ＩＳＳＮ ０３８６-５８７８
土木研究所資料第 4171 号

土 木 研 究 所 資 料

既設アンカー緊張力モニタリングシステム
運用マニュアル

平成２１年 12 月

独立行政法人土木研究所
土砂管理研究グループ
地 す べ り チ ー ム

Copyright © (2009) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

土 木 研 究 所 資 料
第 4171 号　2009 年 12 月

既設アンカー緊張力モニタリングシステム
運用マニュアル

独立行政法人土木研究所　土砂管理研究グループ地すべりチーム　　上席研究員　藤澤和範
主任研究員　石田孝司
交流研究員　窪塚大輔

要　旨

本書は、「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」を実現場において運用するためのマニュアルである。

グラウンドアンカー（以下、アンカーという。）を維持管理する上では、アンカーに作用している緊張力の経時変化を把握することが重要である。しかしながら、従来の緊張力計測技術は、計測機器の耐用年数やコスト面などに課題を抱えている。これらの課題を踏まえ、今後のアンカー維持管理技術の向上を図るため、既設アンカーへのアンカー荷重計の取付け・交換を可能とし、さらには計測したデータを無線通信により遠隔から取得できる一連のアンカー緊張力計測技術を開発し、ここにマニュアルを作成したものである。

キーワード：既設アンカー、緊張力、モニタリング、緊張治具、アンカー荷重計、
計測データ取得システム

目　次

1.　はじめに.....1-1
1.1 「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」の目的.....1-1
1.2 「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」の概要.....1-2
1.3 用語の定義.....1-3
1.4 関連する基準類.....1-6

2.　システム構成.....2-1
2.1 システムの要素技術.....2-1
2.2 緊張治具.....2-2
2.3 アンカー荷重計.....2-3
2.4 計測データ取得システム.....2-4

3.　適用条件.....3-1
3.1 緊張治具およびアンカー荷重計の適用条件.....3-1
3.2 計測データ取得システムの適用条件.....3-2

4.　事前調査・計画.....4-1
4.1 既往資料調査.....4-1
4.2 現地調査.....4-2
4.3 システム導入計画.....4-3

5.　モニタリング.....5-1
5.1 事前調査・計画.....5-2
5.2 仮設・保安工.....5-2
5.3 頭部詳細調査工.....5-3
5.4 リフトオフ試験工.....5-4
5.5 アンカー荷重計定着工.....5-11
5.6 頭部処理工.....5-15
5.7 データ通信機器設置工.....5-17
5.8 計測データ取得工.....5-18
5.9 計測データ整理.....5-19
5.10 データ蓄積・送信ユニットバッテリ交換工.....5-20
5.11 アンカー荷重計交換・取外し工.....5-21

6.　Q&A 6-1

7.　巻末資料 7-1
7.1 緊張治具外観図 7-1
7.2 アンカー荷重計外観図 7-11
7.3 データ蓄積・送信ユニット外観図 7-23
7.4 緊張治具とアンカー荷重計の組み合わせ図 7-26
7.5 参考文献 7-38

1. はじめに

1.1 「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」の目的

「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」は、グラウンドアンカー供用期間中の緊張力を経時的に計測し、グラウンドアンカーで対策された斜面の健全性評価ならびにグラウンドアンカーの維持管理技術の向上に資することを目的とする。

解説

グラウンドアンカー（以下、アンカーという。）の緊張力を経時的に計測することは、アンカー自体の健全性やアンカーで対策された斜面の健全性を評価する上で有効である。しかしながら、従来の計測方法には、計測機器の耐用年数やコスト面において課題があり、現状ではアンカーの供用期間を通して十分な緊張力計測は実施されていない。これらの課題を解決するとともに、今後のアンカー維持管理技術の向上を目的として、「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」を開発した。

1.2　「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」の概要

「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」とは、地すべり対策や斜面対策として施工されたアンカーに対して、特殊な緊張治具と専用のアンカー荷重計を用いることでアンカー荷重計の取付け・交換を可能とし、アンカー荷重計で計測したデータを簡易な計測装置によって連続的に蓄積し、無線通信により遠隔から取得できる一連のアンカー緊張力計測技術である。

解説

「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」（以下、本システムという。）は、①アンカーに作用している緊張力をアンカー荷重計へ移行させる緊張治具、②緊張治具に適合した専用のアンカー荷重計、③計測データ取得システムの３つの要素技術から構成される。本システムの特徴を以下にまとめ、運用イメージを図 1.1 に示す。

特徴①　アンカーに導入されている緊張力を低下させることなく、アンカー荷重計の取付け・交換が可能である。

アンカー荷重計の寿命（一般的に約 10 年）が到来しても、アンカー荷重計を交換することでアンカーの供用期間を通しての緊張力計測が可能となる。

特徴②　簡易なデータ収録装置で緊張力データを蓄積し、さらには計測データを無線通信により遠隔から取得できる。

経時的な緊張力データを把握できるためアンカー自体ひいてはアンカーで対策された斜面の予防保全管理が可能となり、さらに無線通信により維持管理費の低減が図れる。

特徴③　従来の同等規格の油圧ジャッキ等と比較し、開発した緊張装置および治具はコンパクトかつ軽量である。

作業性および安全性が向上し、さらに作業に伴う仮設費の低減が図れる。

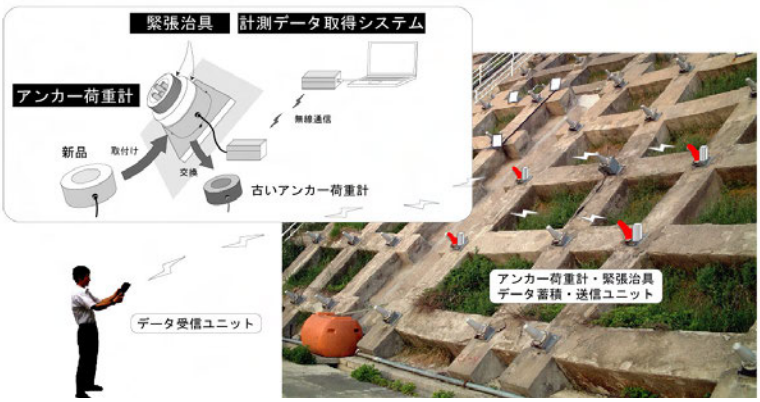


図 1.1 システム運用イメージ図

1.3　用語の定義

本マニュアルに用いるアンカーに関する用語は、JGS（地盤工学会）基準に準ずる。また、本システム独自に設けた用語は新たに定義する。

解説

(1) グラウンドアンカー

グラウンドアンカーとは、作用する引張り力を適当な地盤に伝達するためのシステムで、グラウトの注入によって造成されるアンカー体、引張り部、アンカー頭部によって構成されるものである。なお、本マニュアルでは『アンカー』という。

(2) アンカー体

アンカー体とは、グラウトの注入により造成され、引張り部から引張り力を地盤との摩擦抵抗もしくは支圧抵抗によって地盤に伝達するために設置する抵抗部分をいう。

(3) 引張り部

引張り部とは、アンカー頭部からの引張り力をアンカー体に伝達するために設置する部分をいう。

(4) アンカー頭部

アンカー頭部とは、構造物からの力を引張り力として引張り部に伝達させるための部分で定着具と支圧板からなる。

(5) テンドン

テンドンとは、引張り力を伝達する部分をいう。通常、PC 鋼線、PC 鋼より線、PC 鋼棒、あるいは連続繊維補強材などコンクリート補強材の材料として、JIS あるいは学会の規格として認められたものが用いられる。

(6) 定着具

定着具とは、テンドンをアンカー頭部で定着させる部材をいう。定着方法は一般的に、クサビ定着方式あるいはナット定着方式が用いられている。

(7) 支圧板

支圧板とは、定着具と台座あるいは構造物との間に設置される部材をいう。

(8) 緊張力

緊張力とは、テンドンに引張り力として与える力をいう。

(9) 残存引張り力

残存引張り力とは、アンカーの供用時に作用しているテンドンの引張り力をいう。本マニュアルおける『緊張力』とは残存引張り力を指す場合が多い。

(10) 荷重

荷重とは構造物の全体あるいは一部が、アンカーの引張り力により受ける力をいう。

(11) 受圧構造物

アンカー頭部から緊張力を有効に斜面・構造物等に伝達するために設ける台座等をいう。

(12) 再緊張余長

再緊張に必要なアンカー頭部におけるテンドンの緊張しろをいう。

(13) 頭部キャップ

頭部キャップとは、アンカー頭部の定着具の保護と防食のために、これを覆うとともに防食材料が充填でき、かつ管理点検時には取外しが可能なものをいう。

(14) リフトオフ試験

既に定着されているアンカーの残存引張り力を測定する方法のうち、定着具やテンドン余長にジャッキをセットして載荷することで、定着部が支圧板から離れ始めたとき（リフトオフ）の荷重を測定して、アンカー引張り力を求める試験をいう。

(15) リフトオフ荷重

リフトオフ試験により算出した、試験時にアンカーへ導入されている緊張力をいう。

(16) モニタリング

通常の点検よりも高い頻度で、継続的に計測を行うことで供用期間中のアンカーの状態を把握すること。一般的には荷重計を用いた残存引張り力のモニタリングを指すことが多い。

(17) 緊張治具

緊張治具とは、油圧ジャッキ、ラムチェア、テンションロッド、テンションナット、また、緊張力をアンカー荷重計に移行させた後のモニタリング期間中、アンカー頭部に存置されるジョイントスリーブ、テンションスリーブ、定着ナットから構成される。

(18) セット量

セット量とは、テンドンを定着具に定着するときにテンドンがアンカー体方向に引き込まれる長さをいう。荷重が減失されることからセットロスともいう。

(19) セットロス

ジョイントスリーブのくさびと PC 鋼より線の食込みにより発生する変位量をいう。

(20) 予備リフトオフ試験

クサビのセットロスを取り除くために行なう、リフトオフ試験をいう。

(21) チェックリフトオフ試験

緊張力を荷重計へ移行した後、アンカー荷重計の指示値と移行した緊張力を確認するために行うリフトオフ試験のことをいう。

(22) アンカー荷重計定着

緊張治具を用いてアンカーに作用している緊張力をアンカー荷重計に移行させることをいう。

(23) アンカー荷重計のセンタリング

アンカーヘッドとアンカー荷重計の中心軸を合わせることをいう。

(24) 計測データ取得システム

アンカー荷重計により計測されたデータを蓄積し、無線通信によりデータを回収するシステムのことをいう。データ蓄積・送信ユニットとデータ受信ユニットで構成される。

(25) データ蓄積・送信ユニット

アンカー荷重計に接続して、荷重の測定、記録および無線で記録したデータを送信する装置のことをいう。ロガー機能部と無線通信機能部で構成される。

(26) データ受信ユニット

データ蓄積・送信ユニットから送信されたデータを受信する装置のことをいう。ユニットは専用のソフトをインストールした PC により操作する。

(27) ロガー部

データ蓄積・送信ユニットにおける、アンカー荷重データを記録する装置のことをいう。

(28) 無線通信部

無線通信をおこなうユニットのことをいう。本システムでは 2.4GHz 帯の周波数を使用している。

(29) IP

JIS C 0920 に基づいて規定された固形異物、水に対する電気機器、キャビネットの保護等級表示をいう。

1.4　関連する基準類

本マニュアルに記載の無い事項については、関連する基準類を参考・準拠とすることが望ましい。

解説

本マニュアルは、本システムの運用方法に関する事項を整理している。アンカーの設計・施工の一般的な事項、または本マニュアルに記載の無い事項については、表 1.1 に示した関連する基準類を参考・準拠することが望ましい。

表 1.1　関連する基準類（例）

基　準　類	発行年月	発　行　者
地盤工学会基準－グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（JGS4101-2000）	2000 年 3 月	（社）地盤工学会
グラウンドアンカー施工のための手引書	2003 年 5 月	（社）日本アンカー協会
道路土工－切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）	2009 年 6 月	（社）日本道路協会
建設省河川砂防技術基準（案）同解説－設計編［Ⅱ］	1997 年 10 月	（社）日本河川協会
建築地盤アンカー設計施工指針・同解説	2001 年 1 月	（社）日本建築学会
グラウンドアンカー維持管理マニュアル	2008 年 7 月	（独）土木研究所・（社）日本アンカー協会

【参考資料】　従来のアンカー緊張力計測方法の課題

従来の実用的なアンカーの緊張力計測方法には、リフトオフ試験による計測と荷重計による計測があり、それぞれの計測方法の概要と課題を整理する。

(1) リフトオフ試験

リフトオフ試験とは、定着されたアンカーのアンカーヘッドやテンドン余長を、専用の治具と油圧ジャッキ等を用いて引張り、アンカーヘッドの変位とジャッキ圧力の関係から、アンカーに導入されている緊張力を求めるものである（図 1.2、写真 1.1）。

試験は任意の場所、タイミングにより実施できるものの、得られる緊張力データは試験時のみにとどまり、経時的な傾向を把握することは困難である。また、試験では施工時の緊張機材を用いることが多く、そうした場合、機材重量が重いため試験実施に要する仮設が大掛かりとなり、その結果、試験全体費用に対して仮設費用の占める割合が比較的高い傾向にある。

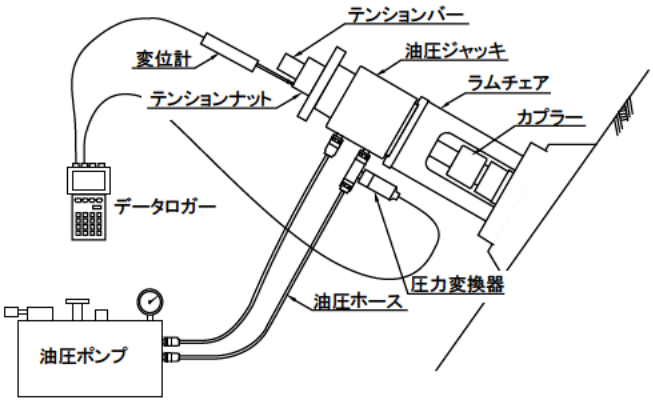


図 1.2　リフトオフ試験概要図

写真 1.1　リフトオフ試験による計測

(2) 荷重計による緊張力計測

一般的な荷重計による緊張力計測は、荷重計へ緊張力が作用するように荷重計を支圧板と支圧板で挟み込むように設置される（写真 1.2）。荷重計とデータ収録装置を併設することで、緊張力の経時変化を把握することが可能であり、さらにネットワークを組み合わせることによって、管理事務所などで一次元的に管理することが可能である。しかしながら、現状では、荷重計計測値を蓄積する専用の簡易装置が開発されていないことや、システムを構築する際の初期投資費や維持管理費の面から、荷重計は設置しているが、連続計測は実施されていないケースが多いと推測される。

また、一般的な荷重計の耐用年数は 5 年から 10 年と言われており、アンカーの供用期間に対して短く、長期にわたって緊張力を計測することは困難である。この問題は荷重計を交換したり、荷重計を他の箇所へ新規に設置すれば対処が可能であると考えられる。しかしながら、既設アンカーに対しての荷重計の交換や新規設置は、緊張力の開放作業や、アンカー自由長と導入緊張力の関係から困難な場合が多い（図 1.3）。特に「クサビ定着方式」のアンカーに対しては、施工後に余長部を切断することが多いため、荷重計の交換や新規設置が困難である。

写真 1.2　荷重計による計測

図 1.3　荷重計交換・新規設置時の問題点

2. システム構成

2.1　システムの要素技術

本システムは、３つの要素技術①緊張治具、②アンカー荷重計、③計測データ取得システムから構成されている。

解説

３つの要素技術を組み合わせた本システムの構造図を図 2.1 に示す。

※　<u>以降に表記する本システムの構造や寸法は、技術改良によって予告なしに変更する場合がある。</u>

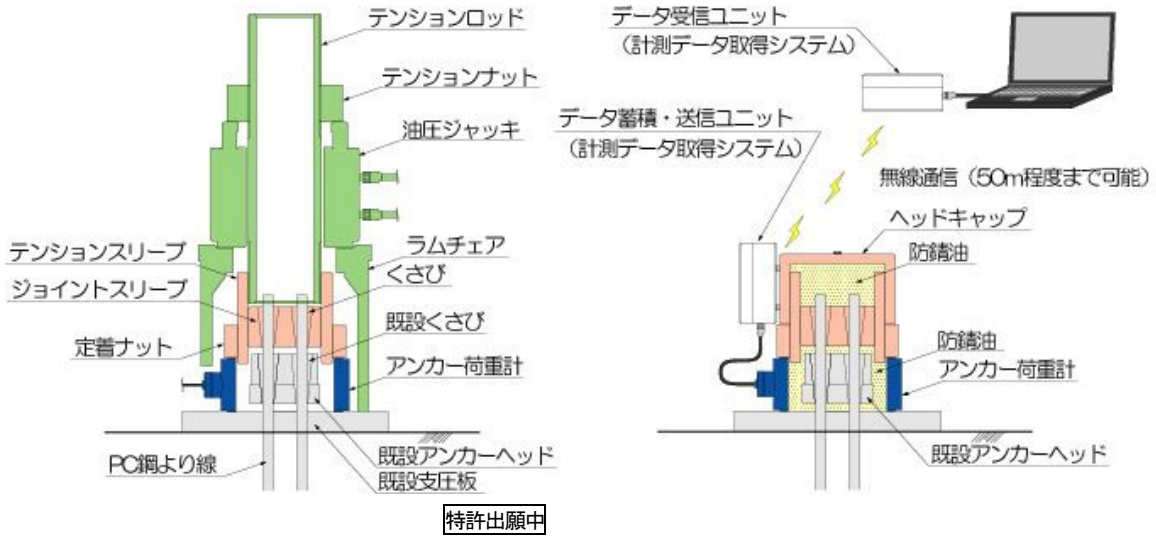


図 2.1　システム構造図

2.1.1　①緊張治具と②アンカー荷重計

通常、アンカーの緊張力はアンカーヘッドから支圧板に作用している。本システムの緊張力をアンカー荷重計へ移行する機構は、現場での作業性および安全性を重要視し、既往のリフトオフ試験方法を応用する方法（図 2.1、左図）を採用している。この方法により、アンカーに緊張力を作用させた状態でアンカー荷重計の新規設置や交換を可能としている。

2.1.2　③計測データ取得システム

アンカー荷重計を定着させた後、存置されたテンションスリーブに専用のヘッドキャップを取付け頭部処理を行う。その後、ヘッドキャップにデータ蓄積・送信ユニットを取り付けて、ここに計測データを蓄積し、必要な時にデータ受信ユニットを用いて無線通信によりデータを受信する（図 2.1、右図）。

2.2　緊張治具

本システムの緊張治具は、既設アンカーヘッドに作用している緊張力をリフトオフさせるための緊張装置と緊張力をアンカー荷重計へ移行させるための治具からなる。アンカー荷重計を取付けるアンカーの許容引張り力の大きさに分け、それぞれ 500kN タイプと 1000kN タイプがある。

解説

本システムに用いる緊張治具は、既設アンカーに作用している緊張力をアンカー荷重計へ移行させる機構を有しているため専用に開発製造されたものである。使用可能な緊張治具は表 2.1 の通りである。また詳細な外観図は巻末資料に添付する。

2.2.1　緊張装置

緊張装置には、油圧ジャッキ、油圧ポンプ、ラムチェア、テンションロッド、テンションナットがある。500kN 用の油圧ジャッキは単動式と複動式のものがあるが、1000ｋN 用の油圧ジャッキは複動式のみである。

2.2.2　治具

治具には、緊張力をアンカー荷重計へ移行させた後のモニタリング期間中、アンカー頭部に存置されるジョイントスリーブ、リテーナー、テンションスリーブ、定着ナットがある。

表 2.1　本システムの緊張治具一覧表

製造メーカー	日特建設（株）・守谷鋼機（株）・ライト工業（株）	
タイプ	緊張装置	治 具
500kN 1000kN	油圧ジャッキ	ジョイントスリーブ
	油圧ポンプ	リテーナー
	ラムチェア	テンションスリーブ
	テンションロッド	定着ナット
	テンションナット	―
500kN 外観図		

2.3　アンカー荷重計

本システムに用いるアンカー荷重計は、専用の緊張治具と組み合わせて使用するため、既設のアンカーヘッドの外側かつラムチェアの内側に配置できる形状・寸法である。アンカー荷重計の種類は、ひずみゲージ式、差動トランス式、油圧式の３種類がある。それぞれ定格容量が 500kN タイプと 1,000kN タイプのものがある。

解説

本システムに用いるアンカー荷重計は、アンカーに作用している緊張力を専用の緊張治具によりアンカー荷重計へ移行させて計測するため、本システム専用に開発製造されたものである。使用可能なアンカー荷重計は表 2.2 の通りである。また詳細な外観図は巻末資料に添付する。

表 2.2　本システムのアンカー荷重計一覧表

製造メーカー	（株）共和電業	（株）エスイー	（株）東横エルメス
タイプ	ひずみゲージ式	ひずみゲージ式	ひずみゲージ式
500kN 品番	BL07－500kN	SEEE－500kND	GL－500kN－I118B
1000 kN 品番	BLWL－A－1MN	SEEE－1000kND	GL－1MN－1146A
1000kN 外観図			
製造メーカー	**（株）東京測器研究所**	**坂田電機（株）**	**守谷鋼機（株）**
タイプ	ひずみゲージ式	差動トランス式	油圧式（ひずみ変換式）
500kN 品番	KCE－500KNAS	ELH－51105WQL	PD－180
1000 kN 品番	KCE－1MNAS	ELH－51310WQL	PD－250
1000kN 外観図			

2.4　計測データ取得システム

計測データ取得システムは、アンカー荷重計により計測したデータを蓄積させる「データ蓄積・送信ユニット」と遠隔からデータを取得するための「データ受信ユニット」からなる。データ蓄積・送信ユニットは、ひずみゲージ式変換器と差動トランス式変換器の 2 種類がある。

解説

本システムに用いるアンカー荷重計と計測データ取得システムの組合せは表 2.3 のとおりである。本システムのデータ取得システムの主な基本性能を表 2.4 に示す。なお、データ受信ユニットの操作は、専用ソフトをインストールした PC を用いて行う。詳細なデータ蓄積・送信ユニットの外観図は巻末資料に添付する。

表 2.3　アンカー荷重計と計測データ取得システムの組合せ

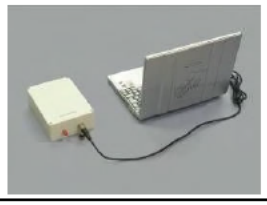
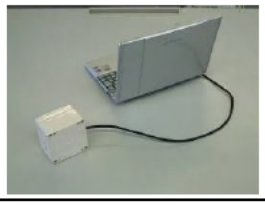
製造メーカー	（株）共和電業	（株）東京測器研究所	坂田電機（株）
適用アンカー荷重計	ひずみゲージ式	ひずみゲージ式	差動トランス式
品番・仕様	EZD-10A	ZT-992	ECM-280A
データ蓄積・送信ユニット外観図			
品番・仕様	EZD-100A	ZT-990	ECM-270A
データ受信ユニット外観図			

表 2.4　データ取得システム基本性能

項　目		性　能	備　考
ロガー部	測定点数	2 点（荷重と時間）	温度と時間との組合せも可能
	記録回数	2200 点以上	2 回/日×2 点×3 年
通信部	通信方式	無線方式（2.4GHz 帯）	消費電力に対応
	通信距離	50m	現場に調査員が行ってデータを回収することを想定
	通信台数	50 台	1 台のデータ受信ユニットが受信できるデータ蓄積･送信ユニットの台数
電源部	電源方式	乾電池	荷重計測定用電源と共用
	電池寿命	3 年以上	2 回/日のデータ計測と 1 回/月のデータ取得を組み合わせた場合

3. 適用条件

3.1　緊張治具およびアンカー荷重計の適用条件

本システムの緊張治具およびアンカー荷重計の適用条件はアンカーの用途（地すべり対策、切土補強対策、急傾斜地崩壊対策、擁壁補強、仮設山留め対策など）による制約は受けない。

解説

本システムの緊張治具およびアンカー荷重計の適用が可能なアンカーの諸元、またアンカー荷重計タイプ別の緊張力のモニタリング適用範囲を表 3.1 に示す。

表 3.1　本システムの適用条件・範囲

システムタイプ	アンカー諸元				モニタリング範　囲
	定着方式	許容引張り力	再緊張余長	アンカーヘッド直径	
500kN	クサビ式	～500kN	60mm 以上	118mm 以下	100kN～500kN
1000kN		500～1,000kN	70mm 以上	147mm 以下	200kN～1,000kN

※　緊張治具を改良することで、他のアンカーへ適用することも可能である。

本システムの緊張治具の内、ジョイントスリーブは、クサビ定着方式のアンカーを対象に開発したため、適用が可能であるアンカーの諸元は表 3.1 に示したようになる。しかしながら、ジョイントスリーブを改良することによって、他の定着方式のアンカーにも適用は可能である。その一例として、ナット定着方式のアンカーへ適用させる場合の構造を図 3.1 に示す。

また、クサビ定着方式のアンカーヘッドにネジ加工がされている場合は、テンションスリーブを改良することによって適用は可能である。

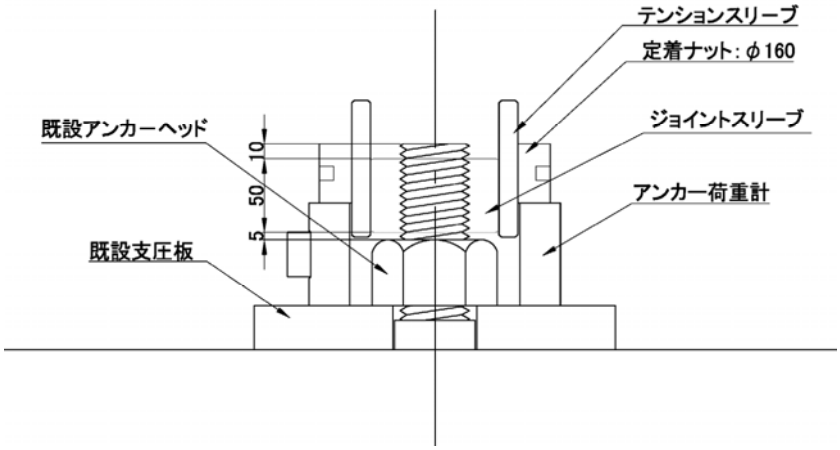


図 3.1　他の定着方式アンカーへの対応（例）

3.2　計測データ取得システムの適用条件

データ蓄積・送信ユニットとデータ受信ユニットとの無線通信距離の仕様は、50mとしている。

解説

通信距離が 50m 以内であっても自然環境の影響等を受ける場合は､通信が困難になる場合がある。自然環境の影響を受ける場合は、植生が繁茂しデータ蓄積・送信ユニットとデータ受信ユニットとの視界が妨げられる場合、降雪によりデータ蓄積・送信ユニットが雪により覆われてしまう場合、落石などによりデータ蓄積・送信ユニットが損傷しやすい環境にある場合などである。そのため、設置を検討している現場は、表 3.2 に示す機械的な耐環境性能を考慮し事前に周辺の自然環境の調査を行うことが必要である。

現場周辺の自然環境調査により本システムのデータ取得システムの導入が難しいと判断された場合は、他の計測手法を検討する。また、**既に現場において計測用のネットワークが構築されている場合**は、それを用いてアンカー荷重計計測データを取得・監視する方向で検討を行う。

その一方、**既に荷重計が設置されている場合**、荷重計の出力ケーブルのコネクターを改良することで、本システムの適用が可能となる場合がある。荷重計とデータ取得システムの組み合わせは表 2.3 を参考にするとよい。

表 3.2　機械的耐環境性能一覧表

項　目	性　能	備　考
使用温度範囲	-10℃～+60℃	JIS C 60068-2-61、2-1、2-2 参照
使用湿度範囲	85%RH 以下	JIS C 60068-2-61、2-30 参照
保護等級	IP65	JIS C 0920 参照
耐用年数	6 年	現場状況により変化する

4. 事前調査・計画

4.1　既往資料調査

既往資料調査は、本システムの導入を検討している斜面やアンカーなどの既往資料を収集し、本システムが適用可能であるか否かを調査・検討する。

解説

既往資料とは、設計図書、施工時の記録、定期点検結果などがある。これらの資料を基にして、本システムの導入を検討している斜面の現場状況、アンカーの諸元、アンカーの状況、受圧構造物の状況などを調査し、本システムが適用可能であるか否かを調査・検討する。

※アンカーの諸元は、第 3 章の適用条件を参考にするとよい。

既往資料調査において確認すべき主な事項を表 4.1 に示す。全て確認できない場合は、現地調査の結果を踏まえ、システムが適応可能であるか否かを検討する。

表 4.1　既往資料調査確認項目一覧表（例）

項　目	主 な 事 項
1．対象現場の概要	・工事件名 ・工事場所（所在地、案内図、位置図）
2．周辺環境	・外気温 ・降雪量
3. 対象アンカーの諸元	・工法およびタイプ ・テンドンの強度、特性 ・アンカー体長、アンカー自由長 ・設計アンカー力 ・定着時の緊張力 ・受圧構造物の形状
4. その他	・計測機器（現場に既に設置されている計測機器）の有無 ・有の場合、データの管理方法

4.2　現地調査

既往資料調査結果より本システムの適用が可能であると判断された場合に、現地調査を実施する。現地調査では、既往資料調査により入手した資料と現地の状況を比較するとともに、対象アンカーのヘッドキャップを取り外し、アンカー頭部の状況を確認する。さらに、必要となる機材の搬入ルートや作業足場を確保する方法などを検討するための調査を行う。

