

コンクリート床スラブによるH形断面梁の横座屈補剛効果に関する検討
その5 実験結果および塑性変形能力の評価

合成梁 横座屈 載荷実験
塑性変形能力 横補剛 軸拘束

正会員 ○ 聲高 裕治^{*1} , 同 伊賀 はるな^{*1}
同 伊山 潤^{*2} , 同 長谷川 隆^{*3}

1. はじめに
本報その5では実験結果をまとめ、文献3)の手法に基づいて塑性変形能力の評価を試みる。

2. 実験結果
表1に実験結果一覧を、図1に梁端曲げモーメント M_b と回転角 θ_b の関係を示す。ただし、逆対称曲げをうける試験体 (A シリーズ) では北側の梁端の $M_b-\theta_b$ 関係を示している。図1中の破線は純鉄骨の全塑性モーメント M_p を表す。正負どちらか一方が最大曲げ耐力を迎えた点および M_p まで劣化した点 (終局状態と定める), それぞれにおける塑性変形倍率を次式によって求める。

$$\eta = \sum \theta_b / \theta_p - 1 \tag{1}$$

$$\eta_s = {}_s\theta_b / \theta_p - 1 \tag{2}$$

ここで、 ${}_s\theta_b$ は骨格曲線における回転角、 θ_p は床スラブを設置しない場合の全塑性モーメント M_p に対する弾性限回転角である。

A シリーズにおいて、フランジ幅厚比の大きな試験体は、いずれも層間変形角 0.03rad のサイクルで局部座屈により耐力が低下し始めた。床を設置した試験体 (A60-CA-S 試験体) は、純鉄骨の試験体 (A60-CA-N 試験体) と比較して耐力の低下は緩やかであった。

保有耐力横補剛を施した A60-AA-L 試験体は、層間変形角 0.08rad あたりから図2(b)に示すように局部座屈による耐力低下が確認され、0.17rad で梁端の破断が生じた。C80-AA-LF 試験体は、層間変形角 0.10rad 以降で耐力低下が見られた。一方、A95-AA-L 試験体は層間変

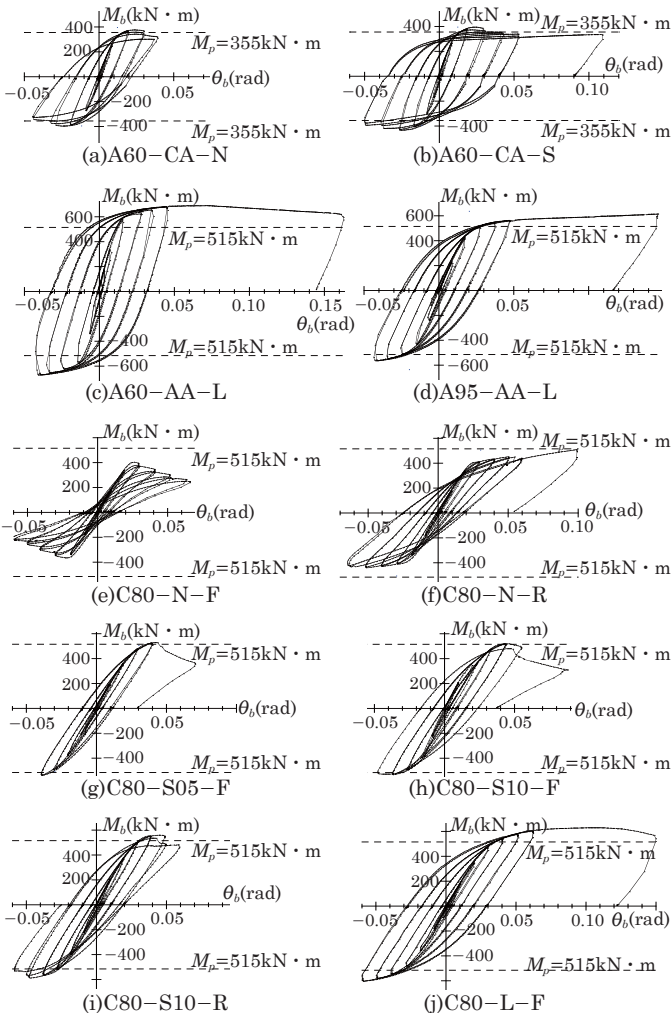
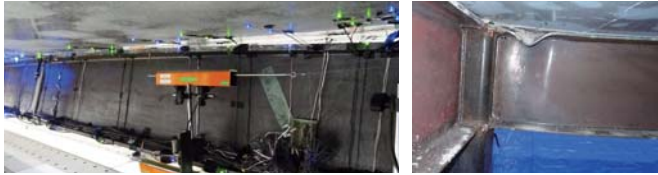


