

福島県沖地震（2021年2月13日）に伴い設置した
タンクエリア地震計の設置位置見直しについて

2022年8月9日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

1. 内容

- 本エリアの地震計設置は2021.2.13福島県沖地震によるタンク滑動において、滑動基数・滑動量が特異的であったDエリア・H4北エリアとその他タンクエリアでの地震動の比較等を踏まえて設置したものである。
- 2022.3.16福島県沖地震によるタンク滑動において、滑動基数・活動量の特異性は確認されなかったため新たな地震計設置の予定はない。
- 本内容は2021.2.13福島県沖地震により、D/H4北/K4エリアの内堰外に設置した地震計（基礎含む）について内堰内へ設置位置を見直し、継続して検討を進めるものである。
（移設予定：2022年8月）



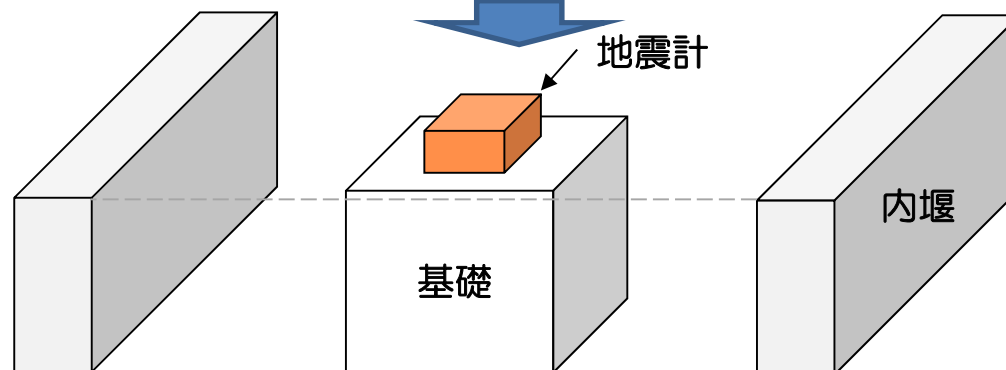
Dエリア



H4エリア



K4エリア



内堰高さの地震計用基礎設置・固定

■ 検討事項

➤ 地震計基礎の設計

- 剛構造であること
- 材質はコンクリート及び、空洞がない構造とすること
- 震度計の100倍以上の重量であること
- 周辺構造物（タンク、内堰）との離隔を、その高さの1/10以上かつ1m以上とすること
- 地震の際、地震計基礎が損傷してタンクや連結管へ影響を与えないこと
- 最寄りの内堰高さ+50mm以上の高さであること（水没防止策）
- 底辺が高さの1倍を超える長さであること。
- 観測記録に影響を与えるもの（太陽電池パネル等）を取り付けないこと

➤ 地震計保護カバーの設置

- 水の浸入を防止するために、パッキン、コーキング等による止水処置を行う

➤ 物的防護柵の設置については以下の理由から方法や必要性について検討中

- 地震計カバー自体にある程度の防護が期待できること
- 当該箇所は通行等で通常時に人が近寄る場所ではないこと（区画や注意喚起等で対応可能）
- 当該箇所には影響があると思われる落下物は考えられないこと
- 地震時にデータに影響を及ぼす可能性のある構造物の近傍への新規設置を極力避けたいこと

赤字：気象庁の震度計設置環境基準に準拠

3. タンクエリア堰内容量について

- 基礎外周堰の堰内容量の実測値は、同実施計画記載値に対して余裕がある。
- 今回設置する地震計基礎の容量は、いずれのエリアも2m³以下であり、基礎外周堰の堰内容量(②)以上の容量を満足することから、実施計画記載値への影響はない。

表-2 各タンクエリアの基礎外周堰の堰内容量 (1/2)

設置場所	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周堰内面積 (m ²)	タンク専有面積 (m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の高さ (m)
			①					
K4	35	1.75	1,750	2,190 以上	5,145	2,944	2,201	0.995 以上
H4北	35	1.75	2,100	2,656 以上	6,630	3,861	2,769	0.959 以上
D	41*7	2.05	2,140	2,679 以上	5,781	3,097	2,684	0.998 以上

※1 ②=⑤×⑥

※2 ⑤=③-④

※3 ⑥=①/⑤+0.2 (余裕分20cm)

(実施計画Ⅱ-2-5-添12-83 抜粋)

設置場所	基礎外周堰の高さ (実測値) (m) ※a	貯留可能面積 (実測値) (m ²) ※a	基礎外周堰の堰内容量 (実測値) (m ³)	実測値による堰内容量の余裕代 (m ³)
	⑦	⑧	⑦×⑧	⑦×⑧-②
K4	1.098	2,212	2,428	238
H4北	1.000	2,807	2,807	151
D	1.000	2,684	2,684	5

※a 使用前検査成績書に記載の値

【参考】使用前検査要領書番号

K4 : 原規規収第1607089号01

H4北 : 原規規収第17062620号01

D : 原規規収第1911111号01

【参考】実施計画抜粋 中低濃度タンク（円筒型）の基礎外周堰の堰内容量に関する説明書



再掲

別紙-6

中低濃度タンク（円筒型）の基礎外周堰の堰内容量に関する説明書

中低濃度タンクから漏えいが生じた際に漏えい水の拡大を抑制するための基礎外周堰の堰内容量は、タンク 20 基当たり 1 基分の貯留容量（20 基以上の場合は 20 基あたり 1 基分の割合の容量、20 基に満たない場合でも 1 基分）を確保できる容量に、大雨時の作業等を考慮した余裕高さ（堰高さで 20cm 程度）分の容量との合計とする。各タンク設置エリアの基礎外周堰の高さもしくは、堰内容量を表-1、2 に示す。

表-1 各タンク設置エリアの基礎外周堰の高さ

設置場所	タンク 設置 基数	想定漏えい		基礎外周 堰内面積 (m ²)	タンク 専有面積 (m ²)	貯留可能 面積 (m ²)	基礎外周堰 の高さ (m)
		基数	容量 (m ³)				
			①				
J5	35	1.75	2,162	5,319	3,305	2,014	1.274 以上
J3	22	1.1	2,640	7,455	4,349	3,106	1.050 以上
J6	38	1.9	2,280	6,751	4,206	2,545	1.096 以上
K1 北	12	1	1,200	2,499	1,250	1,249	1.161 以上
K1 南	10	1	1,160	1,800	860	941	1.433 以上
H1	63	3.15	3,843	11,723	6,820	4,903	0.984 以上

