

ロックボルト頭部の軸力測定

ロックボルト荷重計

【共同開発】



トンネルの支保部材ロックボルトについて

【トンネル支保部材】

吹付コンクリート

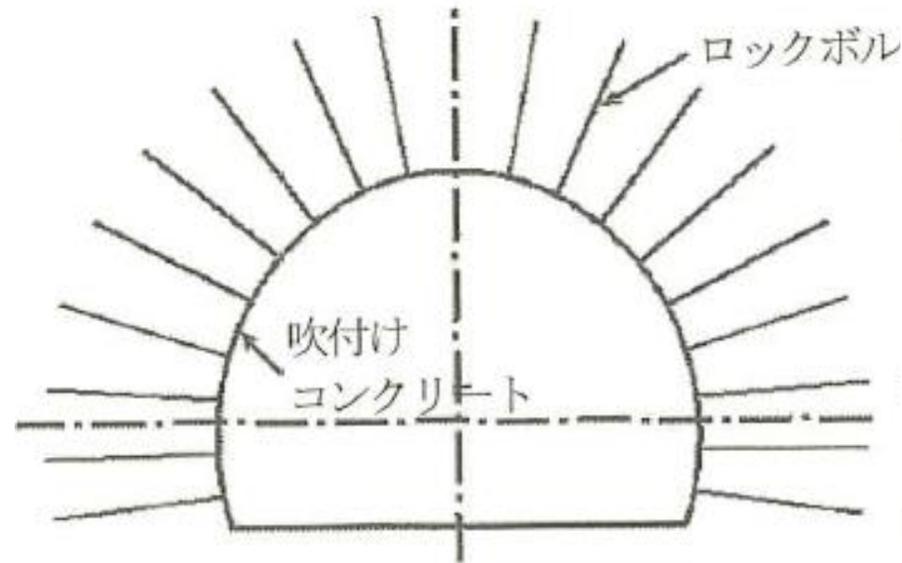
ロックボルト

鋼製支保工

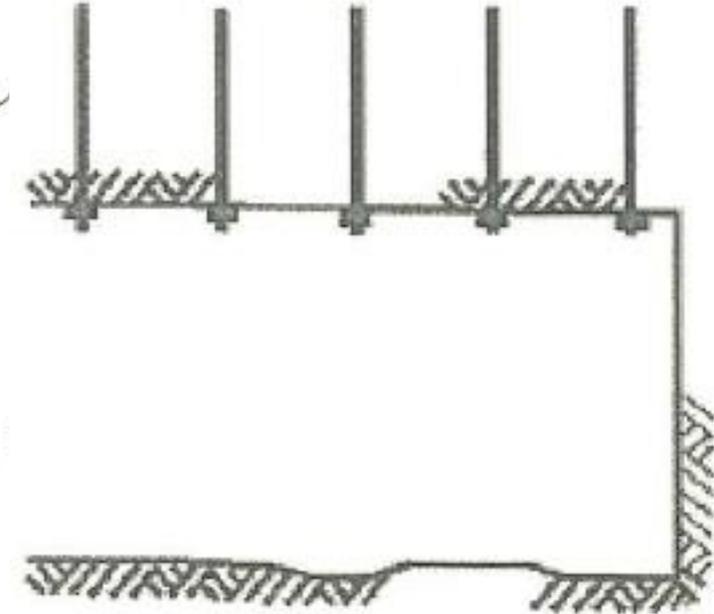
①地山補強効果

②内圧効果

③吹付支持効果



ロックボルトの配置例【横断】



ロックボルトの配置例【縦断】

【図：2016年制定トンネル標準示方書「山岳工法編」・同解説】

トンネルの支保部材ロックボルトについて

【ロックボルトの種類】



異形棒鋼



ねじり鋼棒

出展：ケー・エフ・シーホームページ

トンネルの支保部材ロックボルトについて

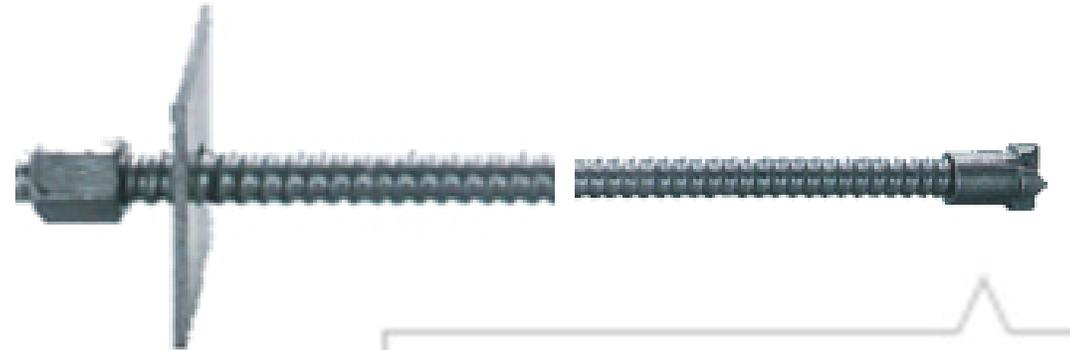
【ロックボルトの種類】



膨張型ロックボルトの定着機構 (削孔断面図)



