

第 部門 腐食のある照明や標識などの道路柱状構造物の振動特性に関する研究

大阪市立大学工学部	学生員	豊田 雄介
大阪市立大学院工学研究科	正会員	北田 俊行
大阪市立大学院工学研究科	正会員	山口 隆司
大阪市立大学院工学研究科	正会員	松村 政秀
日本工業試験所(株)	正会員	一ノ瀬 伯子 ルイーズ

1. 研究背景および目的

近年，道路柱状構造物の埋設部近傍の腐食劣化に伴う倒壊事故が発生している．これら道路柱状構造物の腐食状況は地表露出部，あるいは埋設箇所を掘削して，部分的に地際部及び埋設部の鋼管外部を目視により確認する程度であり，鋼管内部の腐食の発生状況を把握できていない．また腐食状況が確認できたとしても，明確な判断基準がないため，道路柱状構造物の設置後の経過年数に応じて交換されているのが現状である．このような膨大な数の道路柱状構造物に対して倒壊の危険度を把握し，補修・補強・取替え等の段階的な実対策の判断基準の確立が急務である．

本研究では低コストで簡便かつ効率的に道路柱状構造物を計測・診断できる非破壊検査方法として，腐食による道路柱状構造物の振動性状の変化に着目する．

2. 道路柱状構造物の腐食

本研究で扱う腐食は，IH検査計測の電磁超音波腐食検査装置「LIMA-test System」による検査結果を参考にした<sup>1)</sup>．これにより扱う腐食の高さ位置はベースプレートから高さ250~300mmと設定する．

3. 振動実験の概要

実際の逆L字型照明柱を約1/2スケールとした実験柱モデルを製作した．支柱高は5,000mm，アーム長さ1,000mmであり，材質はSTK400とした．健全モデルと腐食を考慮し板厚を減少した損傷モデルの2パターンを用いて，三次元振動シミュレーターによる振動実験を行った．加振方向は水平2方向と鉛直方向の計3方向，加振振動数は1~30Hzとした．なお，以降は張り出し方向をY，張り出し直角方向をX，鉛直方向をZ方向として表記する．

実験モデルの張り出し部には照明灯の質量を考慮した重鎮を載荷させ，重鎮載荷箇所にて3方向に対して加速度計を設置した．またY，X方向に対して基部から240，275，310mmの

高さにひずみゲージ，基部から1，2，3，4mの高さに加速度計を設置した．実験の全体図を写真-1に示す．実験モデルの板厚減少方法はグラインダーを用いて該当範囲を適宜削り，超音波板厚測定器を用いて板厚を測定しながら作った．減厚量は板厚3.2mmの約30%である1mmを目標とした．

減厚後の板厚測定は減厚範囲高さの上・中・下段においてY方向を軸に円断面中心との角度0，±30，±60度の点，計15点から平均値を求めた．

減厚範囲を図-1，減厚後の基部詳細図を写真-2，測定した減厚後の板厚を表-1に示す．

また，超音波測定器の測定誤差を確認するために健全箇所の板厚をノギス，超音波測定器で測定した．ノギスで計測した健全部の実際の板厚は平均3.05mmであり，超音波板厚測定器で計測した板厚は3.0mmであった．これより測定誤差は1.6%であった．

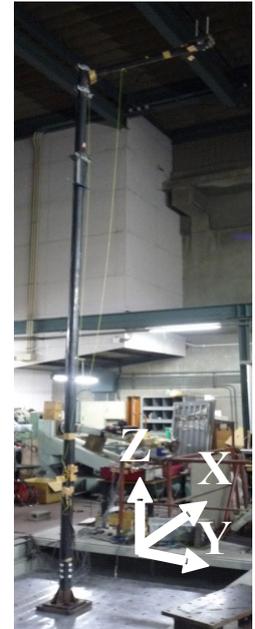


写真-1 モデル全体図

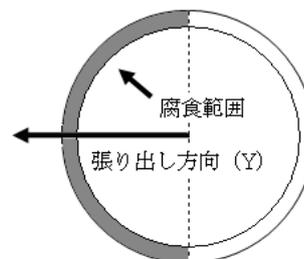


図-1 減厚範囲(断面)



写真-2 基部詳細

表1 減厚後の板厚 (mm)

	損傷後板厚 (mm)					平均値
	-60度	-30度	0度	+30度	+60度	
上段	1.53	2.40	1.97	2.23	2.10	2.05
中段	1.67	2.13	2.00	1.90	1.93	1.93
下段	1.83	2.00	2.43	2.00	1.97	2.05