※1 ④=②-③

※2 ⑤=①/④+0.2 (余裕分 20cm)

表-2 各タンク設置エリアの基礎外周堰の堰内容量（1/2）

設置 場所	タンク 設置 基数	想定漏えい		基礎外周堰 の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周 堰内面積 (m ²)	タンク 専有面積 (m ²)	貯留可能 面積 (m ²)	基礎外周堰 の高さ (m)
			①					
J1(I)	28	1.4	1,400	1,823 以上	5,158	3,051	2,107	0.865 以上
J1(II)	35	1.75	1,750	2,281 以上	6,494	3,842	2,652	0.860 以上
J1(III)	37	1.85	1,850	2,411 以上	6,875	4,068	2,807	0.859 以上
J2 ^{*4}	42	2.1	5,040	6,208 以上	6,883	4,556	2,327	1.121 以上 ^{*4}
					6,139	3,728	2,411	0.771 以上 ^{*4}
					1,073	-	1,073	1.621 以上 ^{*4}
J4	35	1.75	5,075	6,208 以上	12,660	6,991	5,669	1.095 以上
J7	42	2.1	2,520	3,146 以上	7,671	4,547	3,124	1.007 以上
H1 東	24	1.2	1,464	1,857 以上	4,562	2,606	1,956	0.949 以上
J8	9	1	700	818 以上	1,100	512	588	1.391 以上
K3	12	1	700	836 以上	1,248	572	676	1.236 以上
J9	12	1	700	826 以上	1,332	704	628	1.315 以上
K4	35	1.75	1,750	2,190 以上	5,145	2,944	2,201	0.995 以上
H2	44	2.2	5,280	6,548 以上	15,035	8,697	6,338	1.033 以上
H4 北	35	1.75	2,100	2,656 以上	6,630	3,861	2,769	0.959 以上
H4 南	51	2.55	2,910	3,567 以上	7,413	4,128	3,285	1.086 以上
G1 南	23	1.15	1,530	1,868 以上	3,815	2,129	1,686	1.108 以上
H5	32	1.6	1,920	2,510 以上	6,471	3,521	2,950	0.851 以上
H6(I)	12 ^{*6}	1	1,200	1,473 以上	2,564	1,200	1,364	1.080 以上
B	37	1.85	2,470	2,875 以上	4,287	2,262	2,025	1.420 以上
B 南	7	1	1,330	1,485 以上	1,349	574	775	1.917 以上
H3 ^{*4}	10	1	1,356	1,633 以上	2,126	1,109	1,017	1.050 以上 ^{*4}
					365	-	365	1.550 以上 ^{*4}
H6(II)	24	1.2	1,630	2,034 以上	4,855	2,834	2,021	1.007 以上
G3 北	6	1	1,100	1,322 以上	1,677	569	1,108	1.193 以上 ^{*4}
								1.393 以上 ^{*4}
G3 西	40 ^{*5}	2.5	2,600	3,453 以上	8,072	4,320	3,752	0.878 以上
G7	10				1,019	520	499	0.315 以上
G6	38	1.90	2,530	3,024 以上	6,002	3,536	2,466	1.226 以上
K2	28	1.40	1,480	1,948 以上	4,462	2,133	2,329	0.836 以上
D	41 ^{*7}	2.05	2,140	2,679 以上	5,781	3,097	2,684	0.998 以上
G1	66	3.30	4,480	5,408 以上	12,407	7,769	4,638	1.166 以上
G4 南	26	1.3	1,770	2,168 以上	5,064	3,083	1,981	1.094 以上

K 4

H 4 北

D

表-2 各タンク設置エリアの基礎外周堰の堰内容量（2/2）

設置場所	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周堰内面積 (m ²)	タンク専有面積 (m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の高さ (m)
					③	④	⑤ ^{※2}	
①	② ^{※1}	③	④	⑤ ^{※2}	⑥ ^{※3}			
G4北 ^{※4}	6	1	1,356	1,566以上	1,203 457	617 -	586 457	1.376以上 ^{※4} 1.661以上 ^{※4}
G5	17	1	1,356	1,610以上	3,236	1,973	1,263	1.274以上

※1 ②=⑤×⑥

J2, H3, G4北は場所により基礎外周堰の高さが異なるため、堰内容量は合計値を記載。

G3西・G7は基礎外周堰を共有しているため、想定漏えい容量および基礎外周堰の堰内容量は合計値を記載。

※2 ⑤=③-④

※3 ⑥=①/⑤+0.2（余裕分20cm）

J2, H3の基礎外周堰の高さは、想定漏えい容量を貯留可能な堰高さを求め、各々に余裕分20cmを加えた値を記載。

※4 J2, H3, G3北, G4北は場所により基礎標高が異なるため、計画値は各々の値を記載。

※5 40基中1基は雨水回収タンク

※6 12基中1基は雨水回収タンク

※7 41基中12基はRO後淡水受タンク（RO処理水貯槽及び蒸発濃縮処理水貯槽）

【参考】タンク堰内容量について（堰高さ20cmの余裕分の評価）

- 基礎外周堰の堰内容量は、大雨時の作業等を考慮した余裕高さ（堰高さで20cm程度）分の容量を含めたものとしている（実施計画Ⅱ-2-5-添12-82）
- 今回設置する地震計基礎の容量は、いずれのエリアも2m³以下であり、上記余裕高さ分の容量に対して十分に小さいことから、堰内容量に与える影響は十分小さい。

表-2 各タンクエリアの基礎外周堰の堰内容量（1/2）

設置場所	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量 (m ³)	(計画値)			
		基数	容量 (m ³)		基礎外周堰内面積 (m ²)	タンク専有面積 (m ²)	貯留可能面積 (m ²)	基礎外周堰の高さ (m)
K4	35	1.75	1,750	2,190 以上	5,145	2,944	2,201	0.995 以上
H4北	35	1.75	2,100	2,656 以上	6,630	3,861	2,769	0.959 以上
D	41*7	2.05	2,140	2,679 以上	5,781	3,097	2,684	0.998 以上

