

(I-26) 礫衝突による損傷を受けたコンクリート充填鋼管に対する静的曲げ実験

防衛大学校 正会員○梶田幸秀 学生会員 水野泰晴 正会員 白石博文 フェロ 石川信隆

1. 緒言

現在、格子形鋼製砂防ダムを始めとする鋼製スリット式砂防ダムの多くは中空鋼管が用いられており、最近、土石流により中空鋼管がへこみ変形した被災例がみられた。この被災事例を受けて、鋼管部材の強度の向上を期待し、鋼管内にコンクリートを充填したコンクリート充填鋼管(以下 CFT 鋼管)を格子形砂防ダム等に採用することが検討されている。これまで CFT 鋼管に対する耐衝撃性に対する検討は行われてきたが、損傷を受けた CFT 鋼管の力学的挙動は未だ明らかにされていない。そこで本研究は、損傷を受けた CFT 鋼管に対し静的載荷曲げ実験を行って残存耐力を求め、CFT 鋼管の残存耐力評価判定の基準となる終局限界を定量的に定義しようとしたものである。

2. 実験の概要

2.1 供試体

実験に用いた鋼管は、一般構造用炭素鋼管(JIS G 3444 材質 STK400)、直径 139.8mm、肉厚 3.5mm、(径厚比 40)、長さ 1000mm とした。また、鋼管内に充填したコンクリートは、圧縮強度 21N/mm² である。表-1 にコンクリートの配合表を示す。

表-1 コンクリート配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	水セメント比		細骨材率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
		W/C (%)			水 W	セメント C	細骨材 s	粗骨材 a	混和剤
20.0	12.0	61.5		46.5	160	261	864	1025	2.61

※普通ポルトランドセメント使用

2.2 重錘落下実験

重錘落下実験は、CFT 鋼管に損傷を与えることを目的とし、重錘の落下高さを変えて、スパン中央部に重錘を落下させた。実験の概要を図-1 に示す。落下高さおよび与えたエネルギーは表-2 に示す 9 通りであり、重錘質量は 420kg、重錘先端部は直径 220mm の半球状である。

表-2 落下高さと衝撃エネルギーおよびへこみ率

	質量 (kg)	落下高さ (m)	t=3.5 (mm)	
			衝撃エネルギー (kJ・m)	へこみ率
1	420	0.00	0.000	0
2	420	0.50	2.100	0.012
3	420	1.00	4.200	0.027
4	420	1.25	5.250	0.027
5	420	1.50	6.300	0.027
6	420	2.00	8.400	0.027
7	420	2.25	9.450	0.027
8	420	2.50	1.050	0.027
9	420	2.75	1.155	0.041

2.3 静的載荷曲げ実験

静的載荷曲げ実験は、図-2 に示すようにに損傷部を下側(圧縮側)にし、片持ちばりにより残存耐力を評価した。また、片持ちばりのスパンは 550mm とし、載荷位置を固定端より 450mm とした。載荷変位は、固定端端部の上面(引張側)の鋼管が破断し、充填コンクリートが目視できるまでとした。

2.4 測定項目

重錘落下実験では、損傷の度合いをへこみ率および変形角という 2 つの物理量で表した。へこみ率とは、図-3 に示すように重錘落下実験後の損傷部の断面径(δ_D)をノギスにより測定し、鋼管のへこみ量($\delta_L = D - \delta_D$)を求め、鋼管径 D で無次元化したものである。また、変形角とは図-4 に示すとおり、はり変形により発生した変形量 d を定規により測定し、変形角 θ を求めた。静的載荷曲げ実験については、載荷点荷重をロードセル、載荷点変位をレーザー式変位計により計測した。

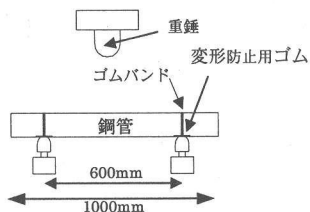


図-1 重錘落下実験概要図

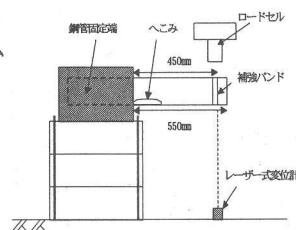
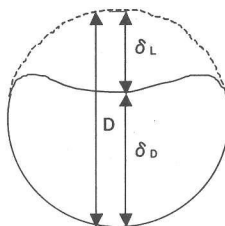


図-2 静的載荷曲げ実験の概要図



$$\alpha = \delta_L / D$$

図-3 へこみ率の定義

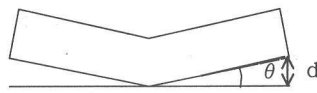


図-4 変形角の定義

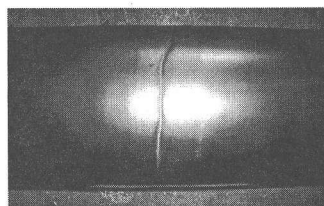


写真-1 破断線の状況
(H=2.75m, 下から撮影した写真)

3. 実験結果と考察

3.1 重錘落下実験

(1) へこみ率～落下高さ関係

表-2 に各実験ケースでのへこみ率を示す。表より、落下高さを高く(0～2.50m)して鋼管に与えたエネルギーを大きくしても、へこみ率は 0.027 と一定であることがわかる。ところが、落下高さを 2.75m とすると、引張力が生じる鋼管中央下部において写真-1 に見られるような破断線が発生し、へこみ率も 0.04 に増大した。すなわち、鋼管に破断線が発生したためコンク

