

小判型立坑側壁に固定された切梁の温度応力挙動

(株)中部電力

水野 和彦

(株)中部電力

西澤 邦夫

(株)熊谷組名古屋支店 坂 英昌

(株)熊谷組名古屋支店 谷 静雄

(株)熊谷組土木事業本部 正会員 ○中出 剛

1. はじめに

土留支保工のうち切梁については温度変化の影響を受けやすい部材として、土木分野では一般に 120kN～150kN 程度の温度荷重が考慮されている。これらは、切梁両端を完全固定とした理論値に対して既往の実測値が 2 割程度であることを踏まえ、日気温差 10℃程度を想定したものである¹⁾。また、切梁両端の固定度は、土留壁や地盤の剛性、端部取付構造等により変化すると考えられることから、これらを考慮した固定度の推定式も提案されている²⁾。一方、このような切梁温度応力の評価は主に鋼矢板や親杭のような剛性の低い土留壁を対象としたものであり、コンクリート壁のような剛性の高い構造物を支保する場合についてはあまり知見が得られていない。

本稿では、小判型立坑におけるコンクリート壁の支保として設置した切梁軸力の計測結果をもとに、比較的固定度の大きい場合の切梁温度応力の挙動について報告する。

2. 施工の概要

徳山水力発電所は、木曽川水系揖斐川の上流部に位置する徳山ダムから取水し、最大 153,400kW (1 号機 131,000kW, 2 号機 22,400kW) を発電するものであり、現在建設が進められている。発電所構造物の多くは地下構造物として山岳工法により施工が行われるが、このうち 1 号機立坑および 2 号機立坑が地上付近で一体となる小判型の複合円立坑については、オープン掘削によりコンクリート壁を先行構築し、内壁が構築されるまでの期間は切梁により背面埋戻し土圧を受ける側壁を支保する施工方法がとられた (図-1, 2)。なお、切梁と側壁の接合には腹起しを設けず、側壁に取り付けたプレート (t=29mm) に切梁を溶接して接続する構造とした。

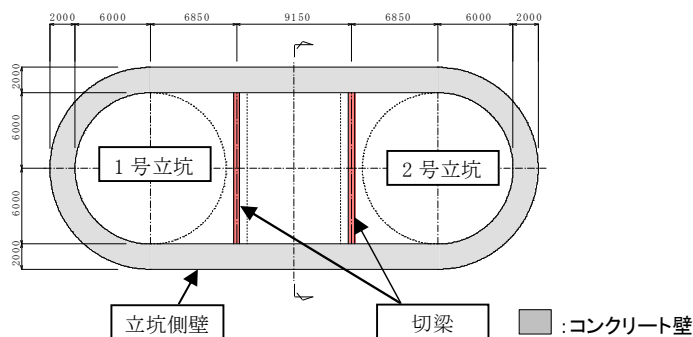


図-1 立坑平面図

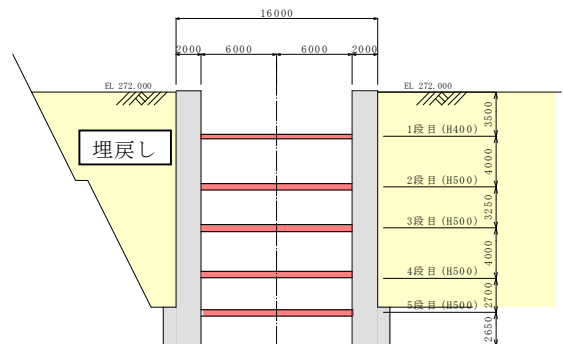


図-2 立坑断面図

3. 温度軸力の挙動

図-3 に 2 号立坑側 5 段目切梁の軸力と外気温の経時変化を示す。外気温の 1 日の変化 (日較差) に応じて軸力が変動しており、この傾向は長期的変化 (年較差) においてもみてとることができる。ただし、これらの軸力挙動には、立坑下部地盤掘削等の施工の影響が含まれていることから、ここではそれらの影響がない期間 (4/8～5/8) における値を用いて分析を行うこととした。図-4 に温度変化に伴う切梁軸力の増加量の関係を示す。両者の関係には高い相関がみられ、当該切梁における単位温度変化当たりの軸力増加量は約 50 (kN/℃) であり、これまで一般に想定されている 12～15 (kN/℃) に比較して大きい値を示す。

また、軸力計測は全段数で行っているが、上部の切梁 (1, 2 段目) では他と逆に、夏季の温度上昇期に軸力が減少し、冬季の温度降下期に軸力が増加する挙動がみられた。この理由として直射日光によるコンクリート壁上部と下部の温度差による膨張あるいは収縮挙動の影響が挙げられ、解析的検討からもその傾向が示唆された。

キーワード 切梁, 温度軸力, 固定度

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組土木事業本部土木設計部 TEL 03-3235-8622

