

衝突損傷を受けたコンクリート充填鋼管の残存性能評価実験

防衛大学校 学生会員 白石博文 正会員 梶田幸秀 正会員 香月 智

1. 緒言

格子形鋼製砂防えん堤などの鋼製透過型砂防えん堤には、中空鋼管が使用されており、礫の衝突に対して鋼管のへこみおよびはりの塑性変形で抵抗する構造となっている。しかし、鋼管部材の強度向上を期して、コンクリート充填鋼管（以下 CFT）を採用することが検討されている。しかし、損傷を受けた CFT の残存耐力については未だ明らかにされていない¹⁾。そこで本研究は、重錘落下衝突実験により損傷を与えた CFT に対し静的および急速曲げ載荷実験を行いその残存性能の評価を試みたものである。

2. 実験の概要

2.1 供試体

実験に用いた鋼管は、一般構造用炭素鋼鋼管（JIS G 3444 材質 STK400）、直径 139.8mm、肉厚（径厚比）3.5mm（40）、2.5mm（55）、2.0mm（70）および直径 175.0mm、肉厚 2.5mm（70）、長さ 1000mm のものである。また、鋼管内に充填したコンクリートの圧縮強度は 21N/mm² である。

2.2 重錘落下衝突実験（第 1 段階）

重錘落下衝突実験は、CFT に損傷を与えるために、重錘の落下高さを変えて、図-1 に示すようにスパン中央部に重錘を落下衝突させた。落下高さ等の衝撃エネルギー諸元を表-1 に示す。

2.3 静的曲げ載荷実験（第 2 段階）

静的曲げ載荷実験は、図-2 に示すように損傷部を下側（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。最終載荷変位は、固定端上縁（引張側）の鋼管に亀裂が入るまでとした。急速載荷（載荷速度：3.2m/s）は A タイプのみ実施した。

2.4 測定項目

重錘落下衝突実験では、損傷の度合をへこみ率（図-3）および残留変形角（図-4）の 2 つの物理量で表した。静的曲げ載荷実験については、載荷点荷重をロードセル、載

表-1 第 1 段階のケースと実験結果

タイプ	D(mm)	t(mm)	D/t	No	質量(kg)	落下高さ(m)	衝撃E(kJ)	へこみ率	残留変形角(°)	急速載荷
タイプA	139.8	3.5	40	420	420	0.00	0.00	0.000	0.000	
						0.50	2.10	0.012	0.287	
						1.00	4.20	0.027	1.261	
						1.25	5.25	0.027	1.662	-
						1.50	6.30	0.027	2.293	
						2.00	8.40	0.027	3.669	
						2.50	10.50	0.027	4.930	
						2.75	11.55	0.041	6.420	
						3.00	12.60		破断	
タイプB	139.8	2.5	55	400	400	0.00	0.00	0.000	0.000	
						0.50	2.00	0.020	0.573	
						1.00	4.00	0.013	2.007	
						1.50	6.00	0.027	3.446	
						2.00	8.00	0.034	5.184	
						2.50	10.00		破断	
タイプC	139.8	2.0	70	420	420	0.00	0.00	0.000	0.000	
						0.50	2.10	0.012	1.146	
						1.00	4.20	0.012	2.809	
						1.50	6.30	0.012	4.930	
						1.80	7.56	0.027	5.904	
タイプD	175.0	2.5	70	400	400	0.00	0.00	0.000	0.000	
						0.50	2.00	0.011	0.286	
						1.00	4.00	0.011	1.204	
						2.00	8.00	0.023	2.927	
						2.50	10.00	0.023	3.908	
						3.00	12.00	0.023	4.662	
						3.36	13.40	0.023	6.061	
						5.50	22.00	0.023	8.011	

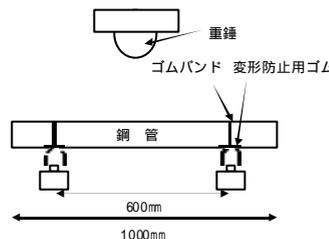


図-1 重錘落下衝突実験概要図

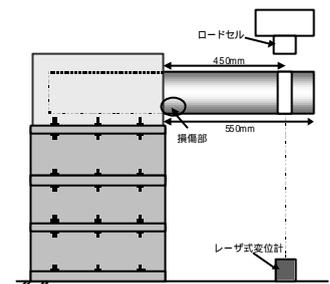


図-2 静的載荷曲げ実験概要図

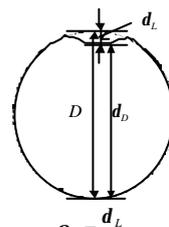


図-3 へこみ率の定義

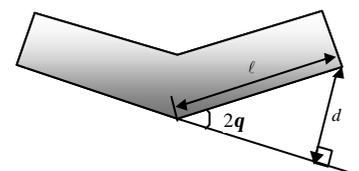


図-4 残留変形角の定義



写真-1 CFTの損傷モード



写真-2 破断状況

キーワード：コンクリート充填鋼管，残留変形角，残存吸収エネルギー

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

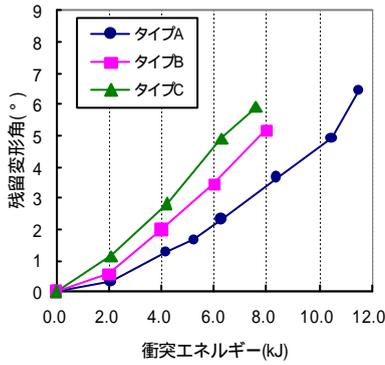


図-5 残留変形角～衝撃エネルギー関係

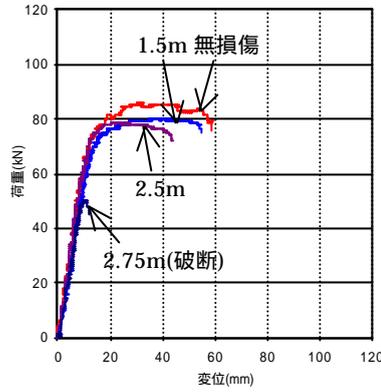


図-6 荷重～変位関係(タイプ A)