※1 ②=⑤×⑥

※2 ⑤=③-④

※3 ⑥=①/⑤+0.2（余裕分20cm）

（実施計画Ⅱ-2-5-添12-83 抜粋）

設置場所	大雨時の作業等を考慮した余裕高さ分の容量 (m ³)
	⑤×0.2
K4	440
H4北	553
D	536

4. 震度計設置環境基準（気象庁）との仕様適応状況

項目	適切な設置環境にある 震度観測点の条件 ^{*1}	不適切な設置環境にある 震度観測点の条件 ^{*2}	(要調査 ^{*3})	タンクエリア地震計		
				評価	備考、仕様補足	
崖等の段差（斜面途中の設置は「要調査」）	上部	<ul style="list-style-type: none"> 段差の上部では下端から高さの3倍以上離れている 段差の上端から高さ以上離れている 	<ul style="list-style-type: none"> 大きな揺れで崩落の危険が推測される不安定な場所 	<ul style="list-style-type: none"> 段差の上部では上端から高さ以上離れていないか、下端から高さの3倍以上離れていない 免震構造物の免震ピットの近傍に設置する場合には段差として判断して調査 	対象外	設置場所に段差はない
	下部	<ul style="list-style-type: none"> 段差の高さ以上離れており、崩落等の影響のおそれがない（崩落防止の措置がなされているものを含む） 	<ul style="list-style-type: none"> 崩落等の影響のおそれがある 	<ul style="list-style-type: none"> 段差の高さ以上離れていない 	対象外	設置場所に段差はない
地盤の状態	<ul style="list-style-type: none"> 改変のない自然地形もしくは切土 	<ul style="list-style-type: none"> 盛土の場合、十分な転圧が行われておらず地盤が軟らかい 旧河道や池・沼などを埋め立てた場所、または台地や山地の谷などで、周囲と揺れが異なる地盤 	<ul style="list-style-type: none"> 盛土などにおいて、地盤の軟らかさが不明 旧河道や池・沼などを埋め立てた場所で、周囲と異なる地盤かどうか不明 	対象外	内堰内基礎の挙動観測を前提としていることから考慮不要	
建物周辺への設置	<ul style="list-style-type: none"> 建物周辺の地盤は硬く、設計図や目視等で地下埋設管等が存在しないことが確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> 建物周辺の地盤が軟らかく、地震時に震度計が傾くなど影響が出そうな場所。また、地下埋設管が存在することが設計図や目視等で確認できる 	<ul style="list-style-type: none"> 建物周辺の地盤の状態が不明な場所、または地下埋設管が存在するのかが確認できない 	対象外	—	
建物の犬走りに設置	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートに鉄筋が入っており、ひび割れ等の損傷がない強固な犬走り 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートに鉄筋が入っておらず強固でなく、ひび割れ等の損傷が明瞭な犬走り 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートに鉄筋が入っており、強度に影響はないと思われるが、若干ひび割れ等の損傷が見られる犬走り コンクリートに鉄筋が入っていない、または入っているか不明 	対象外	—	
空洞や地下タンク等構造物の有無	<ul style="list-style-type: none"> 直下または近傍に空洞や、地下タンク、地下埋設管などが無い 	<ul style="list-style-type: none"> 直下または近傍に空洞や地下タンク、地下埋設管などがある 	<ul style="list-style-type: none"> 空洞や地下タンク、地下埋設管などの有無が不明 	対象外	内堰内基礎の挙動観測を前提としていることから考慮不要 なお、基礎建設時の埋設物調査実施済み	
柱状構造物の有無	<ul style="list-style-type: none"> 柱状構造物が近傍にない 柱状構造物が近傍にあっても影響がない 	<ul style="list-style-type: none"> 高い柱状構造物や大きい木が近傍にある（高さの1/10以上、かつ1m以上離れていない） 低い柱状構造物が震度計台の基礎部とつながっている 	<ul style="list-style-type: none"> 柱状構造物が近傍にあるが揺れに影響を及ぼす程度が不明 	適切	周辺構造物（タンク、内堰等）との隔離を、その高さの1/10以上かつ1m以上確保 地震計基礎には柱状構造物（ソーラーパネルの支柱等）を取付けない	

12~14項にて説明

4. 震度計設置環境基準（気象庁）との仕様適応状況

花壇等への設置	<ul style="list-style-type: none"> 花壇等の盛土の下にある本来の硬い地盤まで掘り下げて震度計台を設置している 	<ul style="list-style-type: none"> 花壇等の軟らかい盛土の下にある本来の硬い地盤まで掘り下げて震度計台を設置していない 	—	対象外	—
駐車場内の設置	<ul style="list-style-type: none"> 駐車場には設置されていない 車の衝突を防ぐ保護柵が設置されている 	<ul style="list-style-type: none"> 車の衝突などの恐れがあっても、対策がなされていない 	—	対象外	—
建物内に設置 (建物の構造、設置階数、設置床面の状況等)	<ul style="list-style-type: none"> 建物の耐震性が高く大きな地震でも倒壊のおそれがない 低層の建物の1階に設置 設置床面はひび割れもなく強固である 	<ul style="list-style-type: none"> 免震構造や制震構造である(基礎に設置してある場合には要調査) 建物の耐震性が低く大きな地震時に倒壊するおそれがある 2階以上、地階(注1) 設置床面が強固でない 	<ul style="list-style-type: none"> 低層の建物の1階だが、下に床下や中空階などの空間がある 設置床面が強固であるが若干ひび割れ等の損傷が見られる 	対象外	内堀内基礎の挙動観測を前提としていることから考慮不要

(注1) 地階の場合、1階や地上と揺れが同程度かどうか確認。

(表2)