鋼管膨張型



自穿孔型

トンネルの支保部材ロックボルトについて

【ロックボルトの用途】



トンネル建設時パターンボルトNATM



供用中トンネル補強ロックボルト打設

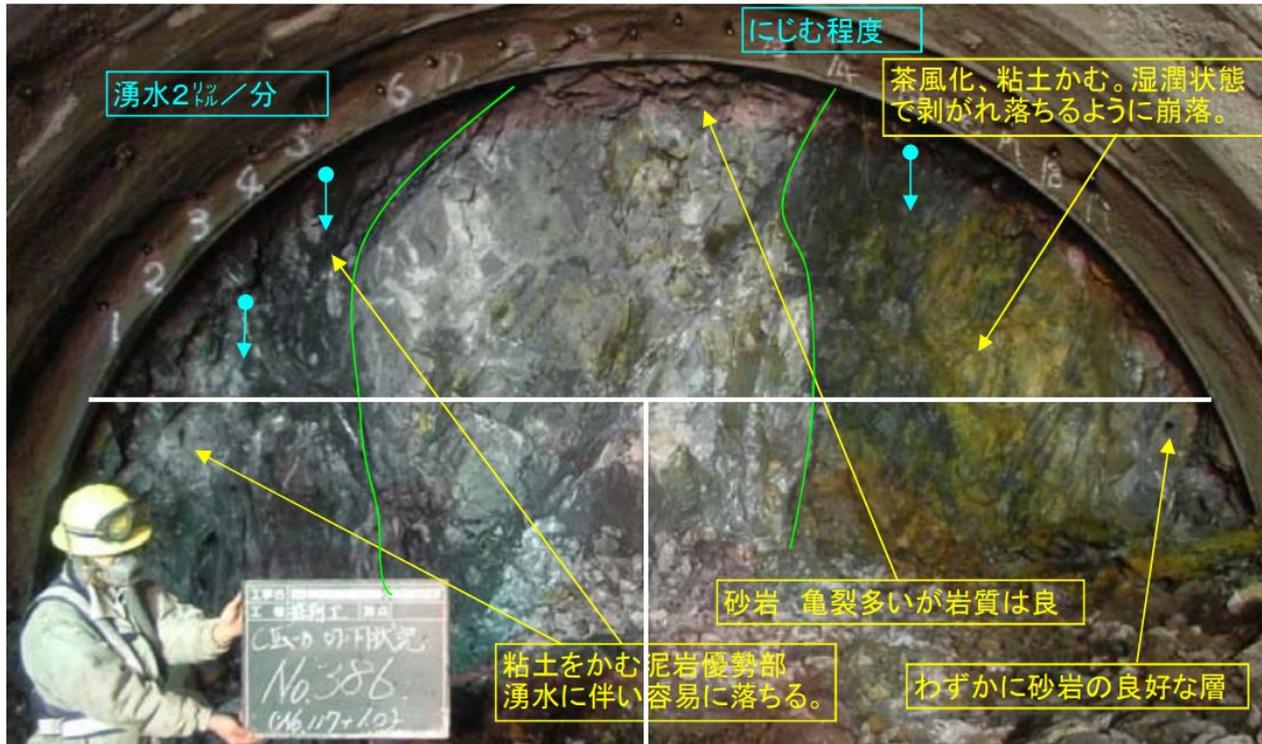
トンネル建設時の観察・計測技術

【計測A】

・切羽観察記録と切羽評価表

切羽スケッチ

※特徴的な切羽状況についてはデジタルデータ上にスケッチを行う



2. 切羽評価点による支保パターン(目安)の評価

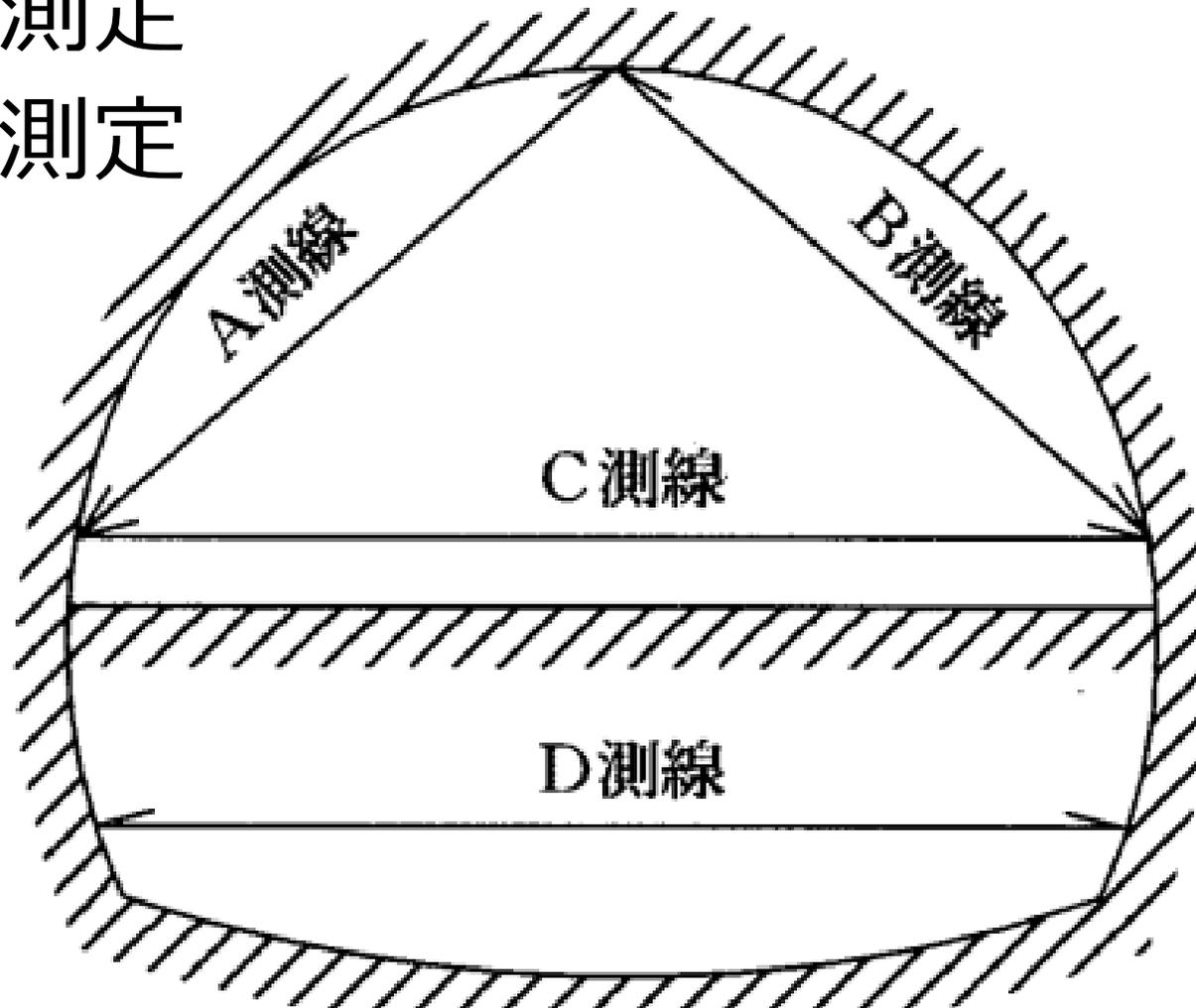
(1) 切羽評価点 (重み付け評価点 = [評価区分] × [重み係数] / 100)

