

土砂地山のトンネルにおけるラチスガーターの作用効果の計測

(株)大林組 正会員 ○松野 徹
 (株)大林組 非会員 山田 毅
 (株)エスコ 正会員 奈良田 恵佐

1. はじめに

海外のトンネル工事（NATM）で、日本では使用例が少ないラチスガーターと通常の H 型鋼製支保工による施工を行った。本稿は、この 2 種類の応力計測結果を紹介するとともに、その作用効果を検討したものである。計測は、台湾高速鉄道（新幹線）建設工事の 1 つである C215 工区湖口（フウコウ）トンネルで行った。湖口トンネルは、台北から南約 65 km に位置する全長 4.2 km の山岳トンネルである。南北 2 つの坑口と 2 つの横坑があり、本坑は上半先進ショートベンチ工法である。

2. 計測断面

湖口トンネルは、シルト・粘土層と砂層の互層からなる土砂地山で、土被りは、5～100m と変化が大きい。A 断面は、土被りが小さく砂質土が主で、B、C 断面は、土被りが大きく、シルト質土が主である。

3. 計測方法

ラチスガーターは、3 本のメインフレームとそれらを接続する格子状の鋼材からなる。ラチスガーターの応力測定は、3 本のメインフレームにそれぞれ 1 ゲージ 3 線式のひずみゲージを添付して計測を行った（図-2）。H 鋼の応力は、フランジの内側 2 箇所に振動弦型ひずみ計を溶接して測定を行った。両者ともに、支保工建込み終了直後を初期値として計測を開始しており、ひずみ増分と鋼材の弾性係数の積から応力を求めている。表-1 に示すように、ラチスガーター 130/26/34 の断面性能は、ほぼ同じ高さを持つ H200x200 と比較すると、断面積で 1/3、断面二次モーメントで 1/4 である。

表-1 ラチスガーターと H 鋼の断面性能比較

	H(mm)	B(mm)	S1(mm)	S2(mm)	A(cm ²)	I(cm ⁴)	降伏強度 f_y (N/mm ²)	備考
ラチス ガーター	115/22/32	169	220	22	32	15.64	795	A 断面
	130/26/34	190	220	26	34	19.70	1264	B 断面
H 鋼	H200x200	200	200	---	---	63.53	4720	C 断面

4. 計測結果と考察

図-4～図-6 に A～C 断面の支保工応力計測結果および天端沈下量を示す。A、B 断面は、ラチスガーター応力であり、A 断面は土被り 17m で応力が小さい場合、B 断面は土被り 95m で応力が大きい場合である。C 断面は、H200 の支保工応力である。データは、いずれも上半切羽通過後の収束値（下半切羽が到達前）までのデータ

キーワード ラチスガーター、支保工応力

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 TEL 03-5769-1318

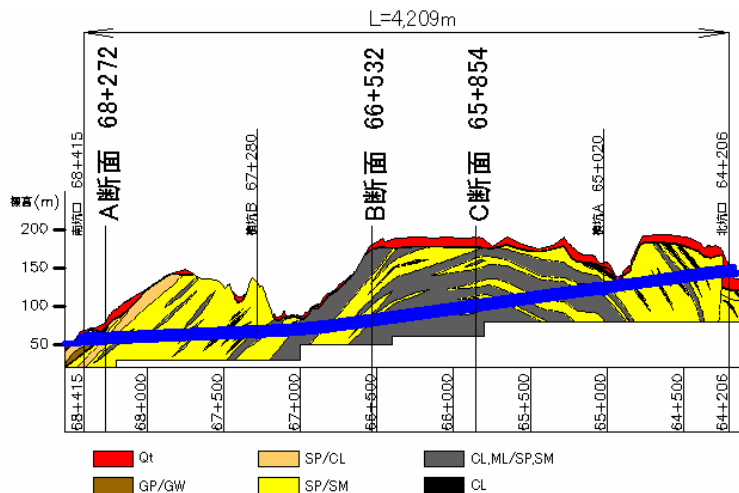


図-1 計測断面

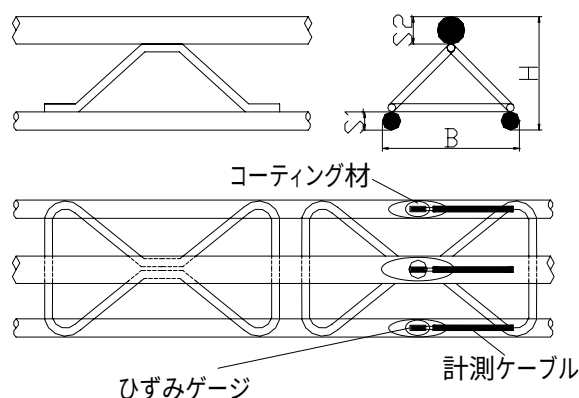


図-2 ラチスガーターとゲージ設置方法

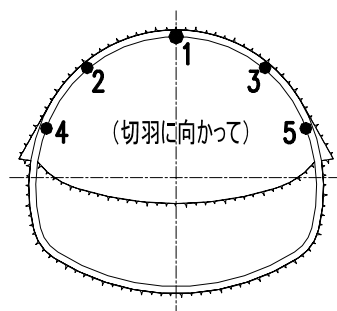


図-3 測定箇所

である。

B断面のラチスガーターは、肩部の圧縮応力が 501 N/mm^2 、 701 N/mm^2 と降伏強度 $f_y=490 \text{ N/mm}^2$ を超えている。A、C断面は、降伏強度 f_y 以下で、A断面（ラチスガーター）は、天端の圧縮応力が 153 N/mm^2 で、 $f_y=490 \text{ N/mm}^2$ の30%、C断面（H200）は、天端の圧縮応力が 120 N/mm^2 で、 $f_y=240 \text{ N/mm}^2$ の50%であった。図-4、5より、土被りが大きいほど、応力が大きい傾向にあることがわかる。