項目	適切な設置環境にある震度観測点の条件 ^{#1}	不適切な設置環境にある震度観測点の条件 ^{#2}	(要調査 ^{#3})	タンクエリア地震計		
				評価	備考、仕様補足	
震度計台	震度計台の材質	<ul style="list-style-type: none"> 強い地震でも壊れない強固な材質(コンクリート等) 	<ul style="list-style-type: none"> 震度計台内に空洞があったり、コンクリート等ではない材料でできている 多数のひびが見られる 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートにややひびが入っている 	適切	剛構造の鉄筋コンクリート造 10,11,16項にて説明
	形状	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁の震度計台と同様の形状(凸型、上段：一辺50cm 高さ50cm、下段：一辺1m 高さ60cm) 上記以外の場合、縦長でなく(高さが底辺の1倍程度未満)重量が震度計の100倍以上(注2) 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤下に1/2以上埋設されておらず、震度計と地盤の一体性が確保されていない 埋設したものを手や足で押すなどして揺れる 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤下に1/2~2/3程度埋設されている 1/2以上埋設されていないが、手や足で押しても動かない 	適切	内堀高さを超える高さ、かつ縦長でなく重量が震度計の100倍以上を確保 10,11項にて説明
	設置・埋設	<ul style="list-style-type: none"> 地盤下に2/3以上埋設しており、栗石、捨てコン、填圧等が十分なされている 地盤下に埋設されているのは2/3未満だが、パイルを打つなど工夫してある 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤下に1/2以上埋設されておらず、震度計と地盤の一体性が確保されていない 埋設したものを手や足で押すなどして揺れる 	—	適切	内堀内基礎の挙動観測を目的としていることから同基礎上に設置し埋設は行わないアンカーを打つことで内堀内基礎との一体性を確保 10,11,17~20項にて説明
	周囲との切離し	<ul style="list-style-type: none"> 周囲のアスファルトまたはコンクリートと切り離されている 	—	—	適切	周辺構造物と切り離された自立構造

4. 震度計設置環境基準（気象庁）との仕様適応状況

震度計の固定状況	<ul style="list-style-type: none"> 震度計台または強固な床面にアンカーボルト等でしっかりと固定されている 震度計が水平に設置されている 	<ul style="list-style-type: none"> 床面に設置する場合、床面が強固でない。 アンカーボルト等で固定されていない 震度計が許容範囲を超えて傾いている 	<ul style="list-style-type: none"> 震度計がやや傾いている 床に置いた台の上に震度が設置してある 	適切	地震計基礎にアンカーボルトで固定地震計の水平確認を実施のうえ設置
落下物の対策	<ul style="list-style-type: none"> 影響がありそうな落下物はない 	<ul style="list-style-type: none"> 落下物の衝突の可能性があるが対策がなされていない 	<ul style="list-style-type: none"> 落下物の衝突の可能性がある（落下物対策について確認） 	適切	影響がありそうな落下物ない上部と周囲に物的防護を設置
自動車や鉄道の影響	<ul style="list-style-type: none"> 道路や鉄道が近傍にはない（注2） 	—	—	対象外	道路や鉄道が近傍にはない
空調機等の影響	<ul style="list-style-type: none"> 近傍に車両通行部分の段差、空調機や観測機器等はない（注2） 	—	—	対象外	近傍に車両通行部分の段差、空調機や観測機器等はない
震度観測の点検	<ul style="list-style-type: none"> 観測記録による点検を行う アンケート震度による点検を行う 				観測記録による点検（逐次）

※1：これらの項目をすべて満たした場合、設置環境は適切とする。

※2：これらの項目の一つでも当てはまる場合、設置環境は不適切とする。

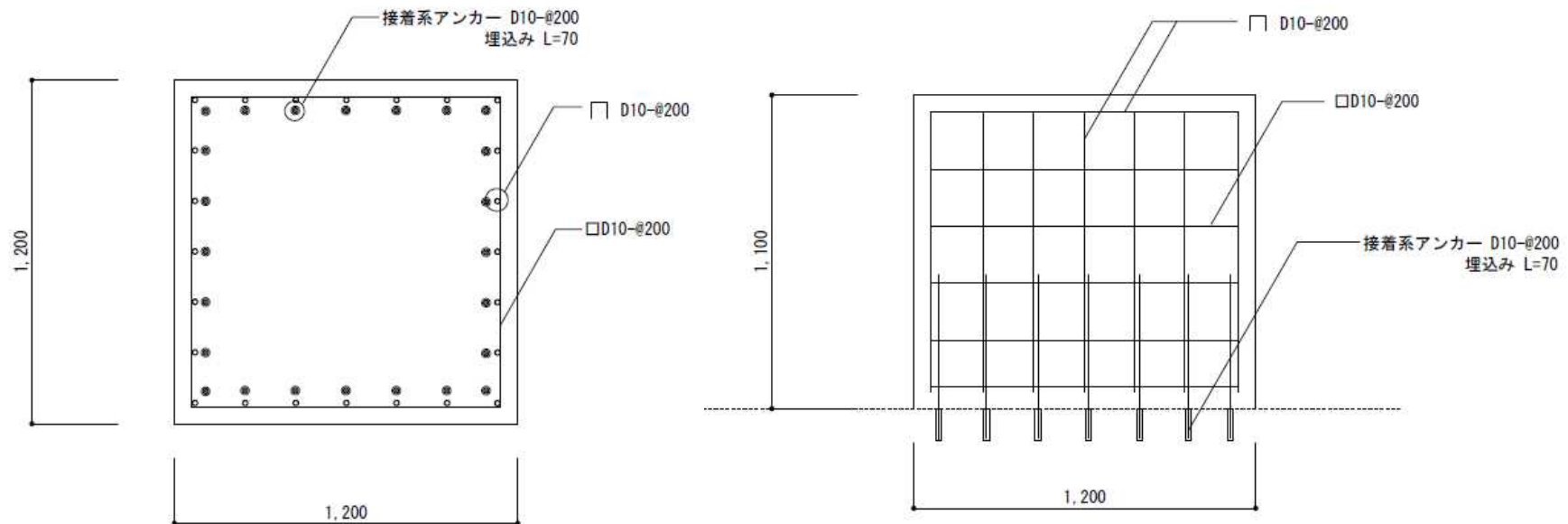
※3：これらの項目に当てはまる場合、震度計を設置すべき場所と震度を比較するなどの調査を行うことが望まれる（計測震度で±0.2～0.3程度以下の違いであれば、設置環境は適切であるとする）。