解説

既往資料調査の際に本システムを導入する位置を暫定的に決定し、その後、現地調査を行うことが望ましい。現地では、可能な限り導入を計画しているアンカーのアンカーヘッドキャップを取り外し、アンカー頭部の状況を目視にて確認する。アンカーに何らかの変状が生じている場合、アンカー頭部にさまざまな変状が発生することが多い。そのため目視調査からアンカー内部の劣化状況を推定することができるため非常に重要である。

場合によっては、アンカー頭部がコンクリート（モルタル）により被覆されている場合がある。こうした場合においても、被覆しているコンクリートをはつり、アンカー頭部の状況を確認することが望ましい。導入を計画している箇所のはつり作業が困難な場合は、同一現場内の他の箇所で実施することを検討する。

※同一時期（同工事）に施工されていれば、アンカーの頭部状況は概ね同じ場合であることが多い。

現地調査は、本システムの適用が可能であるか否かを判断するための重要な工程である。そのため、対象とするアンカーの調査にとどまらず、現場の立地条件、周辺の環境等も十分調査する必要がある。現地調査において、主に確認する項目を表 4.2 に示す。

調査結果から、本システムの対象外のアンカーヘッドであることが判明した場合は、本システムの緊張治具の改良によって適用が可能であるか否かを検討する。3 章の適用条件を参考にするとよい。

表 4.2　現地調査確認項目一覧表（例）

項　目	主 な 事 項
1．アンカー頭部	・再緊張余長、アンカーヘッド構造、支圧板の打音 ・腐食の進行度合
2．斜面・構造物	・斜面全体の変動（はらみだし）の有無や斜面上部の状況 ・受圧構造物のクラックの有無 ・作業足場設置の有無 ・機材の搬入経路
3．道路交通	・資機材運搬車両の通行 ・作業に対する交通規制の有無

4.3　システム導入計画

既往資料調査と現地調査の結果から、本システムの適用が可能であると判断された場合は、詳細なシステムの導入計画を立案する。計画は現場およびその周辺の安全と環境保全に対して配慮したものとする。

解説

本システムを導入する際の計画は大きく①仮設・保安計画、②リフトオフ試験計画、③モニタリング計画の 3 分野からなる。

4.3.1　仮設・保安計画

仮設・保安計画は、本システムの導入作業の効率性や安全性が向上するように間接的な作業の計画を行うことである。仮設計画においては、現場の状況に応じて、搬入通路の整備、作業用の足場を設置する計画を行う。作業用の足場を計画する場合は、作業性を考慮し作業床が幅 90cm 以上あることが望ましい。保安計画においては、現場における作業体制や周辺の交通状況等を鑑みて、保安設備を配置する計画を行う。なお、仮設・保安計画は、施設管理者や道路管理者と協議した上で、最終的な形状や寸法などを決定するものとする。

4.3.2　リフトオフ試験計画

本システムを導入する際、3 種類のリフトオフ試験を実施する。アンカー頭部へ設置した緊張治具のセットロスを取り除くために実施する予備リフトオフ試験、システムを導入するアンカーの残存引張り力を確認するために実施するリフトオフ試験、またアンカー荷重計に緊張力を移行させた後に実施するチェックリフトオフ試験がある。これらの試験における荷重載荷方法や測定項目は、事前に実施した既往資料調査を基にして計画する。以下に各リフトオフ試験の目的を示し、3 種類のリフトオフ試験に関する共通事項を整理する。

(1) 予備リフトオフ試験

本システムは、対象アンカーをリフトオフさせるために、PC 鋼より線の余長に緊張治具（ジョイントスリーブとクサビ）を設置する。クサビが PC 鋼より線に噛み込んでいない状態でリフトオフ試験を実施するとクサビと PC 鋼より線との間にセットロスが生じ、油圧ジャッキの圧力とアンカー頭部の変位量から求める変曲点が不明瞭となり、正確なリフトオフ荷重を算出することができない（図 4.1）。そのため、予備リフトオフ試験は、クサビと PC 鋼より線とのセットロスを取り除くことを目的とする。

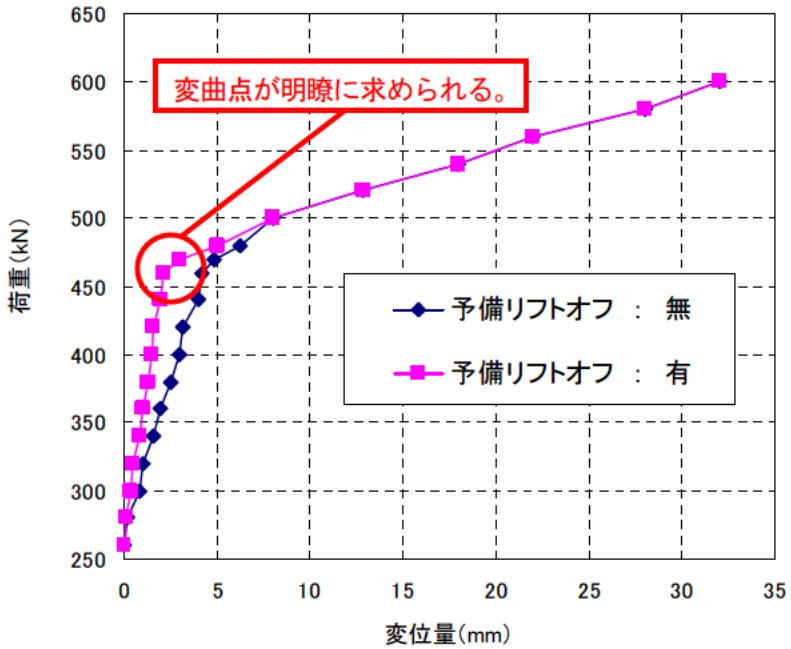


図 4.1　リフトオフ試験結果（例）

(2) リフトオフ試験

リフトオフ試験は、予備リフトオフ試験によって、クサビと PC 鋼線とのセットロスが取り除かれた状態で、対象アンカーの残存引張り力を算出することを目的とする。

(3) チェックリフトオフ試験

チェックリフトオフ試験は、対象アンカーに作用していた緊張力をアンカー荷重計に移行後、再度リフトオフ試験を実施し、アンカー荷重計へ移行させていた緊張力を確認することを目的とする。チェックリフトオフ試験の計画最大荷重は、リフトオフしたことが明確に判断できる程度とする。チェックリフトオフ試験は、定着されたアンカー荷重計を取り外す際にも実施する。

(4) 3 種類のリフトオフ試験に関する共通事項

① 計画最大荷重

計画最大荷重は、既往調査資料によりアンカーの仕様が確認できる場合は、設計アンカー力の 1.2 倍程度とする。仕様の確認ができない場合は、テンドンの降伏引張り力の 90%を上限とするが、不確定要素やアンカーの頭部状況から判断し決定する。

② 初期荷重および載荷ステップ

初期荷重は、残存引張り力が定着時緊張力より低下している場合もあるので、油圧ジャッキや測定機器が正常に作動する範囲で低めに設定する。載荷ステップは、単調サイクルとし、ゆっくり連続的に載荷させる。

③試験時の測定項目

試験時の測定項目は、油圧ジャッキの圧力と頭部の変位量とする。測定は、油圧ジャッキの圧力が安定した状態で頭部の変位量を測定するものとし、可能な限り細かいピッチで測定する。

(5) システム導入時の油圧ジャッキ圧力とアンカー荷重計計測値

図 4.2 に、本システムを導入した場合の油圧ジャッキ圧力の変動経過とそれに伴うアンカー荷重計計測値の変動経過を模式的に示す。なお、この図は、5.モニタリングにおいても参考にするとよい。

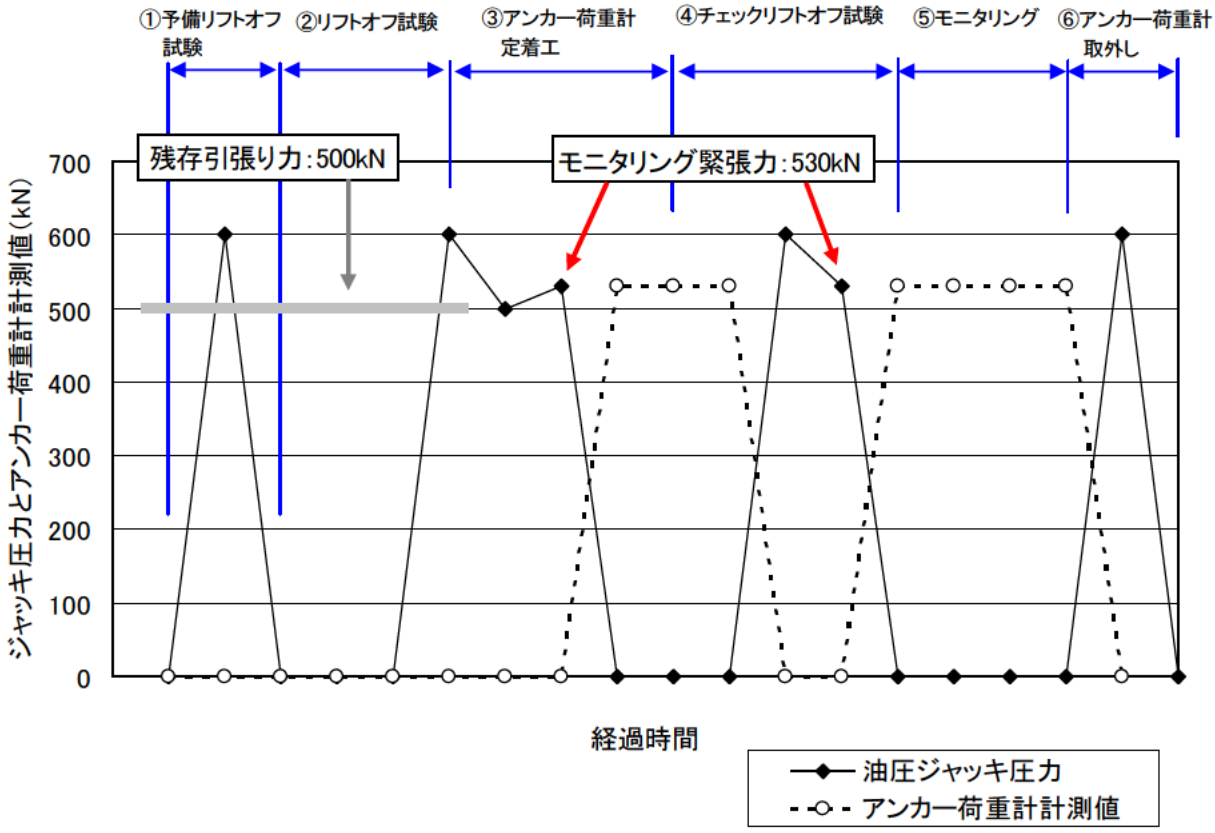


図 4.2　油圧ジャッキ圧力とアンカー荷重計計測値の変動（例）

4.3.3　モニタリング計画

モニタリング計画とは、モニタリング時の緊張力設定、計測データの取得回数、データ蓄積・送信ユニットのバッテリとアンカー荷重計の交換時期を計画するものである。

(1) モニタリング時の緊張力設定（モニタリング緊張力）

本システムの緊張治具構造の特性から、対象アンカーの緊張力をアンカー荷重計へ移行させる際のリフトアップ量は、原則 3㎜ 以上とする。すなわち、モニタリング時の緊張力は、対象アンカーの残存引張り力から、定着具を 3mm リフトアップさせた分の緊張力を増加させる必要がある（表 4.3）。なお、アンカーの諸元、アンカーの残存引張り力の状況から、定着具を 3mm 以上リフトアップすることが困難な場合は、計画最大荷重を考慮し、増分は可能な範囲までとする。その場合は、アンカー荷重計に緊張力を移行した後のチェックリフトオフ試験とアンカー荷重計計測値からアンカー荷重計の取付け状態の良否を判断する。

表 4.3　モニタリング緊張力算出（例）

アンカー諸元		参　考
アンカー長（lA）	20,000mm	δ：リフトアップ量 3mm Pm＝Pe+（δ×A×E）÷lsf
テンドン自由長（lsf）	15,000mm	
テンドン断面積（A）	687mm2	
テンドン弾性係数（E）	192kN/mm2	
残存引張り力（Pe）	500kN	
モニタリング緊張力（Pm）	526kN	

(2) 計測データ取得回数

アンカーの残存引張力は、初期緊張力導入後、時間の経過に伴い低下し、数週間でその低下は収束する傾向にある。しかしながら、アンカー体設置地盤やアンカー定着構造物の背面地盤がクリープしやすい性質を持っている場合、緊張力は低下し続けることもある。一方、地盤強度の低下による土圧の増大、斜面の滑動、地下水位の上昇、凍土、応力解放および地盤の膨張などにより、設計アンカー力以上の残存引張り力が作用することもある。

こうしたアンカー緊張力計測の重要性を考慮し、本システムを導入しようとしているアンカーの使用目的や保全対象物に応じて、計測データの取得回数や取得時期を設定する必要がある。

データ蓄積・送信ユニットのデータ蓄積に関する初期設定は、荷重計計測と時間計測を 1 日に 2 回（計測時刻は 0:00 と 12:00）としている。この設定は、現場条件に合わせて変更することは可能である。

(3) データ蓄積・送信ユニットのバッテリ交換時期の設定

データ蓄積･送信ユニットのバッテリ交換時期は､表 2.4 の基本性能を参考にし設定する。バッテリ寿命は外部環境の影響を受けやすいため、考慮が必要である。

(4) アンカー荷重計交換時期の設定

アンカー荷重計の交換時期は、一般的な荷重計の耐用年数は 10 年と言われているため、これを参考にし設定する。また、モニタリング中の計測データがトレンドから大幅に逸した場合はアンカー荷重計に何らかしらのトラブルが生じた可能性が高いため交換することが望ましい。

5. モニタリング

既往資料調査および現地調査から本システムの適用が可能と判断された場合は、本システムを導入するための計画書を作成する。その計画書に基づき、慎重かつ確実に作業を実施する。計画時に想定した条件と異なる事態が発生した場合には、その原因を速やかに調査し、必要に応じて適切な対策を講じる。

解説

本システムを導入する際の計画書を作成する。計画が必要となる本システムの標準的な作業の手順フローを図 5.1 に示す。

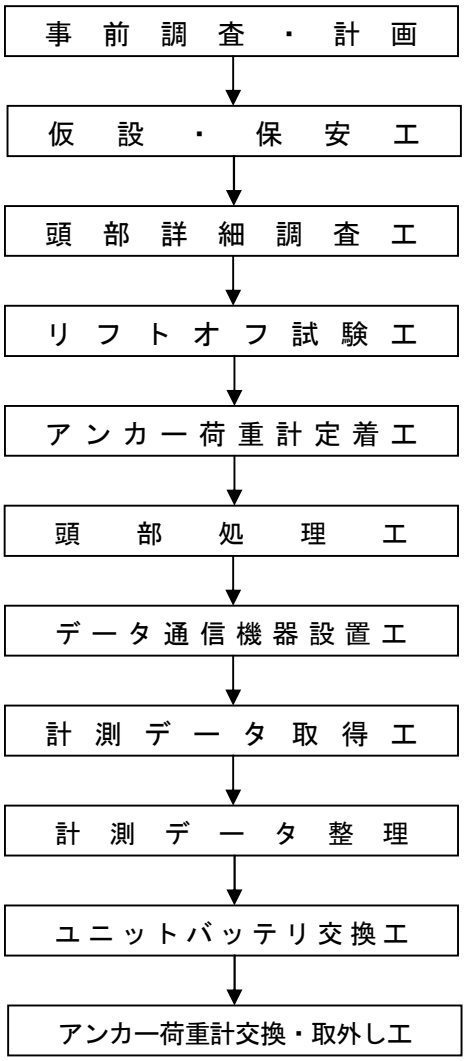


図 5.1　作業手順

5.1　事前調査・計画

既往資料調査結果と現地調査結果に基づき、システム導入計画書を作成する。

解説

計画書の作成は、4.3 システム導入計画を参考にする。

5.2　仮設・保安工

システム導入計画書に基づき作業用通路・足場を仮設する。作業に伴い交通規制が必要な場合は、保安設備を作業前に事前に配置する。

解説

仮設・保安設備を配置する作業は、周辺の環境や交通状況に十分留意して行う。

5.3　頭部詳細調査工

アンカー頭部キャップを取り外した後に、防錆油を完全に除去しアンカーの再緊張余長、アンカーヘッドの腐食状態を確認する。

解説

アンカーヘッドがコンクリート（モルタル）で被覆されている場合、コンクリートのはつり作業によりアンカーヘッドや再緊張余長を損傷させないように十分注意して作業を行う。

アンカーヘッドキャップを取り外し、防錆油を完全に除去した後に、アンカーヘッドの構造、再緊張余長の測定、アンカーヘッドと支圧板の偏芯量の測定を行う（写真 5.1 写真 5.2）。頭部詳細調査の結果、アンカーの腐食が著しく進行しており、リフトオフ試験によりテンドンの破断が想定される場合は、速やかに発注者（施設管理者）と対応策について協議を行う。

写真 5.1　解説

アンカーヘッドキャップの取外し（例）

① アンカーヘッドキャップを取り外す。

② 防錆油を完全に除去する。

写真 5.1　アンカーヘッドキャップの取外し（例）

写真 5.2　解説

防錆油の除去（例）

① 腐食状況を確認する。

② 再緊張余長を測定する。

適用条件（3.1 参照）

※　500kN 用では 60mm 以上が必要。

※　1000kN 用では 70mm 以上が必要。

③ アンカーヘッドと支圧板の偏芯量を測定する。

写真 5.2　防錆油の除去（例）

5.4　リフトオフ試験工

本マニュル 4.3.2 に準拠し作成されたリフトオフ試験計画に基づき、リフトオフ試験を実施する。試験に使用する緊張装置は、キャリブレーションを実施したものを使用する。

解説

リフトオフ試験の緊張力載荷ピッチや測定項目は、試験計画に基づき実施する。リフトオフ試験までの本システムの緊張治具およびアンカー荷重計の取り付け手順フローを図 5.2 に示す。

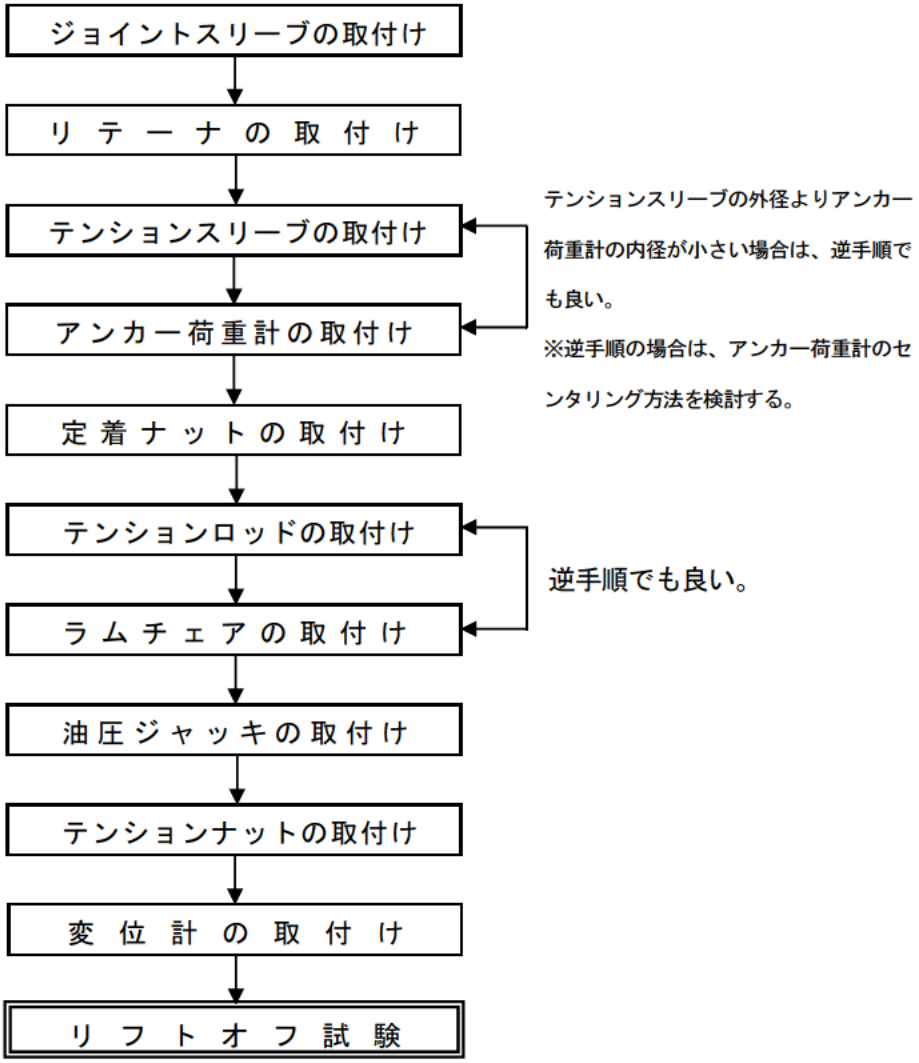


図 5.2　緊張治具およびアンカー荷重計の取り付け手順

5.4.1　ジョイントスリーブの取付け

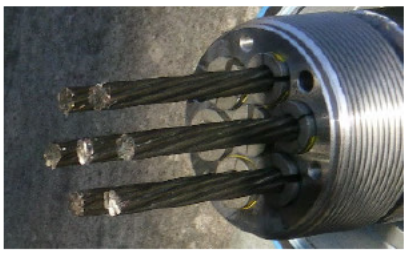
写真 5.3　解説

ジョイントスリーブの取付け（例）

① アンカーヘッドから <u>10mm 程度隙間を確保した状態で、</u>ジョイントスリーブを配置する。

② ジョイントスリーブにモリブデンスプレー等を十分塗布する。また、クサビの外側にビニールテープを貼り付ける。

③ ジョイントスリーブにクサビを下記の写真のようにしっかりと打ち込む。



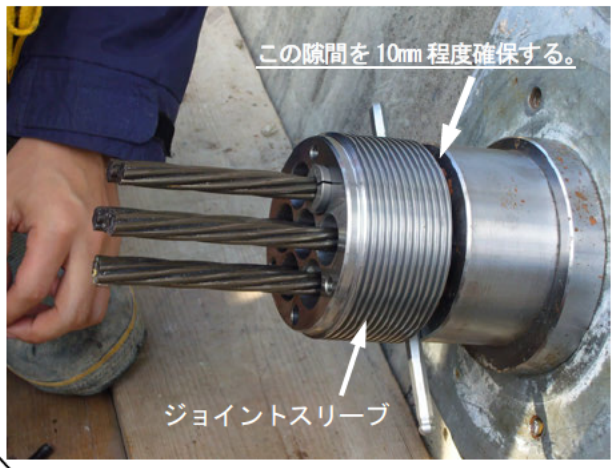


写真 5.3　ジョイントスリーブの取付け（例）

②は、ポイント！

取り外し作業がスムーズに行える。

5.4.2　リテーナの取付け

写真 5.4　解説

リテーナの取付け（例）

① ジョイントスリーブへのクサビが十分に打ち込まれていることを確認する。

② 緊張時にクサビが緩まないように、リテーナをジョイントスリーブへ取り付ける。

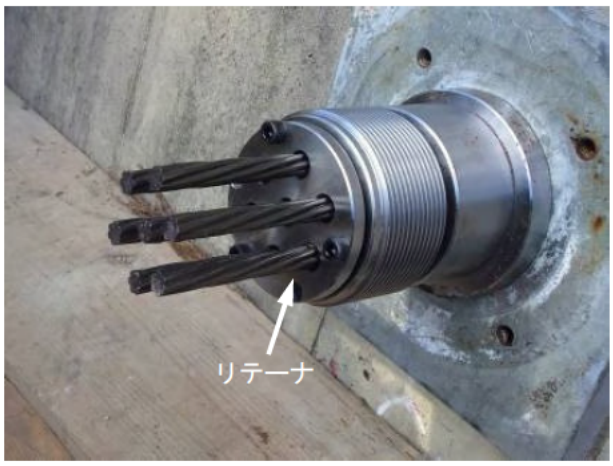


写真 5.4　リテーナの取付け（例）

5.4.3　テンションスリーブの取付け

写真 5.5　解説

テンションスリーブの取付け（例）

① ジョイントスリーブ外側のネジ部とテンションスリーブ内側のネジ部の噛み合わせを確認する。

② ジョイントスリーブの全てのネジ部が接合されるまで、テンションスリーブを回転させ取り付ける。

写真 5.5　テンションスリーブの取付け（例）

5.4.4　アンカー荷重計の取付け

※ アンカー荷重計の内径がテンションスリーブの外径より小さい場合は、テンションスリーブを取り付ける前にアンカー荷重計を配置し、その後、テンションスリーブを取り付ける。詳細なアンカー荷重計と緊張治具の組合せ図は、巻末資料に添付する。

写真 5.6　解説

アンカー荷重計の取付け（例）

① アンカー荷重計のセンタリングはテンションスリーブを利用する。

② アンカー荷重計の内径がテンションスリーブの外径より大きい場合は、アンカー荷重計をテンションスリーブの外側へ配置する。

③ アンカー荷重計とテンションスリーブのラップ長が「<u>ラップ長＞最大リフトアップ量</u>」となっていることを確認する。

写真 5.6　アンカー荷重計の取付け（例）

モニタリング計画に基づき、最大リフトアップ量を算出する。ラップ長が最大リフトアップ量より小さい場合は、緊張時にテンションスリーブによりセンタリングしているアンカー荷重計が、ずれることがあるので注意が必要である。

5.4.5　定着ナットの取付け

写真 5.7　解説

定着ナットの取付け（例）

① 定着ナット内側のネジ部とテンションスリーブ外側のネジ部の噛み合わせを確認する。

② アンカー荷重計に接するまで、定着ナットを回転させ取り付ける。

③ アンカー荷重計とテンションスリーブの偏芯量を調整する。

④ センタリングが確保できた時点で、一度、定着ナットを回転させアンカー荷重計を締付け固定させる。

写真 5.7　定着ナットの取付け（例）

5.4.6　テンションロッドの取付け

写真 5.8　解説

テンションロッドの取付け（例）

① テンションロッド外側のネジ部とテンションスリーブ内側のネジ部の噛み合わせを確認する。

② リテーナに接するまで、テンションロッドを回転させ取り付ける。

③ テンションロッドを 2 回転程度、逆回転させる。

④ テンションロッド取り付け後、テンションロッドの重さによりアンカー荷重計のセンタリングがずれないように注意する。

<u>※テンションロッドを取り付ける前に、ラムチェアを配置してもよい。</u>

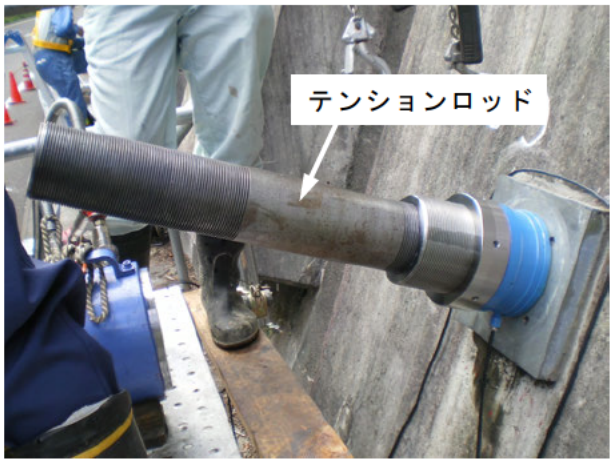
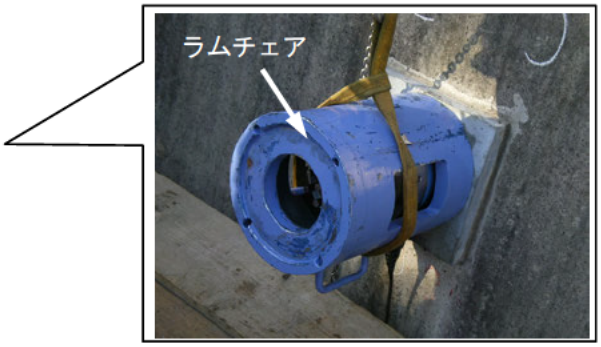


