

V-203

レーダ法によるコンクリート舗装版下空洞探査技術に関する研究

日本工営株式会社 正会員 松山公年
 日本工営株式会社 正会員 太田資郎
 運輸省港湾局 正会員 坂井 功
 運輸省第二港湾建設局 磯上知良

1. はじめに

東京国際空港は、軟弱地盤上に建設されており、不同沈下の発生・進行による各種構造物への影響が懸念されている。とくに、空港内の舗装にも損傷が発生しており、広域な空港舗装に対する効率的なメンテナンス手法の開発が必要となっている¹⁾²⁾。そこで、各種空港舗装版部のうち普通コンクリート舗装版（以下、NC版と呼ぶ）の版面下に生じた空洞を電磁波レーダ法により探査する技術の開発検討を行なった。

2. 実験方法

(1) NC版モデルの製作

本実験では、東京国際空港に用いられているNC版を模擬したコンクリート版を作製し、実験に供した。NC版の寸法は、L2.0×B2.0×H0.44mであり、表-1に示す配合のコンクリートと網筋（D10、かぶり13cm、ピッチ25cm）で構成される。NC版設置基礎は表-2の材料を使用し、東京国際空港のNC版下の状況を再現する構造とした。

(2) 空洞探査精度実験

空洞探査精度実験は、NC版と基礎の間に鋼材（鋼板及びH鋼）を挿入して空洞厚さを調節し、レーダ計測を実施した（図-1）。以下に実験条件を示す。

①アンテナの種類

バイスタティックダイポール型

②アンテナの周波数

400, 600, 800, 1000, 1500 MHz

③計測ピッチ及び計測延長

1.0 cm、2.0 m

表-1 NC版の配合

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメン ト比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	粗骨材 S	細骨材 G	混和剤 (cc/g)
40	6.5	4.5	40.5	35.7	152	375	640	1135	4.5

表-2 NC版設置基礎の使用材料一覧

	材料名	性質	厚さ (mm)
上層路盤	アスファルト安定処理材	粒度調整路盤材料使用 (Dmax=20mm)	60+60=120
路盤境界	アスファルト乳剤	PK-3 および PK-4 を使用	—
下層路盤	砕石	Dmax=50mm	320
路床	ローム	比較的均質な火山灰質粘性土（茶褐色）	1000 以上

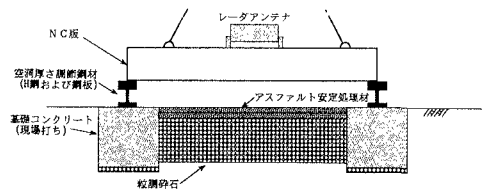


図-1 空洞探査精度実験の概要（断面図）

表-3 レーダアンテナ周波数の空洞探査への適用性検討結果

	400MHz	600MHz	800MHz	1000MHz	1500MHz
鉄筋位置の顕著性	×	△	○	○	◎
NC版下の画像の鮮明さ	○	○	○	△	×
NC版下の画像の細密さ	×	△	○	○	×
空洞探査への適用性	×	△	◎	○	×

◎：非常に良い、○：良い、△：普通、×：悪い

3. 実験結果

(1) 最適周波数と最小検知空洞厚さ

NC版下から反射して得られたレーダ画像の鮮明さ及び細密さを周波数毎に比較した結果、800MHzのレーダアンテナが空洞探査に最適であることを確認した（表-3）。この800MHzのアンテナを用いた場合の最小空洞検知厚さは、画像観察で5cm、波形観察で2cmであることを明らかにした³⁾。

キーワード：東京国際空港、普通コンクリート舗装版、不同沈下、電磁波レーダ法、空洞探査

〒300-1245 茨城県稲敷郡茎崎町稲荷原 2304 TEL:0298-71-2030 FAX0298-71-2022

〒100-8989 東京都千代田区霞ヶ関 2-1-3 TEL:03-3580-3111 FAX03-3580-7962

〒231-0003 横浜市中区北仲通 5-57 TEL:045-211-7417 FAX045-211-0206

（２）反射波形の特徴化

図－２に 800MHz の反射波形例を示す。レーダ反射波形のピークの内、A～K までの各ピークの幅と空洞厚さの関係を図－３に示す。各ピークの内、ピーク H 及び I の変化が空洞厚さの増加に対して特徴的であることを明らかにした。