評価区分 (掘削地点の地山の状態と挙動)						
(A)	切羽の状態	1. 安定	2. 鏡面から岩塊が抜け落ちる	3. 鏡面の押し出しを生じる	4. 鏡面は自立せず崩れ、あるいは流出	5. その他
(B)	素掘面の状態	1. 自立(普請不要)	2. 時間がたつと緩み肌落ちする(後普請)	3. 自立困難掘削後早期に支保する(先普請)	4. 掘削に先行して山を受けておく必要がある	5. その他
(C)	圧縮強度	1. $\sigma_c \geq 100\text{Mpa}$ ハンマー打撃はね返る	2. $100\text{Mpa} > \sigma \geq 20\text{Mpa}$ ハンマー打撃で砕ける	3. $20\text{Mpa} > \sigma \geq 5\text{Mpa}$ 軽い打撃で砕ける	4. $5\text{Mpa} \geq \sigma$ ハンマー刃先食いこむ	5. その他
(D)	風化変質	1. なし・健全	2. 岩目に沿って変色、強度やや低下	3. 全体的に変色、強度相当に低下	4. 土砂状、粘土状、破碎、当初より未固結	5. その他
(E)	割れ目の頻度	1. 間隔 $d \geq 1\text{m}$ 割れ目なし	2. $1\text{m} > d \geq 20\text{cm}$	3. $20\text{cm} > d \geq 5\text{cm}$	4. $5\text{cm} \geq d$ 破碎当初より未固結	5. その他
(F)	割れ目の状態	1. 密着	2. 部分的に開口	3. 開口	4. 粘土を挟む、当初より未固結	5. その他
(G)	割れ目の形態	1. ランダム方形	2. 柱状	3. 層状、片状、板状	4. 土砂状、細片状、当初より未固結	5. その他
(H)	湧水	1. なし・滲水程度	2. 滴水程度	3. 集中湧水	4. 全面湧水	5. その他
(I)	水による劣化	1. なし	2. 緩みを生ず	3. 軟弱化	4. 崩壊、流出	5. その他
卓越する不連続方向性	縦断方向(切羽をみて)	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. さし目 ($30 > \theta > 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. さし目 ($60 > \theta \geq 30$) 4. 流れ目 ($60 > \theta \geq 30$) 5. 流れ目 ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. 垂直 ($\theta \geq 80$) (最大傾斜角をとる)				
	横断方向(切羽をみて)	1. 水平 ($10 > \theta > 0$) 2. 右から左へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta \geq 60$) 3. 右から左へ ($0 > \theta \geq 30$) 4. 左から右へ ($60 > \theta \geq 30$) 5. 左から右へ ($30 > \theta \geq 10$, $80 > \theta > 60$) 6. ($\theta \geq 80$) (切羽面の見かけの傾斜角をとる)				