写真 5.8　テンションロッドの取付け（例）



5.4.7　ラムチェアの取付け

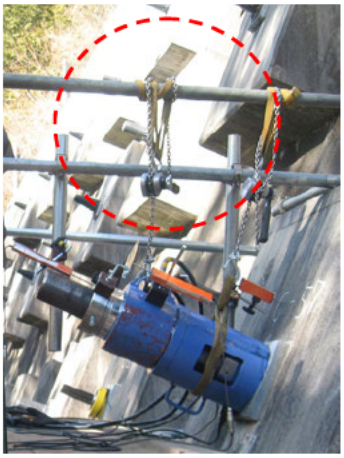
写真 5.9　解説

ラムチェアの取付け（例）

① 取り付けられたアンカー荷重計や緊張治具と同じ軸線上になるように、ラムチェアを配置する。

② アンカー荷重計のコネクタ部やケーブルを損傷させないように注意する。

写真 5.9　ラムチェアの取付け（例）



※ ラムチェアと油圧ジャッキを取付ける際は、簡易な吊り装置を設けると作業性が向上する。

5.4.8　油圧ジャッキの取付け

写真 5.10　解説

油圧ジャッキの取付け（例）

① 取り付けられたラムチェアと同じ軸線上になるように、油圧ジャッキを配置する。

② 油圧ジャッキを取り付ける際は、テンションロッドのネジ部を損傷させないように注意する。

写真 5.10　油圧ジャッキの取付け（例）

5.4.9　テンションナットの取付け

写真 5.11　解説

テンションナットの取付け（例）

① テンションナット内側ネジ部とテンションロッド外側ネジ部の噛み合わせを確認する。

② 油圧ジャッキに接するまで、テンションナットを回転させ取り付ける。

③ テンションナットが油圧ジャッキに接したならば、ラムチェア、油圧ジャッキ、テンションロッドが同一軸線上になるように調整する。

④ 同一線上になったことを確認し、テンションナットを締め付け、緊張治具類を固定する。

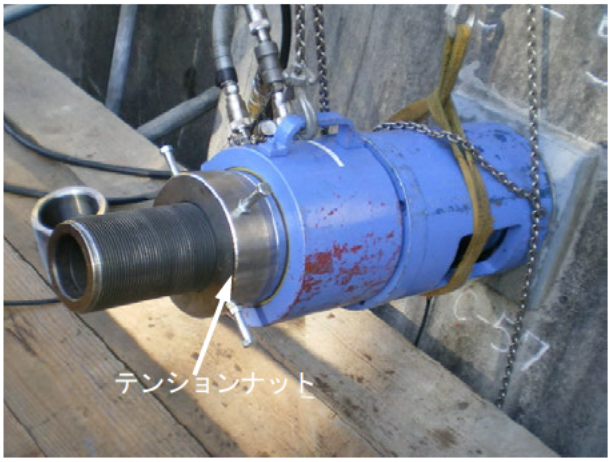


写真 5.11　テンションナットの取付け（例）

5.4.10　変位計の取付け

写真 5.12　解説

変位計の取付け（例）

① テンドンの変位量が測定可能な位置へ、変位計を取り付ける。

② 緊張時に、変位計がずれないように、取り付け位置、固定具合を確認する。

※ 予備リフトオフ試験の初期荷重が載荷された時点で、固定具合を確認する。

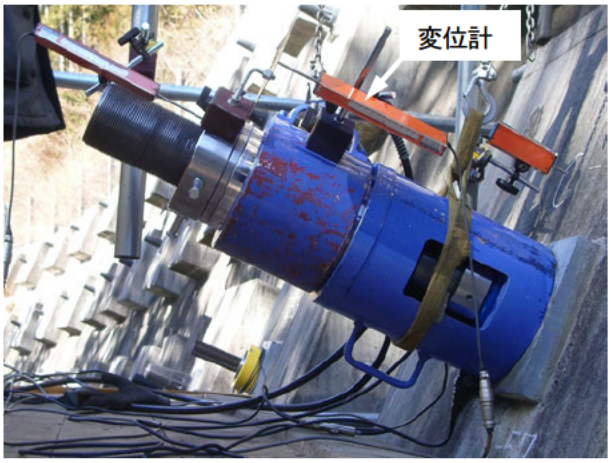


写真 5.12　変位計の取付け（例）

5.4.11　リフトオフ試験

写真 5.13　解説

リフトオフ試験状況（例）

① リフトオフ試験計画に基づき、試験を実施する。

② <u>予備リフトオフ試験</u>により緊張治具のセットロスを取り除く。

③ <u>リフトオフ試験</u>により、アンカーの残存引張り力を算出する。

④ 異常値や想定外の変状等が確認された場合は、速やかに試験を中止し、施設管理者と対応策について協議を行う。

⑤ 試験時の安全対策を十分に行う。

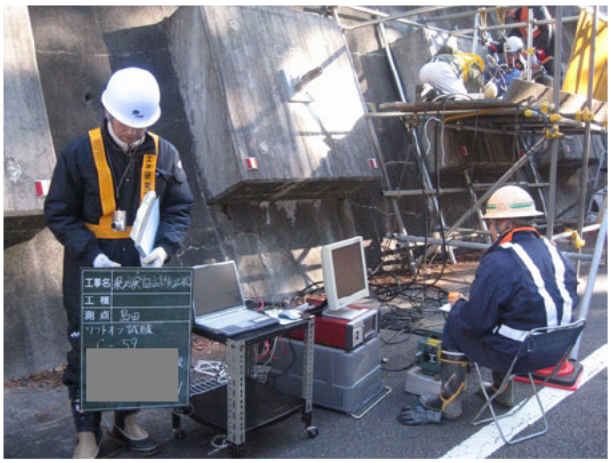


写真 5.13　リフトオフ試験状況（例）

【安全対策】（例）

- 試験中は、油圧ジャッキの緊張方向に立ち入らないように注意する。
- テンドンの破断などによる飛散･接触事故が起こらないように、油圧ジャッキの緊張方向および影響範囲の防護や立ち入り禁止処置を施す。

5.5　アンカー荷重計定着工

リフトオフ試験の計画最大荷重を確認後、油圧ジャッキに作用しているアンカーの緊張力をアンカー荷重計へ移行させ、アンカー荷重計により緊張力の計測を開始する。その後、アンカー荷重計へ作用している緊張力を確認するために、チェックリフトオフ試験を実施する。

解説

リフトオフ試験の計画最大荷重まで載荷した後、油圧ジャッキの圧力をモニタリング計画で設定した**モニタリング緊張力**に合わせる。その緊張力を保持した状態で、定着ナットを回転させアンカー荷重計を締め付ける。締め付け状態を確認した後、油圧ジャッキの圧力を徐々に除荷する。この作業工程によりアンカーの緊張力がアンカー荷重計へ移行する。アンカー荷重計定着工の作業の手順を図5.3 に示す。

アンカー荷重計へ緊張力が作用した状態で、**チェックリフトオフ試験**を行いアンカー荷重計に作用している緊張力（チェックリフトオフ荷重）の確認を行う。その緊張力とアンカー荷重計計測値の差が±10%以内である場合は、存置する緊張装置の取り外しを行う。取り外し方法は、5.4 リフトオフ試験の逆手順により行う。

一方、チェックリフトオフ試験により確認した緊張力とアンカー荷重計計測値との差が±10%以上ある場合は、前述した作業工程を再度行う。**その際の留意点として、定着ナットとアンカー荷重計が偏芯していないことを確認する。**

なお、「差の±10%」の算出方法は、油圧ジャッキの圧力を分母、アンカー荷重計計測値を分子として算出する。

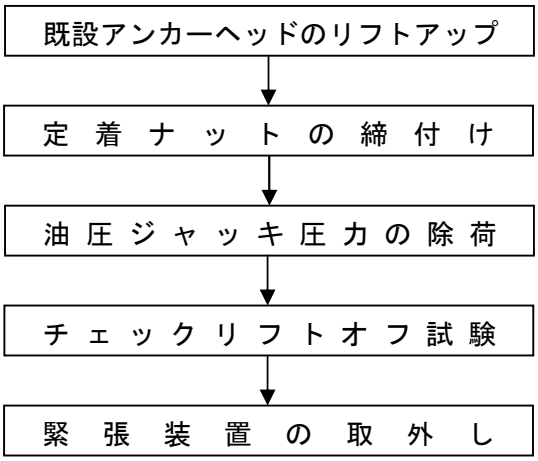


図 5.3　アンカー荷重計の定着手順

図 5.4　解説

既設アンカーヘッドのリフトアップ

① リフトオフ試験の計画最大荷重を確認する。

② <u>モニタリング緊張力に油圧ジャッキの圧力を調整する。</u>

③ 既設アンカーヘッドが既設支圧板からリフトアップしていることを確認する。

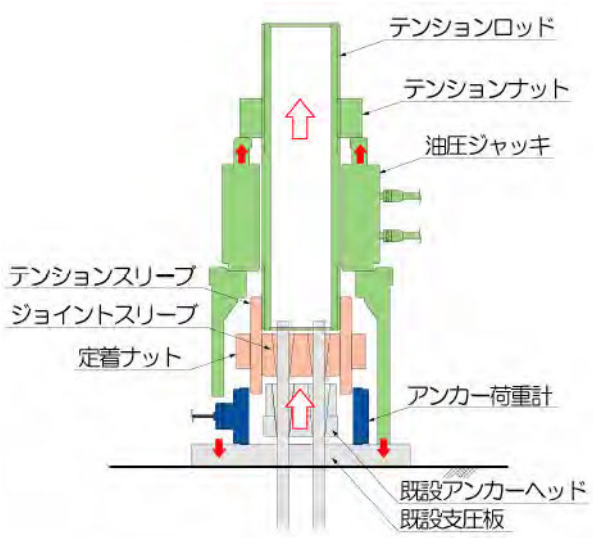


図 5.4　既設アンカーヘッドのリフトアップ

油圧ジャッキの圧力調整方法

① 油圧ジャッキの圧力をモニタリング緊張力の 90%程度まで低くする。

② 油圧ジャッキを載荷して圧力をモニタリング緊張力に合わせる。

※ 油圧ジャッキの圧力指示値は、ジャッキ載荷時の圧力を示すように校正されている。

図 5.5　解説

定着ナットの締付け

① 油圧ジャッキ圧力がモニタリング緊張力に調整できたことを確認する。

② アンカー荷重計と離れた定着ナットを回転させ、再度、アンカー荷重計を締め付ける。

③ 締付け方法は、下記の写真のように定着ナットに設けている小穴と工具（ラチェット等）を利用する。

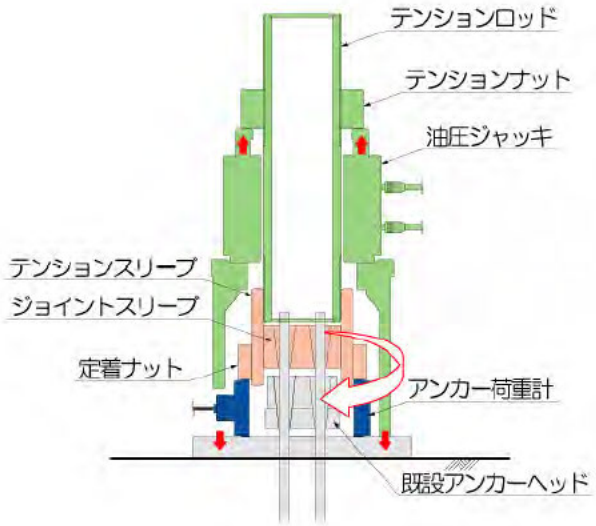


図 5.5　定着ナットの締付け

図 5.6　解説

油圧ジャッキ圧力の除荷

① アンカー荷重計が定着ナットにより確実に締め付けられていることを確認する。

② 油圧ジャッキに作用している圧力を徐々に除荷し、緊張力をアンカー荷重計へ移行させる。

③ データロガを用いてアンカー荷重計が計測している値を確認する。

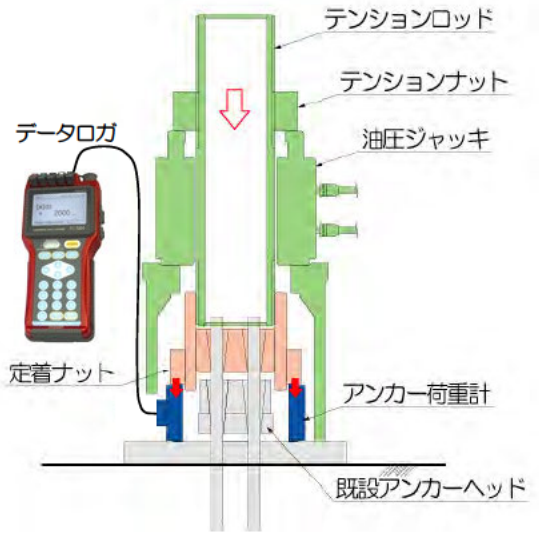


図 5.6　油圧ジャッキ圧力の除荷

図 5.7　解説

チェックリフトオフ試験

① アンカー荷重計に作用している緊張力を確認するために**チェックリフトオフ試験**を行う。

② チェックリフトオフ荷重とアンカー荷重計計側値の差を確認する。

差が±10%以内の場合

油圧ジャッキ圧力を除荷し、アンカー荷重計へ緊張力を移行させる。

差が±10%以上の場合

再び、アンカー荷重計定着作業を行う。

③ アンカー荷重計計測値がモニタリング緊張力の±10%以内であることを確認する。

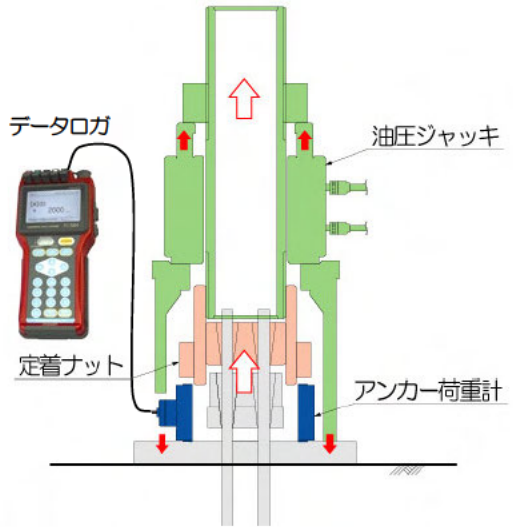


図 5.7　チェックリフトオフ試験

図 5.8　解説

緊張装置の取外し

① 緊張装置（テンションロッド、テンションナット、油圧ジャッキ、ラムチェア）を取り外す。

② 取り外し時は、アンカー荷重計のケーブルを損傷させないように十分注意する。

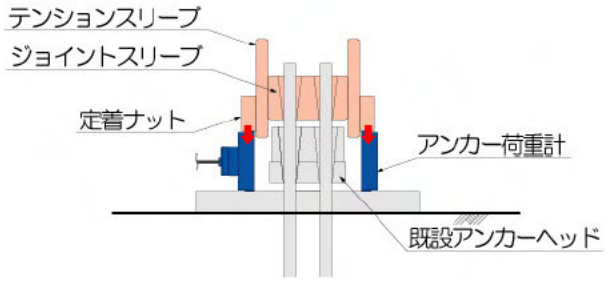


図 5.8　緊張装置の取外し

5.6　頭部処理工

存置する緊張治具は緊張力を保持するために必要不可欠な部分であり、また、周辺からの影響を受けやすいため、頭部処理は防錆油と専用のヘッドキャップを使用して入念に行う必要がある。

解説

本システムの標準的な頭部処理は図 5.9 のように行う。存置治具に専用のヘッドキャップを被せ、アンカー荷重計と既設アンカーヘッドの空隙部と存置緊張治具とヘッドキャップ内を防錆油により充填する。防錆油は流動性が比較的低いものを用いるのが良い。

※　ヘッドキャップ構造は、既設アンカーヘッドの構造または外部環境に応じて変更するものとする。

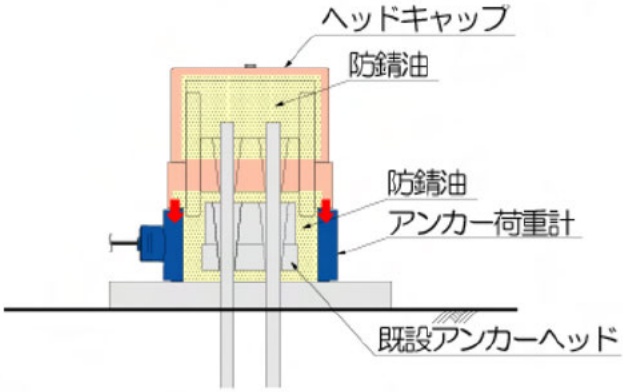


図 5.9　頭部処理方法

写真 5.14　解説

防錆油の充填状況（例）

① ジョイントスリーブの防錆油充填孔に充填用ホースを挿入する。

② グリスポンプを用いて、防錆油の充填を行う。

③ 下記の写真のようにもう一方の充填孔からリークしたことを確認する。

写真 5.14　防錆油の充填状況（例）

写真 5.15　解説

ヘッドキャップ取付け（例）

① ヘッドキャップ内側ネジ部とテンションスリーブ外側ネジ部の噛み合せを確認する。

② 定着ナットに接するまでヘッドキャップを回転させ取り付ける。

③ グリスポンプを用いて防錆油の充填を行う。

④ エアプラグより防錆油がリークしたことを確認する。

⑤ ヘッドキャップと定着ナットとの接合部、定着ナットとアンカー荷重計との接合部、アンカー荷重計と既設支圧板との接合部から雨水等が流入しないように、シール材を十分塗布する。

写真 5.15　ヘッドキャップ取付け（例）

5.7　データ通信機器設置工

アンカー荷重計計測データを蓄積し遠隔へデータを送信させるため、アンカーヘッドキャップに計測データ取得システムの「データ蓄積・送信ユニット」を取り付ける。

解説

本システムの標準的なデータ蓄積・送信ユニットの取付け方法を図 5.10 に示す。データ蓄積・送信ユニットのヘッドキャップへの取付け位置は、バッテリ交換やデータを取得する方向等を考慮する。また斜面上部からの落石や降雪が多いと予想される場合は、ヘッドキャップの下方面に固定することを検討する。固定方法は外部環境等を考慮した方法を採用する。

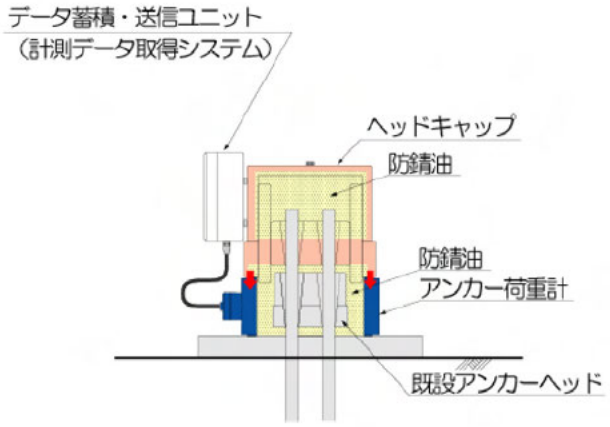


図 5.10　データ蓄積・送信ユニット取付け

写真 5.16　解説

データ蓄積・送信ユニット取付け状況（例）

① ヘッドキャップ部のユニット固定板にユニットをボルトにより固定する。

※ 写真のヘッドキャップ構造は、開発試験時のものであり、図 5.10 の構造とは異なる。

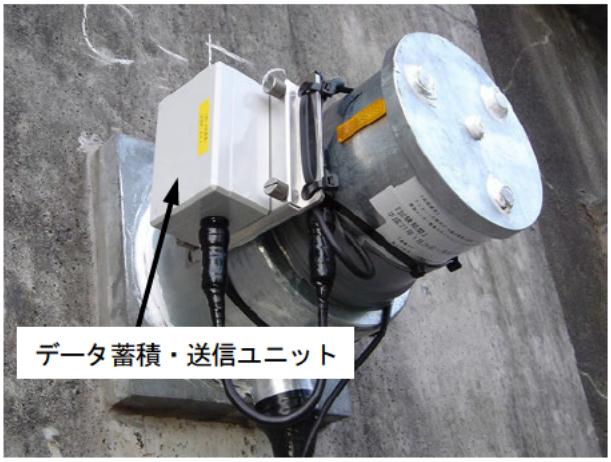


写真 5.16　データ蓄積・送信ユニット取付け

5.8　計測データ取得工

モニタリング計画の計測データ取得時期に基づき、データ蓄積・送信ユニット内に蓄積されたアンカー荷重計計測データを、データ受信ユニットを用いて取得する。

解説

本システムのデータ蓄積・送信ユニット内に蓄積されたアンカー荷重計計測データ取得方法の概念図を図 5.11 に示す。データ受信ユニットの操作は、専用のソフトをインストールした PC により行う。

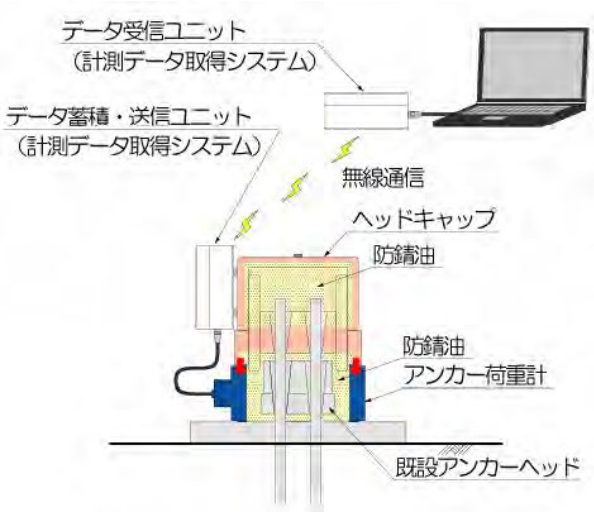


図 5.11　データ取得方法の概念図

写真 5.17　解説

計測データ取得状況（例）

① データ蓄積・送信ユニットが見える位置に立ち、見通しを確認する。

② PC を起動し、データ回収ソフトを立ち上げる。

③ データ受信ユニットをデータ蓄積・送信ユニットの方向へ向ける。

④ PC のデータ取得ソフトを実行し、データの取得を始める。

※ データ取得中は受信ユニットを動かさないようにする。

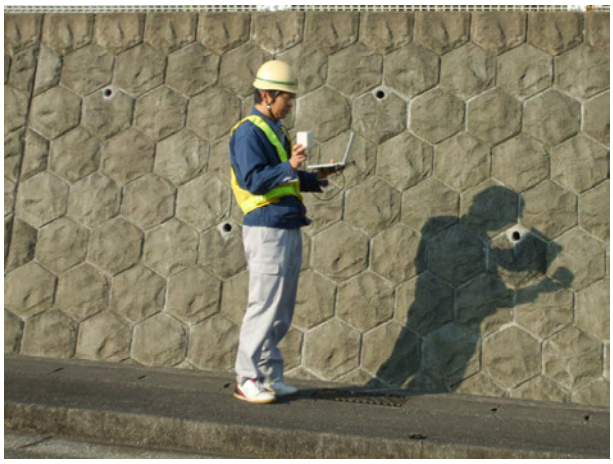


写真 5.17　計測データ取得状況（例）

5.9　計測データ整理

データ受信ユニットにより取得した荷重計測データはPC上に保存される。そのデータの変動量等が判断しやすいようなグラフなどに整理する。

解説

データ受信ユニットにより取得したデータはPCに保存される。データはアンカー荷重計の出力値（με：ひずみゲージ式、R：差動トランス式）である。計測データは、アンカー荷重計を取付ける前の初期値との差を算出し、その値にアンカー荷重計ごとの試験成績の表数値等を用いてアンカー荷重計計測値（kN）を算出する。算出された値の変動量等が分かりやすいようにグラフなどに整理する（図 5.12）。

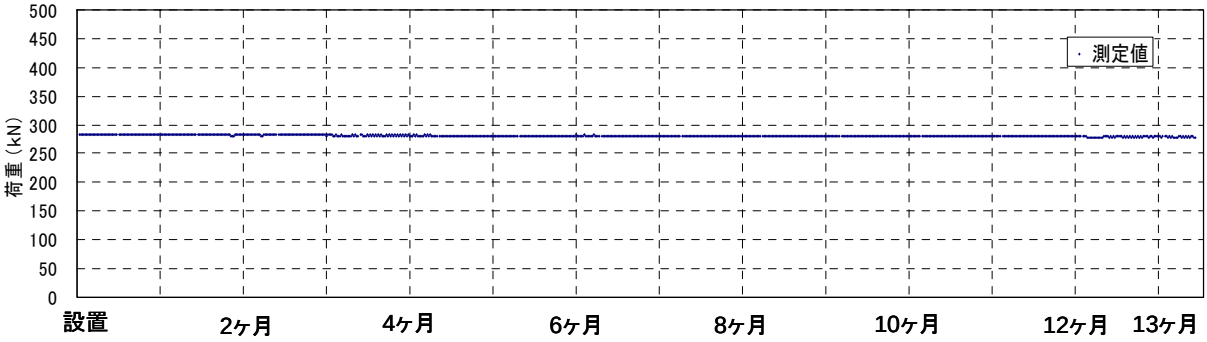


図 5.12　アンカー荷重計計測グラフ（例）

5.10　データ蓄積・送信ユニットバッテリ交換工

モニタリング計画に定めたデータ蓄積・送信ユニットのバッテリ交換時期が到来した場合、バッテリを交換する。バッテリ交換に合わせて、ヘッドキャップの締付け状態等を点検する。

解説

データ通信・蓄積ユニットは湿度の影響により蓄積されたデータにトラブルが生じることがあるため、屋外でのバッテリ交換は原則として雨天時または雨天後の湿度の高い時期には行わないこととする。可能な限りデータ蓄積・送信ユニットを室内へ持ち込みバッテリを交換する。バッテリを交換した場合は、ユニットの締付け状態やパッキンの状態を確認する。

5.11　アンカー荷重計交換・取外し工

モニタリング計画に定められたアンカー荷重計の交換時期が到来した場合、また計測データに不具合が生じた場合にアンカー荷重計を交換する。

解説

アンカー荷重計交換・取外しの作業手順は、まずアンカーヘッドキャップに取り付けてあるデータ蓄積・送信ユニットを取り外し、アンカーヘッドキャップを取り外す。PC 鋼より線、テンションスリーブに付着している防錆油を完全に除去する。その後、緊張装置と変位計を 5.4.6 から 5.4.10 までの手順に従い取付けを行う。それ以降の手順フローを図 5.13 に示し、アンカー荷重計交換・取外し工とジョイントスリーブ取外しについて詳細手順を以下に示す。