図1 梁端曲げモーメント M_b -回転角 θ_b 関係

表1 実験結果一覧

試験体		最大曲げ耐力		最大耐力時 サイクル	塑性変形倍率（最大耐力時）						終局時 サイクル	塑性変形倍率（終局時）					
		正載荷 (kN・m)	負載荷 (kN・m)		η			η_s				η			η_s		
					正側	負側	正負合計	正側	負側			正側	負側	正負合計	正側	負側	
A60-CA-N	南	373	384	0.03rad(+1)	4.03	3.17	7.20	1.39	1.49	0.03rad(+2)	7.46	6.17	13.63	1.96	2.68		
	北	376	367	0.03rad(+1)	4.38	3.59	7.97	1.37	1.99	0.03rad(+2)	7.69	6.61	14.30	2.26	3.09		
A60-CA-S	南	427	386	0.03rad(-1)	4.74	5.70	14.01	2.33	1.44	0.03rad(-2)	8.31	9.60	17.91	7.33*	2.90		
	北	395	434	0.03rad(+1)	4.70	3.09	7.79	1.50	2.09	0.04rad(+1)	11.07	9.71	20.77	2.77	2.57*		
A60-AA-L	南	644	685	0.10rad(+1)	27.83	23.42	51.25	6.64	4.58	0.10rad(+1)	34.64	23.42	58.06	13.45	4.69		
	北	690	671	0.10rad(+1)	29.01	23.20	52.22	8.29	3.92	0.10rad(+1)	36.53*	23.20*	59.73*	15.89*	4.04*		
A95-AA-L	南	603	585	0.10rad(+1)	17.92	11.41	29.33	7.07	2.11	0.10rad(+1)	17.92*	11.40*	29.33*	7.07*	2.18*		
	北	614	566	0.10rad(+1)	18.49	12.18	30.67	6.83	1.71	0.10rad(+1)	18.52*	12.18*	30.70*	6.85*	1.74*		
C80-N-F		404	365	0.03rad(+1)	0(0.06)	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—		
C80-N-R		509	440	0.10rad(+1)	0(8.81)	0(6.94)	0(15.75)	0(1.72)	0(0.63)	—	—	—	—	—	—		
C80-S05-F		529	538	0.05rad(+1)	2.62	2.10	4.72	0.37	0.31	0.05rad(+1)	2.68	2.10*	4.78	0.50	0.35*		
C80-S10-F		520	532	0.05rad(+1)	2.78	2.21	4.98	0.39	0.24	0.05rad(+1)	2.81	2.21	5.03	0.42	0.26		
C80-S10-R		559	589	0.05rad(+1)	2.57	2.02	4.58	0.42	0.69	0.05rad(+2)	3.73	3.29	7.02	0.69	0.95		
C80-L-F		629	604	0.10rad(+1)	10.92	8.06	18.99	2.64	1.47	0.10rad(+1)	12.18*	8.09*	20.27*	4.18*	1.49*		

* M_p まで耐力劣化せず (値は実験を行った範囲での変形能力を示す。) — 最大耐力が M_p まで到達せず



(a) 頭付きスタッドの破断 (C80-S10-F 試験体) (b) フランジの局部座屈 (A60-AA-L 試験体)

図 2 終局状態

形角 0.144rad に達しても耐力低下が見られなかった。

C シリーズで床を設置していない試験体について軸拘束の有無を比較すると、C80-N-F 試験体は層間変形角 0.03rad のサイクルで最大耐力を示し、その後載荷を重ねるごとに横座屈による耐力劣化が確認された。一方、軸拘束をした C80-N-R 試験体は、構面外変形が生じ弾性剛性が初期状態よりも徐々に低下しているが、層間変形角 0.10rad に至っても耐力の劣化は見られなかった。いずれの試験体も、実験を行った範囲では全塑性モーメント M_p に達しなかったが、軸拘束の有無により履歴性状が大幅に異なることを確認した。

また、C シリーズで床を設置した試験体は、図 2(a) のようにスタッドが破断するまでは耐力劣化は見られなかった。C80-S05-F 試験体は 0.05rad 正側 1 回目、C80-S10-F 試験体は 0.05rad 正側 2 回目、C80-S10-R 試験体は 0.06rad 正側 1 回目に梁端に近い側の頭付きスタッドが破断した。表 4 より、C シリーズの床スラブを設置した 3 体の試験体について、軸拘束の有無が塑性変形能力に及ぼす影響は極めて小さいといえる。

