

III - 398 斜面中のH鋼杭の大変位水平載荷試験（実験結果）

（財）鉄道総合技術研究所 正員 西村昭彦  
 JR東海新幹線鉄道事業本部 正員 ○ 若木宣成  
 正員 大南正克

1. はじめに

鉄道盛土では、軌道のバラストを支えるバラスト止め工などにH鋼杭がよく用いられる。この杭は主として土圧などの水平力を受けるが、鉛直方向の荷重はあまり作用しない。また、地震時には繰り返し荷重を受けることとなるし、地震の規模によっては大変位を生じることも考えられる。そこで、盛土斜面上にH鋼杭を打設し、大変位領域での水平載荷試験を実施し、鋼杭の水平力に対する支持力性状（降伏変位、降伏支持力、荷重の繰り返しの影響など）の把握をするとともに、鋼杭の変位、応力などの解析法について検討を行った。本文はそのうち水平載荷試験の概要について述べる。

2. 水平載荷試験の概要

(1) 試験地盤および試験ケース

試験を実施した盛土の土質は砂混じり粘性土である。この地盤におけるスウェーデン式貫入試験の結果を図1に示す。試験は杭の断面、根入れ長さ、斜面勾配を変化させその影響度合いを調査した。試験に用いたH鋼およびCT鋼の諸元を表1に、載荷試験のケースを表2に示す。

(2) 試験装置および載荷方法

荷重はセンターホール型ジャッキにより引張力として加えた。

載荷方式は片引きの繰り返し載荷とし、制御方式は変位制御とした。

変位段階は6段階とし、履歴内（同一最大変位）の繰り返し回数は3回とした。また地震荷重を想定しているので荷重の保持時間は0（データの取り込みに要する時間のみ保持）とした。

3. 水平載荷試験の結果

(1) 荷重～変位曲線

図2にH-1の荷重～変位曲線を示す。

この図の変位は杭の地表面の水平変位である。なお、他の試験結果も同様な形状となった。また、表3に各ケースの降伏荷重を示す。これらの試験結果から次の事項が

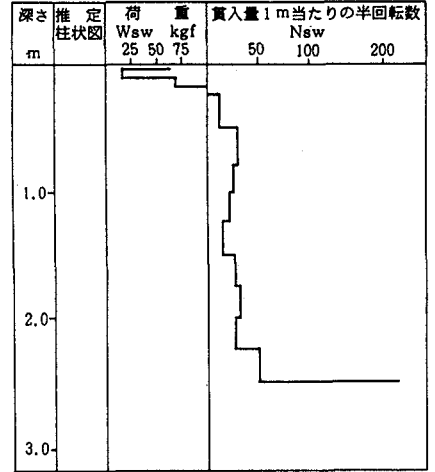
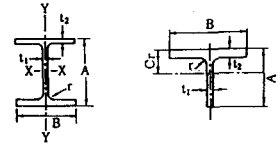


図1 スウェーデン貫入試験結果

表1 鋼材の諸元



H形鋼寸法・断面性能表

鋼材	寸法					断面積 cm <sup>2</sup>	単位重量 kg/m	断面二次モーメント cm <sup>4</sup>		断面二次係数 cm <sup>3</sup>		断面係数 cm <sup>3</sup>	
	A	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r			I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
H	100	100	6	8	10	21.90	17.2	383	134	4.18	2.47	76.6	26.7
	150	150	7	10	11	40.14	31.5	1,640	563	6.39	3.75	219.0	75.1
CT	50	100	6	5	10	10.05	8.60	16.1	66.9	1.21	2.47	4.03	13.4

表2 H鋼の水平載荷試験の種類

番号	斜面勾配	根入れ長 (m)	載荷点高さ (m)	杭種	備考
H-1	1:1.5	2.0	0.50	H-100	標準
H-2	1:1.5	2.0	0.50	H-150	杭断面の影響
H-3	1:1.5	2.0	0.10	H-100	載荷点の高さの影響
H-4	1:1.5	1.5	0.50	H-100	根入れ長さの影響
H-5	1:1.3	2.0	0.50	H-100	斜面勾配の影響
C-1	1:1.5	2.0	0.25	C T-100	C T鋼(水平地盤と比較)

判明した。

①H-1の降伏点は変位で20mm、荷重で700kgf程度の値となっている。他のケースもH-3を除いてほぼ20mm程度で降伏した。一方、CT鋼は降伏変位は同じ程度であるが、荷重は500kgf程度となった。なお、載荷高さの影響は大きい、根入れ長さ、杭断面、斜面勾配の影響はあまり明瞭には現れなかった。