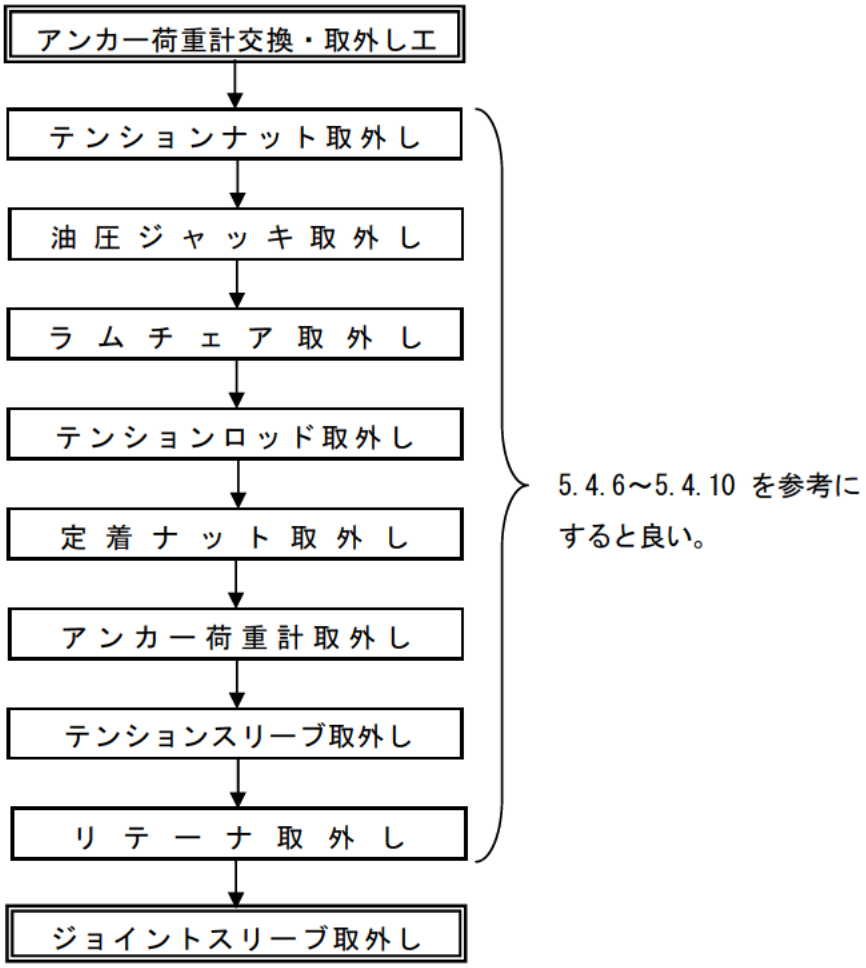


図 5.13　アンカー荷重計交換・取外し工手順

5.11.1　アンカー荷重計交換・取外し手順

アンカー荷重計を交換・取外す際の手順を図 5.14 に示す。

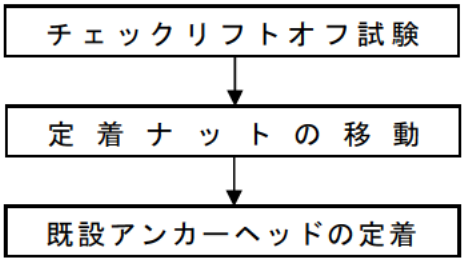


図 5.14　アンカー荷重計交換・取外し手順

図 5.15　解説

チェックリフトオフ試験

① チェックリフトオフ試験前、油圧ジャッキのシリンダをアンカーヘッドのリフトアップ量以上に、突出させる。

※　突出量が少ないと定着ナットのリフトオフ後、油圧ジャッキ圧力を除荷しても完全にアンカーヘッドに緊張力を移行させることができない。

② チェックリフトオフ試験を実施し、アンカー荷重計に緊張力が作用していないことを確認する。その際、定着ナットがリフトアップしていることを確認する。

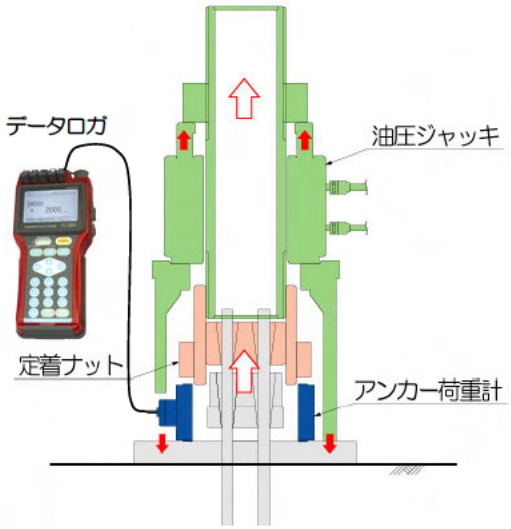


図 5.15　チェックリフトオフ試験

図 5.16　解説

定着ナットの移動

① 定着ナットは既設アンカーヘッドのリフトアップ量以上に回転させテンションロッドの上方向へ移動させる。

② 移動量の目安は、<u>既設アンカーヘッドのリフトアップ量＋10mm 程度</u>とする。

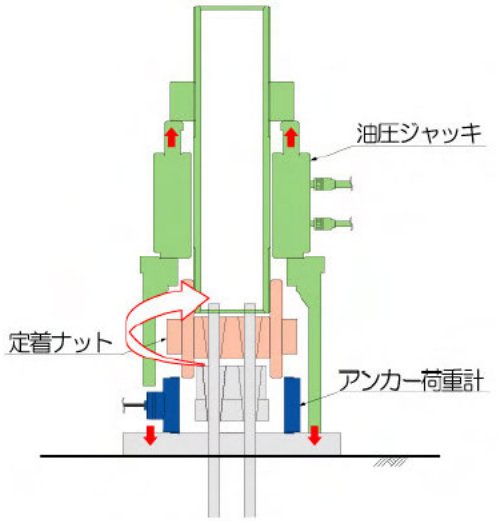


図 5.16　定着ナットの移動

<u>定着ナット移動量</u>

定着ナットの移動量が少ないと油圧ジャッキの圧力を除荷した際に、緊張力が定着ナットを介してアンカー荷重計へ残存してしまう。

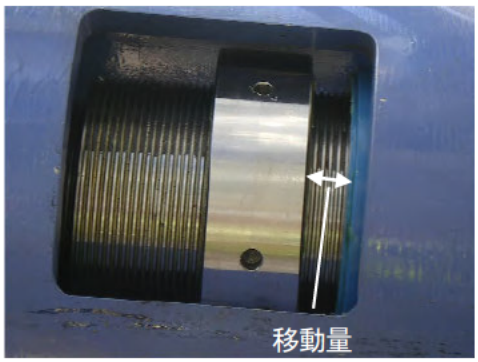


図 5.17　解説

既設アンカーヘッドの定着

① 定着ナットのリフトアップ量を確認する。

② 油圧ジャッキの圧力をゆっくりと除荷する。

③ 定着ナットがアンカー荷重計に接していないことを確認する。

④ 緊張装置を取外す。

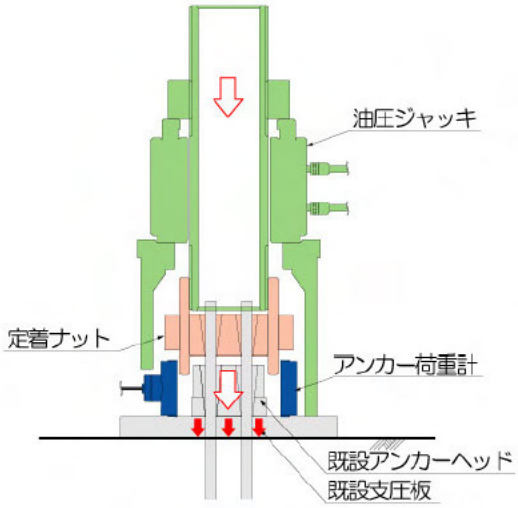


図 5.17　既設アンカーヘッドの定着

5.11.2　ジョイントスリーブ取外し

モニタリング後、ジョイントスリーブとクサビとが金属同士の噛み込みにより取り外し難い場合がある。そうした場合は、ジョイントスリーブに軽い打撃を加え取外しを行う。それでも取り外しが出来ない場合は、図 5.18に示した取外し治具により取外しを行う。

図 5.18、写真 5.18　解説

ジョイントスリーブ取外し（例）

① ジョイントスリーブに取外しナットを取り付ける。

② PC 鋼より線の余長部に反力スリーブとクサビを取り付ける。

③ ラチェット等を使用し反力ボルトを回転させ、各ボルトを均等に締め付ける。

④ ジョイントスリーブが緩んだことを確認する。

⑤ 取外し治具を取り外す。

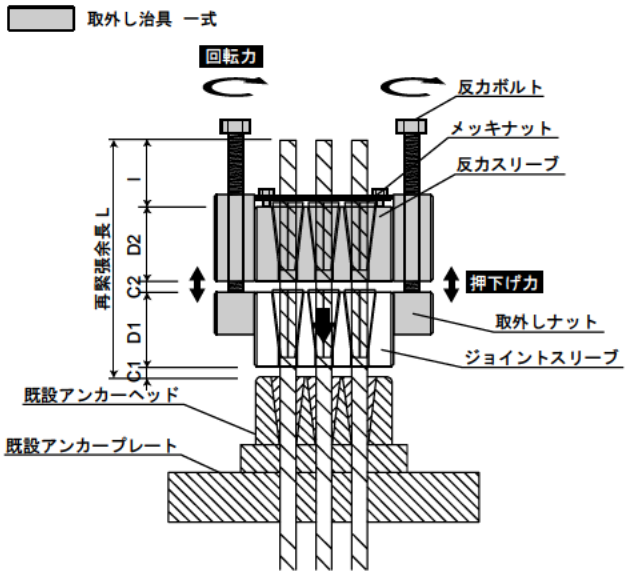


図 5.18　ジョイントスリーブの取外し

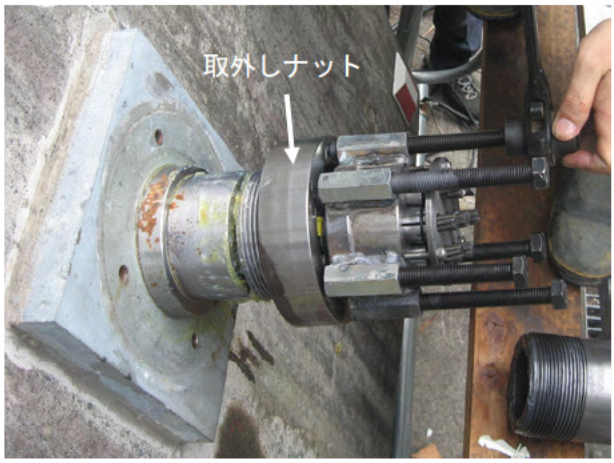


写真 5.18　ジョイントスリーブの取外し状況（例）

ジョイントスリーブとクサビが緩んだ状態

6. Ｑ＆Ａ

「システム導入検討時のＱ＆Ａ」

Q1：対象とするアンカーはクサビ定着方式のアンカーでなければならないのか？

A1：緊張治具を改良することによって、クサビ定着方式以外のアンカーに対しても適用は可能である。（3.1 緊張治具およびアンカー荷重計の適用条件を参照）

Q2：アンカー荷重計もしくはデータ取得システムは、単独で導入することはできるのか？

A2：アンカー荷重計だけを現場に取り付け、計測データを既往のネットワークに接続することは可能である。一方で、既に荷重計が設置されている場合は、データ取得システムだけを導入することも可能である。（3.2 データ取得システムの適用条件を参照）

「システム運用時のＱ＆Ａ」

Q3：対象アンカーの諸元また導入されている緊張力からアンカーヘッドのリフトアップ量を 3mm 以上確保することが難しい場合、アンカー荷重計を設置することはできるのか？

A3：リフトアップ量の 3mm とは、アンカーの残存引張り力とプラスαの緊張力をアンカー荷重計へ作用させるために必要なものである。したがって 3mm 以下のリフトアップ量の時は、全てのアンカーの残存引張り力がアンカー荷重計へ作用しないことになるが、アンカー荷重計の設置は可能である。（4.3.3 モニタリング計画を参照）

Q4：チェックリフトオフ試験のチェックリフトオフ荷重とアンカー荷重計計測値の差が±10%以内に収まらないのはなにが原因か？

A4：アンカー荷重計定着時、アンカーヘッドのリフトアップ量が 3mm 以上確保できていない場合は、アンカー荷重計に 100%のアンカー緊張力が作用していないため、チェックリフトオフ荷重とアンカー荷重計計測値の差が大きくなる。また、100%のアンカー緊張力がアンカー荷重計に作用していても定着ナットとアンカー荷重計の接合面が偏芯している場合は、±10%以内に収まらない場合がある。（5.4 リフトオフ試験工を参照）

Q5：モニタリング中にデータ蓄積・送信ユニットのバッテリが切れてしまった場合、計測蓄積したデータは全て消えてしまうのか？

A5：バッテリが切れる直前まで計測蓄積したデータは、全てユニット内の基板に保存されている。

7. 巻末資料

巻末資料には、緊張治具、アンカー荷重計、データ蓄積・送信ユニットの構造諸元や外観図、また緊張治具とアンカー荷重計の組み合わせ図を示す。最後に、本システムについて紹介した文献を整理する。

7.1　緊張治具外観図

7.1.1　500kN タイプ緊張治具

緊張治具の 500kN タイプの諸元を表 7.1 に示し、外観図を図 7.1 から図 7.9 に示す。

表 7.1　500kN タイプ緊張治具諸元一覧

品名	仕様・規格	重量 (kg)	備　考
ジョイントスリーブ	φ89mm×50mm リテーナー（かんざしスペーサー付き）	1.7	存置部材
テンションスリーブ	φ115mm×H100mm	3.2	存置部材
定着ナット	φ140mm×H43mm	1.7	存置部材（荷重計により選択）
	φ160mm×H43mm	3.3	存置部材（荷重計により選択）
テンションロッド	φ89mm×H350mm	6.8	
テンションナット	φ140mm×45mm	3.3	
専用油圧ジャッキ	φ180mm×H116mm 単動式、ストローク 20mm	14.7	
	φ205mm×H190mm 複動式、ストローク	35.3	
ラムチェア	φ203mm×H232mm 単動式油圧ジャッキ用	12.5	
	φ205mm×H242mm 複動式油圧ジャッキ用	20.6	

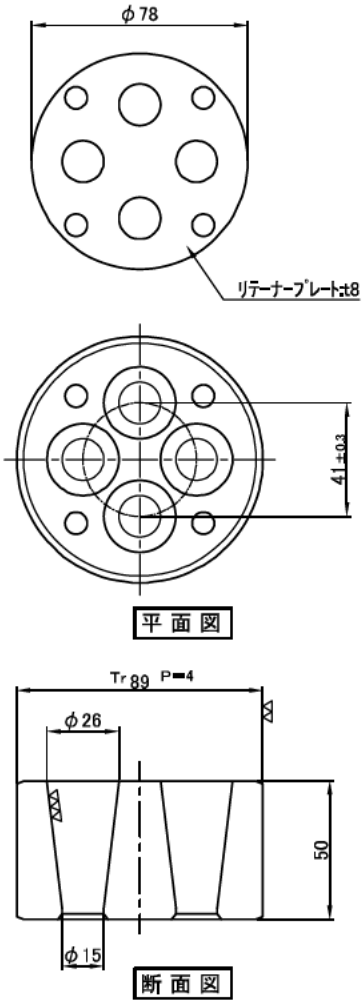


図 7.1　ジョイントスリーブ（500kN 用）

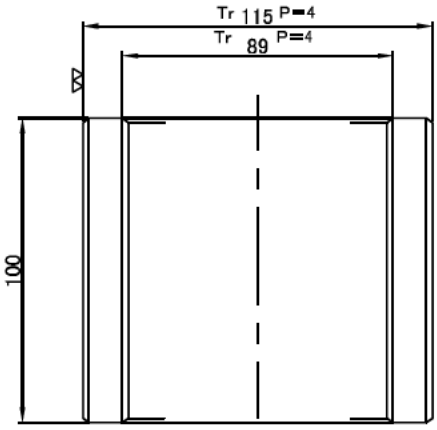


図 7.2　テンションスリーブ（500kN 用）

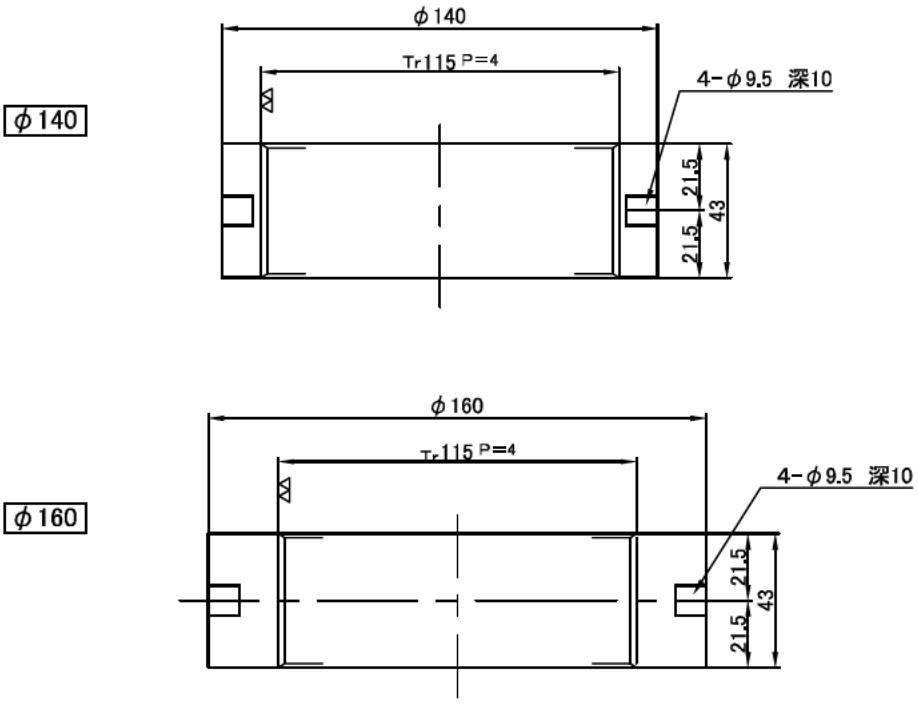


図 7.3　定着ナット（500kN 用）

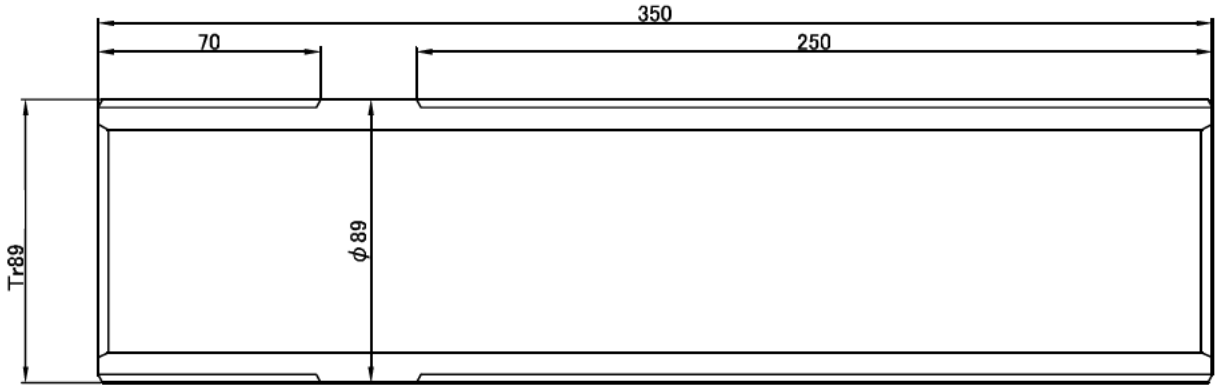


図 7.4　テンションロッド（500kN 用）

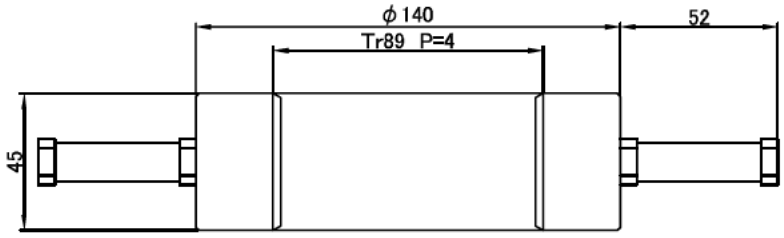


図 7.5　テンションナット（500kN 用）

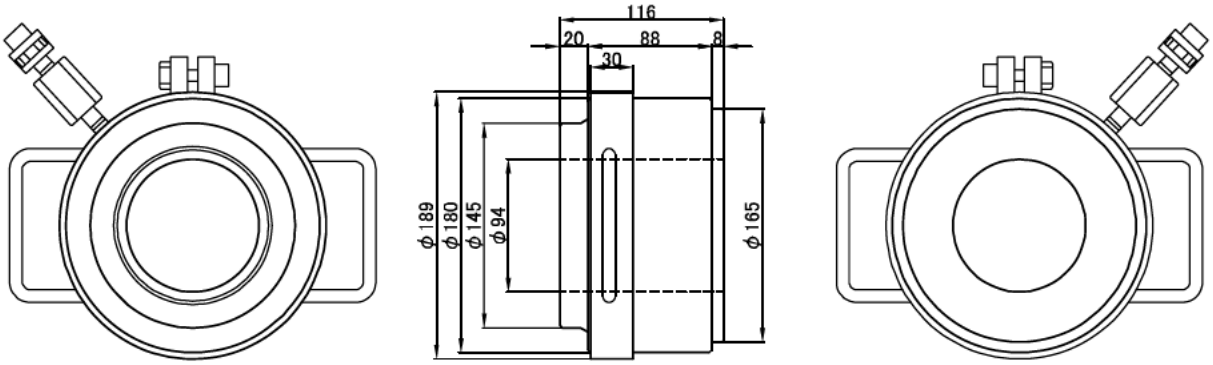


図 7.6　単動式油圧ジャッキ（500kN 用）

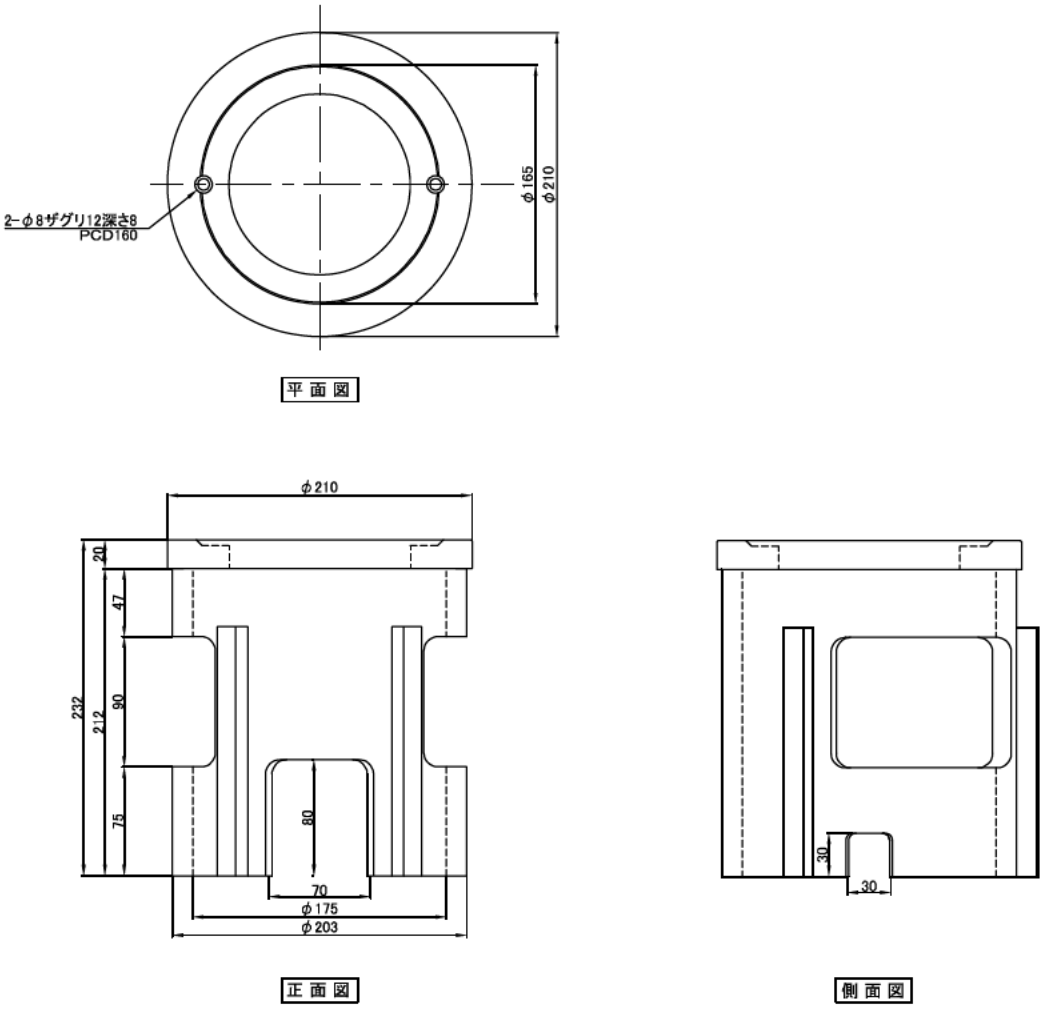


図 7.7　単動式油圧ジャッキ用ラムチェア（500kN 用）

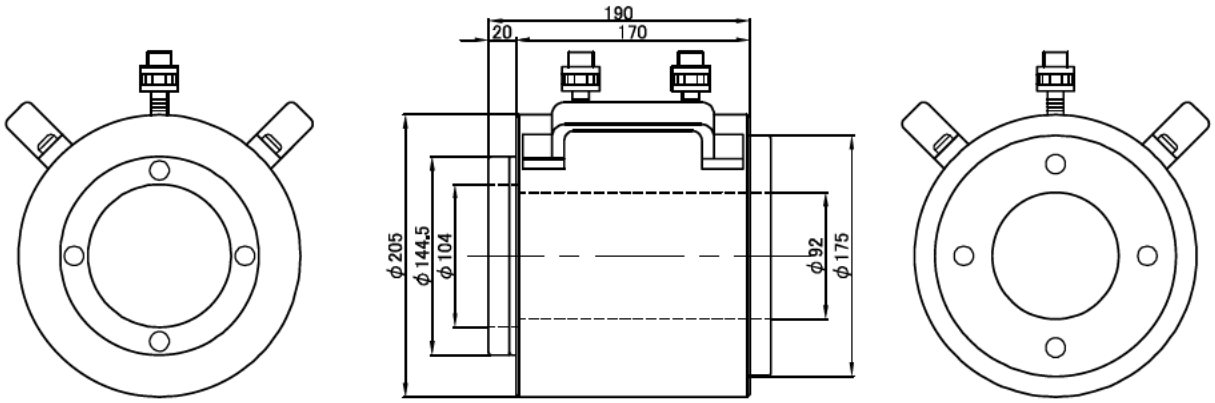


図 7.8　複動式油圧ジャッキ（500kN 用）

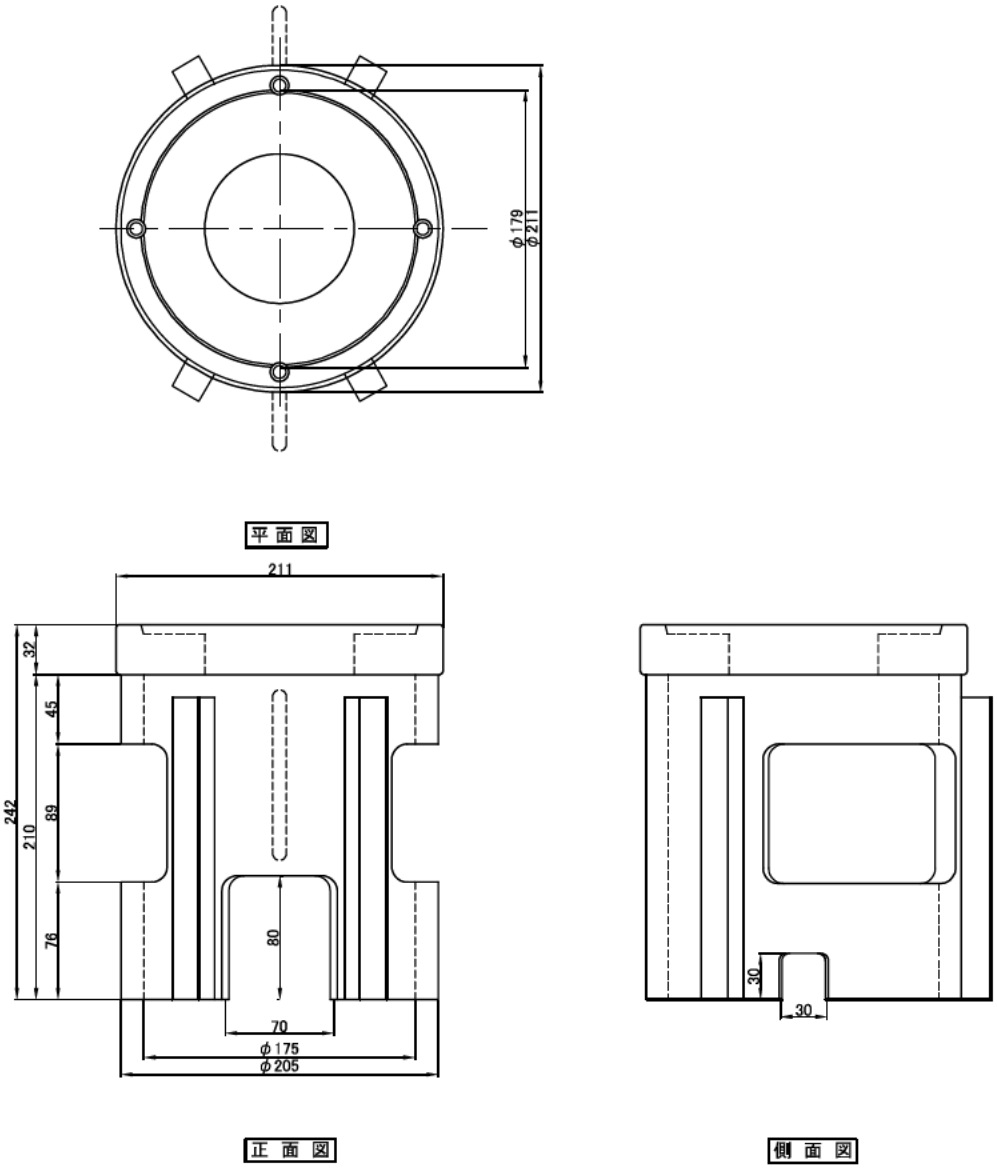


図 7.9　複動式油圧ジャッキ用ラムチェア（500kN 用）

7.1.2　1000kN タイプ緊張治具

緊張治具の 1000kN タイプの諸元を表 7.2 に示し、外観図を図 7.10 から図 7.17 に示す。

表 7.2　1000kN タイプ緊張治具諸元一覧

品名	仕様・規格	重量 (kg)	備　考
ジョイントスリーブ	φ112mm×H60mm リテーナー、(かんざしスペーサー付き)	3.8	存置部材
テンションスリーブ	φ145mm×H150mm	8.5	存置部材
定着ナット	φ185mm×H50mm	4.1	存置部材
	φ185mm×H110mm	8.9	存置部材、油圧式荷重計用
テンションロッド	φ112mm×L600mm	25.5	
テンションナット	φ185mm×H50mm	9.0	
専用油圧ジャッキ	φ240mm×H215mm 複動式、シリンダーストローク 50mm	49.0	
ラムチェア	φ250.5mm×H330mm	46.0	