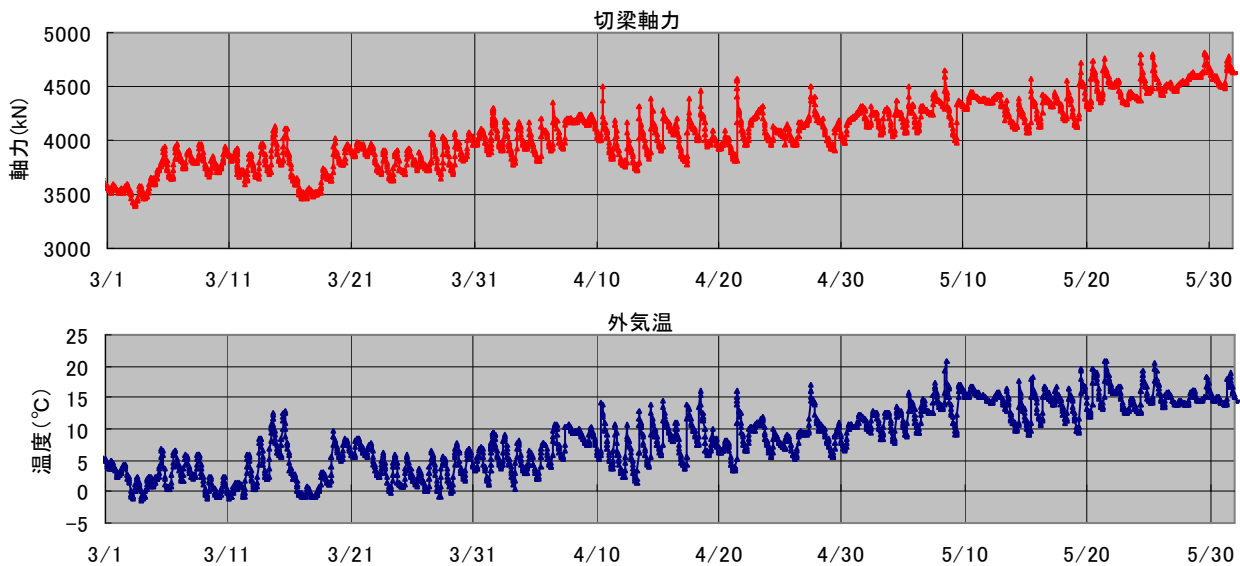


図-3 切梁軸力と外気温経時変化

4. 切梁固定度の評価

切梁温度応力を算出する手法としては、切梁両端が完全固定の場合に対する低減係数を固定度 α ($0 \leq \alpha \leq 1$) と定義して温度応力を求める式(1)がある²⁾。

$$\Delta P_t = \alpha \cdot A \cdot E \cdot \beta \cdot \Delta T \cdots \text{式(1)}$$

ここに、 ΔP_t ：温度変化による増加軸力(kN)

α ：固定度、 A ：切梁断面積(m^2)、 E ：切梁の弾性係数(kN/m^2)

β ：切梁材料の線膨張係数($1/^\circ\text{C}$)、 ΔT ：温度変化量($^\circ\text{C}$)

図-5 は当該切梁において式(1)より実測値から逆算して求めた固定度 α と温度変化量の関係を示したものである。両者に顕著な相関はみられず、温度変化に関わらず固定度 α は 0.5～0.8 の値を示す。固定度 α について、土木分野では冒頭で述べたように 0.2 程度を考慮しているが、建築分野では切梁長さや地盤条件等も踏まえた以下のような式が提案されている³⁾。

$$\text{沖積地盤 } \alpha = 0.6 \cdot \log L - 0.5 \cdots \text{式(2)}$$

$$\text{洪積地盤 } \alpha = 0.6 \cdot \log L - 0.2 \cdots \text{式(3)}$$

ここに、 L は切梁長(m)であり、いずれも止水壁(鋼矢板、ソイルセメント壁)の場合の提案式である。当該切梁長(12m)から算出される固定度 α は沖積地盤で 0.15、洪積地盤でも 0.45 であり、当該切梁の固定度は、これら既往の提案値を大きく上回ることが分かる。

5. まとめ

一般の土留壁に比較して剛性の高い立坑側壁に設けられた切梁温度応力について分析し、この場合の固定度 α が既往の提案値より大きく、最大 0.8 程度となることを示した。本報告が、今後の同種工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 例えば、鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説【開削トンネル】，2001。
- 2) 例えば、青木雅路，佐藤英二，加倉井正昭：大深度掘削における切梁温度応力の評価，第 28 回土質工学研究発表会講演概要集，1993. 6
- 3) 日本建築学会：山留め設計施工指針，2002. 2

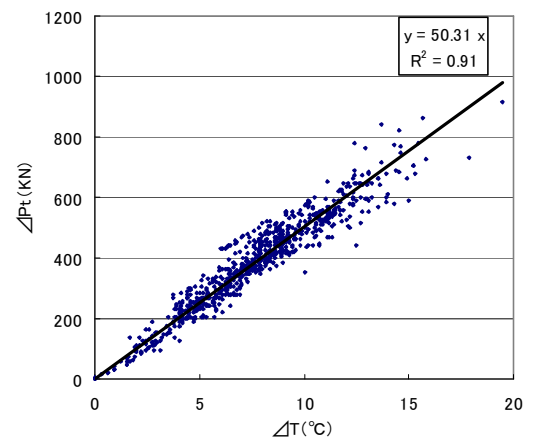
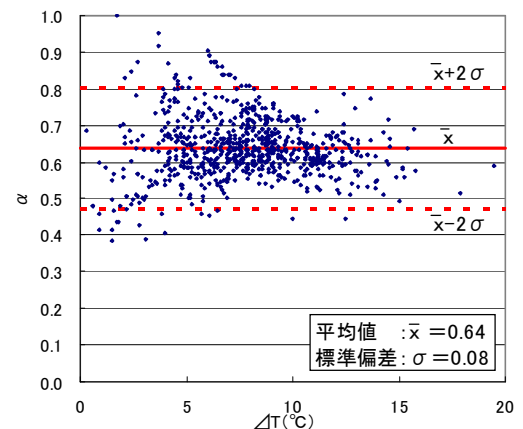


図-4 温度変化量と軸力変化量

図-5 温度変化量と固定度 α