

## 凍害劣化したコンクリートのアンカー引抜試験における最大引抜荷重と超音波伝播速度の関係

Relation between Ultrasonic Velocity and Maximum Tensile Load of Freeze and Thawed Concrete by Anchor Tension Test

○緒方 英彦\*, 清水 邦宏\*\*, 石神 暁郎\*\*\*, 田場 一矢\*\*\*  
 OGATA Hidehiko\*, SHIMIZU Kunihiko\*\*, ISHIGAMI Akio\*\*\* and TABA Kazuya\*\*\*

## 1. はじめに

凍害劣化が生じているコンクリート構造物の診断手法としては、非破壊試験として超音波法や共鳴振動法などがあり、局部破壊試験として改良プルオフ試験などがある。ただし、これらの手法では、表層近傍のコンクリートの劣化状況は評価できるものの、コンクリート内部の深さ方向の劣化程度を評価することは難しい。そこで著者らは、任意の深さ位置の劣化程度を評価するための手法として、芯棒打込み式金属拡張アンカーを用いたアンカー引抜試験によるコンクリート構造物の凍害劣化診断に関する研究に取り組んでいる<sup>1)</sup>。

本報では、異なる6箇所のRC現場打ちフリュームの側壁でアンカー引抜試験を実施し、最大引抜荷重と超音波伝播速度の関係について考察を加える。

## 2. アンカー引抜試験の概要

アンカー引抜試験には、接着・付着力引張試験器(テクノテスターRT-3000LDII, サンコーテクノ)を用いた。この試験器では、最大荷重30kN, 最大変位量10mm(分解能0.01mm)までの測定を行うことができる。また、試験に用いるアンカーは、全長100mm, アンカー本体直径8mmの芯棒打込み式金属拡張アンカー(SY-810K, サンコーテクノ)である。アンカーの埋込深さの調整は、1cm刻みの専用の長さ調整具を用いて行い、この長さ調整具を用いることで任意の深さ位置での試験が可能である。

## 3. 現地試験の概要

現地試験を実施した既設のRC現場打ちフリュームの側壁は6箇所であり、I水路(北海道美唄市), II水路(岩手県奥州市), III水路・IV水路(北海道美唄市, I水路とは異なる, III・IV水路は同じ幹線であるがバレルが異なる), V水路(北海道岩内郡), VI水路(北海道瀬棚郡)である。

アンカー引抜試験におけるアンカー埋込深さ(測定深さ), 測定箇所数及び番号は表1に示すとおりで

表1 アンカー引抜試験の概要

水路名称	I 水路	II 水路	III 水路	IV 水路	V 水路	VI 水路
測定深さ(cm)	2, 4, 5, 8	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8
測定箇所数	3	3	1	1	1	1
番号	No. 1-1 ~1-3	No. 2-1 ~2-3	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6

ある。また、各測定箇所の近傍からφ10cmのコアをそれぞれ1本採取し、採取したコアに対しては、表面から深さ方向のコア横断面における超音波伝播速度を側壁における水平方向と上下方向の2方向で測定した。

## 4. 最大引抜荷重と超音波伝播速度の関係

アンカー引抜試験における各埋込深さの最大引抜荷重を図1に示し、コアの深さ方向の超音波伝播速度(上下方向)を図2に示す。また、測定深さが対応する位置の最大引抜荷重と上下方向の超音波伝播速度の関係を図3に示す。ただし、8cm深さは、アンカーの拡張部にすべりが生じている可能性があることから除外している。図からは、アンカー埋込深さ6cmまでの範囲において、超音波伝播速度と最大引抜荷重の間には正の線形関係があることが示唆されるが、関係式は水路によりそれぞれ異なることがわかる。これは、各水路における凍害劣化の状態(コンクリート組織の緩みやひび割れの発生状態)及び程度が異なることが影響していると考えられる。

アンカー引抜試験における破壊形態がコンクリート躯体のコーン状破壊である場合、金属拡張アンカーの許容引張荷重は、式(1)で求められる<sup>2)</sup>。

$$P_{a2} = \phi_2 \times \alpha_c \times c \sigma_t \times A_c \quad (1)$$

ここに、 $P_{a2}$ :コーン状破壊の許容引張力(N),  $\phi_2$ :低減係数(長期荷重用:1/3, 短期荷重用:2/3),  $\alpha_c$ :施工のばらつきを考慮した低減係数(0.75),  $c \sigma_t$ :コーン状破壊に対するコンクリートの割裂強度(N/mm<sup>2</sup>)( $c \sigma_t = 0.31 \sqrt{F_c}$ ),  $F_c$ :コンクリートの圧

\*鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, \*\*サンコーテクノ株式会社, Sanko-Techno Co., LTD., \*\*\*寒地土木研究所寒地農業基盤研究グループ, Cold-region Agricultural Development Research Group, Civil Engineering Research Institute for Cold Region, 引張強度, 有効水平投影面積, 超音波伝播速度

