

鉄骨と Pca 部材から成るハイブリッド構造階段の開発  
(その7) 段板の鉛直載荷実験

ハイブリッド構造 プレキャストコンクリート 曲げ耐力  
階段

正会員○ 俣田 真二\*1 同 花野 修\*1  
同 深澤 協三\*2 同 朝倉 淳\*1  
同 柳沢 正則\*1

1. はじめに

筆者等は鉄骨と Pca 部材からなる屋外階段を開発した<sup>1)</sup>。その構造性能を確認するための実験及び地震応答解析結果を前報にて報告した<sup>1), 2)</sup>。本報では Pca 造段板の荷重支持能力を確認するために行った鉛直載荷実験について報告する。

2. 実験概要

2-1 試験体計画：本実験では実物の段板を試験体としている。試験体計画を表1に示す。実験変数は1)段板幅員、2)コンクリートの種類である。本階段の幅員は900mm・1200mmの2種類で、実験は両方の幅員に相当する段板について行った。コンクリートについては、本階段ではひび割れ防止等の目的で、段板にステンレスファイバーを混入させたコンクリート使用を標準としている。実験ではFcは同一でステンレスファイバー混入の有無の2種類のコンクリートで試験体を作成した(幅員1200mmタイプ)。また、各タイプごと4体の試験体を作成し、3体は単調載荷残り1体は正側繰返し載荷を行った。試験体の形状及び寸法を図1に示す。同図中に示すように、段板の両端にコンクリート面から2mm飛び出して高ナット(M12)が打ち込まれ、ステンレスボルトによりササラ桁(PL12)に接合される。コンクリート面とササラ桁の間には厚さ3mmのフォーム材が挟み込まれ、両者は直接には接触していない。使用材料の種類及び強度を表2に示す。

2-2 実験方法：加力装置を図2に示す。段板は実物の階段と同様、ササラ桁に相当するPL12に4本のステンレスボルト(M12)で接合される。左右のPL12は段板スパン方向回りの回転のみ自由で他の5成分は固定(並進3+回転2成分)となるピンにより支持される。

加力は実際の階段での使用状況(人間が載る位置が段鼻に近い箇所)を考慮し、スパン中央部に載荷板(75×75mm)を置き荷重を作用させた。なお、載荷点は3軸の回転及び段板スパン直交方向の並進を自由としている。繰返載荷における載荷パターンは図3に示す通りである。試験体の変形は、段板の四隅及びスパン中央部2箇所(段鼻及び蹴上げ立ち上がり部)の6箇所測定した。

3. 実験結果及び考察

3-1 ひび割れ状況：最終破壊状況を写真1に示す。スパン、コンクリート種類及び繰返しの有無にかかわらずひび割れ発生の順序・状況は各試験体ともほぼ同様であった。最初に段板下面にスパン中央部に曲げひび割れを生じる。続いて、段板上面で段鼻側のボルト付近を起点として蹴上げ立ち上がりに向かって斜めにひび割れを生じる。裏面では上面の斜めひび割れに直交する向きに斜めひび割れが生じる。段板上面で蹴上げ立ち上がり部と板面の境界部で、スパン方向に

表1 試験体計画

段板幅員	900mm	1200mm
コンクリート		
35N/mm <sup>2</sup>		35N-1200
35N/mm <sup>2</sup> (ファイバー有)	35F-900	35F-1200

表2 使用材料強度

[ 鋼材 ]				[ コンクリート ]		
使用材料	径	使用箇所	$\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	試験体名	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )
SD295A	D13	主筋	324.5 (326.2)	458.9 (353.4)	35N-1200	44.2
					35F-1200	46.1
					35F-900	46.1

