

衝撃応答に基づく中口径ダクタイル鋳鉄管の外面腐食の簡易非破壊評価方法に関する研究

大阪大学大学院 学生会員 ○喻 晨 正会員 鎌田 敏郎 学生会員 西上 康平

1. はじめに

本研究では、ダクタイル鋳鉄管の外面腐食評価に関する既往の研究¹⁾を踏まえ、衝撃応答解析に基づき、中口径(400mm～700mm)のダクタイル鋳鉄管を対象とした場合の減肉レベルの評価指標の検討を行うことを主たる目的とした。評価指標として減肉に起因する剛性の低下に着目し、鋳鉄管内において鋼球を管壁に衝突させた際の鋼球の応答波形における「最大反力」および「反発係数」の二つの検討を行った。それぞれ、管厚の変化が評価指標に与える影響の程度について検討を行った。

2. 解析概要

本研究では、健全管モデルおよび腐食による減肉管モデル中央部の内面に鋼球を衝突させるシミュレーションを行った。鋼球直径は5mm、10mm、15mm および20mm。設定した衝突速度は5m/s、25m/s および40m/sである。用いた解析モデル概要を図-1に示す。ダクタイル鋳鉄管および鋼球モデルの物性値は、既往の研究を参考に、表-1のように設定した。ダクタイル鋳鉄管モデルの寸法はJISに基づき、表-2に示す値とした。拘束条件は、管の両端における全節点に対して、全方向の変位を固定することとした。

3. 評価指標

3.1 反発係数

図-2に鋼球側で出力した速度時刻歴の一例を示す。本研究では、反発係数を次式で定義した。

$$\text{反発係数} = \frac{\text{衝突直後の速度 } v_1}{\text{衝突直前の速度 } v_0} \quad (1)$$

3.2 最大反力

図-3に鋼球側で出力した反力時刻歴の一例を示す。本研究では、最大反力は反力時刻歴より得られた最大値と定義した。

4. 解析結果

4.1 反発係数の結果

4.1.1 衝突速度が反発係数に与える影響

鋼球の衝突速度を変化させた場合の反発係数の一例

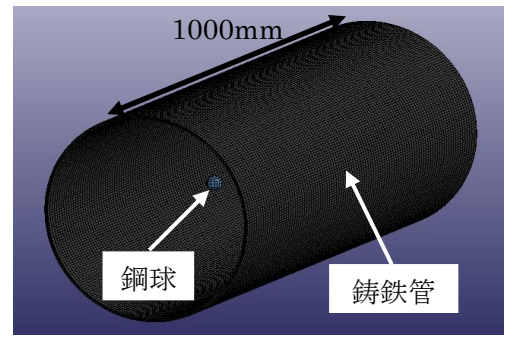


図-1 解析モデル

表-1 鋳鉄管および鋼球の物性値

	弾性係数	ポアソン比	密度
鋼球	200GPa	0.3	7.9g/cm ³
鋳鉄管	150GPa	0.28	7.15g/cm ³

表-2 ダクタイル鋳鉄管モデルの詳細

管径	ケース	管厚	管長
400mm	50%減肉管	3mm	1000mm
	25%減肉管	4.5mm	
	健全管	6mm	
500mm	50%減肉管	4mm	
	25%減肉管	6mm	
	健全管	8mm	
600mm	50%減肉管	4.5mm	
	25%減肉管	6.75mm	
	健全管	9mm	
700mm	50%減肉管	5mm	
	25%減肉管	7.5mm	
	健全管	10mm	

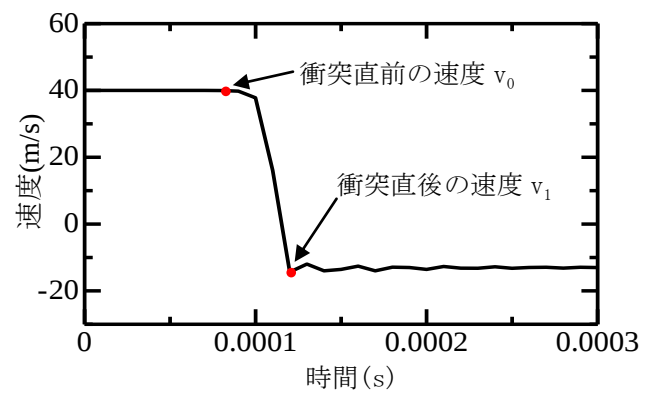


図-2 速度時刻歴の一例

キーワード 鋳鉄管, 減肉, 非破壊試験, 衝撃応答解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7618

(管径 400mm, 鋼球直径 15mm) を図-4 に示す. 図に示すように, 衝突速度を変化させても, 反発係数はおおむね同様な値を示している. この結果から本研究において鋼球の衝突速度が反発係数に与える影響は小さいことがわかった.

4.1.2 衝突鋼球の直径が反発係数に与える影響

鋼球の直径が反発係数に与える影響に関する検討結果の一例(管径 400mm, 衝突速度 25m/s) を図-5 に示す. これからわかるように, 管厚の減少に伴い, 反発係数は低下していく傾向が確認できる. また, 鋼球直径が小さすぎると, 減肉に対する評価感度は低下し, 一方で, 鋼球直径が大きすぎると, 減肉評価が難しくなる場合が生じることが確認できた. また, この傾向は他の管径(500mm~700mm)においても同様であり, 今後, 管径ごとに, 最適な鋼球直径の範囲を明らかにする必要があると考えられる.