（注2）理想的な設置条件として記述。

5. 地震計基礎の構造

■ D, H4北エリア

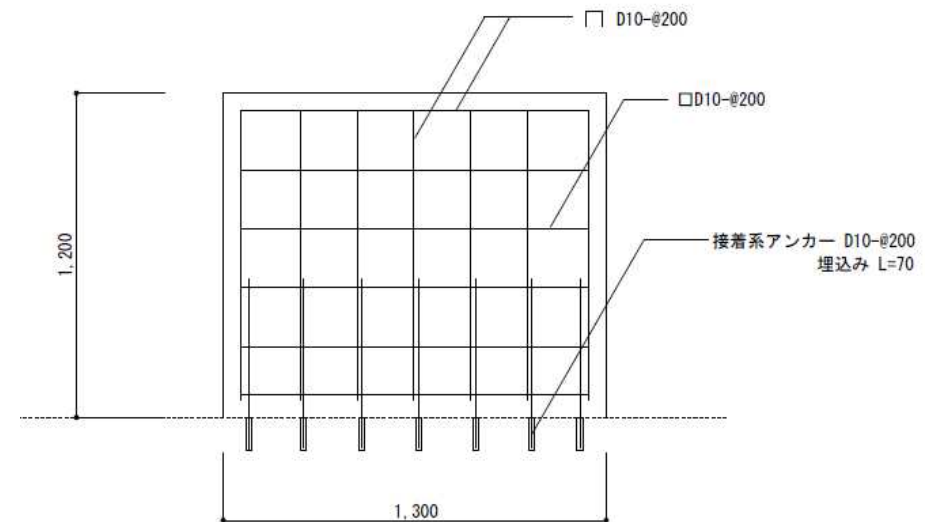
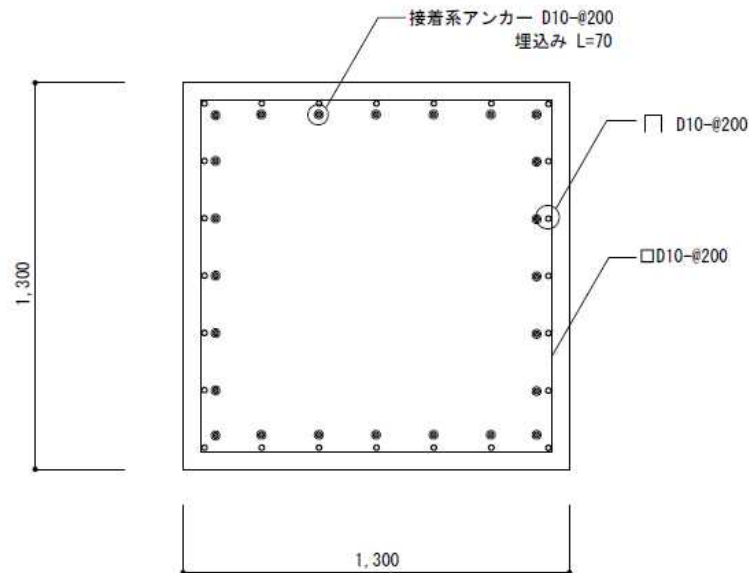
- 基礎寸法：1,200×1,200×1,100 mm
⇒縦長ではない、かつ高さは最寄りの堰高さ（実測値：1,000mm）よりも高い寸法
- コンクリート仕様： $F_c=21 \text{ N/mm}^2$
- 鉄筋仕様：SD295A、D10@200
- 基礎密度： 24 kN/m^3 （コンクリート:23+鉄筋:1）
- 基礎重量：38.016 kN \approx 3,880 kg
⇒地震計重量約1 kgに対して100倍以上を満足
- タンク基礎ならびに改良地盤の健全性について、タンク満水時の上載荷重を考慮したタンク基礎や改良地盤のため、地震計の基礎が増設されたとしても問題ない。