キーワード：コンクリート充填鋼管、残存曲げ耐力、重錘落下試験

連絡先：239-8686 神奈川県横須賀市走水1-10-20 TEL0468-41-3810 FAX0468-44-5913

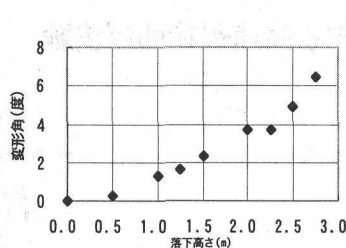


図-5 変形角～落下高さ関係

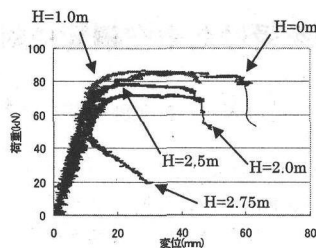


図-6 荷重～変位関係

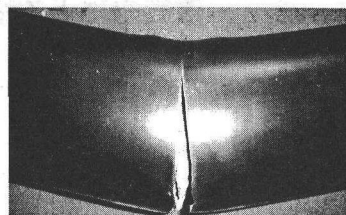


写真-2 コンクリートが露出した状況(H=3.00m)

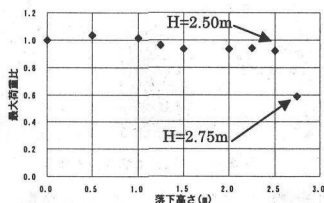


図-7 最大荷重比～落下高さ関係

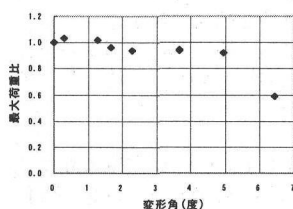


図-8 最大荷重比と変形角関係

リートを拘束する力が低下し、充填コンクリートが一部破壊したため、へこみ率が增大したと考えられる。さらに、落下高さ 3.00m では写真-2 に示すように、鋼管は完全に破断し、中のコンクリートが露出した。これらから、へこみ率は衝撃エネルギーを増大しても、鋼管に破断線が入るまでは一定で、亀裂が入るとへこみ率も大きくなることがわかった。

(2)変形角～落下高さ関係

図-5 に落下高さと変形角の関係を示す。また、写真-3 に重錘落下実験後の CFT 鋼管の状況を示す。写真より、CFT 鋼管は重錘落下実験後、はり変形が発生し、衝撃エネルギーの増加に伴って、変形角が増加することがわかる。図-5 から、変形角～落下高さ関係はほぼ比例関係にあり、CFT 鋼管は衝撃エネルギーの増大に応じて変形角は増大することがわかる。

3.2 静的載荷曲げ実験

(1)荷重～変位関係

静的載荷曲げ実験から得られた荷重～変位関係を図-6 に示す。また、各鋼管の最大荷重比～落下高さ関係を図-7 に示す。ここで、最大荷重比とは、各実験ケースでの最大荷重を無損傷の鋼管の最大荷重で無次元化した値である。図-6,7 より落下高さ 2.50m までは荷重～変位曲線にほとんど違いは見られず、最大荷重比もほぼ同じ値となっているが、落下高さ 2.75m においては最大荷重比が約 0.6 に減少している。これは重錘落下実験ですでに破断線が発生した鋼管であり、その影響で最大荷重が低下したと思われる。これらから、CFT 鋼管は鋼管に破断線が入るまでは最大耐力比(残存耐力)は低下しない(約 0.95)が、破断線が入ると急激に耐力は低下することがわかる。

(2)最大荷重比～変形角関係

図-8 に、最大荷重比～変形角関係を示す。図より変形角が 5° 以下の場合、最大荷重比はほとんど低下せず 1.0 付近であるのに対し、6.4° (CFT 鋼管に破断線が発生した時の変形角)において最大荷重比が 0.6 と一気に低下した。これらから、CFT 鋼管が破断する直前付近の変形角(5° ～6.4°)の間に、最大荷重が急激に低下する境界点すなわち終局限界と判断できる点が存在すると考えられる。

4. まとめ

以下に本研究により得られた成果を箇条書きにて示す。

- (1)CFT 鋼管は、衝撃エネルギーの増大により、鋼管の破断が入るまではへこみ量は増大しないではほぼ一定であり、また変形角もエネルギーにほぼ比例して増大することが認められた。
- (2)CFT 鋼管は、たわみ変形が発生しても鋼管に破断線が発生しない場合、最大耐力はほとんど低下しないが、鋼管に破断線が入る(ここでは H=2.75m)と急激に耐力が低下することが分かった。
- (3)損傷を受けた CFT 鋼管の残存耐力は、H=2.50m のとき、つまり鋼管に破断線が入る直前の最大耐力比 0.95 および変形角約 5° を終局限界と設定するのが妥当であると考えられる。

参考文献

- 1)齊藤英明, 石川信隆, 大野友則, 水山高久: 鋼管片持ちばりの衝撃吸収エネルギーに関する基本的研究, 土木学会論文集, 第 386 号/II-8, pp.321-328, 1987.10

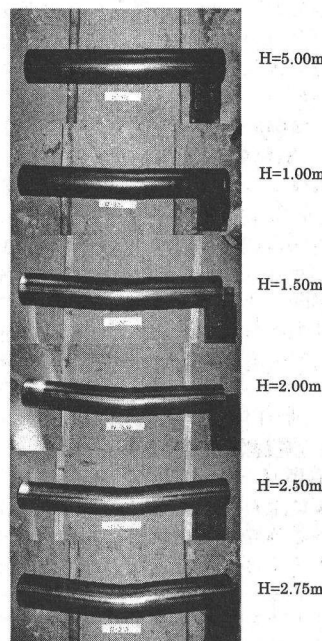


写真-3 CFT 鋼管の状況