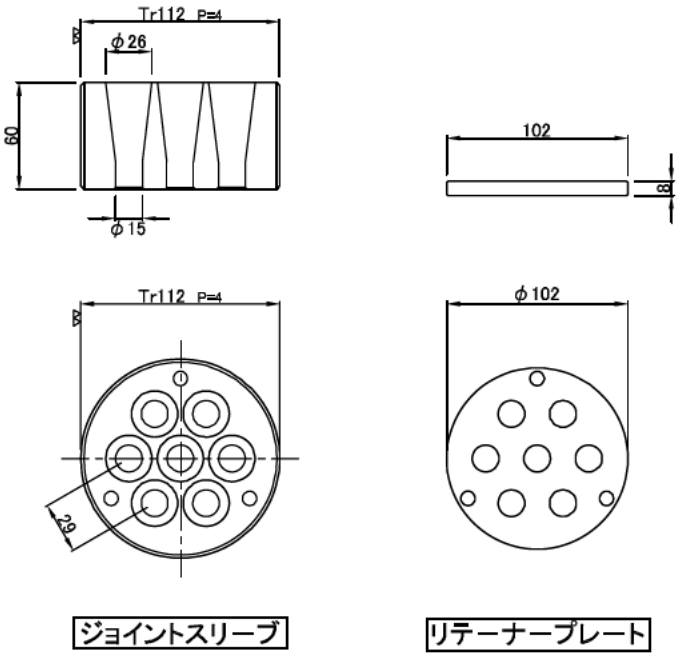


図 7.10　ジョイントスリーブとリテーナープレート（1,000kN 用）

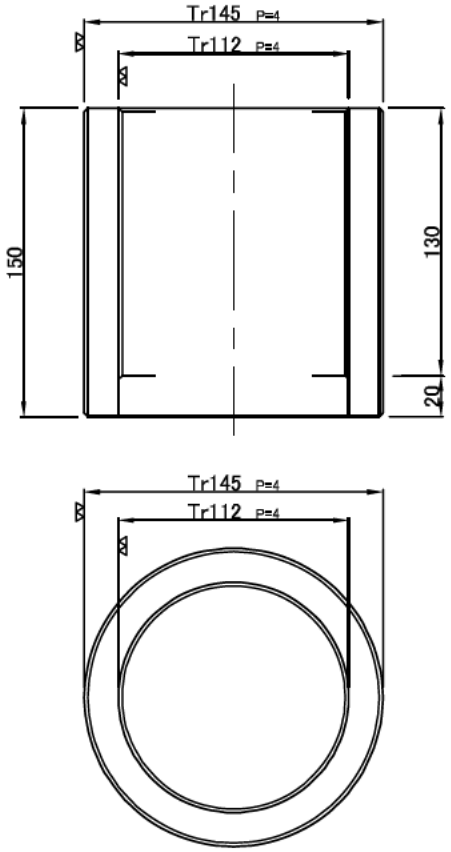


図 7.11　テンションスリーブ（1,000kN 用）

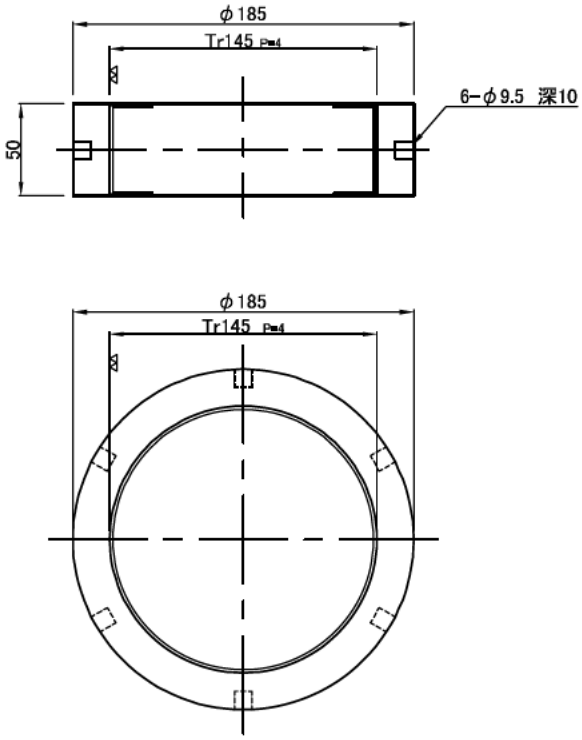


図 7.12　定着ナット（1,000kN 用）

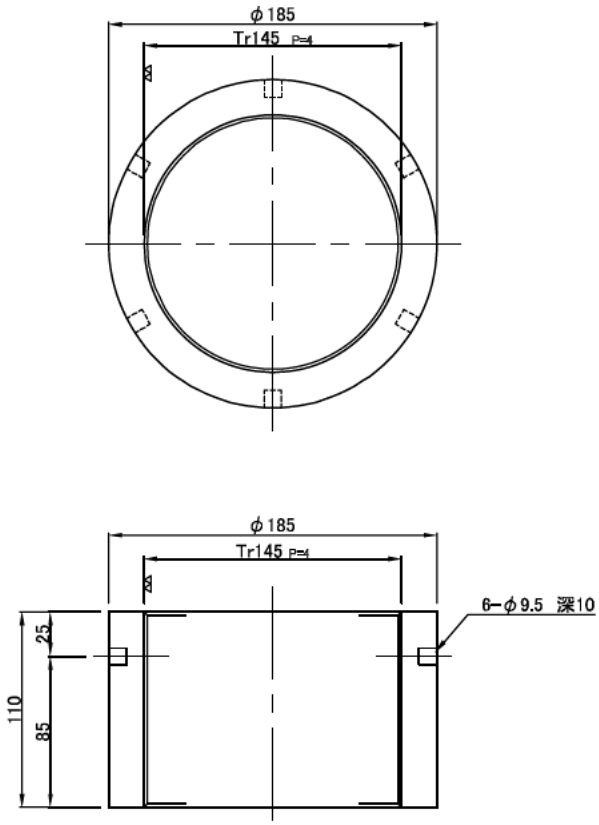


図 7.13　油圧式荷重計用 定着ナット（1,000kN 用）

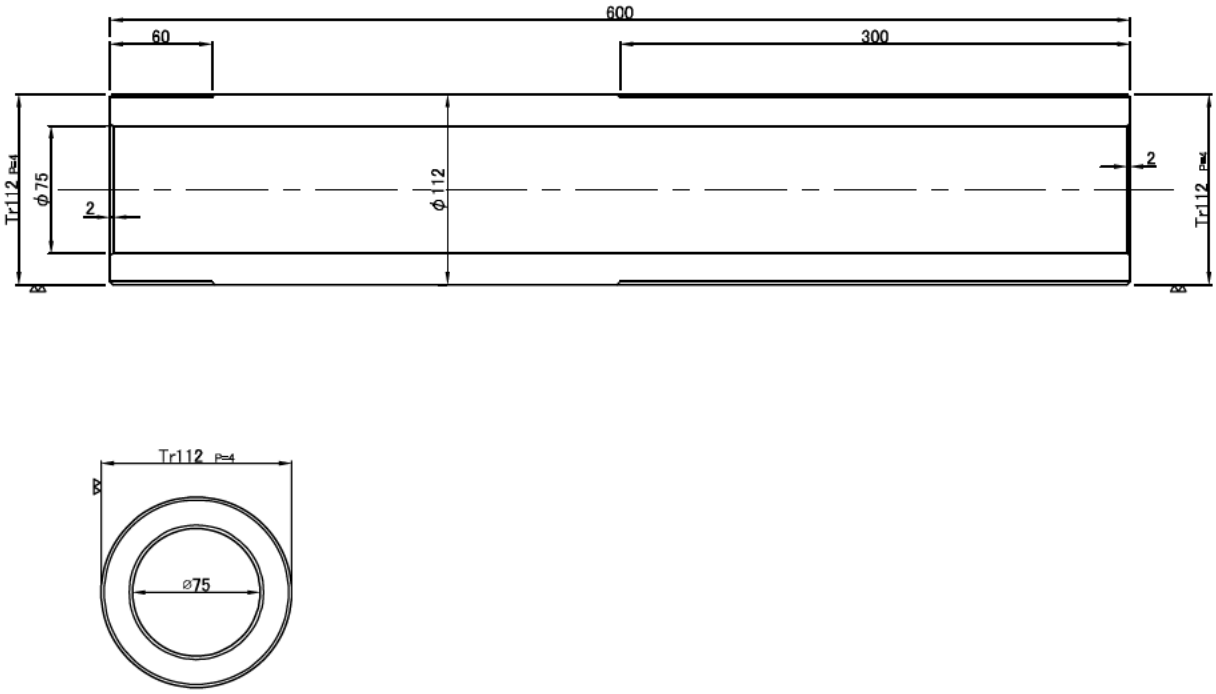


図 7.14　テンションロッド（1,000kN 用）

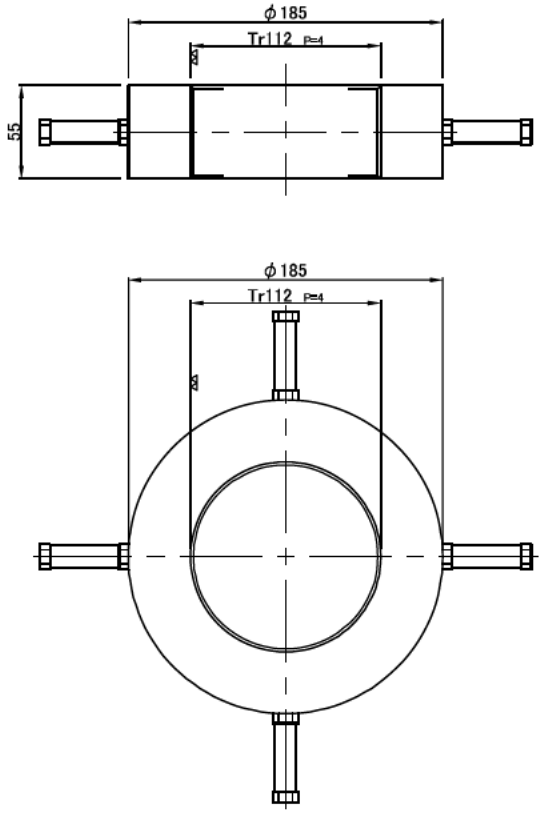


図 7.15　テンションナット（1,000kN 用）

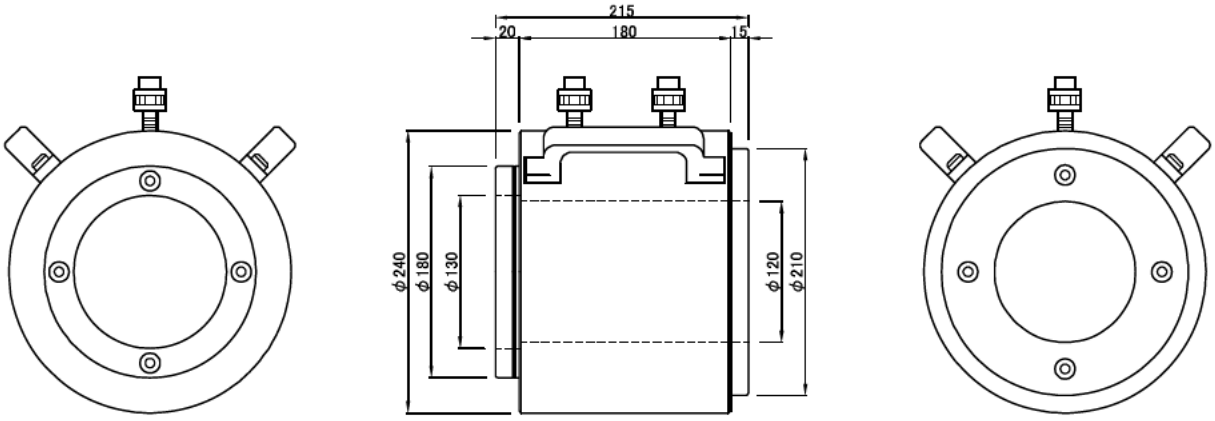


図 7.16　専用油圧ジャッキ（1,000kN 用）

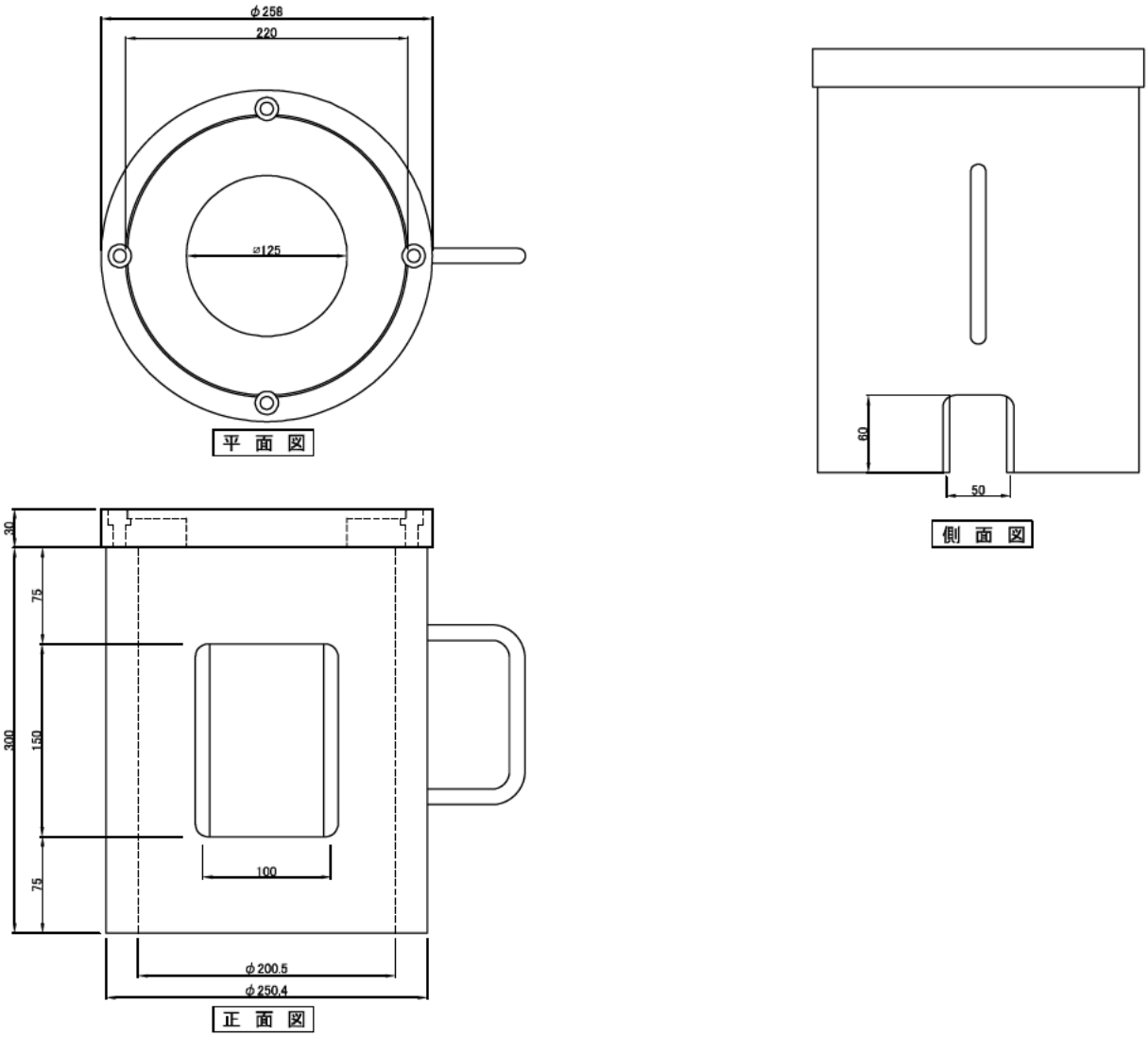


図 7.17　ラムチェア（1,000kN 用）

7.2　アンカー荷重計外観図

7.2.1　500kN タイプアンカー荷重計

500kN タイプのアンカー荷重計外観図を図 7.18 から図 7.23 に示す。

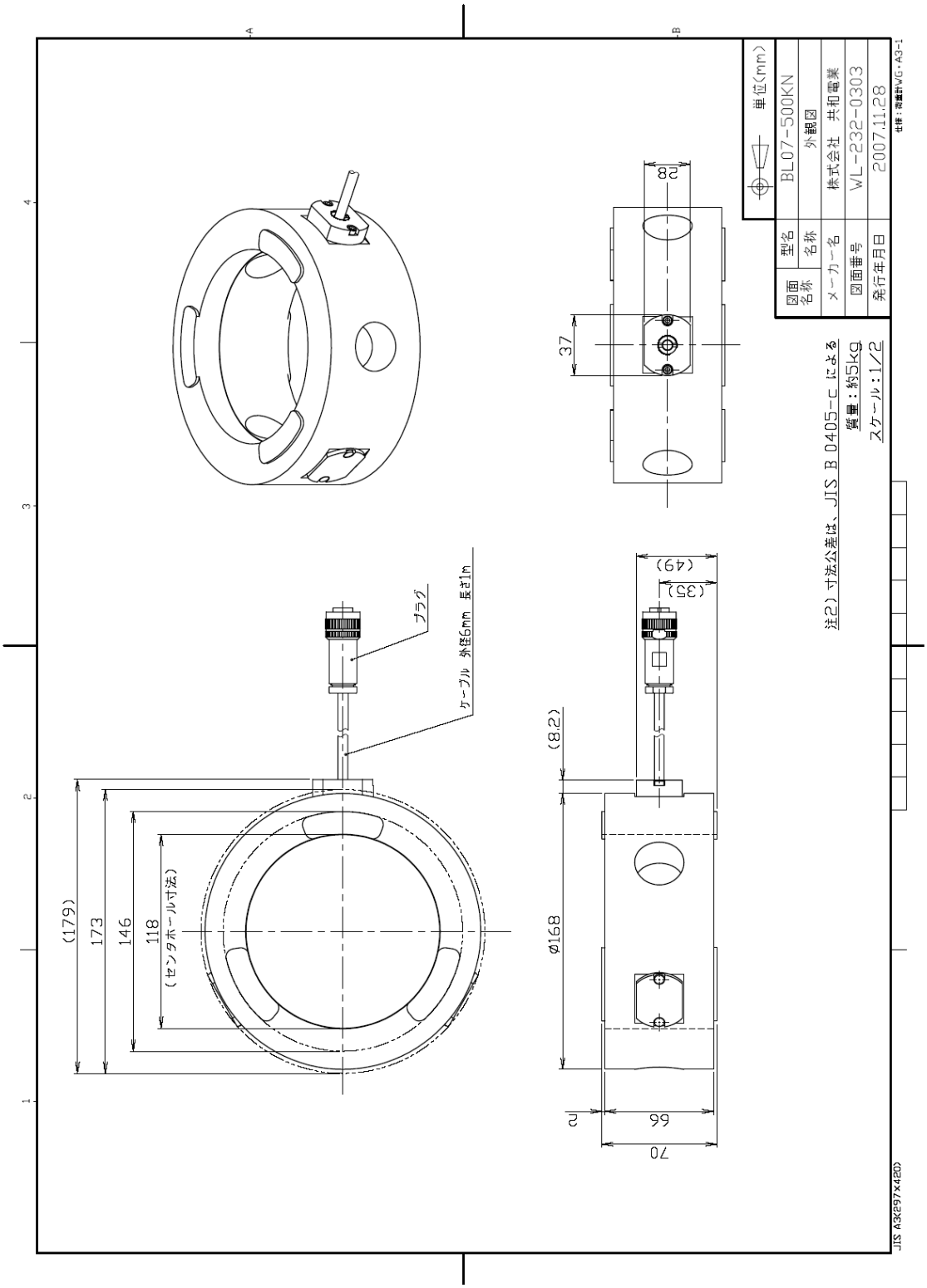


図 7.18　共和電業製アンカー荷重計

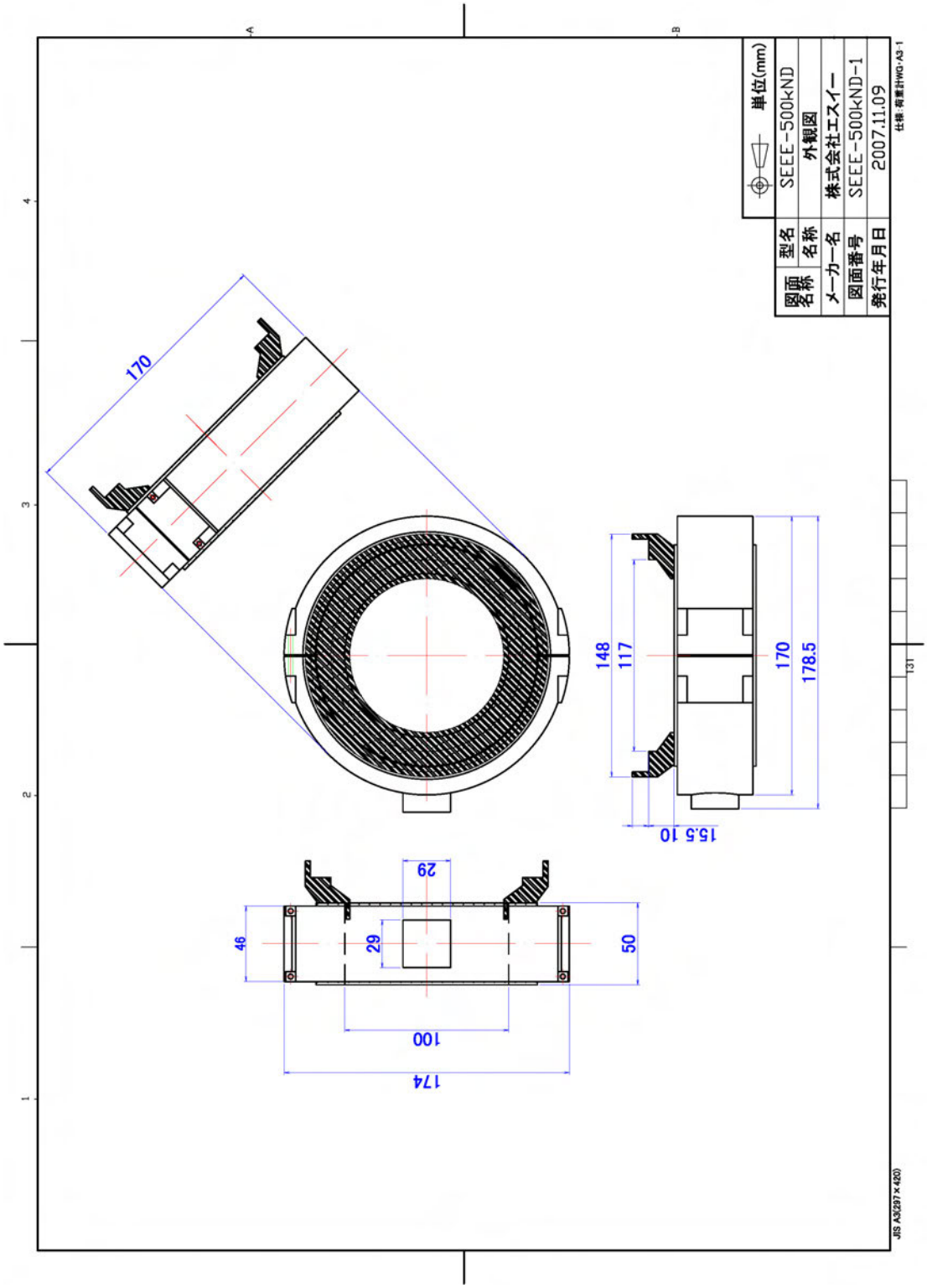


図 7.19　エスイー製アンカー荷重計

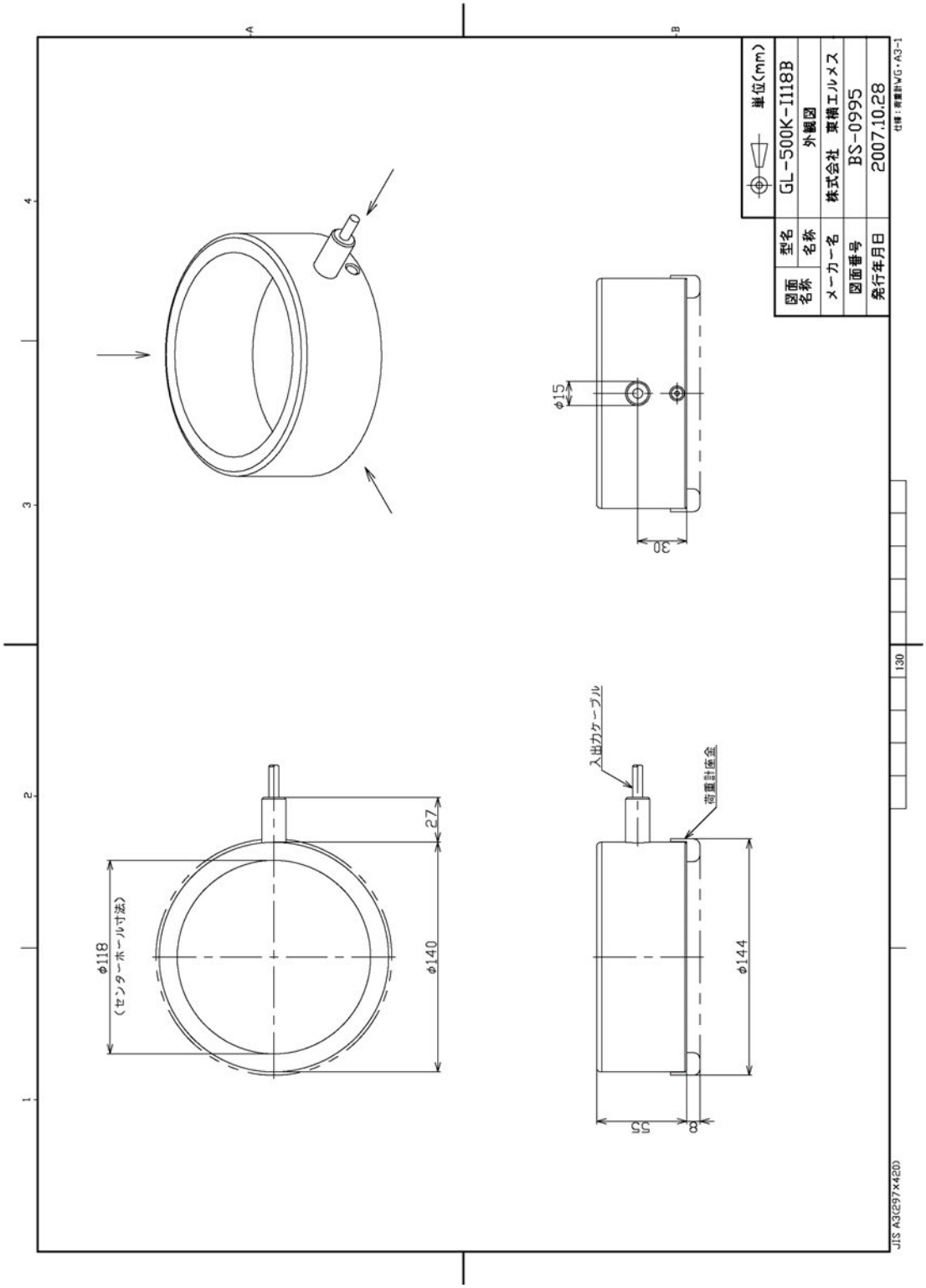


図 7.20　東横エルメス製アンカー荷重計

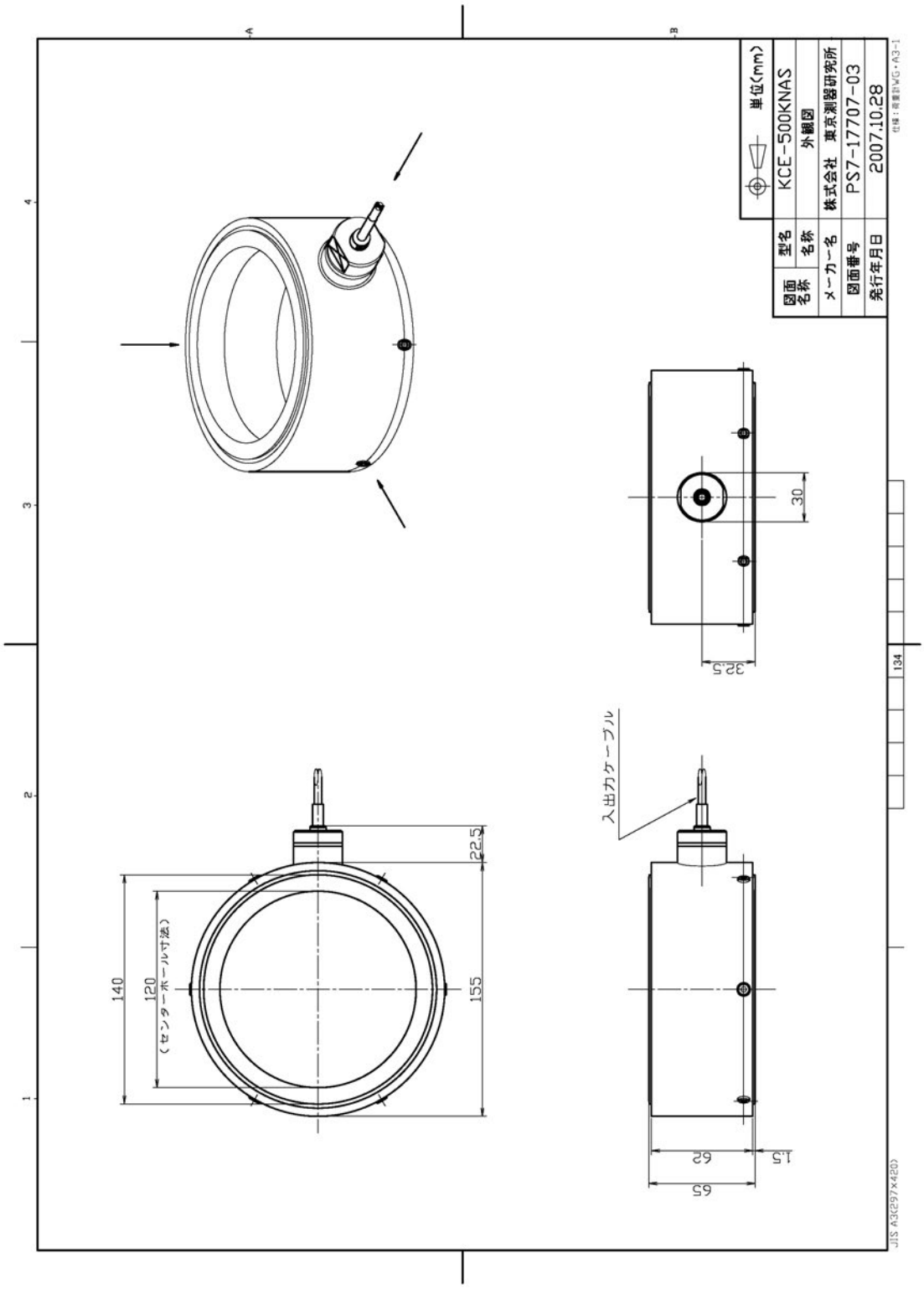


図 7.21　東京測器研究所製アンカー荷重計

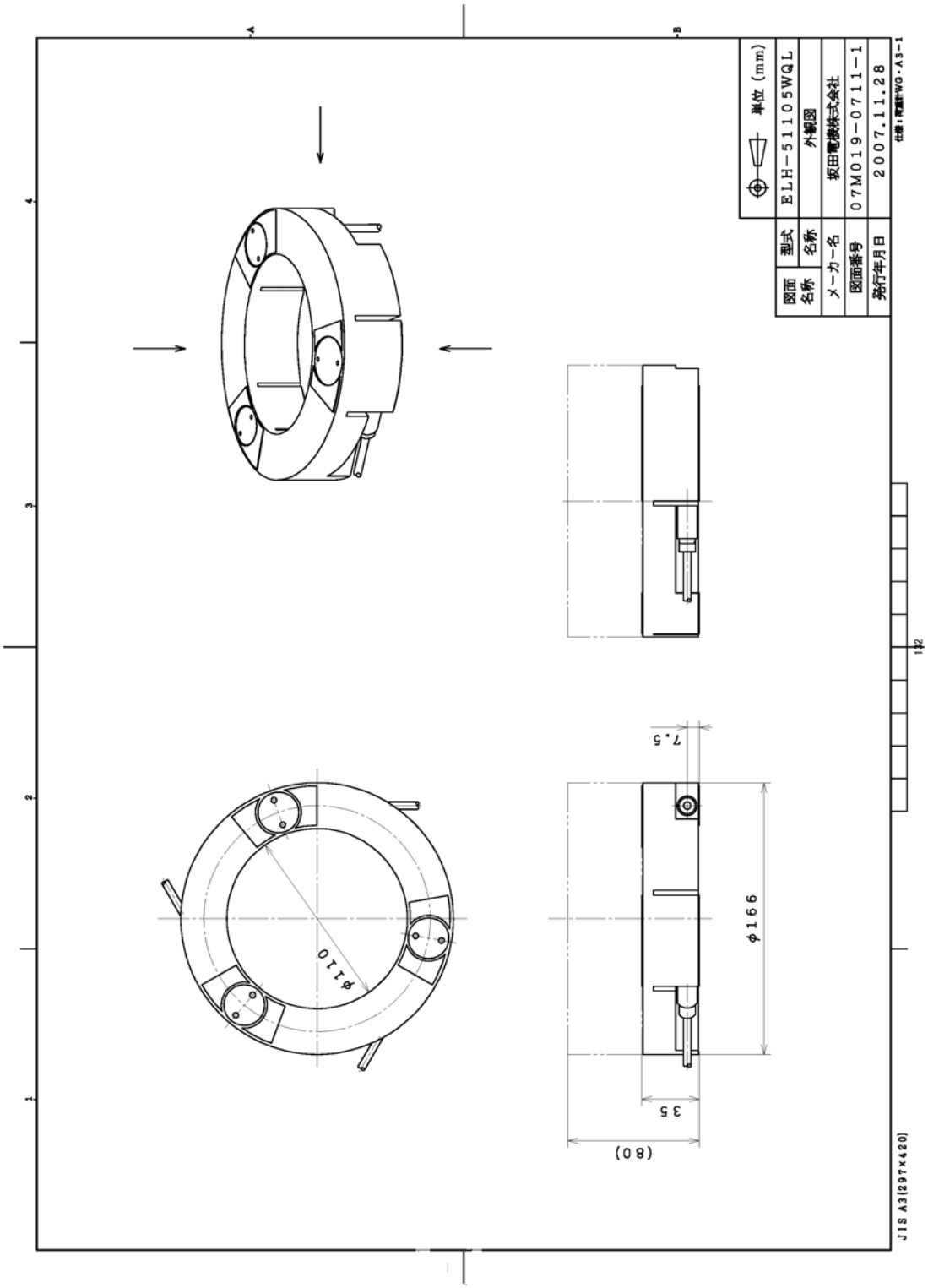


図 7.22　坂田電機製アンカー荷重計