トンネル建設時の観察・計測技術

【計測A】

- 内空変位測定
- 天端沈下測定



内空変位測定

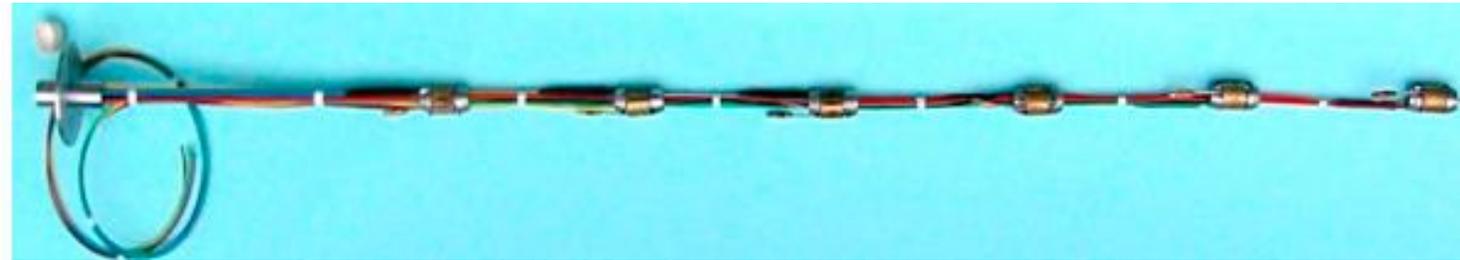
【画像：東横エルメスカタログ】



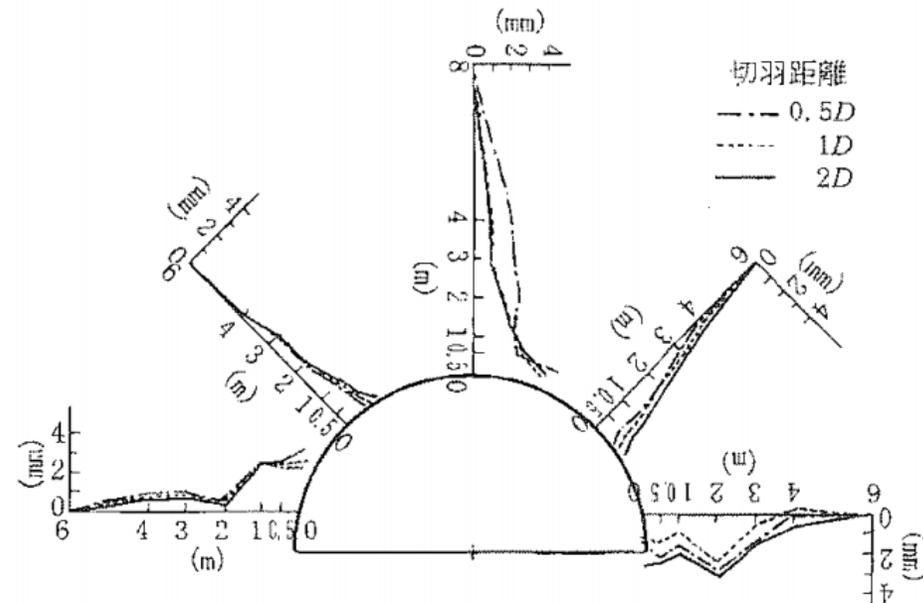
トンネル建設時の観察・計測技術

【計測B】※難しい地質や変状地山で実施

- 地山試料試験
- 地中変位計(右図)
- ロックボルト軸力計
- 鋼製支保工応力計
- 吹付コンクリート応力計
- 覆工コンクリート応力計
- 地盤沈下測定



地中変位計【画像：株式会社エーシスHP】

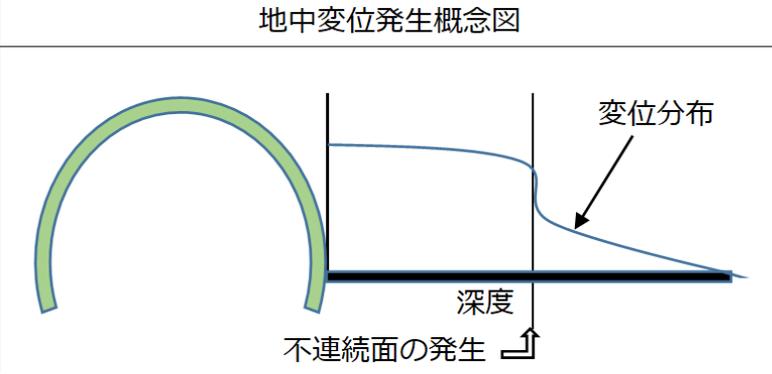
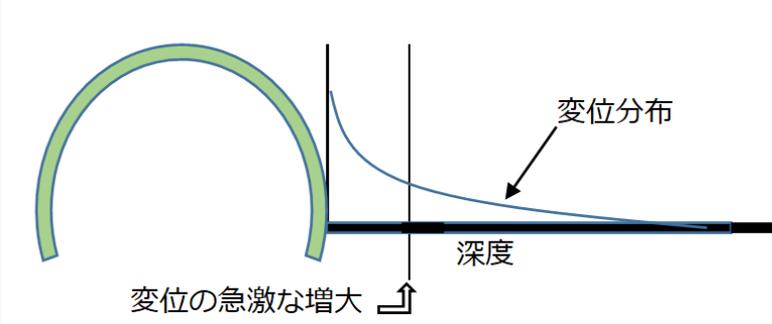
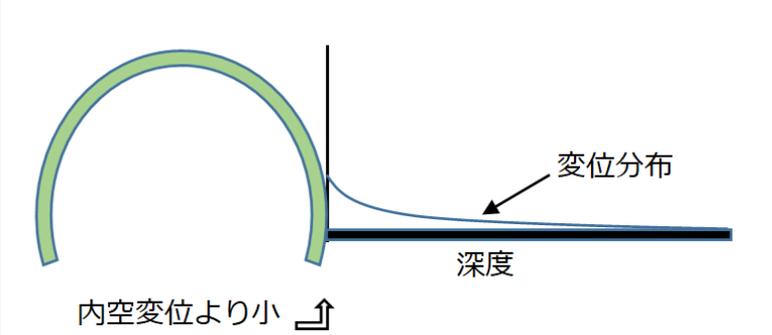


地中変位計測データ例【2016年トンネル標準示方書】

トンネル建設時の観察・計測技術

【地中変位計】

- トンネルの半径方向の地山内変位を測定して緩みの形態を推定し支保の適否と地山のひずみ状況を判断する。
- 右図のようにロックボルト適正長は地中変位計の深度分布で判断できる場合がある。

