

Ⅲ-B 47 鋼管巻き場所打ちコンクリート杭に対するインテグリティ試験適用例

NKK	正会員	金井 文男
NKK	正会員	林 正宏
NKK		小菅 秀一
金沢大学工学部	正会員	松本 樹典

1. はじめに

鋼管巻き場所打ちコンクリート杭の水平載荷試験に併せて、杭体のクラックの発生状況を把握する試みとしてインテグリティ試験を実施した。インテグリティ試験は、水平載荷試験の各荷重サイクル（5サイクル）のゼロおよび最大荷重時付近において実施した。水平載荷試験終了後に杭体のボーリングとポアホールカメラによるクラック発生位置の調査を行い、インテグリティ試験結果との比較を行った。

2. 試験概要

2. 1 試験杭および試験地盤の諸元

表1に試験杭の諸元を、図1に試験地盤の概要を示す。試験杭は、G.L.±0から-24 mまで築造されており、G.L.±0から-12 mまでが鋼管巻きコンクリート部、G.L.-12 mから-24 mまでが鉄筋コンクリート部である。杭頭部には径1000 mm、板厚20 mm、長さ4.0 mの鋼管

表1 試験杭の諸元

杭 径		(mm)	1400
全 長		(m)	24.0
鋼管コンクリート部	長さ	(m)	12.0
	鋼管径	(mm)	1400
	板厚	(mm)	14.0
鉄筋コンクリート部	長さ	(m)	12.0
	杭径	(mm)	1400

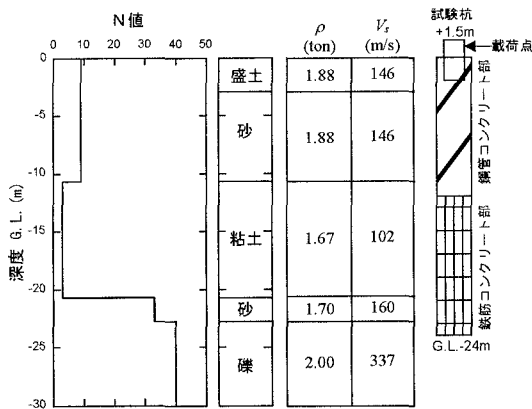


図1 試験地盤の概要

が2.5m差込まれており、杭径1400mmの杭頭部より1.5m突出した状態となっている。鋼管内部には、コンクリートが充填されている。図1に示すせん断波速度 V_s は、 N 値より、 $V_s = 102N^{0.292}$ （沖積粘性土）、 $80.6N^{0.331}$ （沖積砂質土）、 $97.2N^{0.323}$ （洪積砂質土）の経験式¹⁾を用いて求めた。

2. 2 水平載荷試験結果

水平載荷試験時の水平荷重 (P) と水平変位 (S) の関係を図2に示す。log $P \sim \log S$ より求めた降伏荷重 (P_y)は200 tf、極限荷重 (P_u)は300 tfであった。インテグリティ試験は、図2に示すように各荷重サイクルのゼロおよび最大荷重時付近において11回実施した。

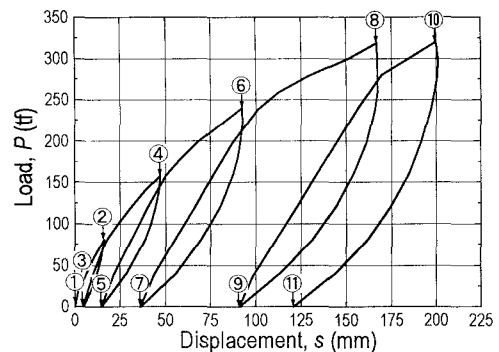


図2 水平荷重と水平変位の関係

2. 3 インテグリティ試験とその波動解析手法

インテグリティ試験は、直径1000 mmの鋼管頭部で実施した。鋼管頭部のコンクリート部をプラスチックハンマで軽打し、鋼管頭部での速度波形を測定した。測定波形を用いて、特性曲線法に基づく波形解析プログラムKWAVE²⁾による波形マッチング解析を行い、インピーダンス $Z = (EA)/c$ (E :ヤング率, A :断面積, c :波速度)の変化位置（クラック発生位置）の推測を行った。解析は、荷重載荷前の健全な杭に対してマッチング解析を行い、求めた地盤パラメータを用いて荷重載荷中の杭のマッチング解析を行う手順で実施した。解析に使用した地盤モデル³⁾を図3に示す。また、地盤抵抗パラメータの決定式を表2に示している。

キーワード：インテグリティ試験、鋼管巻き場所打ちコンクリート杭、水平載荷試験、クラック

連絡先：〒210-0855 川崎市川崎区南渡辺町1-1 NKK基盤技術研究所 Tel 044-322-6221, Fax 044-322-6519

表2 地盤抵抗モデルパラメータの決定式

杭周囲: $k_s = 2.75G/(\pi d)$, $c_r = G/V_s$
杭先端: $k_b = \frac{8G}{\pi(1-\nu)d}$, $c_b = \frac{3.2G}{\pi(1-\nu)V_s}$
先端地盤付加質量: $M_b = 2d^3\rho\frac{0.1-\nu^4}{1-\nu}$
d : 杭直径, ν : 土のポアソン比 (=0.3と仮定)
ρ : 土の密度, $G = \rho V_s^2$: せん断剛性