天端沈下は、支保工応力と同様、土被りが大きいほど沈下が大きい傾向があった。ただし、B断面はAGF、C断面はジェットグラウトで沈下が抑制されている。特にC断面は上半脚部もジェットグラウトで改良されているため、天端沈下は5mmと小さい。

同断面で吹付けコンクリートの応力測定も行っている。応力と断面積から、支保工と吹付の1m当たりの軸力を算出し、その軸力から支保工と吹付けの荷重負担率を算出した。支保工が降伏したB断面-3は、初期の鋼製支保工の荷重負担率が大きく、同じ断面でも、降伏しなかったB断面-1は、荷重負担率が小さい。なお、H鋼（C断面-1）は、耐力に余裕があるが、降伏しなかったラチスガーターに比べ（B断面-1）初期の荷重負担率は大きい。なお、B断面の吹付け応力の最大値は、肩部の 15.5 N/mm^2 であり、コンクリート設計基準強度 $f_c'=21 \text{ N/mm}^2$ 以下であり、鋼製支保工は降伏しているが、吹付コンクリートと地山の耐力で破壊せず、トンネル形状を保っていたと考えられる。

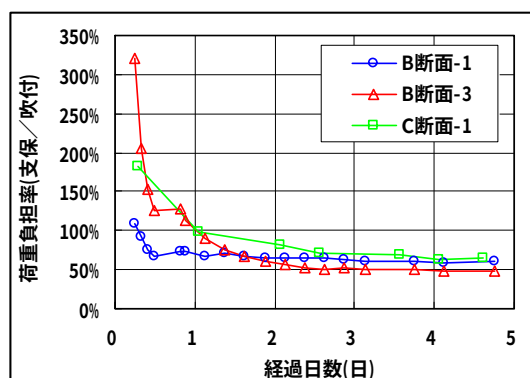


図-7 荷重負担率（支保／吹付）

5. おわりに

ラチスガーターは日本ではほとんど導入されていないが、必要鋼材量が少なく、重量が軽いこと施工性も良く、吹付コンクリートとの密着性が高いなどのメリットがあり、ヨーロッパではH鋼に代わり標準的に使用されている。今回の計測の結果、荷が余り作用しない通常地山（A断面）ではラチスガーターは支保としてH鋼と同様の挙動を示したが、掘削に補助工法を必要とするような作用荷重が大きい未固結地山（B断面）では、吹付コンクリートと一体化して支保を形成していく過程でメインフレームが降伏する現象が生じた。これらの特徴を把握した上でその適用範囲を考慮していけば、日本での適用にも十分メリットがあると考えられる。

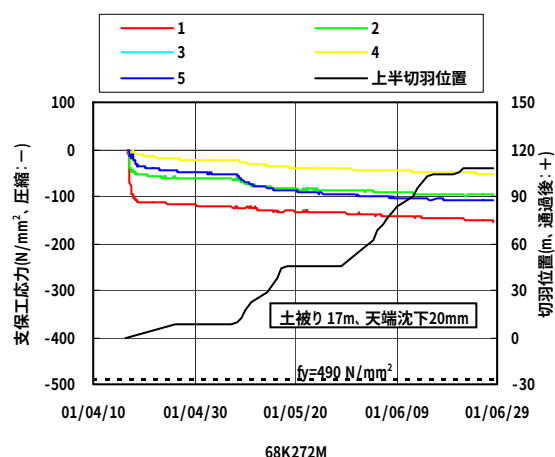


図-4 A断面 ラチスガーター支保工応力

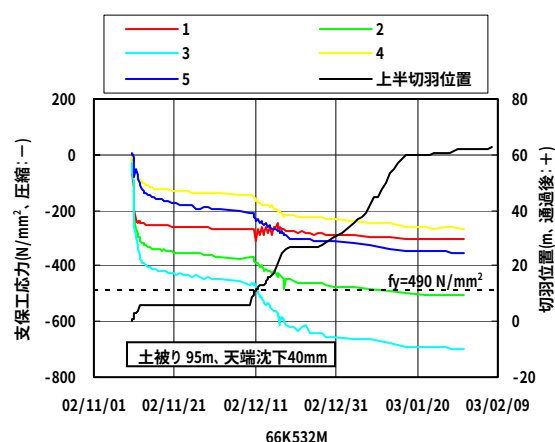


図-5 B断面 ラチスガーター支保工応力

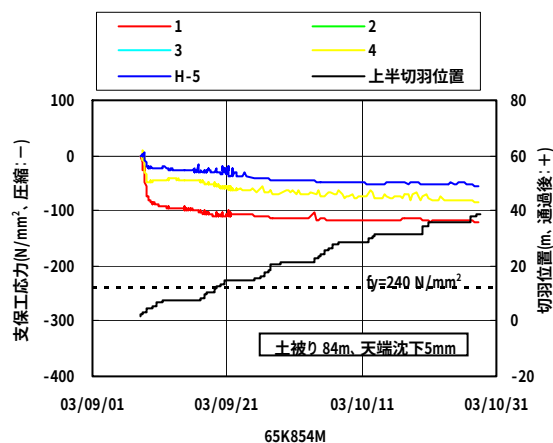


図-6 C断面 H200 支保工応力