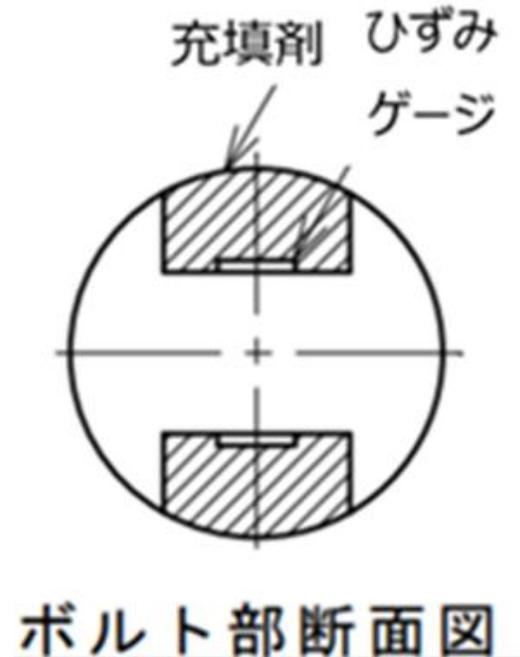
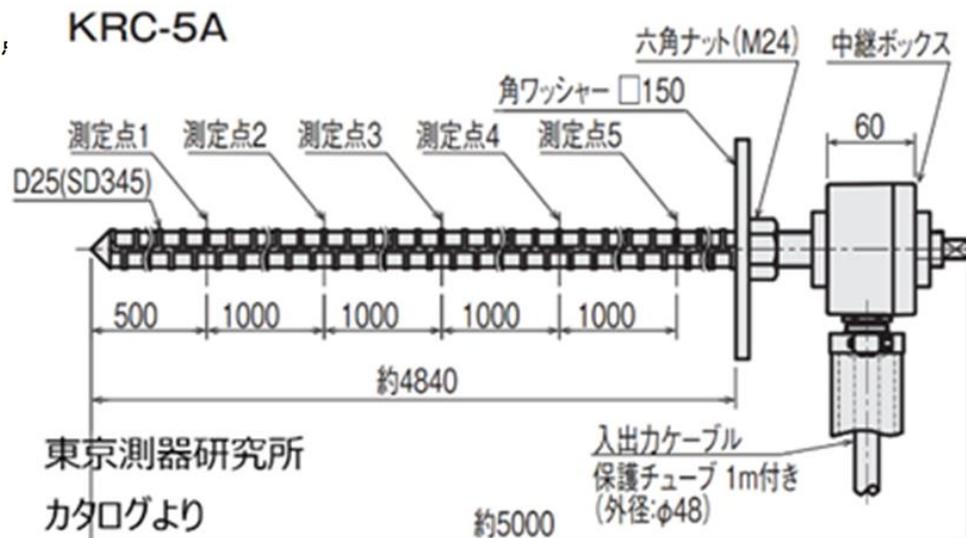
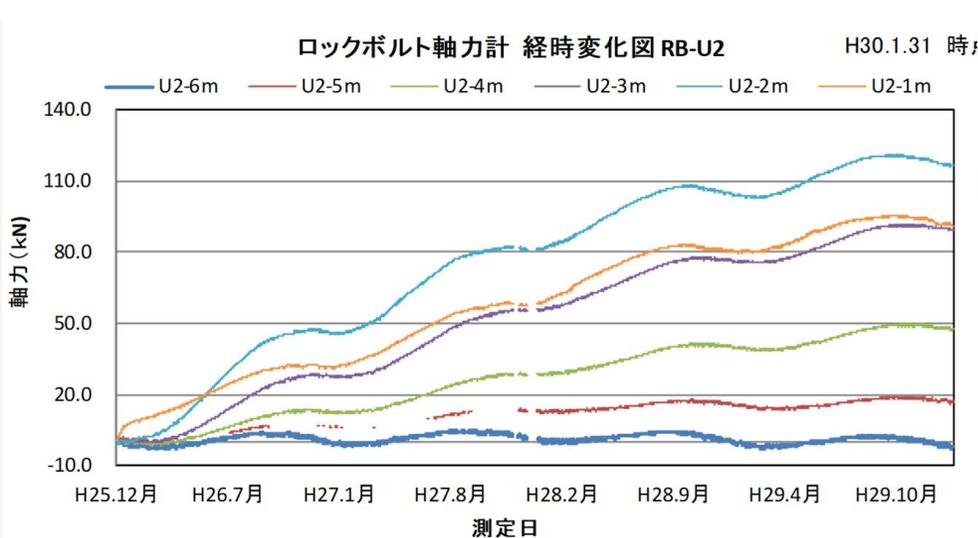
地中変位発生概念図	発生原因・現象	活用方法
	不連続面の発生 →緩み領域の最大一ト考えられる	・増しボルト検討 ・吹付コンクリート厚見直し
	トンネル壁面近くでの緩み領域の発生 →後荷の可能性あり	・ボルト長見直し(減) ・ボルト本数見直し(増) 鋼製支保工サイズ見直し ・地盤改良の検討
	地中変位計の長さ部測 →端点が緩み領域中にあり不動点となっていない(膨張性地山)	不経済とならぬようロックボルト長の見直しを行う。

地中変位発生概念図【図：2016年トンネル標準示方書を加筆修正】

トンネル建設時の観察・計測技術

【ロックボルト軸力計の特徴】

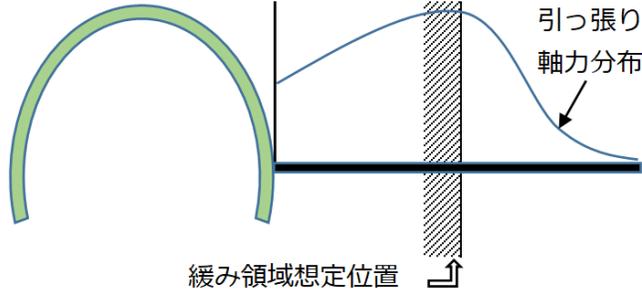
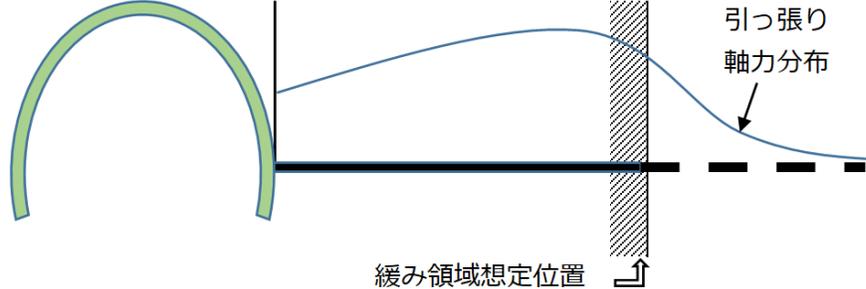
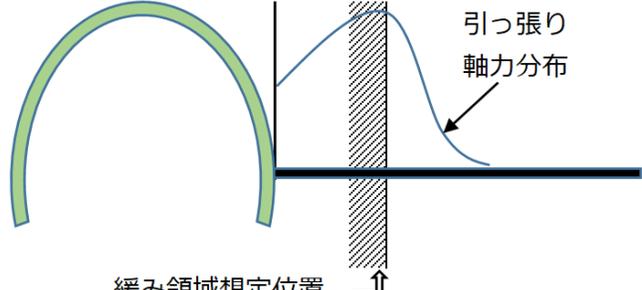
- ロックボルトに溝を切り欠き1m間隔程度でひずみ計を設置し、ボルト軸力の大きさや分布からロックボルト耐力、配置ピッチ、適正長が判断できる。
- 設置には熟練要し、コストが高い。
- 0m地点は計測が出来ない。
- 自穿孔や鋼管膨張ボルトでは設置不可能。