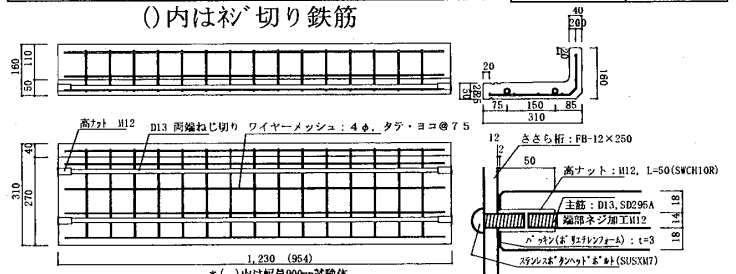


図1 試験体の形状及び寸法

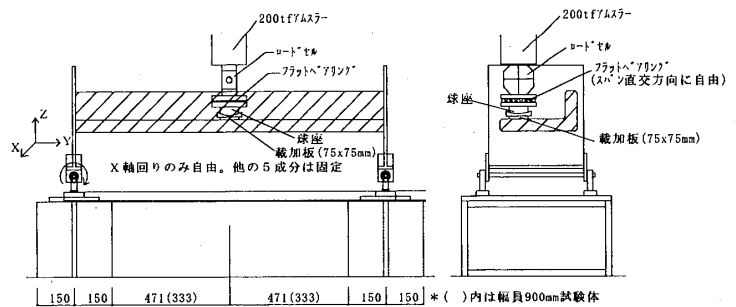


図2 加力装置

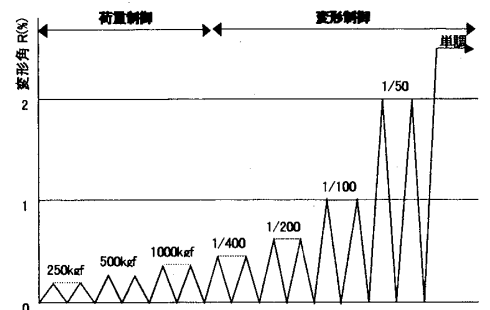


図3 載荷サイクル

The development of the hybrid stairs which are composed of steel and pre-cast concrete members  
(Part7) The vertical loading tests of the step board

TADA shinji et.al

縦にひび割れを生じる。さらに加力を続けると、段鼻側のボルト近傍のコンクリート割裂(写真1(C))が生じ、試験体によっては耐力低下が生じる。なお、ステンレスファイバー入りコンクリート試験体はひび割れ本数が多かった。

3-2 最大耐力及び荷重変形関係:各試験体の最大耐力を表3に示す。各タイプともに試験体間の最大耐力のばらつきは少ない。また、幅員1200同志でステンレスファイバーの有無を比較すると、最大耐力で約35%、曲げひび割れ発生耐力で約7%の耐力増加が認められる。これらの耐力は、大人3人分の荷重(3×70=210kgfがスパン中央に作用時)に対して、曲げひび割れでは2.8~3.8倍、最大耐力では7.4~10.0倍程の余裕度に相当する。各タイプ毎のスケルトンカーブを図4に示す。同図の縦軸は試験体に加えた荷重を、横軸は段鼻側のスパン中央部の鉛直変位を示している。35Nシリーズでは、600kgf前後で段板下面中央部に曲げひび割れにより徐々に剛性が低下する。1100kgf前後で段鼻側主筋両端位置の段板上面のひび割れ発生に伴い耐力が低下する。その後変形の増大に伴い再び耐力が上昇し、 $\delta=20\sim25\text{mm}$ 前後で最大耐力を示す。35F-1200及び35F-900シリーズでは、35Nシリーズに見られるような $\delta=5\text{mm}$ 前後での耐力低下とその後の耐力再上昇はなく、ひび割れの進展に伴い徐々に剛性が低下する。35N-1200では $\delta=20\sim25\text{mm}$ で、35F-900では $\delta=15\sim20\text{mm}$ 前後で最大耐力を示す。35F-1200-2試験体の荷重と段板各部の部材角関係を図5に示す。

図中の部材角Rは図5に示すように 1) 段鼻中央位置でのスパン方向部材角 R1、2) 蹴上げ立上り部中央位置でのスパン方向部材角 R2、3) 段鼻中央位置でのスパン直交方向部材角 R3、をプロットしている。荷重1tf付近までは、R1とR3はほぼ同様の傾きをしめす。最大耐力に近い荷重2tf(段板上下面の斜めひび割れが顕著となる)位からR3が大きくなり、最大変形時にはR3はR1の約2倍に達する。これは、弾性に近い状態では、段板はスパン方向に曲げ変形するとともに蹴上げ立上り部を固定端とする片持ちスラブの変形も生じていることを示す(但し、同図から明らかなように蹴上げ側もスパン方向に曲げ変形を生じている)。さらに、段板の損傷が進むと、片持ちスラブ側の変形が支配的になることを示す。

