

○ 大阪市 玉野 富雄
 松 永 一 成
 名古屋大学 植 下 勲

1. はじめに

土留挙動は複雑な要因に支配される。そのうち、基本的な要因でありながらなおさらにこれが自然現象の一つに温度変化がある。温度変化により直接影響をうける土留構成材料は鋼製切ばりである。温度変化および切ばり応力を測定することは比較的簡単であるにもかかわらず、また、切ばり設計の際に考慮すべき事項でありながら温度変化による切ばり応力変化の測定については遠藤¹⁾、古藤田²⁾により報告されているほか若干の事例のみで詳細な調査例は少ない。この報告では同一現場における測定例について述べ、あわせて2, 3の考察をする。

2. 測定概要

測定現場は大阪南港埋立地盤における下水ポンプ場の土留工事である。土留壁はRC地中壁(壁厚800mm)、切ばり長は短辺で16m、長辺で36m、切ばりスパンは約3m、切ばり部材は400H(断面積 $A_s=218.7\text{cm}^2$)と各交点にはU字ボルトで拘束している。図-1に施工概要を示す。切ばり温度の測定は抵抗線温度ゲージ、切ばり応力の測定は抵抗線ひずみゲージを使用した。測定は各掘削段階で測定前の数日間の午前9時の切ばり応力とほとんど変化のないことを確かめてからCASE1(9月6日~8日)、CASE2(10月5日~7日)、CASE3(10月26日~28日)の3回おこなった。測定は集中管理により自動測定した。切ばり温度の測点が6ヶ所、切ばり応力の測点が63ヶ所である。

3. 測定結果

切ばり応力変化の基準となる温度を大気温度とするか、切ばり温度とするかによって切ばり応力の単位温度当りの変化量 $\Delta\sigma/\Delta T$ は大きく異ってくる。実用上は切ばり温度の測定の困難さより大気温度によることはやむを得ないとしても、力学挙動として考察する場合は切ばり温度による必要がある。図-2にCASE1での切ばり温度の測定例を示す。抵抗線温度ゲージは図-2に示すように切ばりの上面、下面に取付けてある。切ばりの表面温度は大気温度にくらべると日照の影響により昼間は大気温度よりかなり高く、夜間は大気温度とほぼ等しくなっている。H鋼は断面積にくらべ表面積が大きく、かつ、鋼材の比熱が 0.1cal/g 程度であるので、表面と内部温度がほぼ等しいと考えられる。それゆえ、切ばり温度として、上面と下面の測定値の平均値として大差ないと考えられる。図-3は6測点での切ばり温度(上面と下面の平均値)の測定値と大気温度を比較したものである。6測点の平均値をCASE1での切ばり温度とし大気温度とともに切ばり応力変化の基準温度とする。CASE2, CASE3の場合も同様である。

表-1に最大大気温度差 ΔT_a 、 ΔT_s 、切ばり温度差 ΔT_s 、 ΔT_s を示す。図-4にCASE2での大気温度、切ばり温度、切ばり応力の測定を例示する。 $\Delta\sigma/\Delta T$ は大気温度に対して、 2.16kg/cm^2 、 2.27kg/cm^2 、切ばり温度に対して、 1.52kg/cm^2 、 1.74kg/cm^2 である。このような189データについて、平均値と標準偏差値 σ を計算すると、大気温度に対して、 $\bar{x}=2.10\text{kg/cm}^2$ ($0.096\text{kg/cm}^2/\text{cm}^2$)、 $\sigma=1.30\text{kg/cm}^2$ 、切ばり温度に対して $\bar{x}=1.38\text{kg/cm}^2$ ($0.063\text{kg/cm}^2/\text{cm}^2$)、 $\sigma=0.82\text{kg/cm}^2$ である。

切ばり長による影響を調べるために、短辺と長辺の各

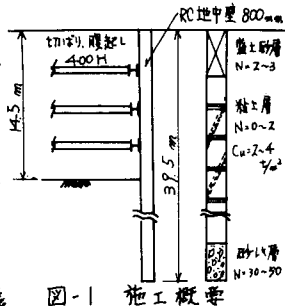


図-1 施工概要

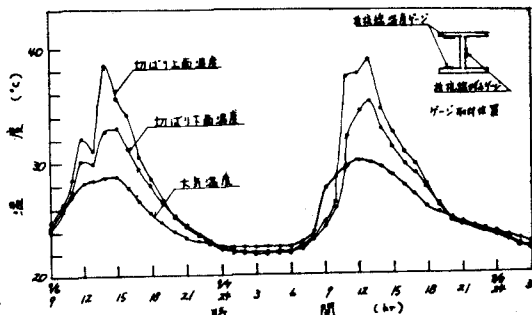


図-2 切ばり上面、下面温度の測定 (CASE1)

2について、式(5)を表-2に示す。ところで、
 温度は温度応力を次式で示している。

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{A_s \cdot E_s \cdot \beta}{1 + 2 E_s \cdot A_s / K_E \cdot L} \quad (1)$$

ここで、 K_E ：切ばり端部拘束弾性係数(t/cm)

A_s ：切ばり断面積(cm²)

E_s ：切ばり弾性係数(t/cm²)

β ：鋼材の線膨張係数(°C⁻¹)

L ：切ばり長(cm)

(1)式によると温度応力は切ばり長にはほぼ一次的に比例して大きくなる。ところが、表-2の結果では切ばり長が長くなると温度応力が小さくなる傾向にあるが、一次的には温度応力に関係していない。U字ボルトおよび鋼杭での切ばり交点の拘束により応力分散が生じたことが原因と考えられる。