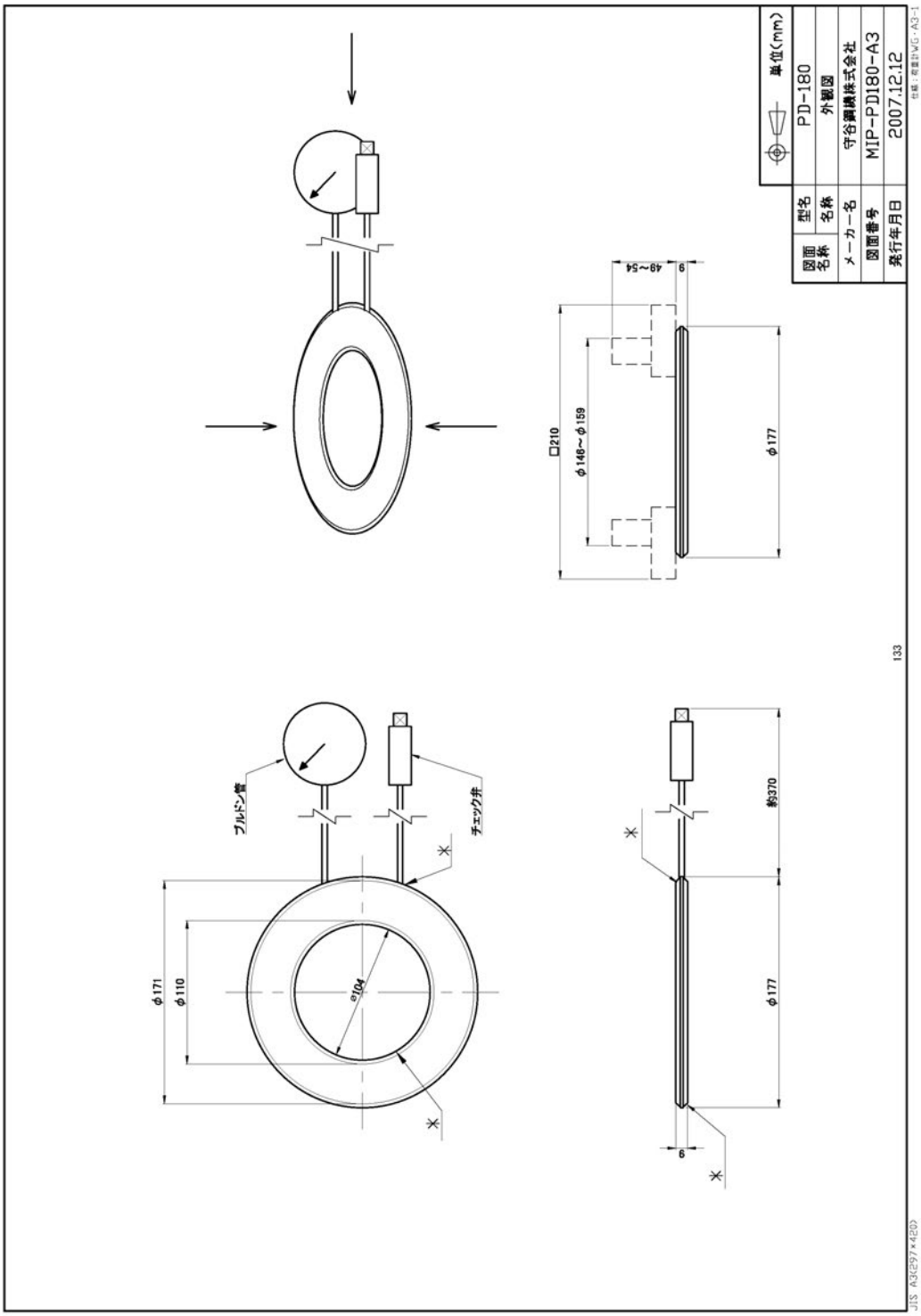


図 7.23　守谷鋼機製アンカー荷重計

7.2.2　1000KN タイプアンカー荷重計

1000kN タイプアンカー荷重計の外観図を図 7.24 から図 7.29 に示す。

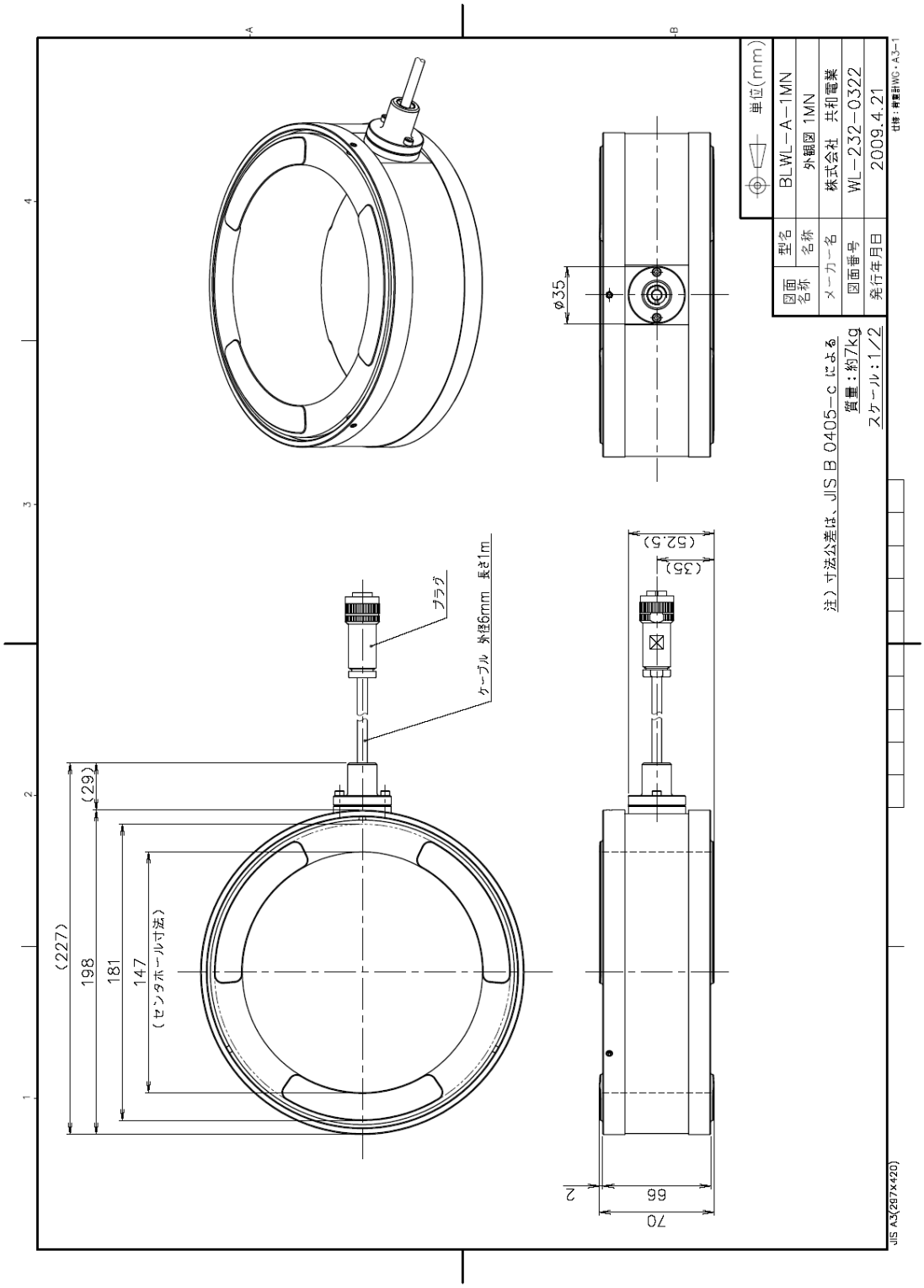


図 7.24　共和電業製アンカー荷重計

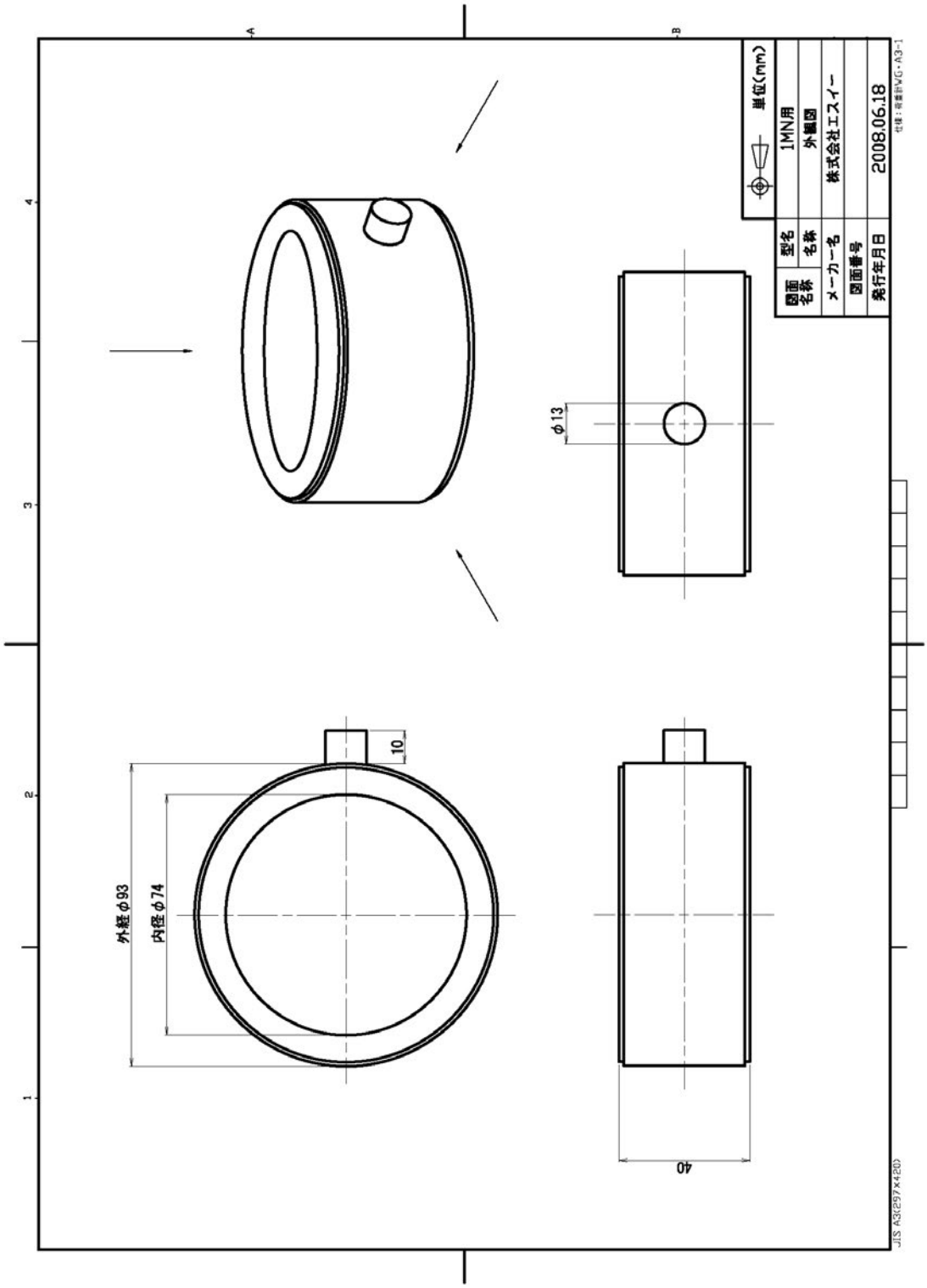


図 7.25　エスイー製アンカー荷重計

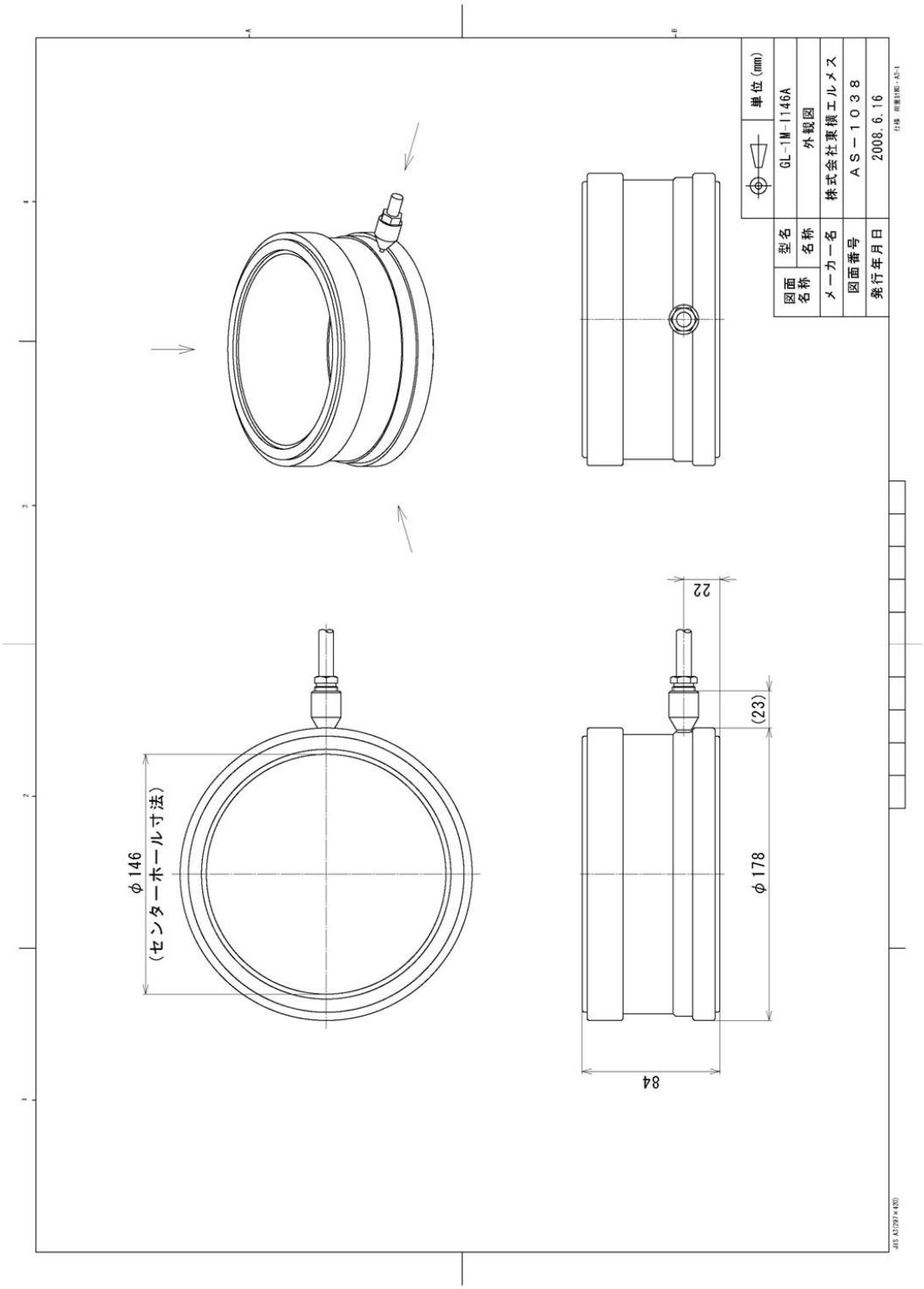


図 7.26　東横エルメス製アンカー荷重計

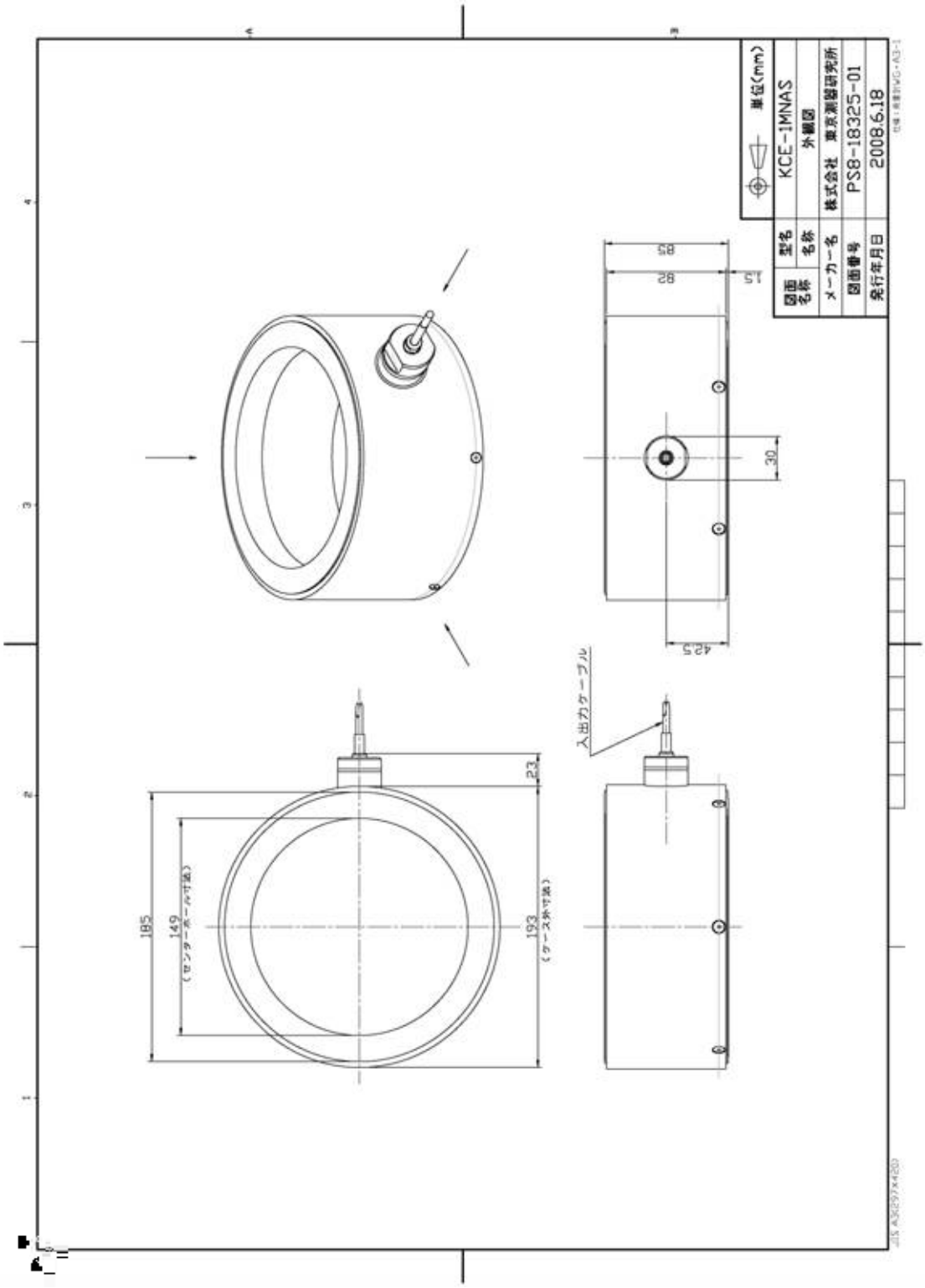


図 7.27　東京測器研究所製アンカー荷重計

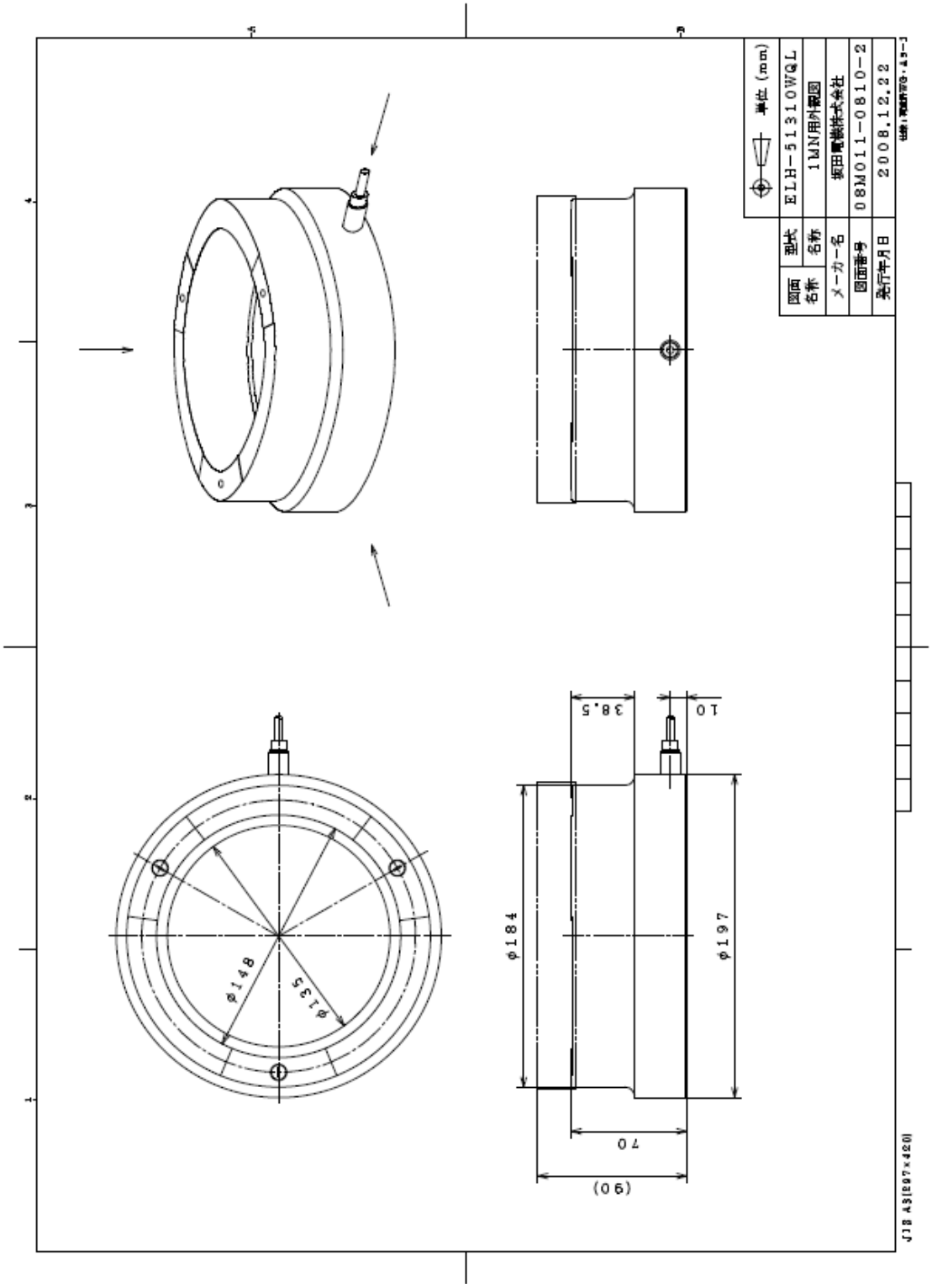


図 7.28　坂田電機製アンカー荷重計

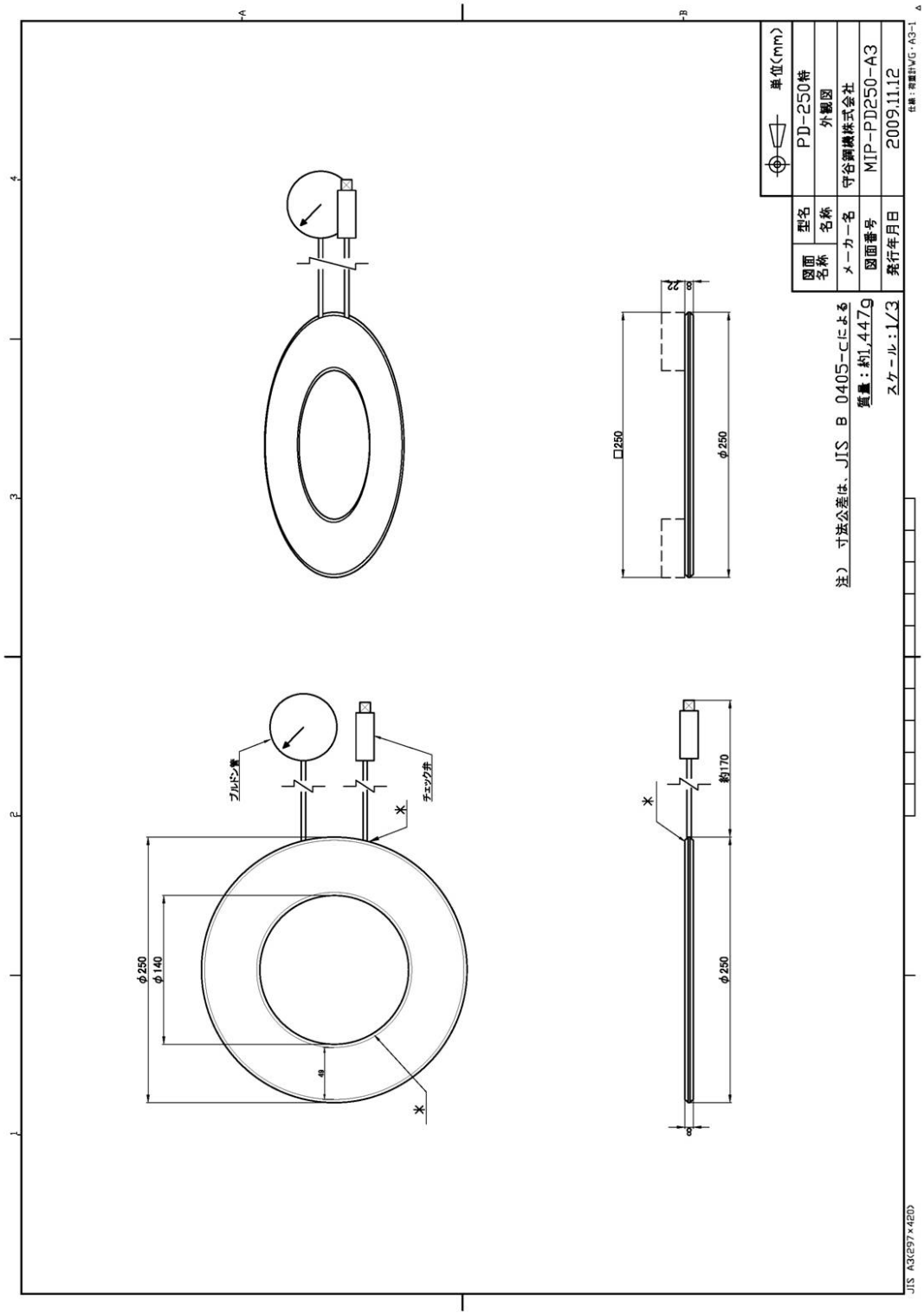


図 7.29　守谷鋼機製アンカー荷重計

7.3　データ蓄積・送信ユニット外観図

データ蓄積・送信ユニットの外観図を図 7.30 から図 7.32 に示す。

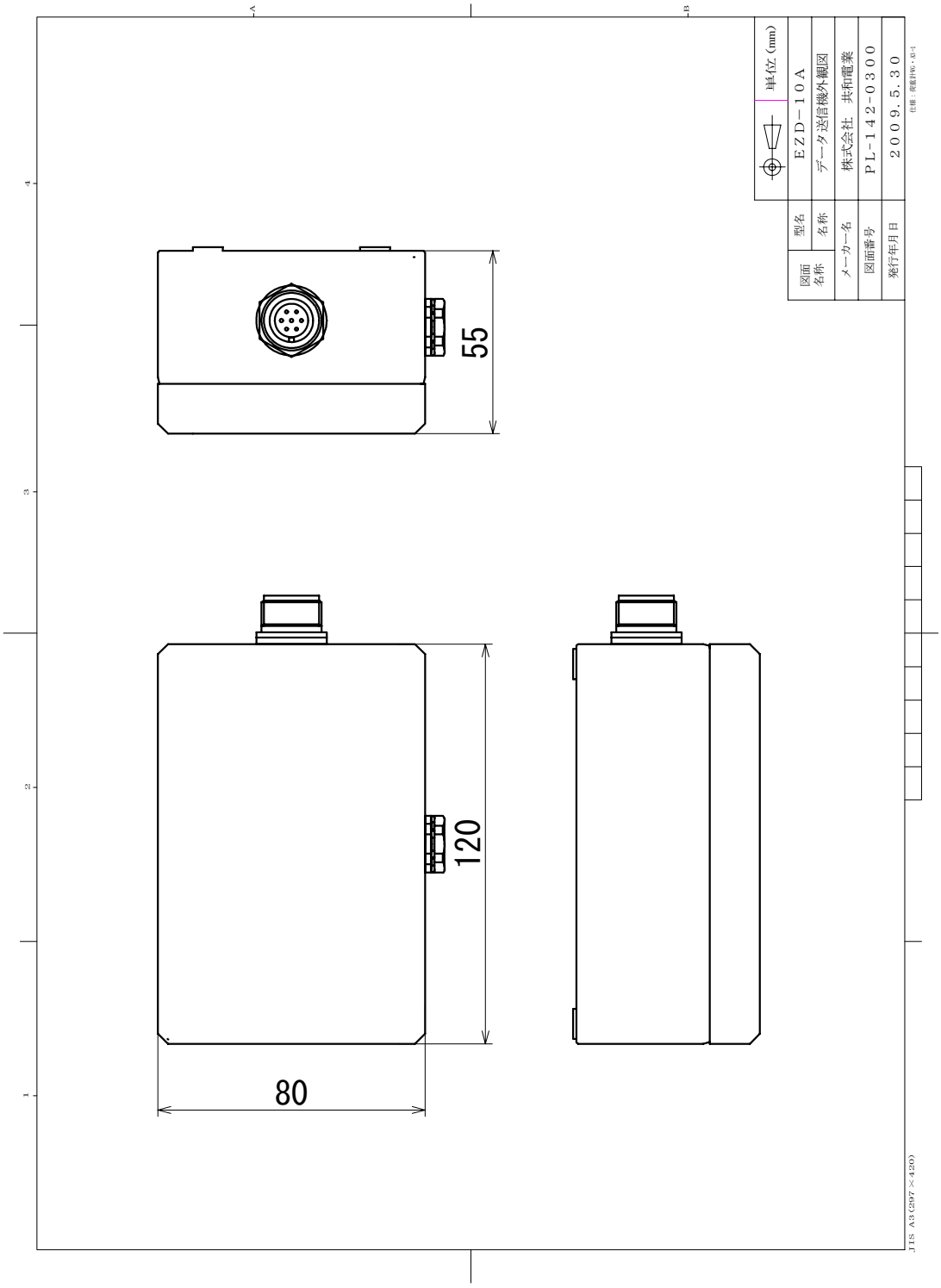


図 7.30　共和電業製データ蓄積・送信ユニット

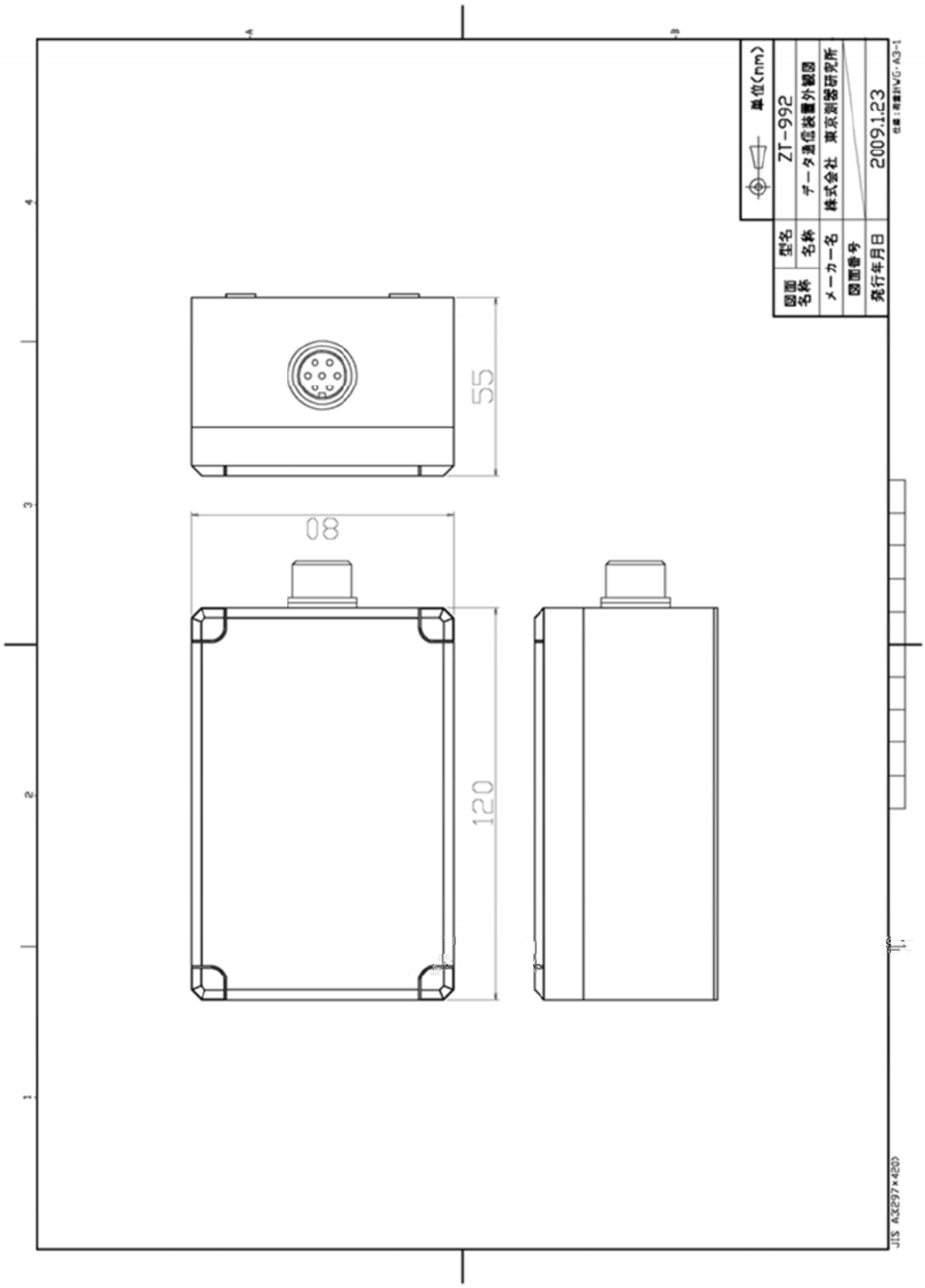


図 7.31　東京測器研究所製データ蓄積・送信ユニット

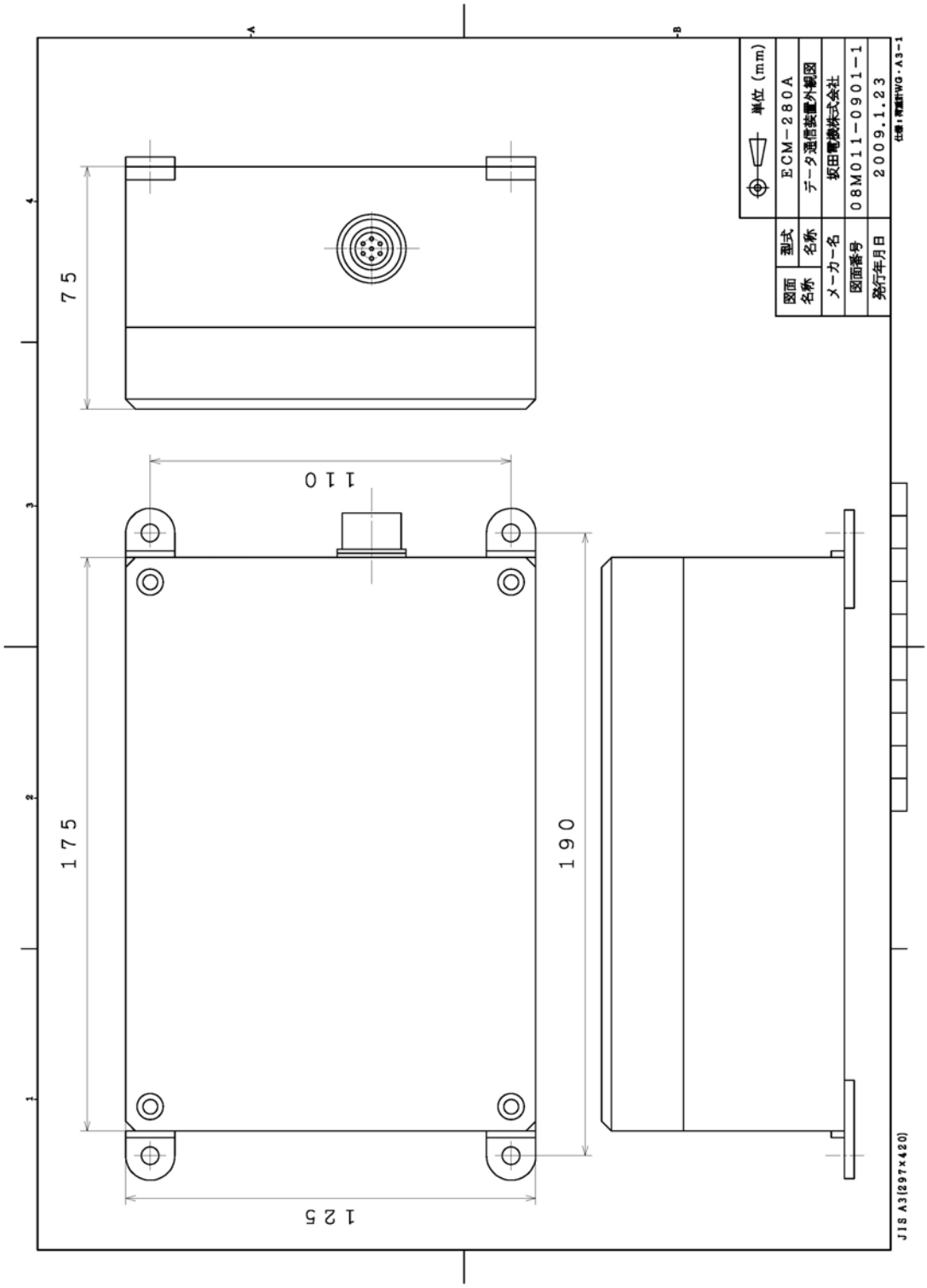


図 7.32　坂田電機製データ蓄積・送信ユニット

7.4　緊張治具とアンカー荷重計の組み合わせ図

7.4.1　500kN タイプ

500kN タイプの緊張治具とアンカー荷重計の組み合わせ図を図 7.33 から図 7.38 に示す。

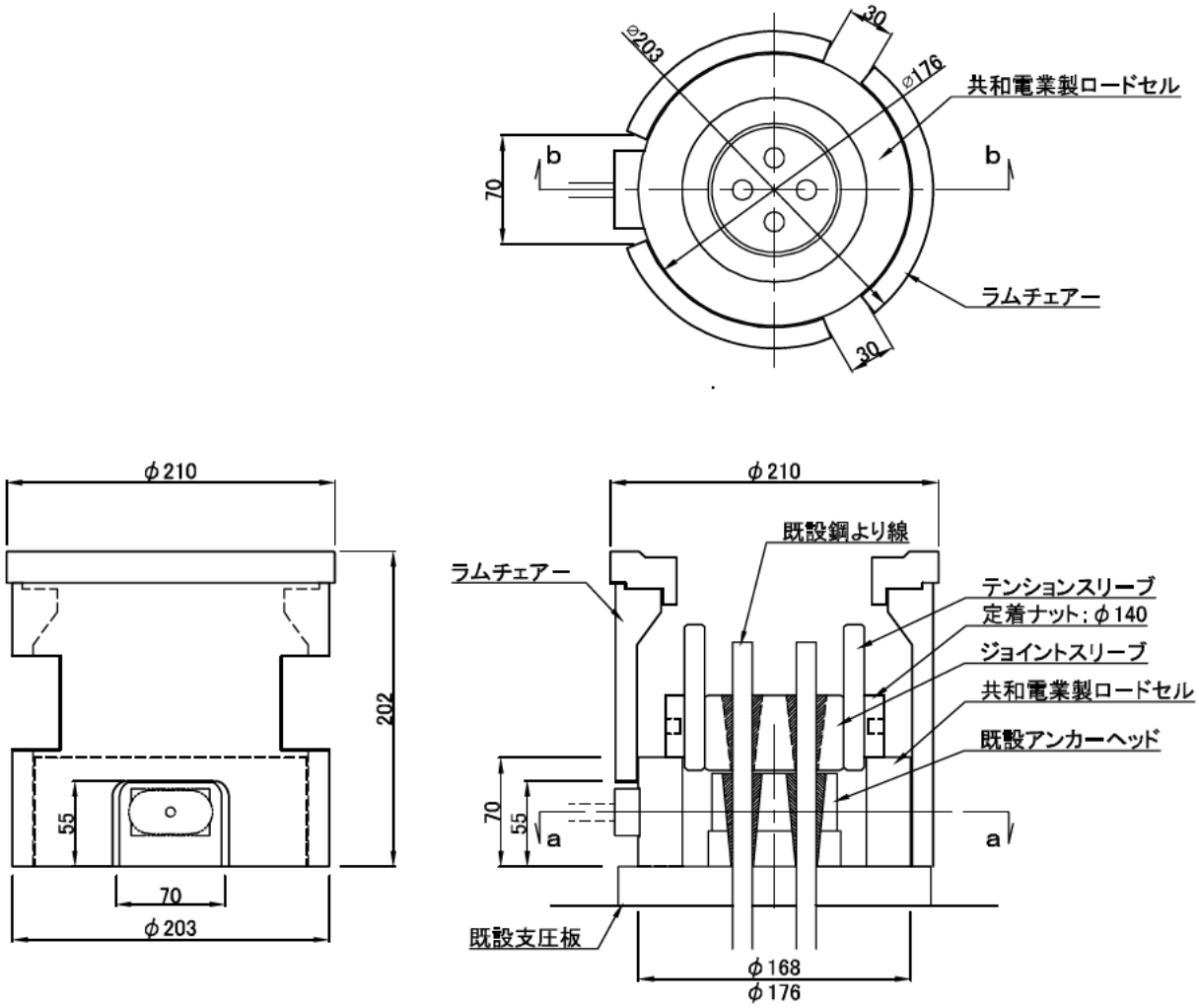


図 7.33　共和電業製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