トンネル建設時の観察・計測技術

【ロックボルト軸力計】

- ・内空変位や地中変位と合わせてロックボルトの軸力分布を測定。
- ・地中変位計やロックボルト軸力計の結果によりロックボルト長が適切か判断できる。

ロックボルト軸力発生概念図	発生原因・現象	活用方法
<p>・ピーク位置がほぼロックボルト中心付近にある</p>  <p>引っぱり軸力分布</p> <p>緩み領域想定位置</p>	<p>ボルト長は緩み領域を包含しており、適切な長さで判断できる。</p>	<p>特になし</p>
<p>・ピーク位置がほぼロックボルト先端付近にある</p>  <p>引っぱり軸力分布</p> <p>緩み領域想定位置</p>	<p>緩み領域がボルト先端まで広がっていると判断できる。</p>	<p>緩み領域を包含するようにロックボルト長の見直しを行う。</p>
<p>・ピーク位置が相対的にトンネル壁面にある</p>  <p>引っぱり軸力分布</p> <p>緩み領域想定位置</p>	<p>緩み領域がボルト長に比較して小さい範囲であると判断できる。</p>	<p>不経済とならぬようロックボルト長の見直しを行う。</p>

ロックボルト軸力発生概念図【図：2016年トンネル標準示方書を加筆修正】

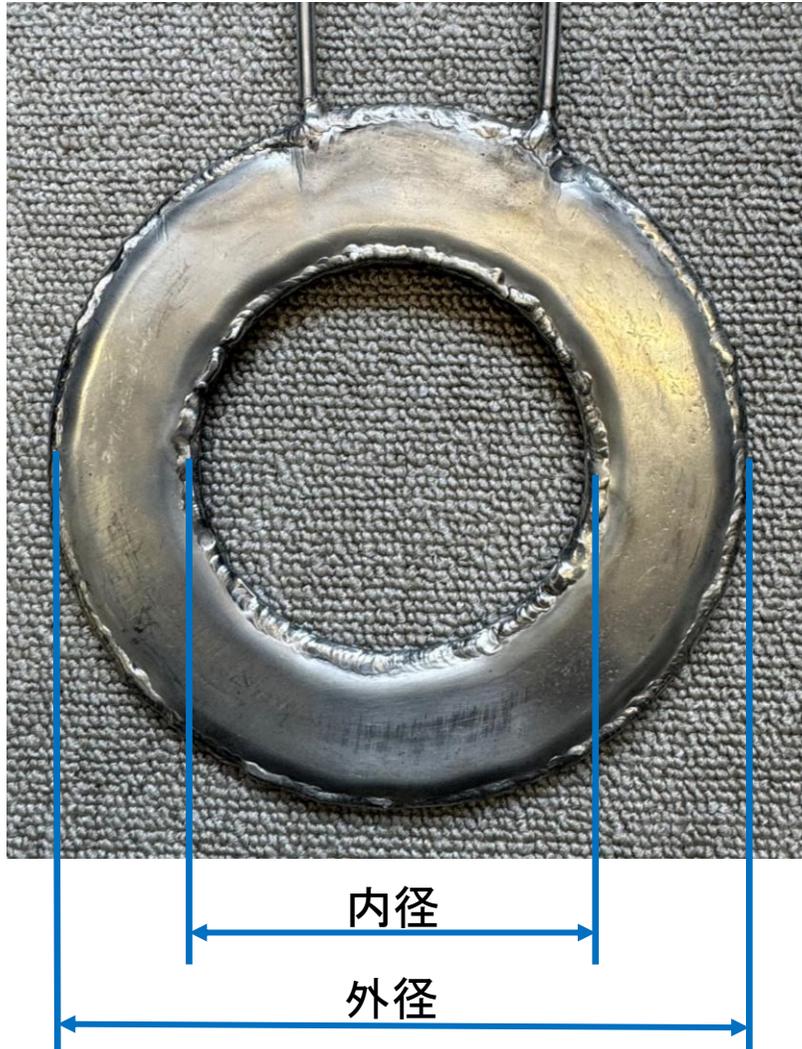
ロックボルト荷重計

ロックボルト頭部の軸力測定

ロックボルト荷重計の説明

ロックボルト荷重計の概要

【ロックボルト荷重計の特徴】



受圧部
ディスク型ロードセル

項目	受圧部仕様
受圧部サイズ	外径：150mm 内径：82mm 厚さ：8mm
受圧面積	85.8cm ²
最大荷重	210kN
材質	SUS316L

計測デバイス
(エキアツミエルカ デバイス)



サイズ：208×117×52(mm)
重量：800g
電源：内蔵電池

ロックボルト荷重計

ロックボルト荷重計の
計測デバイスは、当社共同開発
の液体圧力モニタリングシステム

エキアツミエルカ®
(NETIS登録TH-220004-A)

の技術を応用しています。



エキアツミエルカ® 設置状況

ロックボルト荷重計の概要

【ロックボルト荷重計の特徴】

- ロックボルト軸力計のようにロックボルト適正長の判断は不可であるが、広範囲で耐力・配置間隔の確認が可能。
- ロックボルト軸力計と合わせることで頭部(深度0m)の荷重が確認できる。
- 鋼管膨張型・自穿孔型に対応可能
- 設置に熟練作業員が不要
- 薄型のディスク型ロードセルを挟み込むのみ
- ロックボルト軸力計よりも安価にて設置可能

