

I-B315 衝撃的突き上げを受ける円筒アルミ合金柱の 局部座屈現象に関する実験的研究

防衛大学校土木工学科 ○フェロー 石川信隆 正会員 森 雅美
NKK エンジニアリング 研究所 正会員 鈴木信久 正会員 松山英治

1. 緒言 阪神・淡路大震災において鋼製円筒橋脚の基部あるいは断面変化部に全周にわたって円周方向にはらみ出すいわゆる提灯座屈と呼ばれる局部座屈現象の発生が数多く見られた。この原因に関してこれまで(1)水平繰返し载荷による研究^{1),2)}、(2)衝撃的上下動による研究³⁾などにより究明がなされてきた。しかし、下から衝撃的に突き上げて局部座屈を発生させた報告は未だ見当たらない。そこで、本研究は著者ら⁴⁾が先に RC 橋脚模型の輪切り状ひび割れ発生メカニズムの解明のために開発した衝撃突き上げ装置を用いて、円筒アルミ合金柱に対する局部座屈発生の再現を試みたものである。

2. 実験の概要

(1) 実験の方法 図-1に示すような衝撃突き上げ装置を用いて、高速変形負荷装置による上から下への入力ピストン速度 v_1 を「てこの原理」を利用して下から上への出力ピストン速度 v_2 へ変換させ、突き上げ板上に設置してある供試体の下から衝撃的に突き上げるものである。円筒供試体上には上部工を模擬した重錘を載せるが、重錘と供試体との間はボルトのみを通すことにして事実上切断した。

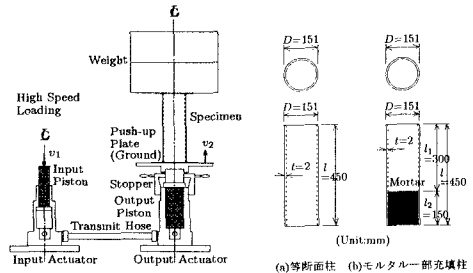


図-1 衝撃突き上げ装置

(2) 供試体 図-2および表-1に供試体の寸法および諸元を示す。円筒柱模型は、実物大の約 1/15 で実験装置の荷重容量 (490kN=50tf) の制約上から材質は強度の低い(降伏応力 $\sigma_y=90\text{MPa}$) アルミニウム合金 (A6063TE-T1) を用いることとし、等断面柱とモルタル部充填柱の2種類を用意した。なお、上部工を模擬した重錘は SS400 製の約 1tf とし、軸力比 $P/P_y=0.12$ とした。

図-2 供試体
(アルミ合金柱
(A6063TE-T1))

表-1 材料諸元

	Material	Pier	Weight
Young's Modulus	$E(\text{GPa})$	70	206
Poisson's Ratio	ν	0.33	0.3
Yield Stress	$\sigma_y(\text{MPa})$	90	235
Tangent Modulus	$E_T(\text{GPa})$	0.009	0.01
Mass Density	$\rho(\text{kg/m}^3)$	2690	7850

(3) 計測項目 図-3に示すようにレーザー式変位計により突き上げ板 (u_l) と重錘 (u_w) の変位を、また加速度計により下部 (α_l)、上部ベースプレート (α_w) と重錘 (α_w) の加速度をそれぞれ計測した。さらに、ひずみゲージにより上部 (G1,G4)、中央部 (G2,G5) と下部 (G3,G6) の軸ひずみを計測した。

(4) 実験ケース 等断面柱とモルタル部充填柱の2種類の供試体に対し、入力速度を3種類(低速 50kine、中速 80kine、高速 130kine)に変化させるとともに、突き上げ変位を $\delta=10\text{mm}$ と 20mm の2種類に変化させ、各ケース2回ずつ合計24体の供試体を用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 局部座屈モード 今回の実験では、高速ビデオを用いて局部座屈発生の進展過程を撮影した。まず低速の場合、加速領域(突き上げ領域)ではやや全体的に剛体運動として柱と重錘がそのまま持ち上がる程度であり、その後急停止すると重錘

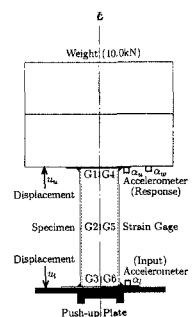


図-3 計測項目

キーワード 衝撃的上下動、円筒橋脚、局部座屈、衝撃突き上げ実験

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL 0468-41-3810 FAX 0468-44-5913

が約 2cm 飛び上がりそれが落下衝突して局部座屈が発生するときもあるが、ほとんど損傷がない。次に中速の場合は、図-4 のように突き上げ直後に柱頭部に環状のふくらみが生じ、急停止と共に重錘が飛び上がって落下