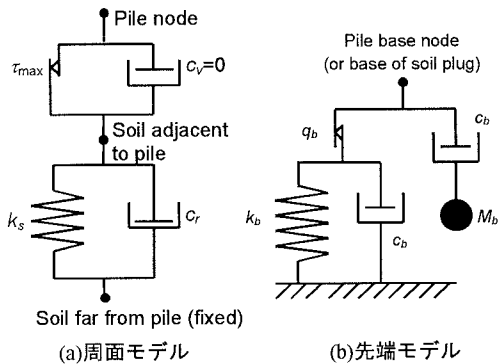


図3 地盤モデル³⁾

3. 波形マッチング解析結果

3.1 ゼロ荷重時（荷重載荷前）

ゼロ荷重時（荷重載荷前：図2-①）の波形マッチング解析結果を図4に示す。杭のインピーダンスは、鉄筋量の変化も考慮すると、10区間に分割される。各杭区間のヤング率 E を式(1)によって近似した。

$$E = (A_c E_c + A_s E_s) / A \quad (1)$$

A_c, A_s : コンクリート部、鋼管および鉄筋部の断面積

E_c, E_s : コンクリート、鋼のヤング率

図4は、杭頭速度波形の実測結果と解析結果である。両者は、ほぼ対応していると思われる。

3.2 載荷時（300tf載荷時）

300tf載荷時（図2-⑧：320tf載荷後除荷）の波形マッチング解析結果を図5に示す。本解析では、ゼロ荷重時に求めた地盤パラメータを用いて、G.L.-4.0m部（要素長さ20cm）のインピーダンス（断面積）を1/4に低減させて求めたものである。解析結果と実測結果は、ほぼ一致している。

3.3 クラック発生位置の確認

クラック発生位置を確認するために、試験後にG.L. ±0から-15mの位置まで杭体のボーリングとボアホールカメラによる調査を行った。その結果、G.L.-4.1, -4.9, -6.4, -7.7mの位置でクラックが確認された。

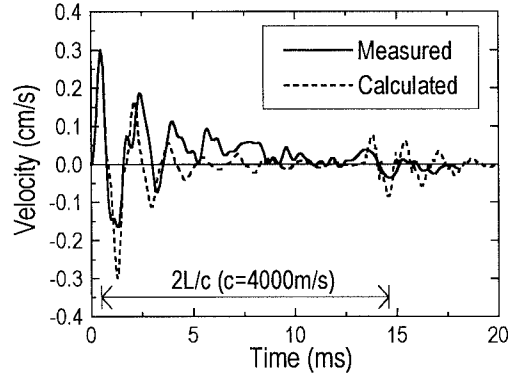


図4 実測波形と解析波形（ゼロ荷重時）

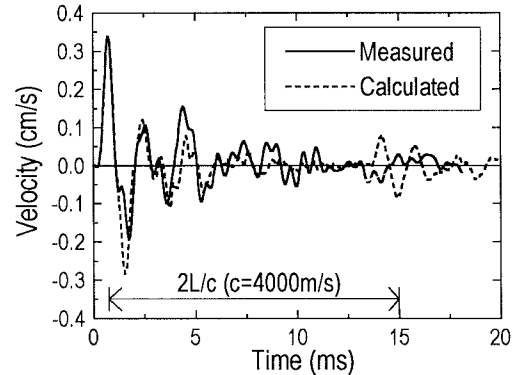


図5 実測波形と解析波形（300tf載荷時）

4. おわりに

鋼管巻き場所打ちコンクリート杭の水平載荷試験に併せて、杭体のクラックの発生状況を把握する試みとしてインテグリティ試験を実施した。その結果、荷重載荷前と載荷中の測定波形を比較解析することにより、杭体のクラックの有無を調べることが可能であり、鋼管巻き場所打ちコンクリート杭に対してインテグリティ試験が適用可能であることがわかった。

本インテグリティ試験の解析によって、最上部(G.L.-4m付近)のクラック発生を明確に捉えることはできた。しかし、クラックが複数生じている杭のインテグリティ試験シグナルの解釈については、さらに考察を進める必要がある。

参考文献

- 1) Imai, T.: P and S wave velocities of the ground in Japan, Proc. 9th ICSMFE, Tokyo, 1977.
- 2) Matsumoto, T. and Takei, M.: Effects of soil plug on behavior of driven pipe piles, *Soils & Foundations*, JSSMFE, Vol.31, No.2, pp.14-34, 1991.
- 3) Randolph and Deeks: Dynamic and static soil models for axial pile response, *Proc. 4th Int. Conf. on the Appl. of Stress-Wave Theory to Piles*, pp.3-14, 1992.