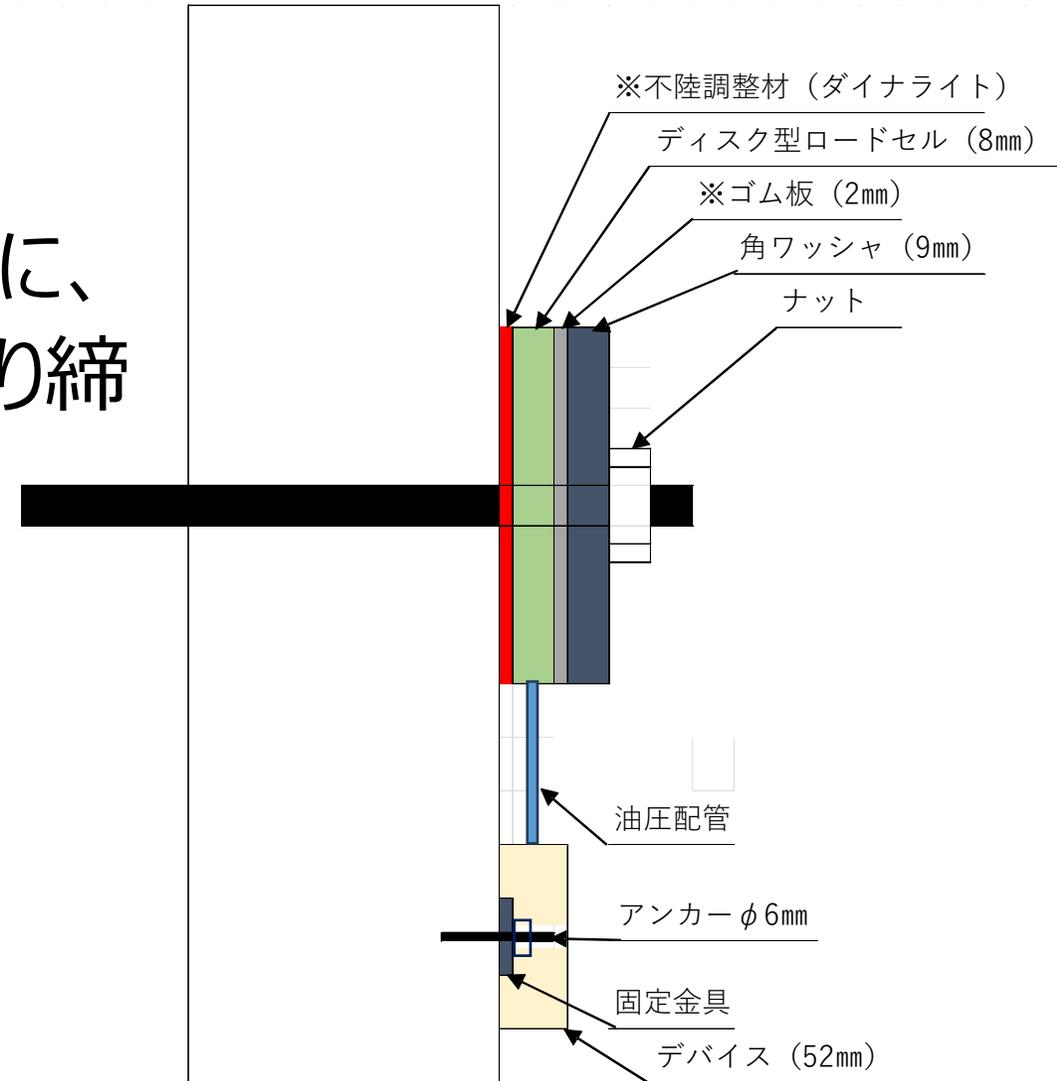


ロックボルト荷重計の概要

【ロックボルト荷重計の設置方法】

- 打設したロックボルトの角ワッシャと覆工間に、ディスク型ロードセルを挟み込みナットにより締め付ける。
- 任意の場所へ測定デバイスを固定する。

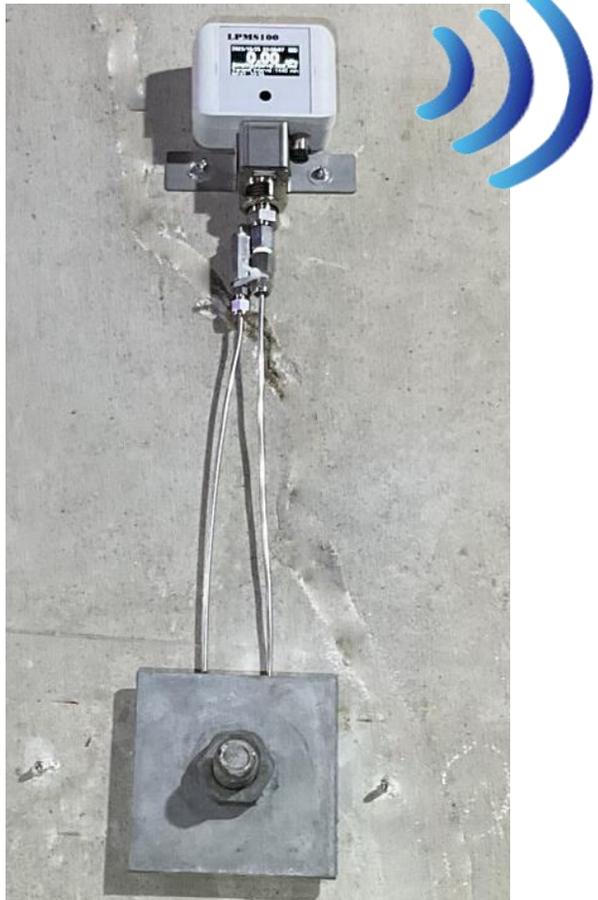
※設置箇所状況により
不陸調整やゴム板を使用する。



ロックボルト荷重計

【測定データの監視方法】

LTE回線で
データ送信



クラウド上に
データを保存

いつでも
どこからでも
データを確認可能



パソコン



スマートフォン
タブレット端末

ロックボルト荷重計

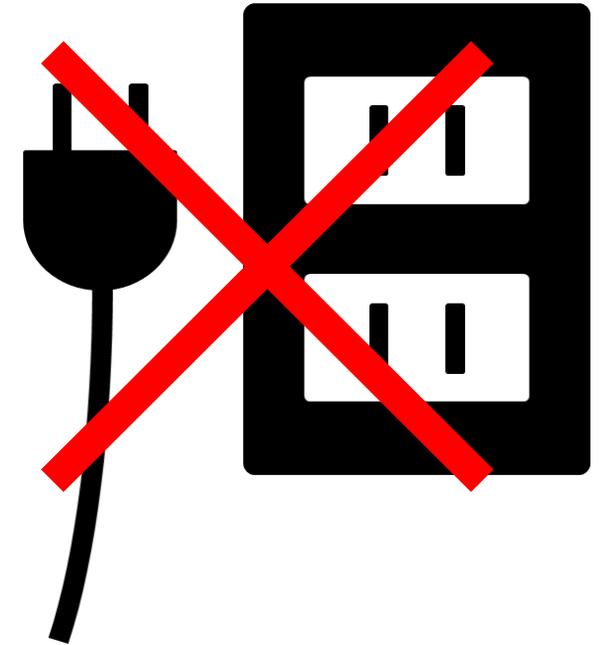
【測定データの監視方法】



1日に1回のデータ送信時、
内蔵電池で1年間は稼働可能

電源の取り回しが難しい場所でも
使用可能

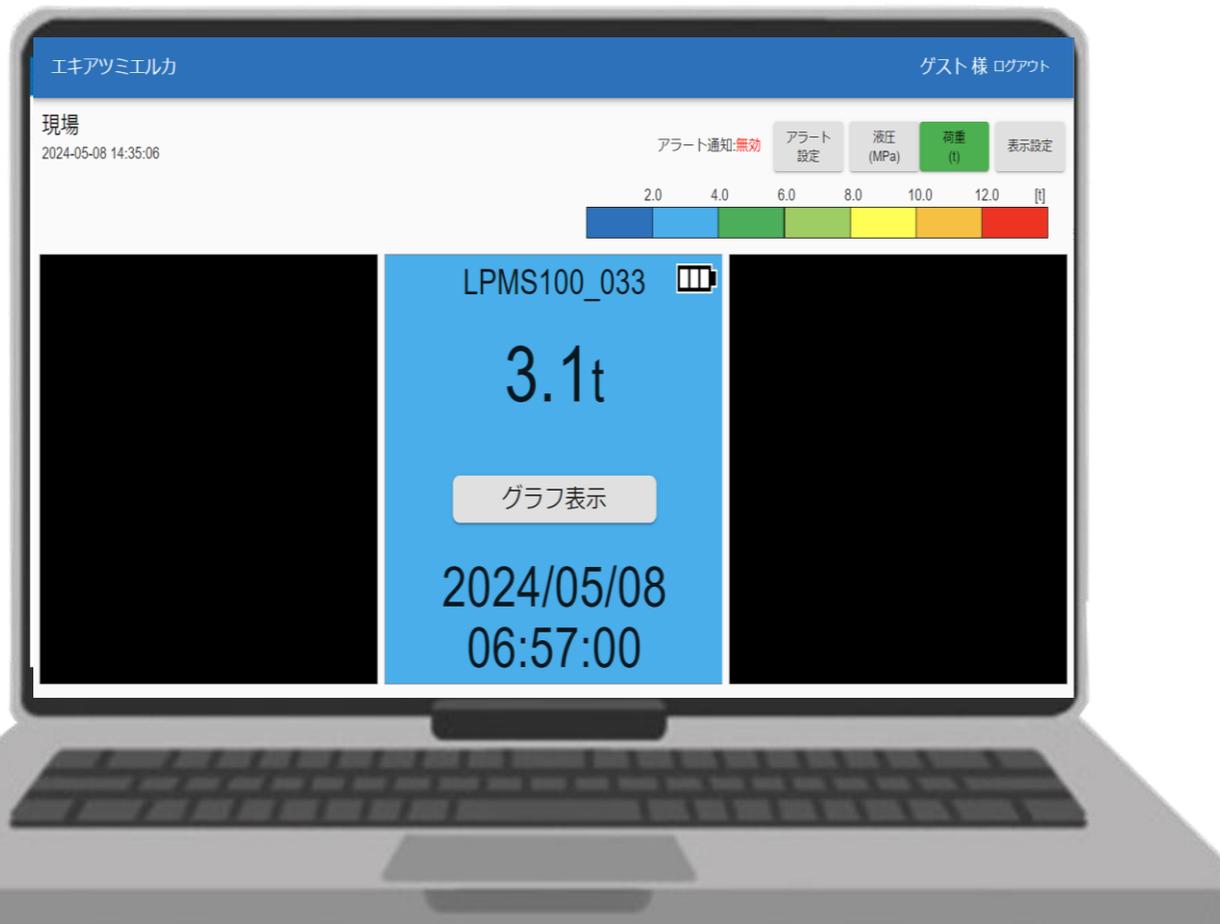
※LTE通信回線の受信が必要



電源不要

ロックボルト荷重計

オンラインでまとめて遠隔管理



複数のデバイスをWEBページ上でまとめて管理することが可能

デバイスで計測した数値はPCやタブレット・スマートフォンでいつでも確認可能

ロックボルト荷重計

分かりやすい色分け表示



圧力や荷重の値に応じて色分けされてWEBページ上に表示

※値は任意に設定可能

異常発生個所があれば一目でわかる

ロックボルト荷重計

ロックボルト荷重の推移が確認可能