②降伏点付近から繰り返しの影響が大きくなる。それも1回目と2回目の間の低下割合が大きく、2回目と3回目の低下割合は余り大きくない。

(2) 荷重とひずみの関係

図3にH-1のひずみの深さ方向の分布を示す。最大ひずみは地表から90cm程度のところに生じており、その値は700 $\mu$ 程度である。ひずみは荷重に比例して大きくなっており、H鋼は降伏していない。なお、今回の試験ではH鋼はすべてのケースで鋼材の降伏は生じなかった。図4にCT鋼のひずみの深さ方向の分布を示す。図からCT鋼は部材が降伏したことがわかる。

(3) 降伏支持力

降伏荷重の値はかなりばらついているが、H鋼杭はいずれも鋼材は降伏しておらず、降伏荷重の大きさは地盤の強度で決定されていると推定される。なお、試験は杭径以上の大変位まで行ったが、杭の水平支持力は低下せずむしろ増加した。しかし荷重のわずかな増加に対して変位が大きく進むようになる。なお、CT鋼については、降伏支持力の大きさは鋼材の降伏強度で決定され、斜面的影響は少ないと考えてよいことがわかった。

4. おわりに

以上H鋼杭の水平載荷試験の結果を示した。このクラスのH鋼杭は一般的な盛土では、水平支持力の大きさは地盤の強度で決まること、また、降伏変位は20mm程度であることなどがわかった。

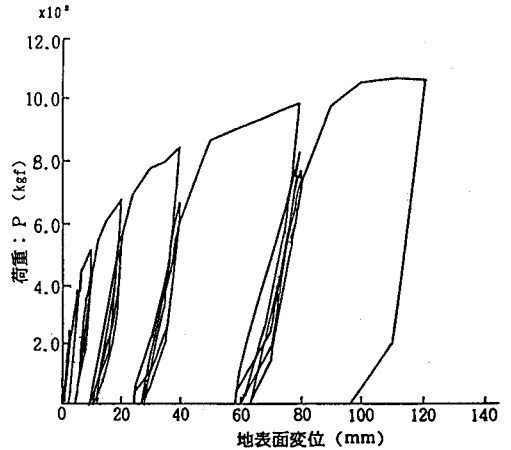


図2 荷重～変位曲線 (H-1)

表3 降伏荷重

ケース	降伏荷重 $\times 10^2 \text{kgf}$	ひずみ $\times 10^{-6}$	応力度 $\text{kgf/cm}^2$	深さ GL-m	地表面変位 mm
H-1	6.4	380	800	0.7	18
H-2	7.0	150	310	0.6	18
H-3	19.0	800	1700	0.6	40
H-4	5.6	320	670	0.6	25
H-5	7.8	450	950	0.6	25
C-1	5.2	820	1700	0.3	26

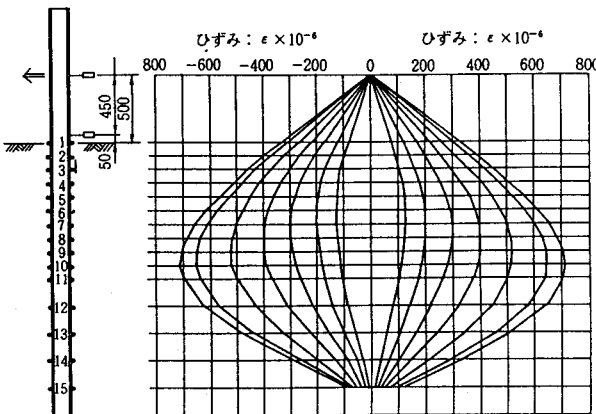


図3 ひずみ深度曲線 (H-1)

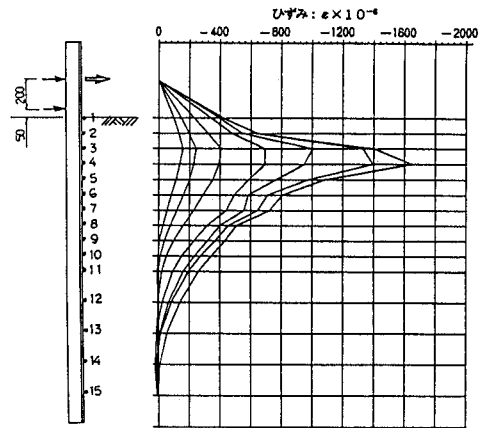


図4 ひずみ深度曲線 (CT鋼)