4. まとめ

1) 大人3人分の重量に対して、曲げひび割れは2.8倍、最大耐力は7.4倍以上の余裕がある。段板上面に主筋(段鼻側)端部位置に主筋に沿ったひび割れが発生(おおむね1tf前後)するまでは、段板はスパン方向へ曲げ変形する。段板上面ひび割れ発生後は蹴上げの立上り部分を固定とする片持ちスラブの変形が支配的となる。

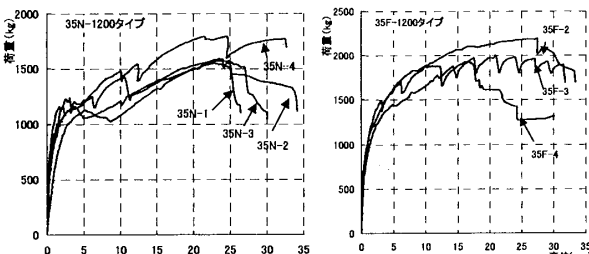


図4 スケルトンカーブ

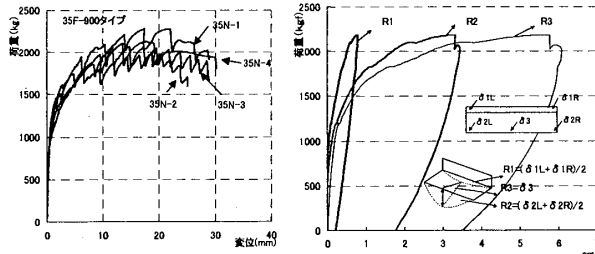


図5 段板各部の部材角曲線

【参考文献】1) 深澤 協三 鉄骨とPCa部材からなるハイブリッド階段の開発 日本建築学会報告集 1999.12

2) 望月 満伸 鉄骨とPCa部材からなるハイブリッド階段の開発その6 地震応答性状 日本建築学会学術講演梗概集 2000.9

\*1 東鉄工業株式会社

\*2(社)日本建設業経営協会 中央技術研究所・工博

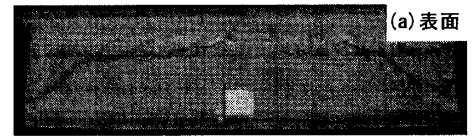
TOTETSU KOGYO CO.,LTD

JARGC.Central Research Institute for Construction Technology, Dr.Eng

表3 最大耐力一覧

段板幅 (mm)	コンクリート種類	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	試験体名	Pcr (kgf)	Pmax (kgf)	備考
1200	普通コンクリート Fe:35N/mm <sup>2</sup>	44.2	35N-1200-1		1587	
			35N-1200-2		1543	
			35N-1200-3		1567	
			No1~3 平均		1555	
			35N-1200-4	584	1790	繰り返し載荷
	スチールファイバー入り コンクリート Fe:35N/mm <sup>2</sup>	46.1	35F-1200-1		-	加力装置不具合
			35F-1200-2		2183	
			35F-1200-3		1992	
			No2,3 平均		2088	
			35F-1200-4	622	1922	繰り返し載荷
900	ステンレスファイバー入り コンクリート Fe:35N/mm <sup>2</sup>	46.1	35F-900-1		2279	
			35F-900-2		1984	
			35F-900-3		2066	
			No1~3 平均		2110	
			35F-900-4	799	2127	繰り返し載荷

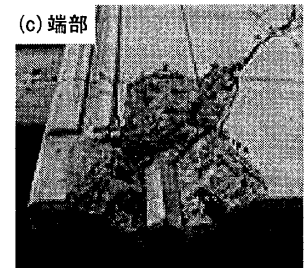
曲げひび割れ発生荷重:24N-1200を除き主筋の歪量及び目視によりひび割れ発生の有無を判断



(a) 表面



(b) 裏面



(c) 端部