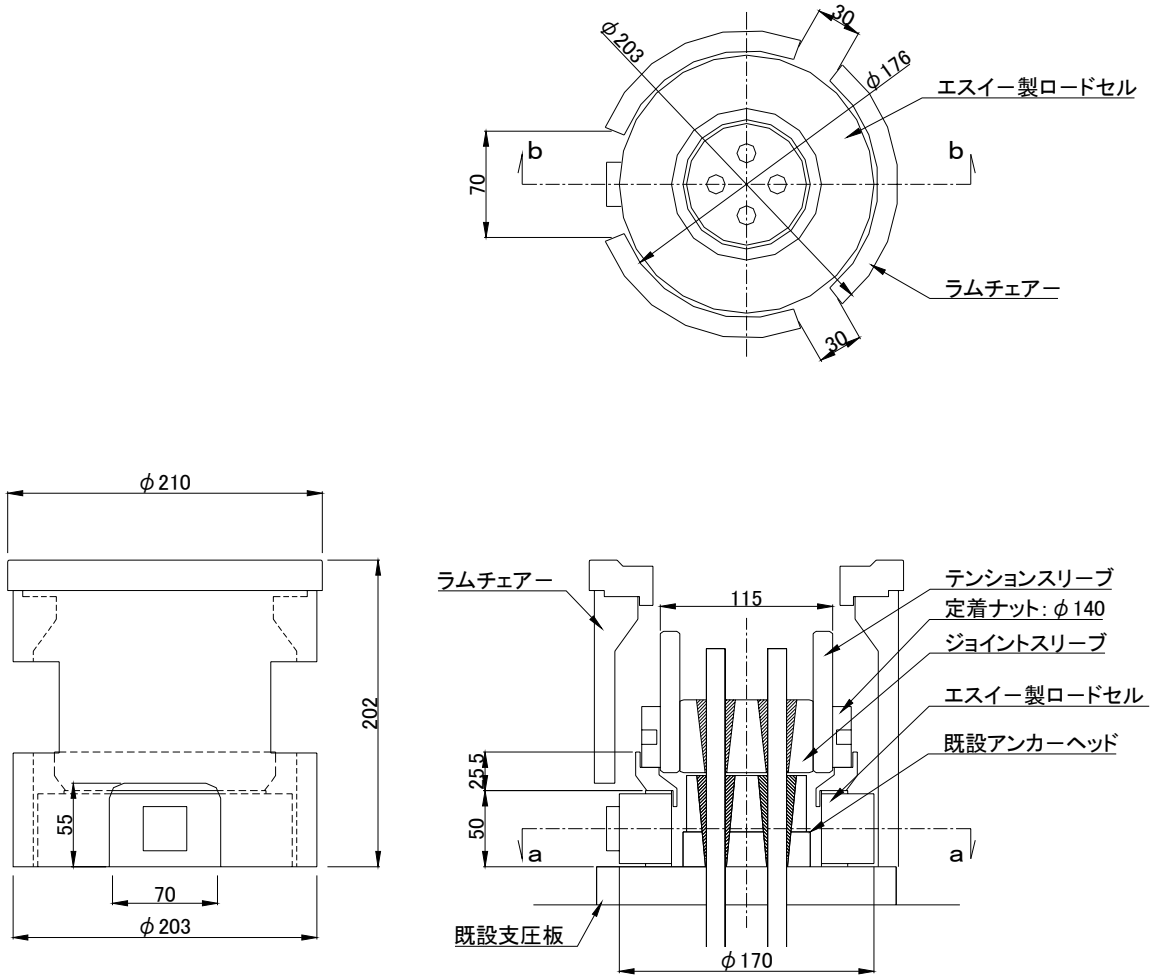


図 7.34　エスイー製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

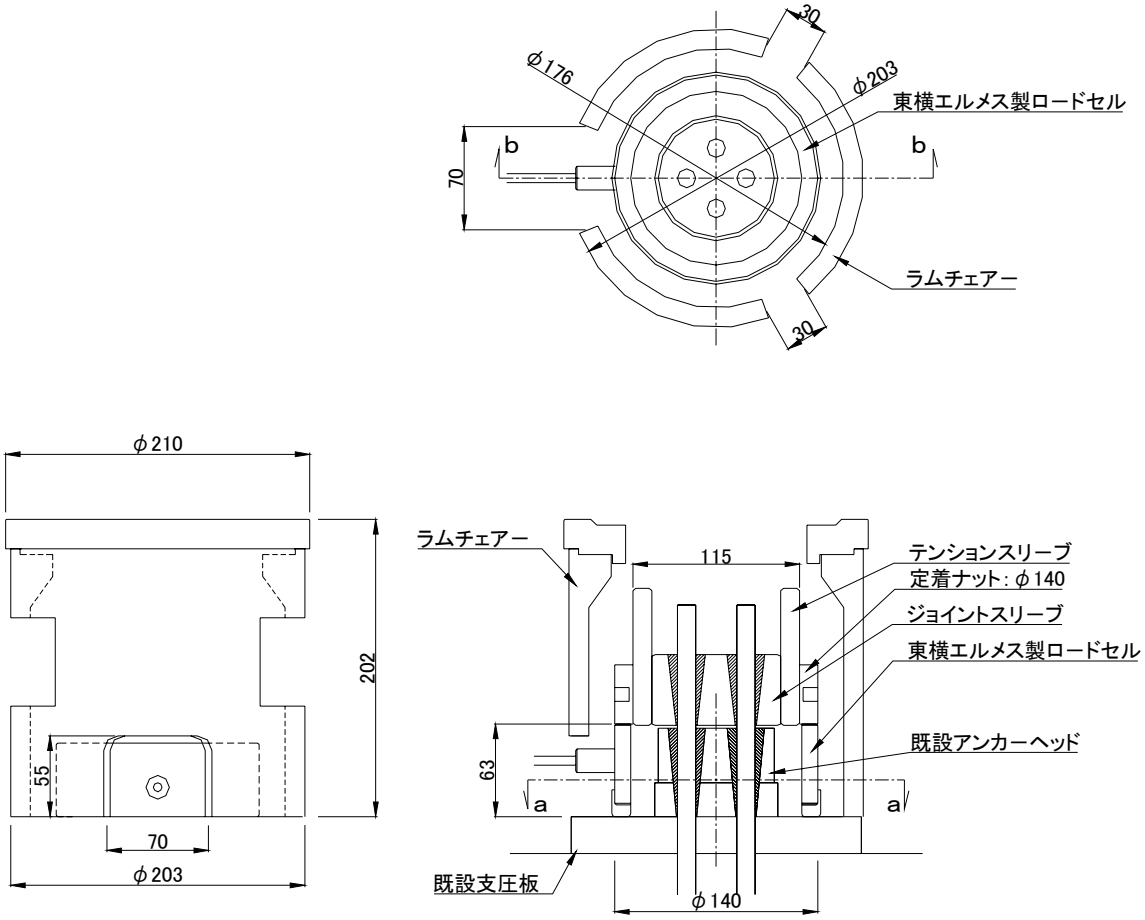


図 7.35　東横エルメス製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

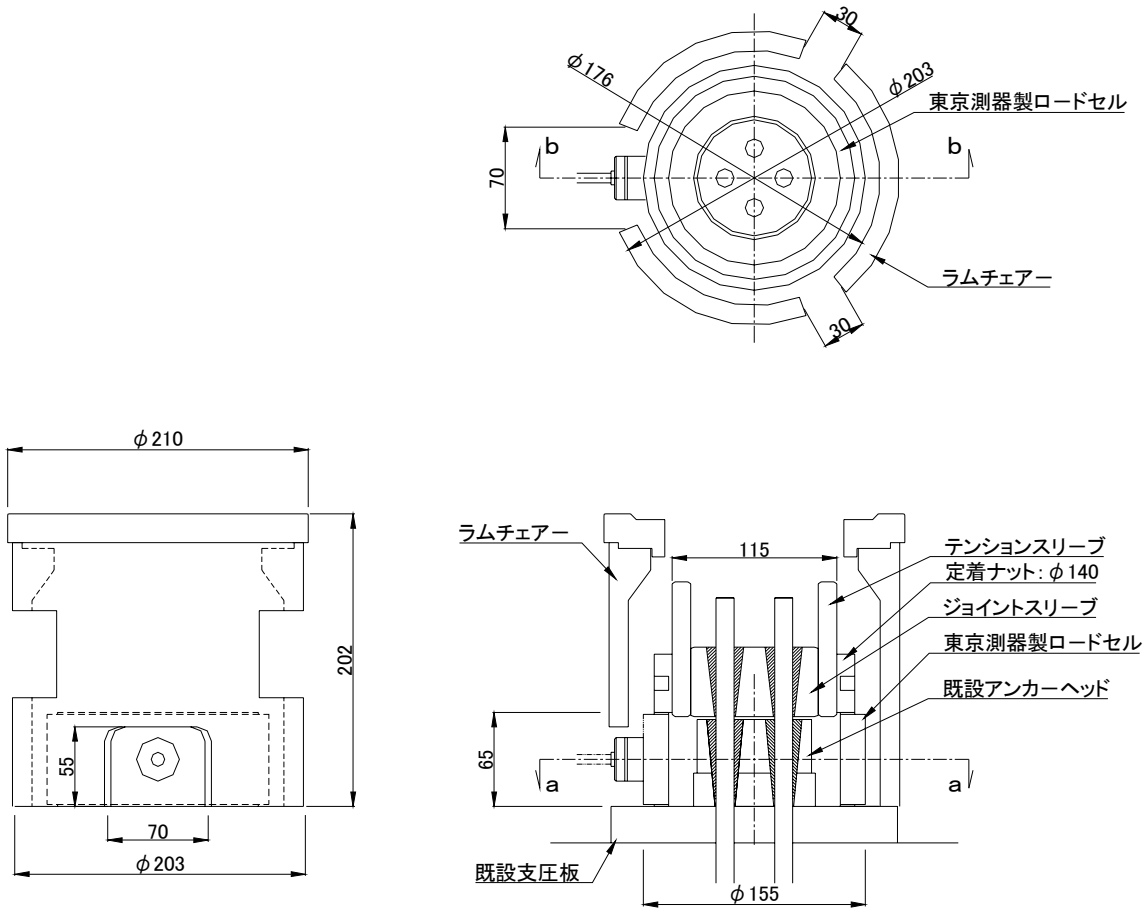


図 7.36　東京測器研究所製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

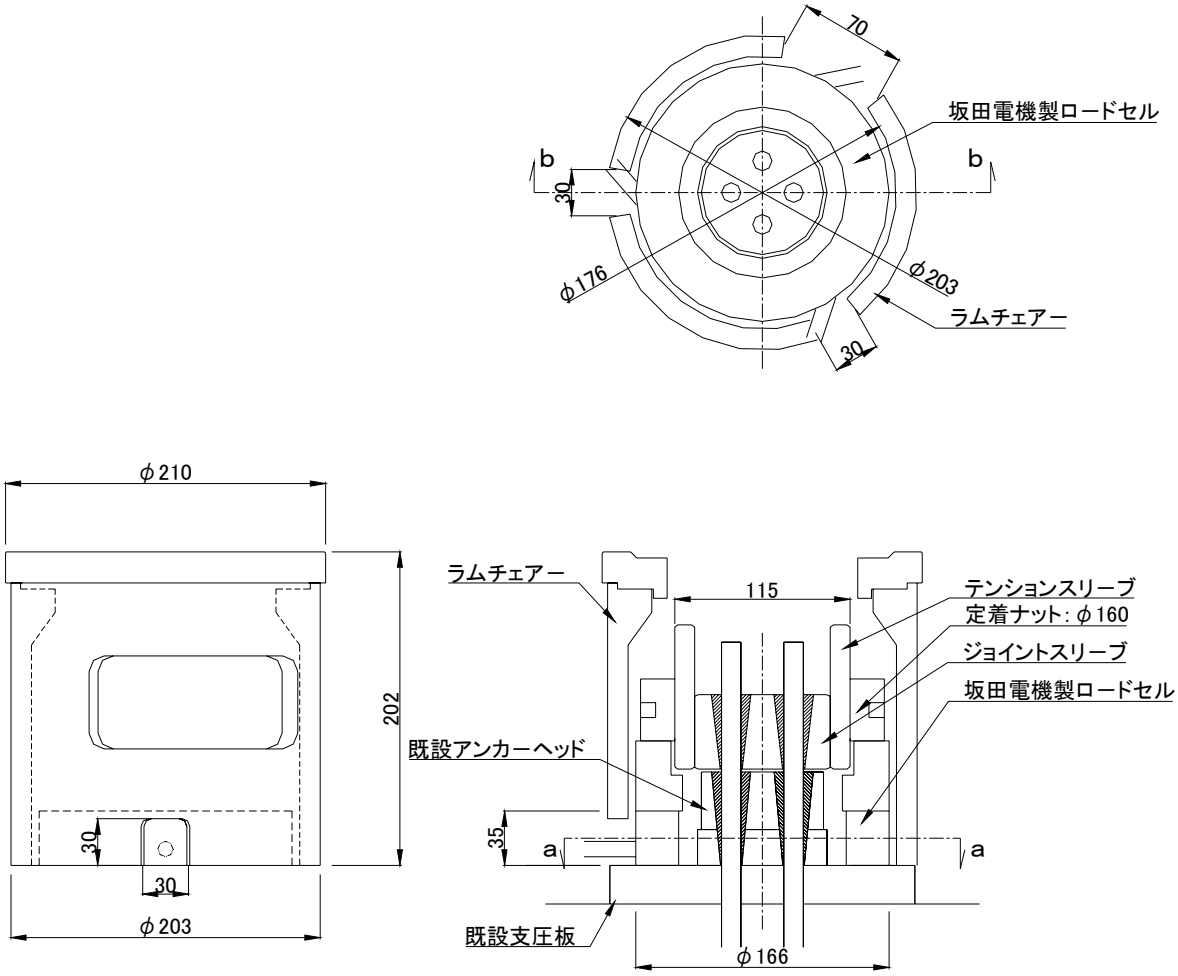


図 7.37　坂田電機製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

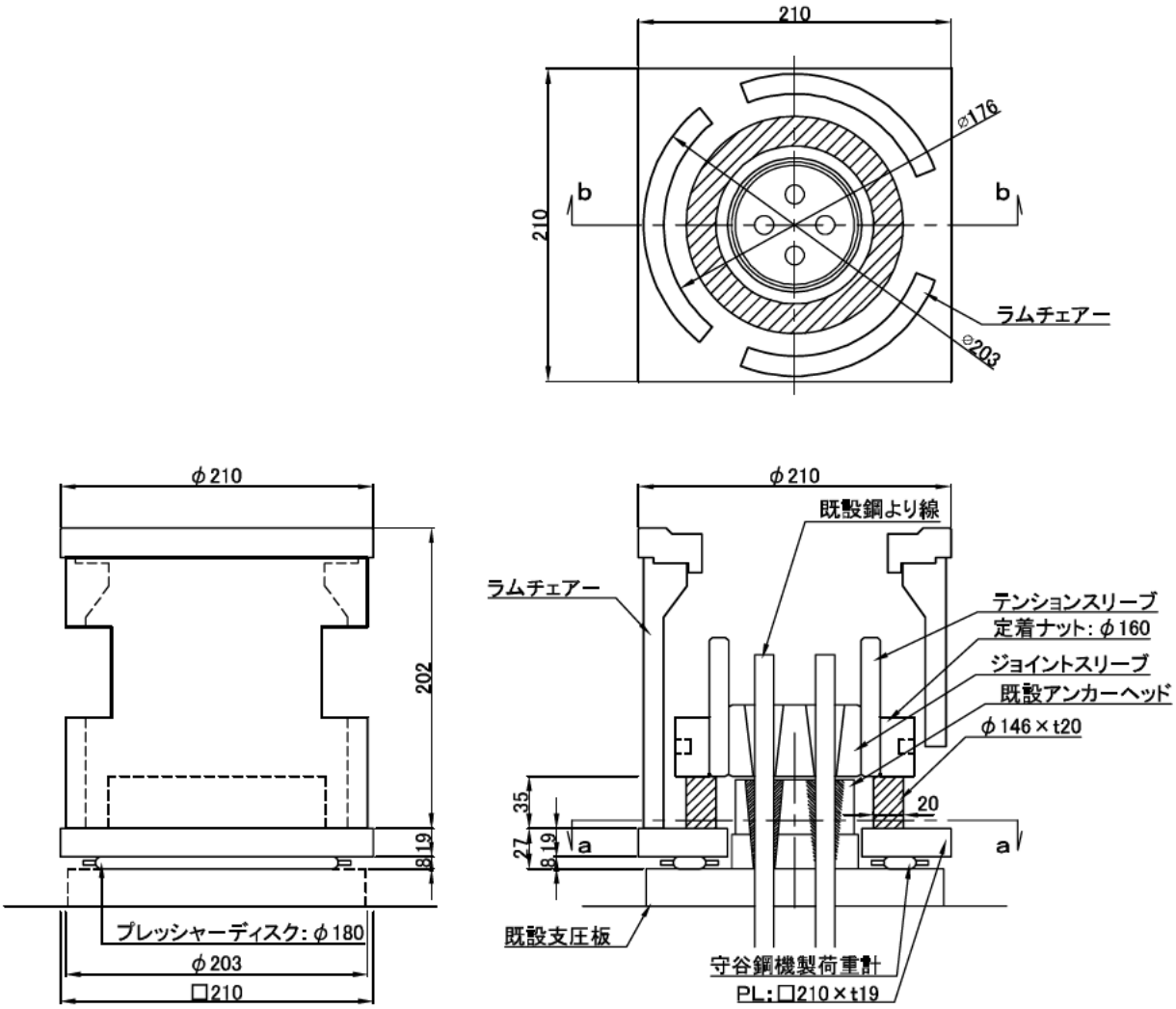


図 7.38　守谷鋼機製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

7.4.2　1000kN タイプ

1000ｋN タイプの緊張治具とアンカー荷重計の組み合わせ図を図 7.39 から図 7.44 に示す。

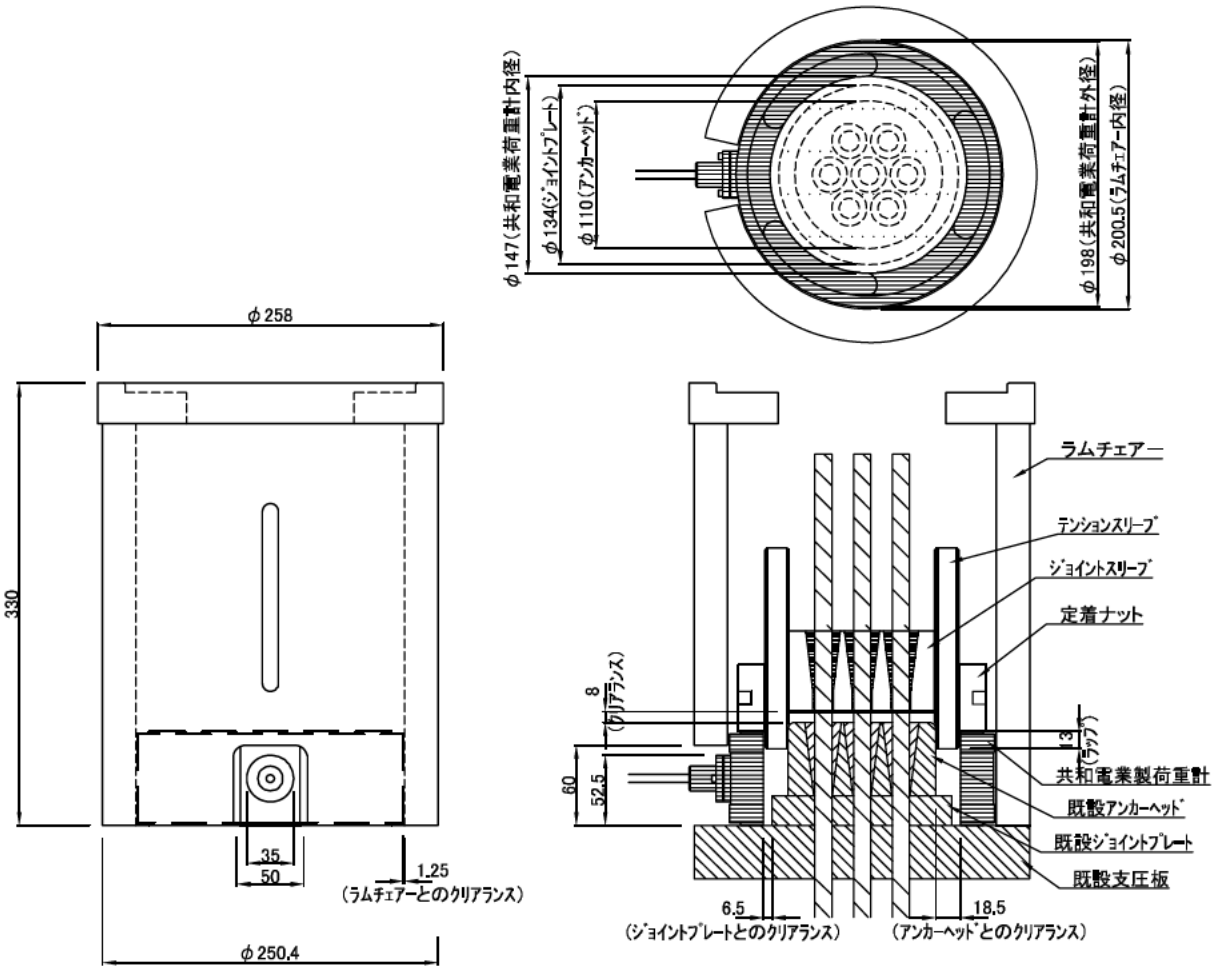


図 7.39　共和電業製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

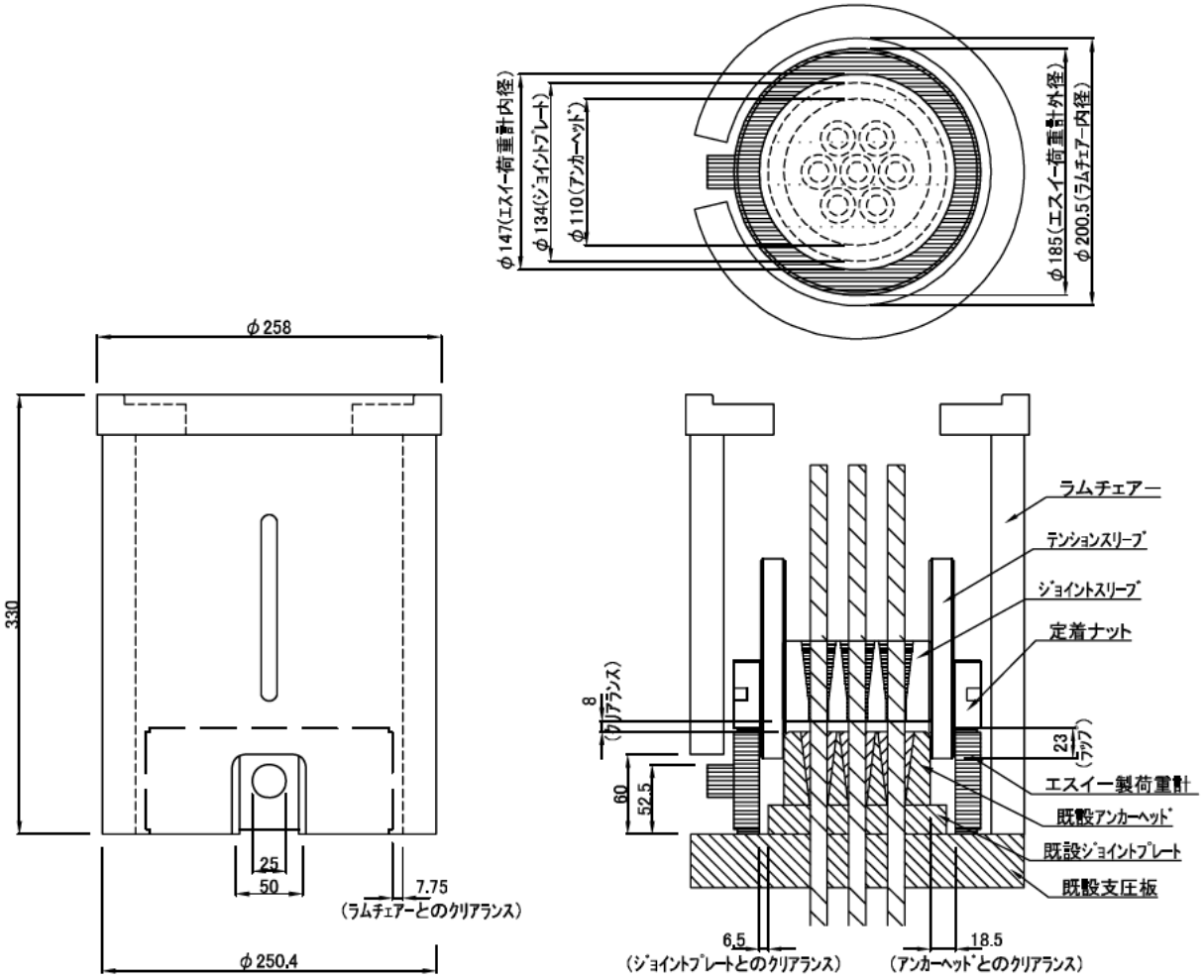


図 7.40　エスイー製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

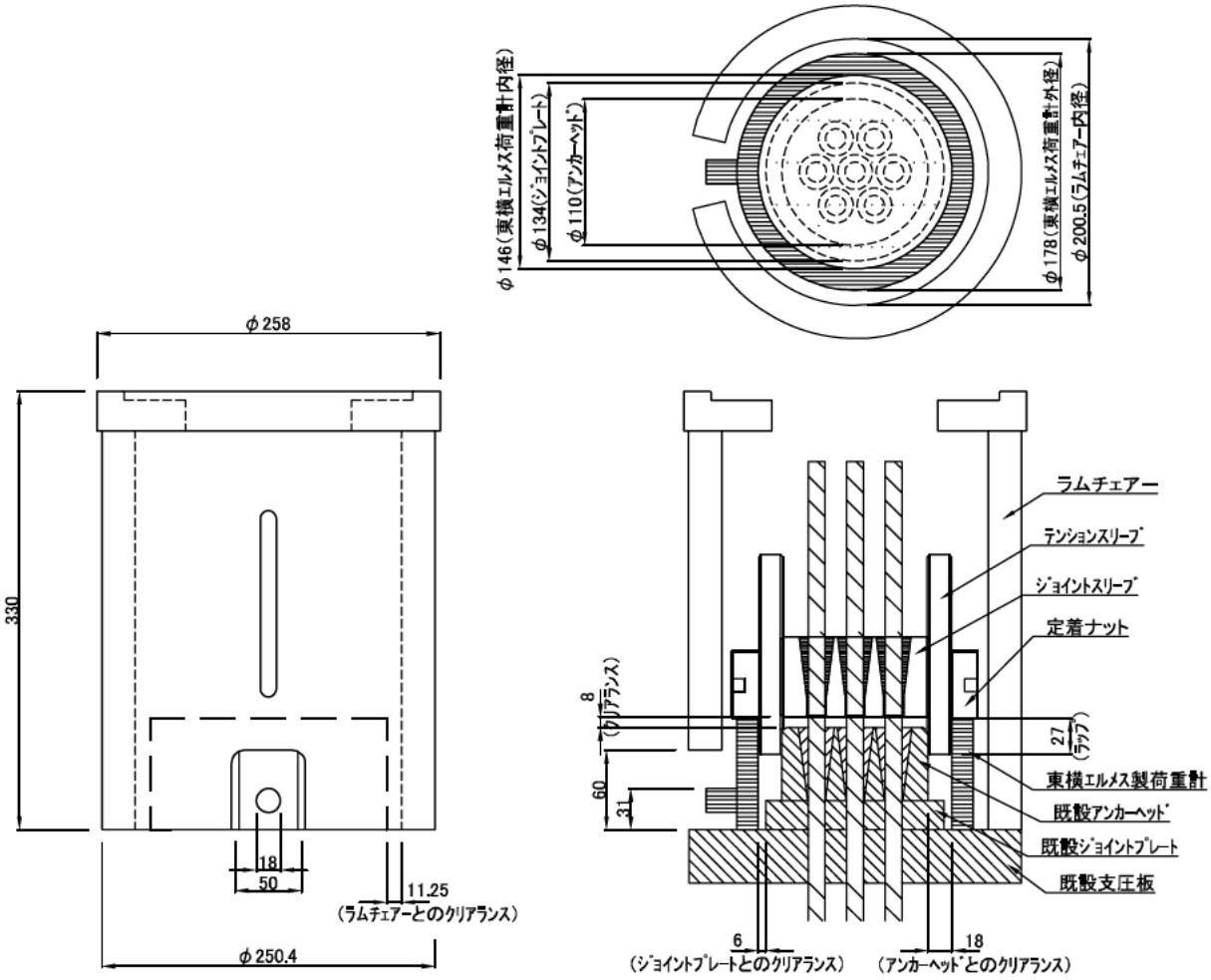


図 7.41　東横エルメス製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