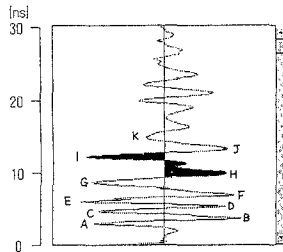


図-2 反射波形例
(800MHz, 空洞厚さ 10cm)

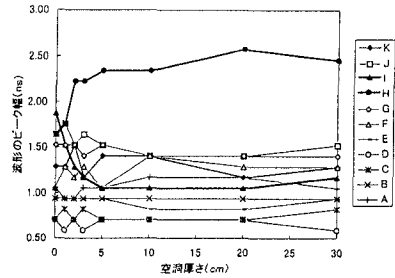
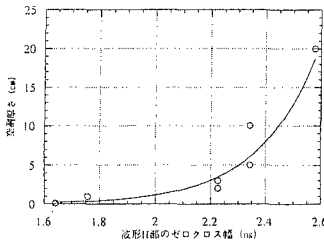


図-3 波形のピーク幅と空洞厚さの関係

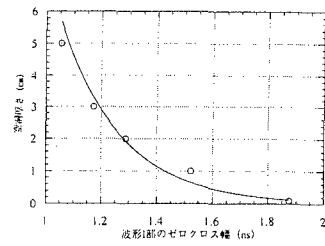
（３）空洞厚さ推定式と推定精度

ピーク H 及びピーク I 幅と空洞厚さの関係に対して指数曲線を近似して、空洞厚さ推定式を得た（図－４）。これらの空洞厚さ推定式による推定空洞厚さと実際の空洞厚さの関係を図－５に示す。ピーク H を用いた空洞厚さ推定は、比較的大きい（約 20cm まで）空洞厚さを ±5cm の精度で推定できるのに対して、ピーク I を用いれば、比較的小さい（約 6cm まで）空洞厚さを ±2cm の精度で推定可能であることが明らかになった。これらピーク H 及び I の空洞厚さ推定式を組合せて用いることにより、レーダ反射波形から NC 版下の空洞厚さを推定することが可能である。



$$y = 7.56 \cdot 10^{-5} \cdot (-5) \cdot e^{(4.82 \cdot x)} \quad R = 0.969$$

図-4(a) ピーク H の空洞厚さ推定式



$$y = 750.9 \cdot e^{(-4.63 \cdot x)} \quad R = 0.996$$

図-4(b) ピーク I の空洞厚さ推定式

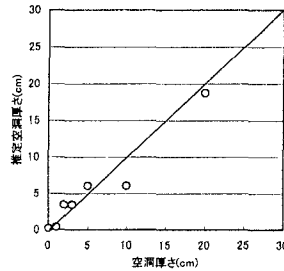


図-5(a) 推定空洞厚さと実測値
の関係(ピーク H)

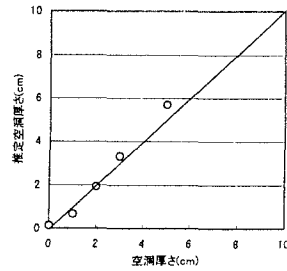


図-5(b) 推定空洞厚さと実測値
の関係(ピーク I)

４．まとめ

東京国際空港の NC 版厚決定手法は、不同沈下により発生するコンクリート版のクラック度を指標とする設計法が採用されている。本設計手法において、版厚は①終局破壊、②疲労破壊、③目地破壊の 3 破壊の内、路盤形状が凹状時の終局破壊で決定され、この時の NC 版面下の空洞厚さが経年圧密沈下による不同沈下量から 0.15cm と算出される。本実験によるレーダ法の空洞検知最小厚さ 2cm は、設計時の限界空洞厚さ 0.15cm を満足していないため、今後空洞探査精度の向上を図る必要がある。また、レーダ反射波形のピークによる推定式を用いて空洞厚さを推定する手法の有効性が確認されたので、実際の空港舗装上でのレーダ法の適用性を評価することが必要である。

参考文献

- 1) 古賀順一: 生まれ変わる羽田空港, 土木学会誌, vol. 82, pp. 2-5, 1997
- 2) 運輸省港湾技術研究所土質地盤調査研究室: 弾性波を用いたコンクリートの空洞調査, 1992
- 3) 坂井巧, 磯上知良: 東京国際空港における空洞探査技術の開発, 第 25 回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp. 860-861, 1998