

中性子線計による合成部材の未充填部の空洞検査

日東大都工業（株） 正会員 小寺秀則
早稲田大学理工学部 フェロー 清宮 理
日東大都工業（株） 幸前 徹

1. まえがき

沈埋函などの合成構造部材で、鋼殻内にコンクリート（自己充填の高流動コンクリート）を充填した場合、鋼板とコンクリートの間に未充填部を生じる可能性がある。未充填部の確認方法として、従来は打音法、赤外線法、RI法、超音波法などが提案されているが、サンドイッチ構造の合成式沈埋函では、未充填部の検出に打音法とRI法が用いられている。打音法は計測の簡易性から未充填部の範囲を判別するのに適しており、RI法は未充填深さを検出する目的で実施されている。RI法は土質試験用の計測器として、盛土の締固め管理のための密度や水分の測定を行う目的で開発されたため、線源としてγ線と中性子線を使用している。中性子線源から放出された高速中性子は、電荷を有していないため物質中の原子核と弾性衝突し、そのエネルギーを失い熱中性子となる。この反射された熱中性子を計測するが、空洞部分では熱中性子に変換しないことから、カウント数が減少する。一方、中性子線を利用した計測器の精度は、線源の強さに相関している。線源の強さには制約があることから、未充填部の計測を行うための線源に、中性子線源のみを使用することによって、より精度良く未充填部の空洞検査ができる。今回、この方法による基礎的な知見を得たので報告する。

2. 空洞検査実験の概要

2.1 供試体 供試体（写真-1）の寸法は 500 × 500 × 300 mm で圧縮強度 24 N/mm² の普通コンクリート製で形成され、板厚 9 mm, 12 mm, 16 mm, 22 mm の鉄板を上面に配置した。空洞は、それぞれの板厚について円形形状で未充填部の厚さを 20 mm とした試料（図-1）と、断面が三角形形状で高さが 75 mm の試料（図-2）の 2 種類とした。空洞部は外部から注水できる構造となっており、空洞時と水飽和時の 8 試料 16 ケースについて実験した。

2.2 試験装置 計測器は検知部（写真-1）制御部、表示部、線源から構成され、線源は Cf-252（カリフォルニウム）を使用し、検出器には He-3（ヘリウム）を使用している。

3. 計測方法

3.1 基準値 各試料毎にコンクリート充填部（円形空洞試料では R1 ~ R2 の位置、三角形空洞試料では T2 ~ T3 の位置）で計測時間 10 秒で 3 回（最初の 10 秒の計測値は値が不安定なため NG とする）計測し、1 秒間の計測数の平均値を基準値とした。

3.2 供試体の計測 各試料の端部から 5 cm 毎に R1 ~ R9（T1 ~ T9）の位置をマーキングし、基準値の計測と同様な手順で計測し、基準値との比の百分率を求めた。空洞部は、各供試体について中空状態で計測した後、専用ポンプで注水し飽和状態にして計測した。

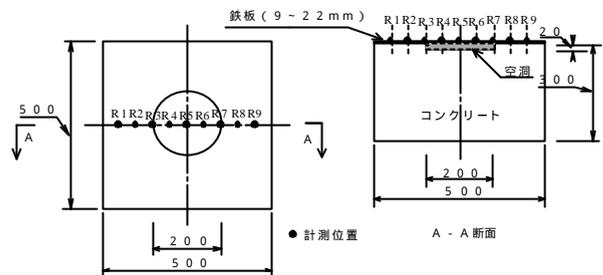


図-1 円形空洞供試体

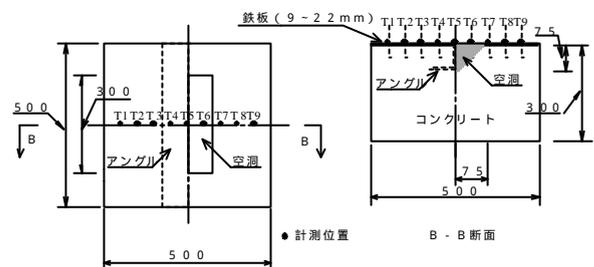


図-2 三角形空洞供試体



写真-1 センサおよび供試体

キーワード：非破壊検査、中性子、合成部材、未充填部

連絡先：〒102-8621 東京都千代田区平河町1-4-9 TEL03-5275-2164 FAX03-5275-2146

4.計測結果

4.1 基準値計測結果 鉄板厚と基準値の関係は、図-3 に示すように、直線的な関係にないことがわかる。鉄板の厚さが 12 mmより厚い場合はほぼ直線関係にあると良いが、鉄板の厚さが 12 mmより薄い場合には、計測数が急増している。測定精度は計測値の平方根に比例することから、鉄板が薄いほど精度が向上することがわかる。

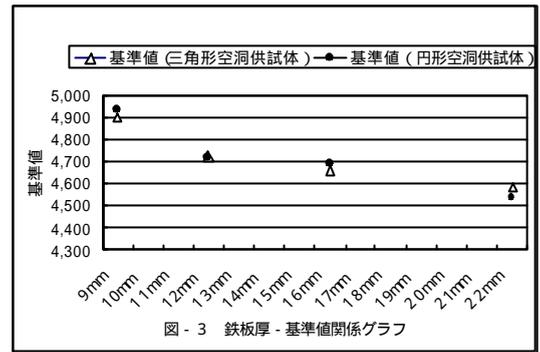


図-3 鉄板厚 - 基準値関係グラフ

4.2 円形空洞 (中空) 計測結果 図-4 に示すように、鉄板厚が 9 mmの場合比較的明確に空洞部分が現れており、厚くなるに従い空洞部の影響が不明瞭となるが、基準値に比較して計測値が 3 %程度減少していることから空洞の有無の判定は可能と考えられる。円形空洞は、体積が三角形空洞試料より 3 割程度小さいことから、空洞部の影響も比較上小さく現れている。