5. 地震計基礎の構造

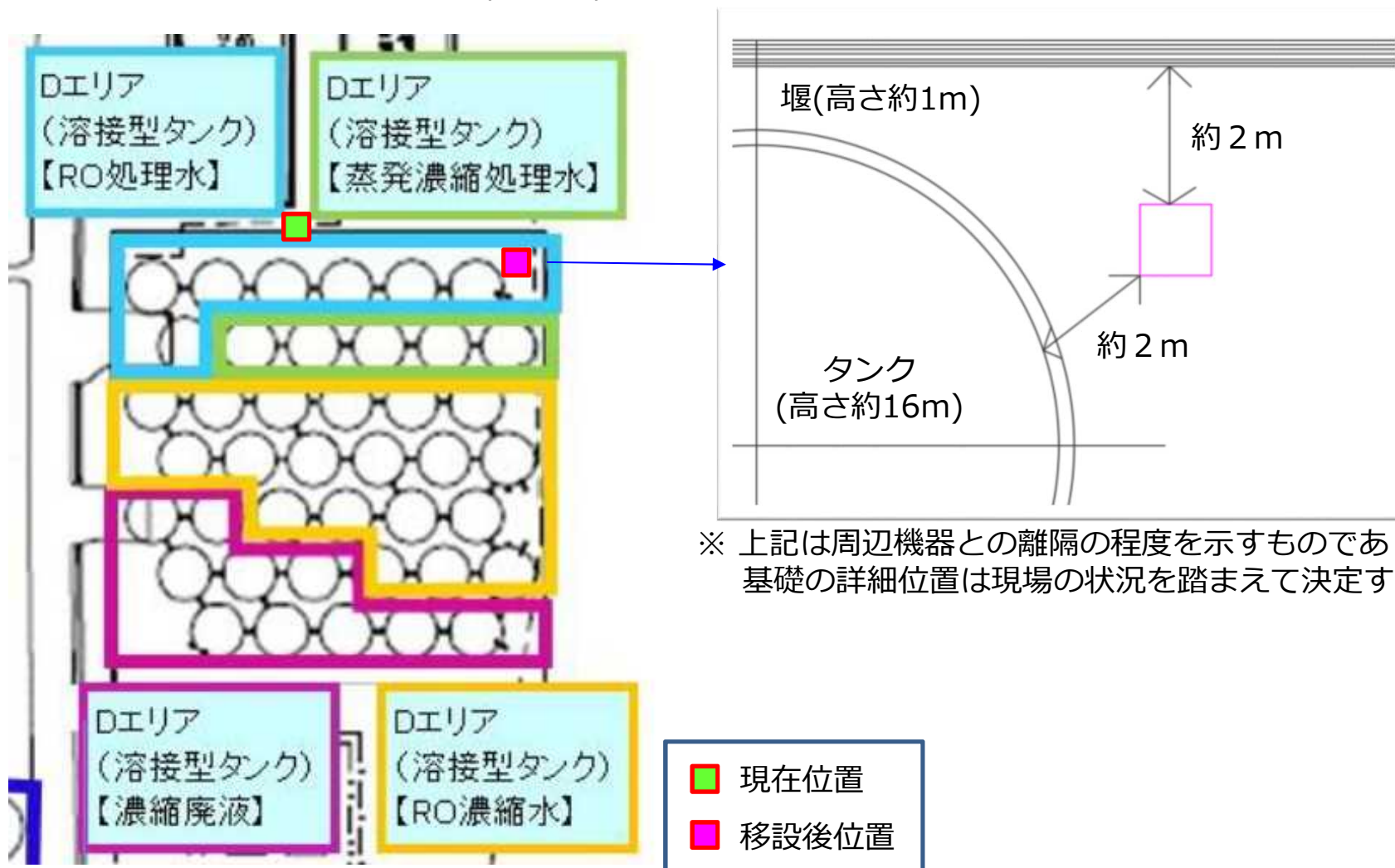
■ K4エリア

- 基礎寸法：1,300×1,300×1,200 mm
⇒縦長ではない、かつ高さは最寄りの堰高さ（実測値：1,098mm）よりも高い寸法
- コンクリート仕様： $F_c=21 \text{ N/mm}^2$
- 鉄筋仕様：SD295A、D10@200
- 基礎密度： 24 kN/m^3 （コンクリート:23+鉄筋:1）
- 基礎重量：48.672 kN \approx 4,967 kg
⇒地震計重量約1 kgに対して100倍以上を満足
- タンク基礎ならびに改良地盤の健全性について、タンク満水時の上載荷重を考慮したタンク基礎や改良地盤のため、地震計の基礎が増設されたとしても問題ない。