4. 一次固有振動数と構造減衰

重鎮箇所の自由振動計測の結果から得られた一次固有振動数と減衰定数の結果を表-2 に示す。

表2 一次固有振動数と減衰定数

	一次固有振動数 (Hz)		減衰定数 (%)	
	健全モデル	損傷モデル	健全モデル	損傷モデル
Y方向	1.709	1.831	0.229	0.210
X方向	1.709	1.709	0.363	0.131

一般に構造物が損傷を受けると固有振動数は小さくなり、減衰は増加する。しかし低次の固有振動数・減衰定数を推定する場合、その推定値には大きなばらつきが存在し、特に一次固有振動数は損傷に鈍感なため<sup>2)</sup>、腐食損傷の影響を確認することは難しい。

よって、固有振動数を指標とする場合、推定値のばらつきが少なく、かつ打音検査に有効な高次の振動数に着目すべきであると考えられる。

5. 強制振動実験

重鎮箇所の加速度データより Y-Y, X-X (加振方向-着目方向)の加速度応答曲線を図-2~3 に示す。

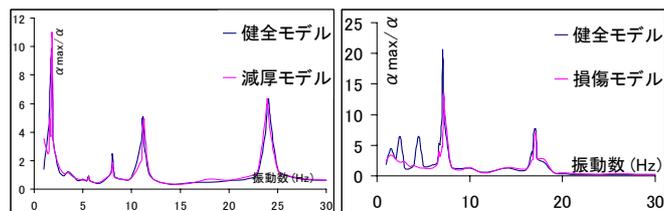


図2 応答曲線 (Y-Y)

図3 応答曲線 (X-X)

X-X 応答曲線の低振動数域において応答倍率の変化が見られる。これは損傷により断面が X 方向に対して非対称になることが原因のひとつとして考えられる。X 方向以外にあまり変化は見られなかった。

6. 健全モデルと損傷モデルの相関関係

表3 相関係数

表4 評価表

	健全モデル		損傷モデル		相関係数 (r)	意味
	Y方向	X方向	Y方向	X方向		
健全モデル	1	0.037	0.115	0.144	0 <  r  ≤ 0.2	ほとんど相関なし
損傷モデル	0.037	1	0.167	0.5	0.2 <  r  ≤ 0.4	低い相関あり
健全モデル	0.115	0.167	1	0.425	0.4 <  r  ≤ 0.7	相関あり
損傷モデル	0.144	0.5	0.425	1	0.7 <  r  < 1.0	高い相関あり
					1.0 (-1.0)	完全な相関

重鎮箇所の Y, X 方向加速度データより、それぞれの相関係数を表-3, また相関係数の評価表を表-4 に示す。

表-3 は X 方向一次固有振動数付近の加振時における相関係数である。X 方向加振中に損傷モデルの Y 方向の振動が健全モデルより顕著になることが目視により確認できたため、損傷の影響を相関係数を用いて明らかにすることを試みた。

各モデルにおいて二方向の相関を比較すると、健全モデルではほぼ相関がないのに対し、損傷モデルには相関があることが分かる。また健全モデル Y 方向と損傷モデル Y 方向についてほぼ相関がないことが分かる。つまり損傷がモデルの振動性状に影響を及ぼし、特に Y 方向の振動に変化を与えたことが分かる。また、この加振振動数における Y 方向の周波数解析結果を図4 に示す。

結果より損傷後のパワースペクトルが高く なった。つまり損傷を与えることにより Y 方向の振動が変化し、かつその変化が健全モデルよりも強い振動へ変

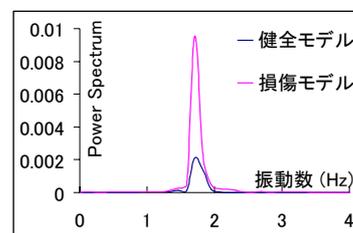


図4 周波数解析結果(X-Y)

化したということ分かる。損傷箇所 (Y 方向) の剛性の低下を考えても Y 方向に振動しやすくなることは考えられる。

7. まとめ

- 1) X 方向へ低振動数で加振する場合、損傷後の Y 方向の振動の変位が健全状態より大きくなることを目視で確認できた。このようなクリティカルな損傷を生じている道路柱状構造物は、経過年数を参考にこの手法を用いれば、実用的で有効な判断基準につながり、低コストかつ効率的な維持管理が可能となると考えられる。
- 2) 固有振動数・減衰定数において、腐食損傷の指標には打音検査により高次に着目することが有効である。

参考文献

- 1) 株式会社 IHI 検査計測：街路灯地中埋設部の腐食検査装置，2005年4月
- 2) 古川愛子・大塚久哲・清野純史・梅林福太郎：微動・自由振動・起振実験に基づく振動特性のばらつきと検出可能な損傷レベル，2005年3月