LPMS100_033

液圧
(MPa)

荷重
(t)

荷重(t)

下限

0

上限

auto

カスタム

過去1週間

過去1日間

開始

2024/01/01 14:27:52

終了

2024/05/08 14:27:52

ダウンロード

時刻	荷重 (t)
2024/01/02 06:51:13	2.8
2024/01/03 06:51:13	2.8
2024/01/04 06:51:13	2.8
2024/01/05 06:51:13	2.8
2024/01/06 06:51:13	2.9
2024/01/07 06:51:13	2.9
2024/01/08 06:51:13	2.8
2024/01/09 06:51:13	2.8
2024/01/10 06:51:13	2.8
2024/01/11 06:51:13	2.8
2024/01/12 06:51:12	2.7
2024/01/13 06:51:12	2.8
2024/01/14 06:51:12	2.8
2024/01/15 06:51:12	2.8



表による表示、グラフによる表示で
長期的な傾向も確認可能

データはCSV形式でダウンロード可能

ロックボルトト荷重計



ロックボルト軸力計の「補助的な計測器」として使用し、ロックボルトのプレートにかかる荷重を計測することにより、設置本数の評価や頭部にかかる荷重の確認が可能となり、ロックボルトによる変状部補強対策施工後の監視を行うのに効果的な製品です。

ロックボルト荷重計

屋内小間番号 **B-016**

寿建設(株)

実機の展示をしております。

ご清聴ありがとうございました。