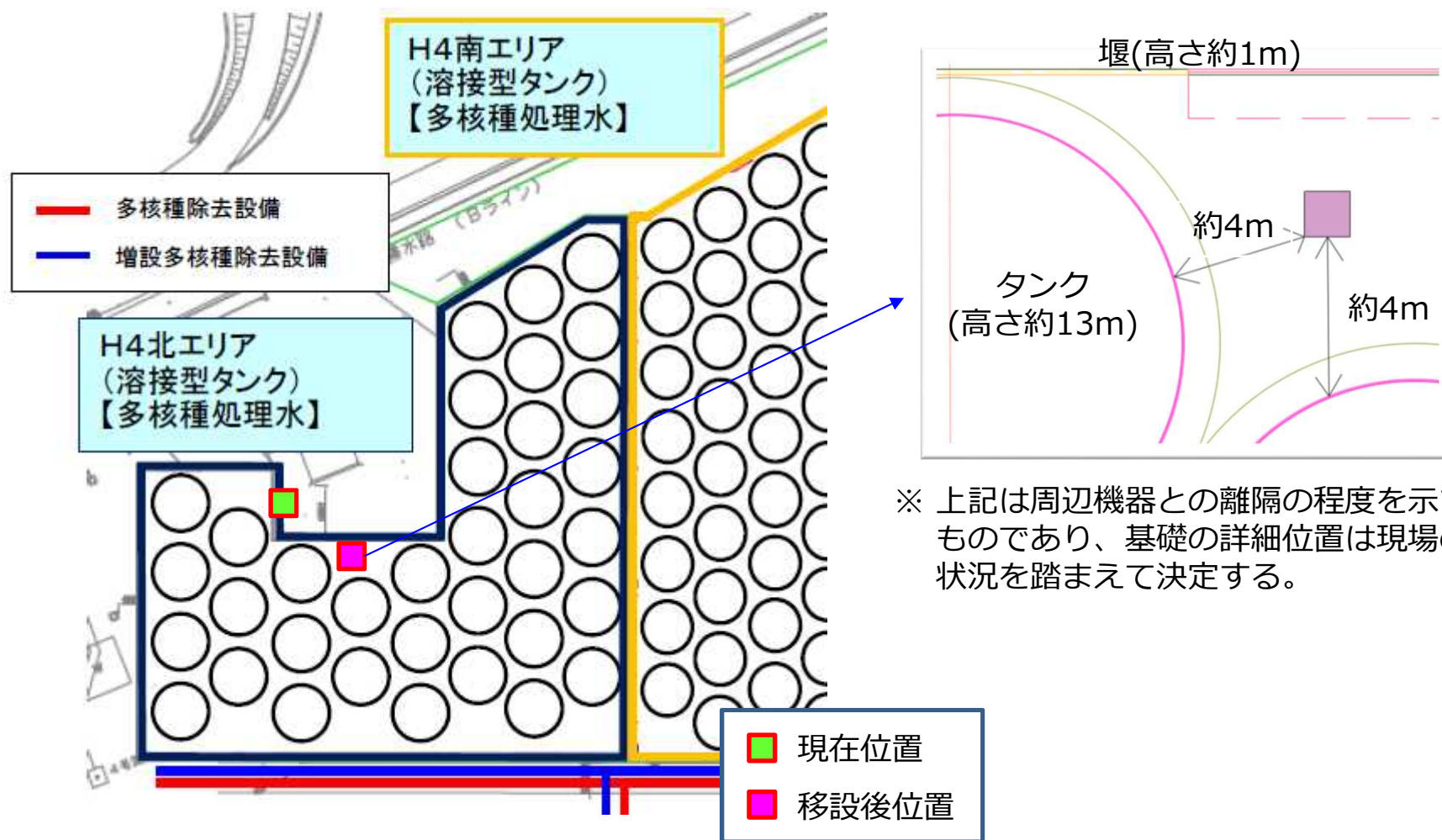
■ Dエリア

- タンク高さ約16mより、1/10にあたる1.6m以上の離隔距離をタンクに対して設ける。
- 堰高さ約1mより、1m以上の離隔距離を堰に対して設ける。



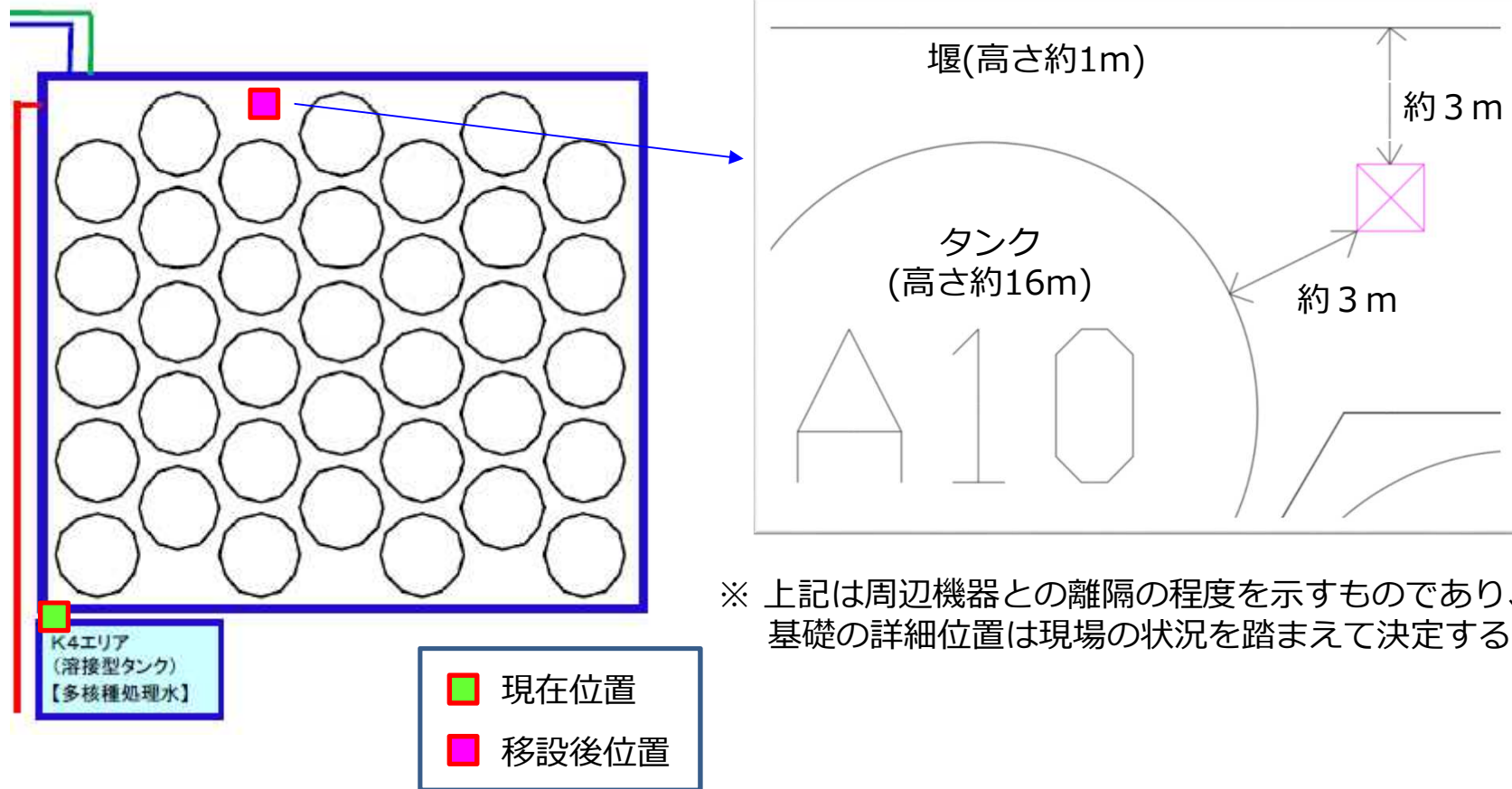
■ H4北エリア

- タンク高さ約13mより、1/10にあたる1.3m以上の離隔距離をタンクに対して設ける。
- 堰高さ約1mより、1m以上の離隔距離を堰に対して設ける。



■ K4エリア

- タンク高さ約16mより、1/10にあたる1.6m以上の離隔距離をタンクに対して設ける。
- 堰高さ約1mより、1m以上の離隔距離を堰に対して設ける。



7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

■ 評価方針

地震計基礎がタンク基礎の挙動を正確に伝達できることを確認する為に、以下項目について評価を行う。

① 固有振動数評価

地震計基礎の固有振動数が50Hz以上であること

※ タンク等の機器に与える地震影響の調査が目的であるため最低限20Hz以上(剛構造)であることが必要だが、地震計のサンプリング周期が0.01秒であることを考慮し50Hz以上とした。

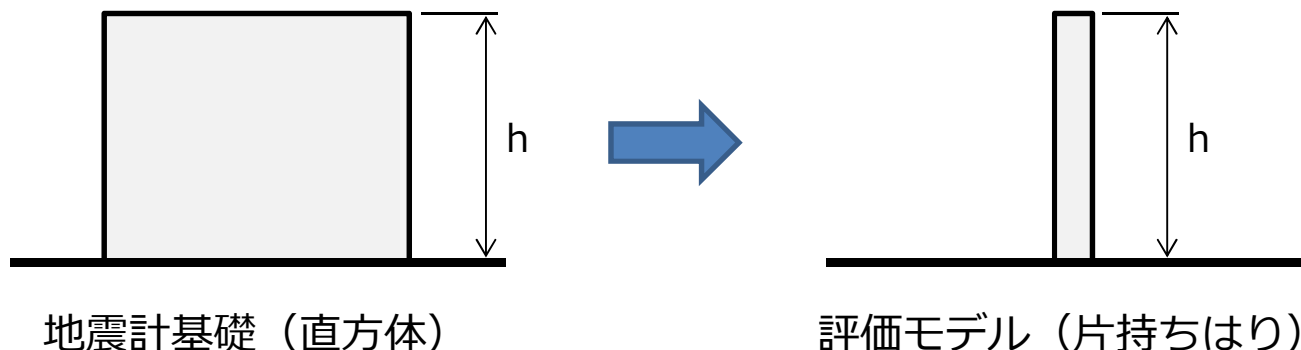
② 耐震評価

Sクラスの地震動に対して損傷しないこと※

※ タンク基礎は耐震Bクラス($C_H=0.36$)の設計であることから、地震計基礎もこれに準ずる設計とするが、より大きな地震動においても地震計の機能が維持され観測可能であることを確認する為に、Sクラス ($C_H=0.72$)による参考評価を行う。