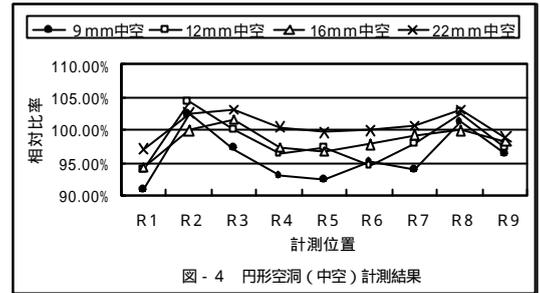


図-4 円形空洞 (中空) 計測結果

4.3 三角形空洞 (中空) 計測結果 図-5 に示すように、鉄板厚が 9 mmの場合明確に空洞部分が現れているが、他の厚さの鉄板においては、ほぼ類似した結果となっている。T5,T6,T7 では、直下部の空洞の深さが違うが計測値はほぼ類似した値を示している。このことは空洞の範囲内では、空洞の大きさに相当する計測値の減少が生じるものと考えられる。

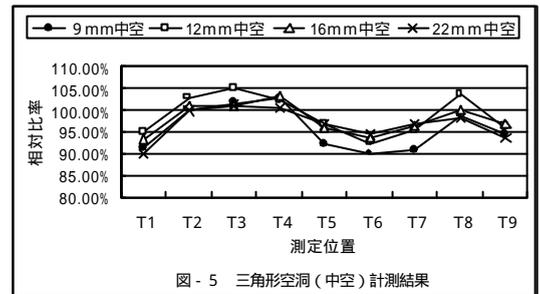


図-5 三角形空洞 (中空) 計測結果

4.4 円形空洞 (飽和) 計測結果 鉄板厚が 9 mm,12 mmと 16 mm,22 mmの 2 グループに傾向が分かれている。図-6 に示すように、水封の場合中空とは逆に水の影響により計測値は大きくなり、空洞部の影響が顕著となる。三角形空洞試料より体積が 3 割程度小さいにも拘わらず、面積が 4 割程度広いことから空洞の影響は大きく現れている。

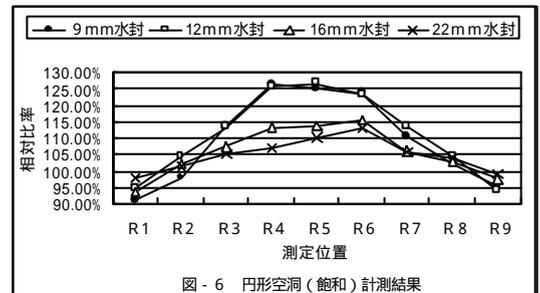


図-6 円形空洞 (飽和) 計測結果

4.5 三角形空洞 (飽和) 計測結果 図-7 に示すように、鉄板厚が 9 mm,12 mm,16 mmの場合明確に空洞部分が現れているが、22 mmの厚さの鉄板においては、感度が低下している。T5,T6,T7 では、直下部の空洞の深さが違うが、計測値の傾向は深さとは一致していない。

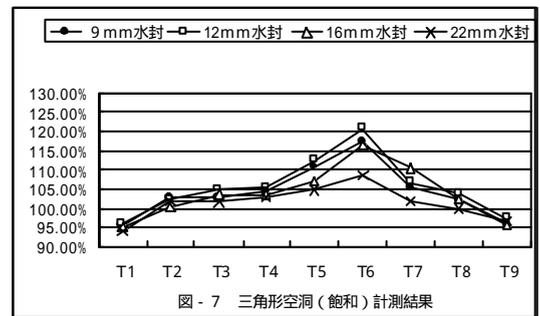


図-7 三角形空洞 (飽和) 計測結果

5.結論

供試体の端部付近では、中性子線が散逸し計測値が小さくなることから、計測位置は端部から 10 cm程度離れていることが必要である。今回の実験により、鉄板の厚さ毎に基準値を定め、各計測位置の値と相対比較することにより、空洞の有無を推定できることが判明した。また、鉄板の厚さが薄いほど計測値は大きい値を示し、感度が向上することから空洞の認識が容易となる。三角形や円形など空洞の形状により、計測値は影響を受けるが、中空の場合空洞の範囲内であれば、計測位置に拘わらず類似した値を示す。この結果から、空洞の形状や深さより、空洞の大きさにより強く影響されるものと考えられる。従って、計測値を空洞の面積との比で示すことにより、平均深さを求める可能性が考えられる。

水が飽和した部分では、中空部とは逆に計測値が著しく大きくなることから、空洞の範囲の判定には適している。計測値は水飽和部の面積に影響されると考えられることから、空洞の大きさや深さを判定するには、コンクリートが充分硬化した後の、遊離水がない状態で計測する必要がある。

【参考文献】清宮 理「打音法による合成部材の未充填部の空洞検査」土木学会第 5 5 回年次学術講演会講演概要集 (平成 12 年 9 月) -130