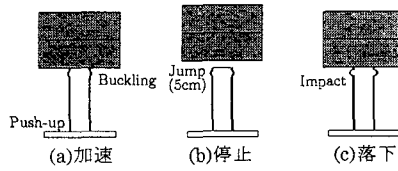


図-4 局部座屈発生の進展過程
（中速の場合）

衝突して、ふくらみ部分をさらに拡大させている。さらに高速の場合は、中速の場合よりもさらに突き上げ時（加速領域）に局部座屈現象が大きく生じ、重錘の飛び上がりも大きく（約 8cm）、したがって落下衝突によって局部座屈波形が 1 波から 2 波に移る現象となる。この傾向は、等断面柱もモルタル充填柱の場合もほぼ同様であり、また強制変位 $\delta=10\text{mm}$ よりも 20mm の方がやや強く出る傾向があった。

3.2 局部座屈発生メカニズムの検討

（1）静的座屈実験 ここでは、軸圧縮荷重を受ける円筒アルミ合金柱の局部座屈発生メカニズムを究明するため、同じ供試体に対し静的圧縮実験を行った。図-5 は、荷重～変位関係を示したもので、荷重は第 1 波で約 105kN （約 10tf ）でピーク値に達し急に低下する。その時の変位は約 4.5mm であり、このとき局部座屈が柱頭に生じた。すなわち、局部座屈発生時の限界ひずみは、柱長 45cm なので $\varepsilon_{cr}=4.5\text{mm}/450\text{mm}\approx 0.01$ （1%）となる。

（2）ひずみ～時間関係 図-6(a), (b), (c) は、低速（UL10-1）、中速（UM10-1）、高速（UH10-1）の場合の柱頭部のひずみ（G1, G4）を示したものである。すなわち、低速（UL10-1）の場合は、G1, G4 とともにひずみが 1%に達しておらず局部座屈が発生していない。しかし、中速（UM10-1）になると、最大ひずみは約 2%にも達し、柱頭部で局部座屈が発生している。さらに、高速（UH10-1）になると、G1 では約 3.5%、G4 では 6%にも達し、局部座屈が大きく進展している。また、図-7 は UH10-1 の相対変位 δ （下変位－上変位）と平均軸ひずみ ε_a （ $=\delta/l$ ）～時間関係を示したもので、これより限界ひずみ 1%を超える時刻が約 4.5ms であり、これはちょうど図-6(c)の G1, G4 が 1%を超えるときの時刻にほぼ相当している。

（参考文献）1)水谷慎吾、宇佐美勉ほか：パイプ断面鋼圧縮部材の繰返し弾塑性挙動に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.42A, pp.105-114, 1996.3. 2)三木千尋ほか：断面変化部を有する円形断面鋼製橋脚の耐震性能の検討、土木学会論文集、No.605/I-45, pp.117-127, 1998.10. 3)園田恵一郎ほか：地震による土木構造物の衝撃的破壊について、兵庫県南部地震における構造物の衝撃的破壊に関するシンポジウム、日本建築学会応用力学運営委員会、pp.37-44, 1997.3. 4)別府万寿博、石川信隆ほか：衝撃突き上げ装置による RC 橋脚模型の輪切り状ひび割れに関する実験的研究、土木学会論文集、No.577/I-41, pp.165-180, 1997.10.

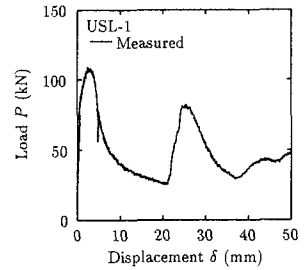
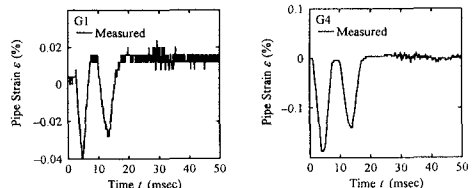
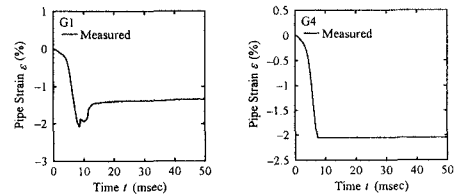


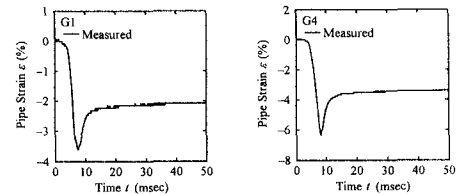
図-5 静的圧縮実験による
荷重～変位関係



(a) Low Speed (UL10-1)



(b) Medium Speed (UM10-1)



(c) High Speed (UH10-1)

図-6 各速度段階におけるひずみ
（G1, G4）～時間関係

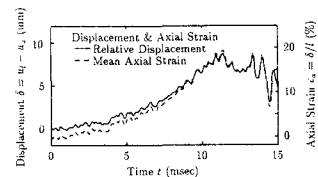


図-7 相対変位および平均軸
ひずみ～時間関係（UH10-1）