3. 塑性変形能力の評価

既報¹⁾と本報の実験結果に基づいて塑性変形能力の評価法を検討する。図 3 は、本報および文献 1) の実験の骨格曲線から得られる塑性変形倍率 η_s と横座屈細長比 λ_b の関係である。A シリーズは南北の梁端の平均値を示す。参考のため図中には、次式で表される塑性変形能力の予測式²⁾を併記する。

$$\eta_s = 1 / \lambda_b^2 - 1 \quad (3)$$

ただし、 $\lambda_b > 1$ においては $\eta_s = 0$ とする。

保有耐力横補剛を施した A60-AA-L 試験体や幅厚比の大きな A60-CA-S 試験体では、梁端部の局部座屈により耐力が低下したため、実験結果は横座屈による塑性変形能力の予測である (3) 式より小さい値を示していると考えられる。また、片曲げをうける試験体 (C80) は、同条件で逆対称曲げをうける試験体 (A95) と比較して塑性変形倍率 η_s が小さく、図 3 より (3) 式では曲げモーメント分布が塑性変形能力に及ぼす影響が考慮できない。以上の問題点を解決するため、文献 3) では局部座屈およびモーメント分布の影響を考慮した以下の評価指標 (Λ_c) を提案し

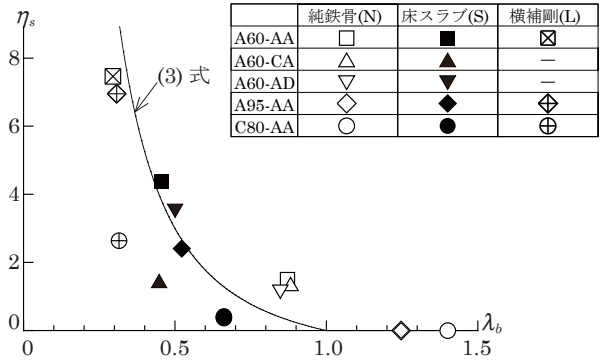


図 3 η_s - λ_b 関係

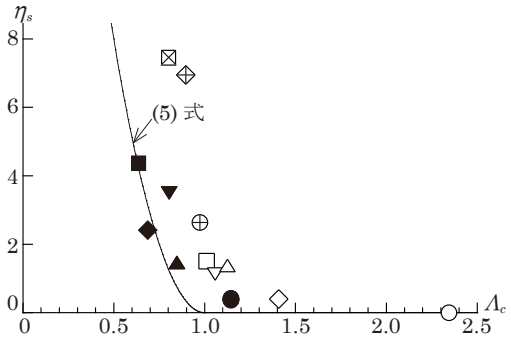


図 4 η_s - Λ_c 関係

ている。

$$\Lambda_c = \sqrt[3]{(\lambda_b / \rho \lambda_b)^3 + WF^3} \quad (4)$$

ただし、 $\rho \lambda_b$ は塑性限界細長比⁴⁾、 WF は、フランジとウェブの連成局部座屈を考慮した基準化幅厚比³⁾である。この Λ_c と塑性変形能力の関係を図 4 に示す。図 4 の実線は、 Λ_c で評価した塑性変形倍率の下限値である³⁾ ((5) 式)。

$$\eta_s = 32(1 - \Lambda_c)^2 \quad (5)$$

図 4 より、実験値は、床スラブを設置した場合の一部では (5) 式より小さい傾向にあり、保有耐力横補剛を設置した場合の実験値は大きな傾向にあるが、概ね良い対応を示していることが確認できる。

3. まとめ

本報その 4、5 で得られた知見を以下にまとめる。

- [1] 梁の材軸方向の変形を拘束した純鉄骨梁は、軸拘束を与えない場合と比べて横座屈発生後の履歴性状が大幅に異なり、最大耐力が増大し耐力劣化は生じにくくなることを確認した。
- [2] 頭付きスタッドの本数を完全合成梁の必要本数⁵⁾の半分とすると、頭付きスタッドの抜出しが完全合成梁と比べて若干早期に生じることを確認した。
- [3] モーメント分布や局部座屈の影響を考慮した塑性変形能力の評価指標³⁾を用いることで、実験値と予測値は概ね良い対応を示すことを確認した。

参考文献

その 4 に記載する。

*1 京都大学大学院工学研究科建築学専攻

*2 東京大学大学院工学研究科建築学専攻

*3 独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ

*1 Dept. of Architecture and Architectural Engineering, Kyoto University

*2 Dept. of Architecture, The University of Tokyo

*3 Dept. of Structural Engineering, Building Research Institute