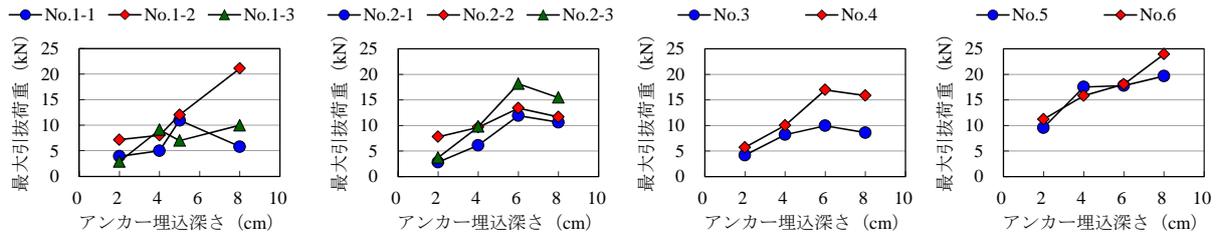


図1 各埋込深さの最大引抜荷重

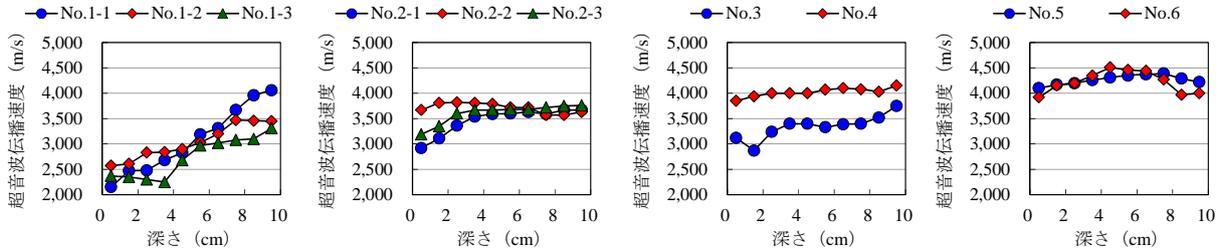


図2 コアの深さ方向の超音波伝播速度(上下方向)

縮強度 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ),  $A_c$ : コーン状破壊面の有効水平投影面積 ( $\text{mm}^2$ ), である。 $A_c$ は式 (2) で求められる。

$$A_c = \pi \cdot l_{ce} (l_{ce} + D) \quad (2)$$

( $l < 4D$  の場合は  $l_{ce} = l$ ,  $l \geq 4D$  の場合は  $l_{ce} = 4l$ )

ここに,  $l_{ce}$ : アンカーボルトの強度算定用埋込み深さ (mm),  $l$ : アンカーボルトの埋込み長さ (mm),  $D$ : アンカーボルト軸部の直径 (mm), である。

この式からコンクリートの割裂強度は, 引張力(ここでは最大引抜荷重)をコーン状破壊面の有効水平投影面積で除することで求められ, アンカー引抜試験の各測定深さにおける有効水平投影面積が最大引抜荷重の測定値に影響を及ぼしていることがわかる。つまり, 最大引抜荷重に影響を及ぼすのは, アンカー拡張部の局所的なコンクリートの状態だけでなく, 表面からアンカー拡張部までの範囲のコンクリートの状態の2要素であり, 前者がアンカー埋込位置における超音波伝播速度であるならば, 後者は表面からアンカー埋込深さの範囲における超音波伝播速度の積算値ということになる。

そこで, 図2に示した超音波伝播速度を二次多項式で近似し, 表面から各アンカー埋込深さの範囲における超音波伝播速度の積算値を求め, この積算超音波伝播速度と最大引抜荷重の関係を考察することにした。両者の関係を図4に示す。また, 関係式を式 (3) に示す。

$$P_{\max \cdot x} = 0.065 V_{a \cdot x} + 1.3452 \quad (R^2 = 0.75) \quad (3)$$

ここに,  $P_{\max \cdot x}$ : アンカー埋込深さ  $x$  m における最大引抜荷重 (kN),  $V_{a \cdot x}$ : 表面から  $x$  m までの積算超音波伝播速度 ( $\text{m}^2/\text{s}$ ), である。

各水路における凍害劣化の状態は異なるにも関わ

●No.1-1 ○No.1-2 ○No.1-3 ◆No.2-1 ◆No.2-2  
◆No.2-3 ▲No.3 ■No.4 ●No.5 ◆No.6

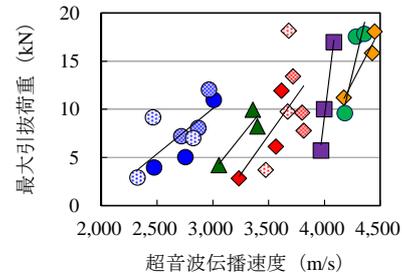


図3 測定深さが対応する位置の最大引抜荷重と超音波伝播速度の関係

●No.1-1 ○No.1-2 ○No.1-3 ◆No.2-1 ◆No.2-2  
◆No.2-3 ▲No.3 ■No.4 ●No.5 ◆No.6

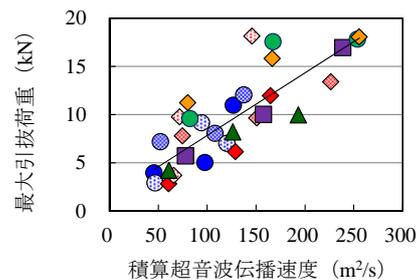


図4 測定深さが対応する位置の最大引抜荷重と積算超音波伝播速度の関係

らず, 最大引抜荷重は表面からアンカー埋込深さの範囲における超音波伝播速度の積算値と線形の関係にあることがわかる。

#### 引用文献

- 緒方英彦, 清水邦宏, 石神暁郎, 田場一矢: 芯棒打込み式金属拡張アンカーを用いたアンカー引抜き試験によるコンクリート構造物の凍害劣化診断, 日本非破壊検査協会コンクリート構造物の非破壊検査論文集, Vol.5, pp.77-84 (2015), 2) 日本建築学会: 各種合成構造設計指針・同冊編 (第2版), pp.321-322 (2013)