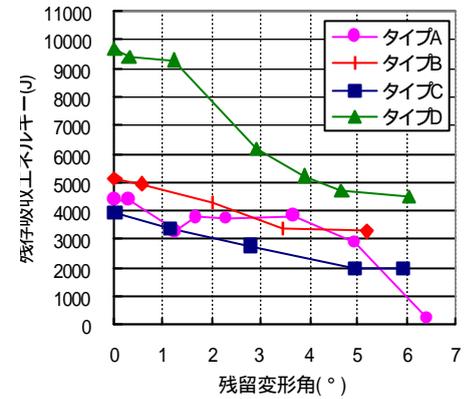


図-7 残存吸収エネルギー～残留変形角関係

荷点変位をレーザー式変位計により計測した。

3. 実験結果と考察

3.1 重錘落下衝突実験(第1段階)

重錘落下衝突実験の結果を表-1 および写真-1(タイプ A)に示す。表-1 よりどのタイプにおいてもへこみ率は衝撃エネルギーの増大にかかわらずほぼ一定であるが、写真-1のように衝撃エネルギーの増大に応じてはりの曲げ変形(残留変形角)が増大することがわかる。なお、タイプ A の落下高さ 3.0m では写真-2 に示すように、中のコンクリートが露出し鋼管は完全に破断した。図-5 にタイプ A～C の残留変形角～衝撃エネルギー関係を示す。図より、どの肉厚においても残留変形角は衝撃エネルギーの増大に応じて単調に増加していることから、現地判断可能な CFT の損傷度を示す指標として残留変形角が有用であることがわかる。

3.2 静的および高速曲げ載荷実験(第2段階)

(1) 荷重～変位関係

図-6 に静的曲げ載荷実験から得られたタイプ A の荷重～変位関係を示す。図より重錘落下高さ 2.5m までは最大荷重にほとんど違いは見られないが、終局変位は落下高さの増大に応じて小さくなっていることがわかる。

(2) 残存吸収エネルギー比～残留変形角関係

図-7 に残存吸収エネルギー～残留変形角関係を示す。また、図-8 にタイプ A～C の残存吸収エネルギー比～残留変形角関係を示す。残存吸収エネルギー比とは損傷 CFT の残存エネルギーを無損傷 CFT の残存エネルギーで除して無次元化した値である。いずれのタイプにおいても残存吸収エネルギーは残留変形角の増大に応じて低下している。図-8(同径で肉厚の異なる場合)より、タイプ A の場合、低下の度合いにばらつきはあるものの、残留変形角 0.5° で無損傷 CFT の 90% 以上、残留変形角 4° では無損傷 CFT の 60% 以上の残存吸収エネルギーを保有している。

(3) 残存吸収エネルギーにおよぼす載荷速度の影響

図-9 に急速曲げ載荷実験(タイプ A のみ実施)結果から得られた残存吸収エネルギー比～残留変形角関係を示す。図より残留変形角が約 3° 付近までは急速載荷時の方が残存吸収エネルギー比が大きく、残留変形角 4° においても残存吸収エネルギー比が 0.6 以上あることから、静的実験結果から得られた各限界状態は急速載荷時には安全側の推定になることがわかる。

参考文献

1) 香月 智, 黒木勇人, 石川信隆, 太田貞次: 高速載荷を受けるコンクリート充填はりの弾塑性挙動に関する一考察, 土木学会論文集, No.696/I-58, pp.61-76, 2002.1.

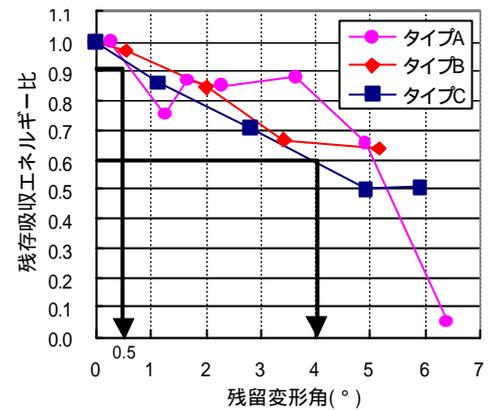


図-8 残存吸収エネルギー比～残留変形角関係

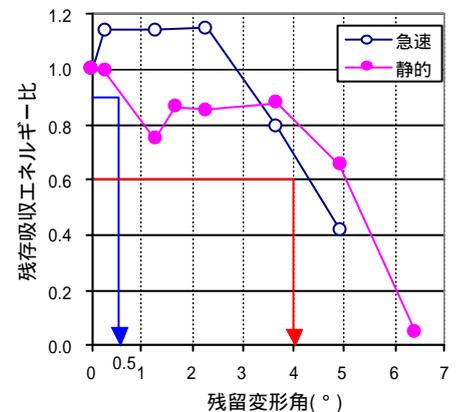


図-9 残存吸収エネルギー比におよぼす載荷速度の影響