切ばり応力の初期値とその時の温度応力の式、(5)を表-3に示す。切ばり応力の初期値が大きくなるにつれて、温度応力が小さくなる傾向があり、(1)式での K_E は切ばり応力が增大するにつれて減少していることが推測される。 K_E は一つの上留で一定でなく、応力状態によって変化すると思えるのが妥当であろう。また、温度応力

の実測値から K_E を逆算する際には、切ばり温度による $\Delta P/T$ と計算するのが工学的に厳密である。ここで、 $\Delta P/T$ を1.38%/℃、 L を板に短辺と長辺の1/2の26mと仮定し、 A_s を2187cm²、

E_s を2,100 t/cm²、 β を 1.32×10^{-5} °C⁻¹とすると、 K_E は104 t/cm(シルト地盤、矢張土留での実測値では60~120 t/cm)である。一方、切ばりが両端で完全拘束($K_E = \infty$)されているとすると温度応力は次式

$$\frac{\Delta P}{\Delta T} = A_s \cdot E_s \cdot \beta \quad (2)$$

で示され、 $\Delta P/T$ は6.06%/℃となり、

1.38%/℃は完全拘束の場合の約23%になる。

4. あとがき

剛性の大きい土留での切ばり線400Hに対する温度応力の測定例を示し、大気温度、切ばり温度に対する $\Delta P/T$ (2.10%/℃、1.38%/℃)を示した。また、2,3の要因について検討した。本工事中で温度応力が30~40tにもなることがあった。もし、たまたま土留が危険な状態にあれば、温度応力は土留の破壊の原因にもなり土留管理上無視できるものでない。温度応力の的確なデータを測定することは、測定値のばらつき等より簡単なようで、かいた問題であり、今後、多くのデータの蓄積が必要である。

参考文献

- 1) M. Endo : Earth Pressure In Excavation Work Of Alluvial Clay Stratum, I.C.S.M.F.E. 7th, MEXCO.
- 2) 古藤田他：軟弱地盤における深いオープンカットの切ばり荷重について、第16回土質工学研究発表会, PP.459-461.
- 3) 古藤田他：切ばり温度応力に関する影響要素、第16回土質工学研究発表会, PP.1165~1168.

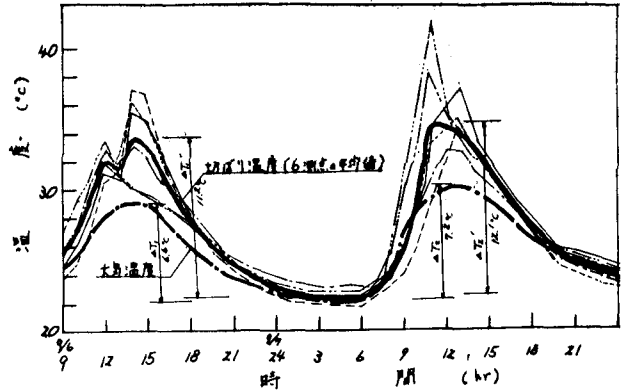


図-3 $\Delta P/T$ の計算に用いる大気温度および切ばり温度 (CASE1)

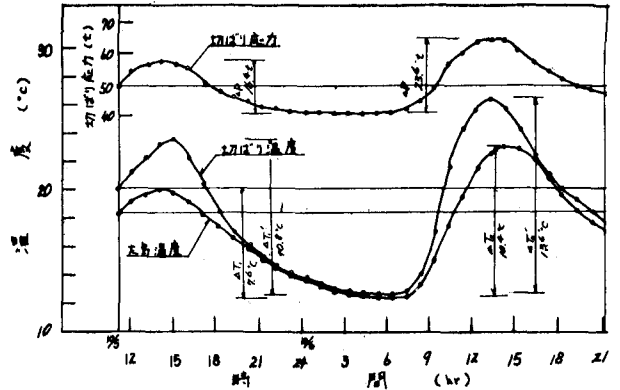


図-4 $\Delta P/T$ の計算 (CASE2)

	最大温度差 (単位:°C)			
	大気温度差 ΔT_a	切ばり温度差 ΔT_s	切ばり温度差 $\Delta T_s'$	切ばり温度差 $\Delta T_s''$
CASE1	6.6	7.2	11.2	12.1
2	7.6	10.4	10.8	13.6
3	8.3	10.8	14.3	15.6

表-2 切ばり長と $\Delta P/T$ (単位:%/℃)

	短辺 (7.9m) 16m (117)	長辺 (7.9m) 36m (92)
	大気温度 $\bar{x}=1.94$ $\sigma=1.16$	大気温度 $\bar{x}=2.34$ $\sigma=1.45$
	切ばり温度 $\bar{x}=1.25$ $\sigma=0.72$	切ばり温度 $\bar{x}=1.51$ $\sigma=0.93$

表-3 切ばり応力初期値と $\Delta P/T$ (単位:%/℃)

	切ばり応力初期値 (t)		
	0~50 (7.9m) 50~100 (7.9m)	100~150 (7.9m)	150~200 (7.9m)
	大気温度 $\bar{x}=2.17$ $\sigma=1.31$	大気温度 $\bar{x}=2.03$ $\sigma=1.26$	大気温度 $\bar{x}=1.88$ $\sigma=1.10$
	切ばり温度 $\bar{x}=1.49$ $\sigma=0.99$	切ばり温度 $\bar{x}=1.32$ $\sigma=0.72$	切ばり温度 $\bar{x}=1.27$ $\sigma=0.70$