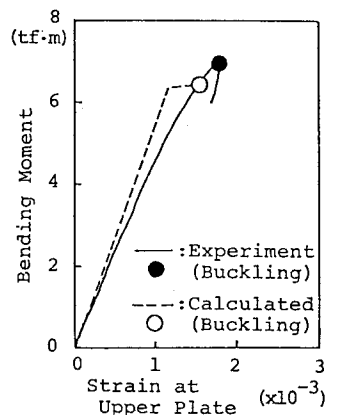


図-4 曲げモーメント～圧縮鋼板ひずみ関係