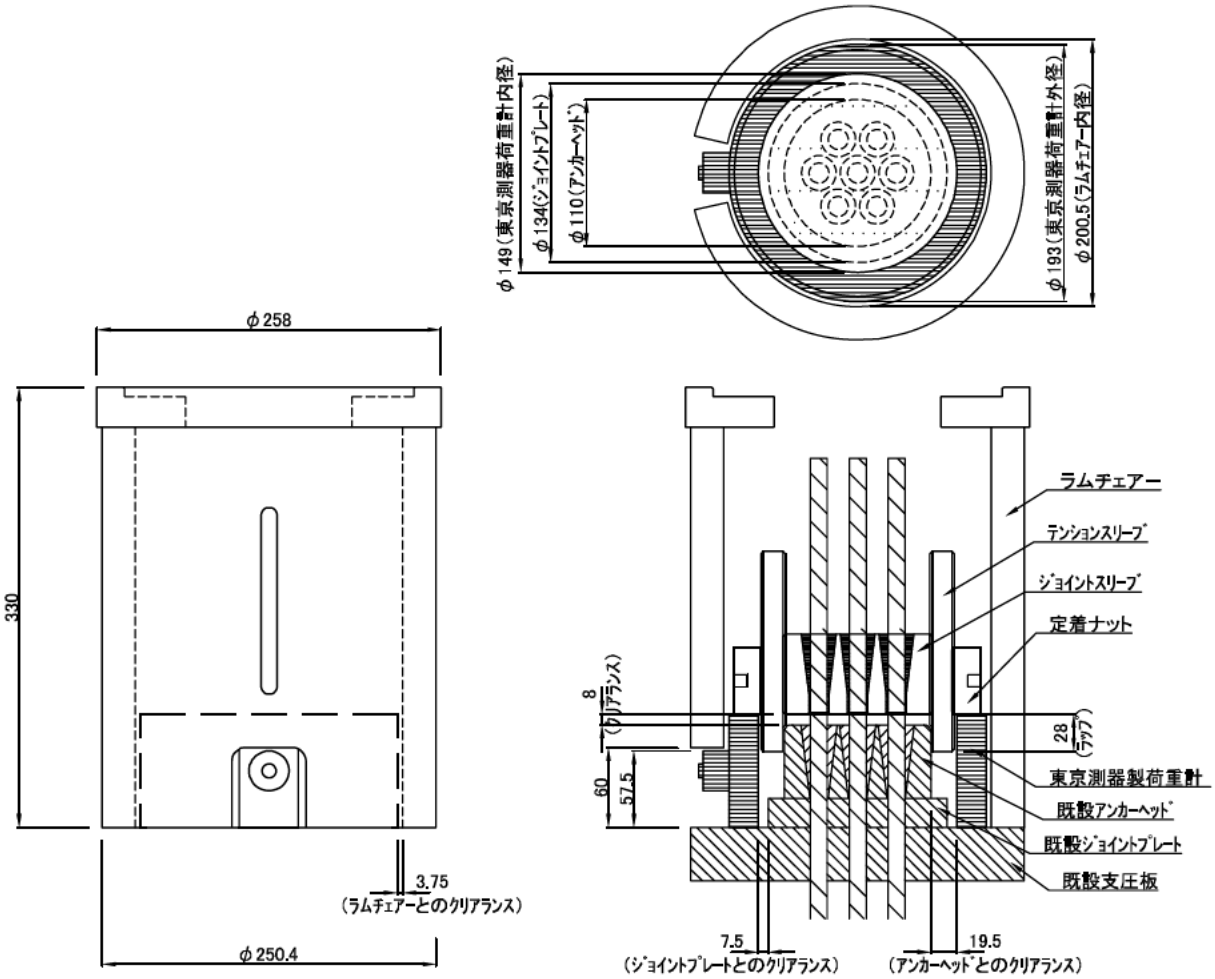


図 7.42　東京測器研究所製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

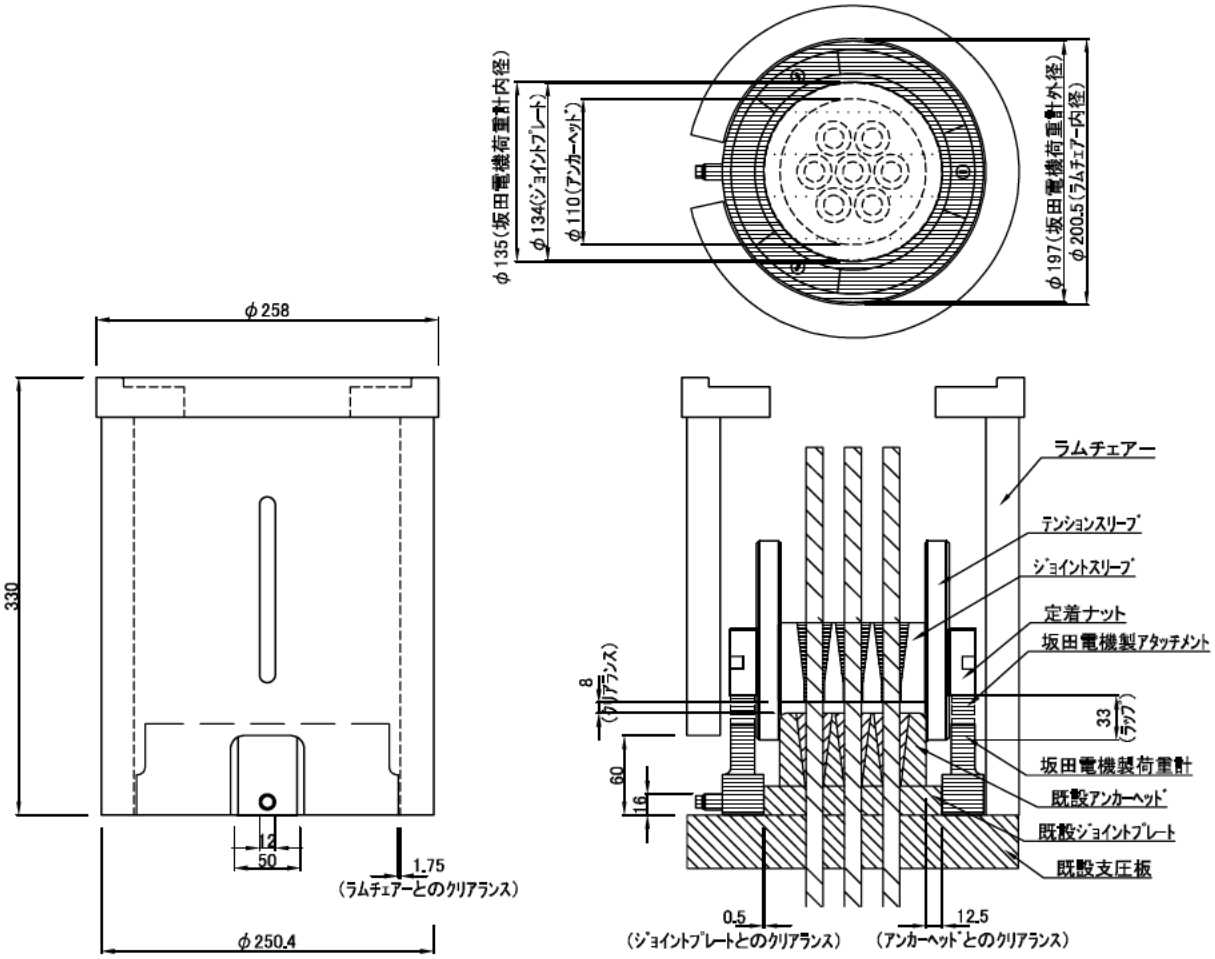


図 7.43　坂田電機製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

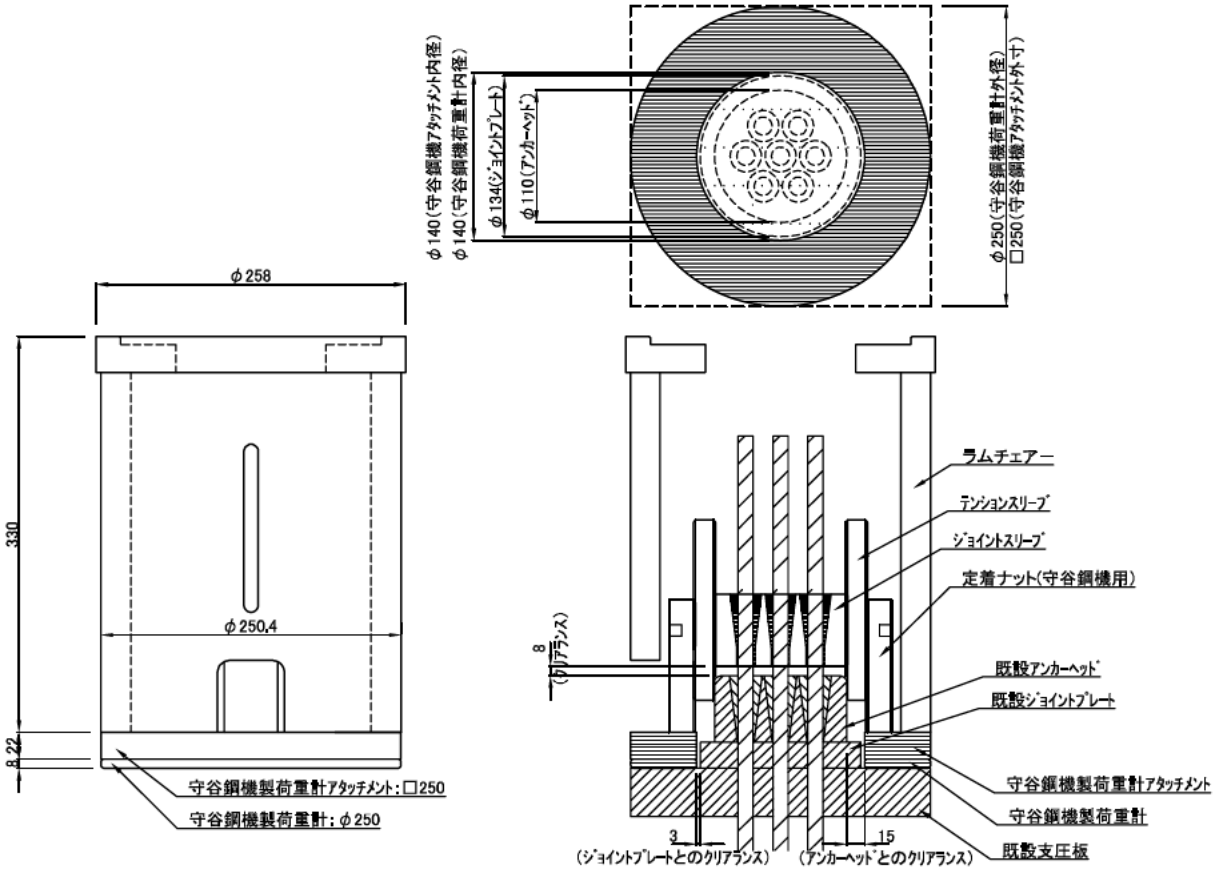


図 7.44　守谷鋼機製アンカー荷重計と緊張治具の組み合わせ

7.5　参考文献

本システムについて紹介した文献を以下に整理する。

藤澤和範・石田孝司・窪塚大輔：「既設アンカーの緊張力モニタリングシステムの開発」、土木技術資料、Vol.51 - No.2、pp.49 - 50、2009.2

藤澤和範・石田孝司・窪塚大輔・田中尚・那須敦・横田弘一・立野恵一・竹家宏治・峯尾卓光・長友聖二・山賀一徳：「既設アンカー緊張力モニタリングシステムの開発」、第 48 回日本地すべり学会研究発表会講演集、pp.118 - 119、2009.8

藤澤和範：「既設アンカー緊張力モニタリングシステムの開発」、土木施工、Vol.50 - No.9、pp.51 - 55、2009.9

藤澤和範・田中尚・那須敦・横田弘一・立野恵一・竹家宏治・峯尾卓光・長友聖二・山賀一徳：「既設アンカー緊張力モニタリングシステム」、斜面防災技術、Vol.36 - No.2、pp.64 - 67、2009.11

藤澤和範・石田孝司・窪塚大輔：「アンカー緊張力計測の重要性と緊張力モニタリングシステム」、月刊メディア砂防、No.309、pp.6 - 7、2009.12

土木研究所資料
TECHNICAL NOTE of PWRI
No.4171 Dcember 2009

編集・発行 ©独立行政法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

独立行政法人土木研究所 企画部 業務課
〒305－8516 茨城県つくば市南原1－6 電話029－879－6754