4.2 最大反力の結果

図-6 に最大反力の結果の一例(管径 400mm, 衝突速度 25m/s) を示す. 図に示すように, 最大反力は管厚の減少に伴い, 低下する傾向が確認できる. これは, 管厚が小さくなり, 管の剛性が低下したことに起因しているものと推察される. 同一の打撃方法により打撃を行えば, 管厚が小さいものより, 管厚が大きいものの最大反力の値は大きくなっており, 結果は概ね妥当であったといえる. また, 本研究の範囲内では, 鋼球直径が大きいほうが, 減肉評価に適していることも確認することができた.

5. まとめ

本研究の結果を以下に示す.

- 1) 管径 400mm~700mm のダクタイル鋳鉄管に鋼球を衝突させた場合の鋼球の反発係数および管の最大反力を評価指標として, 減肉の状況を把握できる可能性がある.
- 2) 鋼球の衝突速度が反発係数に与える影響は小さい.
- 3) 一方, 鋼球直径が反発係数に与える影響は大きく, 今後, 管径ごとに, 最適な鋼球直径の範囲を明らかにする必要があると考えられる.

6. 謝辞

本研究は, (財) 水道技術研究センターによる Pipe Stars プロジェクトにおける基礎研究の成果であることを付記する.

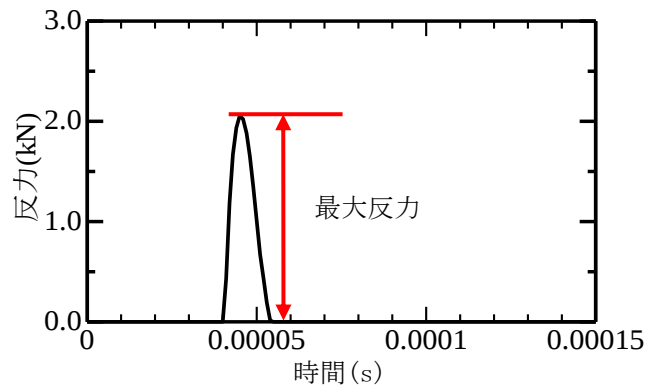


図-3 反力時刻歴の一例

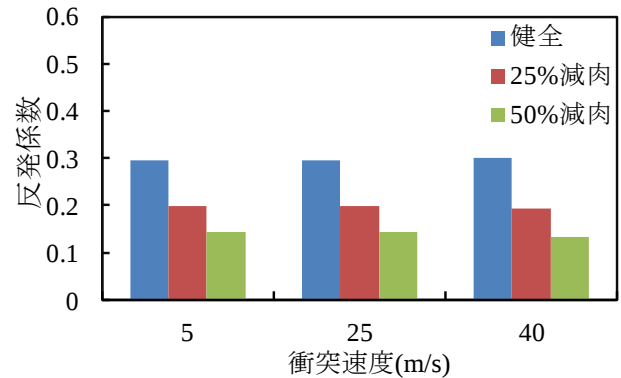


図-4 衝突速度が反発係数に与える影響

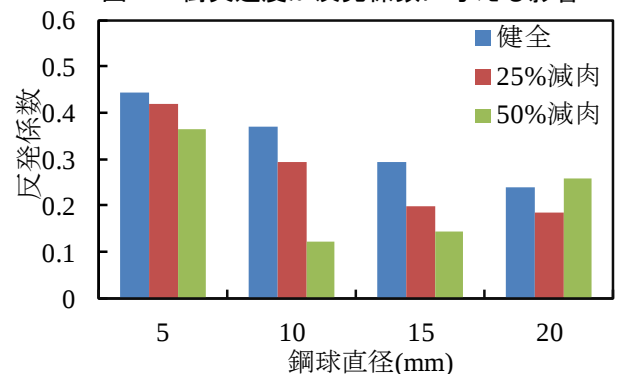


図-5 鋼球の直径が反発係数に与える影響

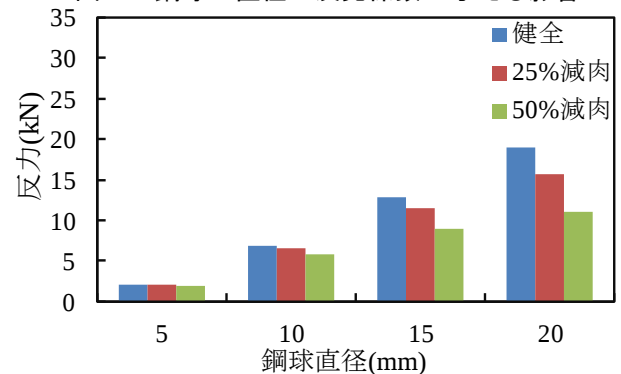


図-6 最大反力の結果

参考文献:

- 1) 鎌田敏郎: 衝撃弾性波法に基づくダクタイル鋳鉄管の腐食レベル評価手法に関する基礎研究, 水道協会雑誌, 81(1), pp.2-12, 2012.1