➤ 固有振動数評価における評価モデルについて

地震計基礎の形状を踏まえ、片持ちはりに単純化したモデルにて評価を行う。



7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

■ 固有振動数評価

いずれの基礎も固有振動数が50Hz以上であることを確認した。

$$f = \frac{1.875^2}{2\pi h^2} \sqrt{\frac{EI}{m}} \times 10^3$$

※機械学会 機械工学便覧より

f : 固有振動数 [Hz]

h : 基礎高さ [mm]

b : 基礎幅 [mm]

E : コンクリートのヤング率 [N/mm²]

$$E = 21000 \times (\gamma/23)^{1.5} \times (F_c/20)^{0.5}$$

※合成梁構造設計指針より

I : 基礎の断面2次モーメント [mm⁴]

$$I = bh^3/12$$

m : 単位長さ当りの質量 [kg/m]

➤ D、H4北エリア

h [mm]	b [mm]	E [N/mm ²]	I [mm ⁴]	m [kg/m]	f [Hz]
1,100	1,200	21,518	1.331 × 10 ¹¹	3527	416

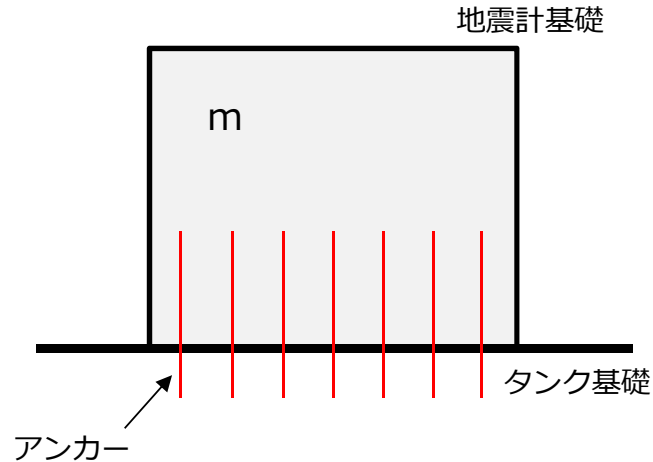
➤ K4エリア

h [mm]	b [mm]	E [N/mm ²]	I [mm ⁴]	m [kg/m]	f [Hz]
1,200	1,300	21,518	1.872 × 10 ¹¹	4139	383

7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

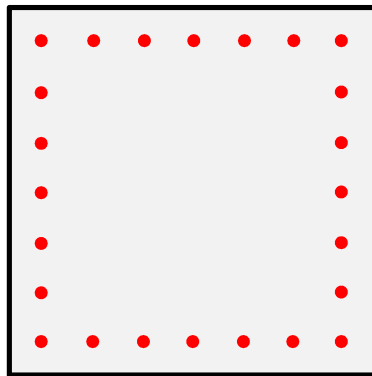
■ 滑動評価 (D, H4北エリア)

地震力に対し、アンカーのせん断耐力が十分にあり、基礎が滑動しないことを確認した。



m : 基礎重量 [kg]
 g : 重力加速度 [m/s^2]
 C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
 n : アンカー本数
 Q_a : アンカーのせん断耐力 [kN]

地震力 : $F_1[kN]=m \times g \times C_H$
 アンカーのせん断耐力 : $F_2[kN]=n \times Q_a$



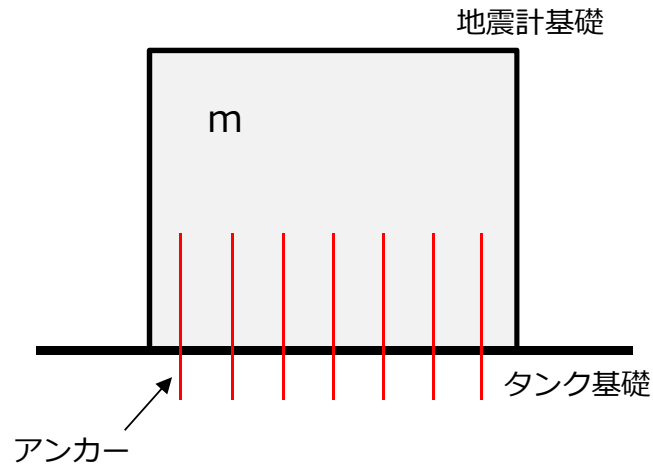
$m \times g$ [kN]	n	Q_a [kN]	F_1 [kN]	F_2 [kN]	評価
38.1	24	14.6	27.5	350.4	$F_1 < F_2$ 滑動しない

※評価を保守的にするため、基礎の摩擦力を考慮していない。

7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

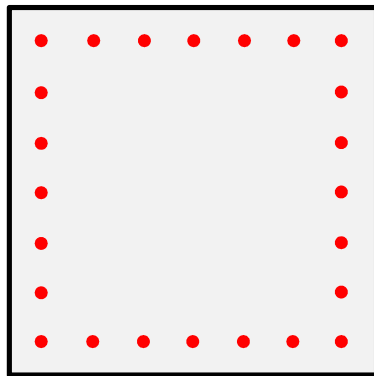
■ 滑動評価 (K4エリア)

地震力に対し、アンカーのせん断耐力が十分にあり、基礎が滑動しないことを確認した。



- m : 基礎重量 [kg]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
- n : アンカー本数
- Q_a : アンカーのせん断耐力 [kN]

地震力 : $F_1[kN]=m \times g \times C_H$
 アンカーのせん断耐力 : $F_2[kN]=n \times Q_a$



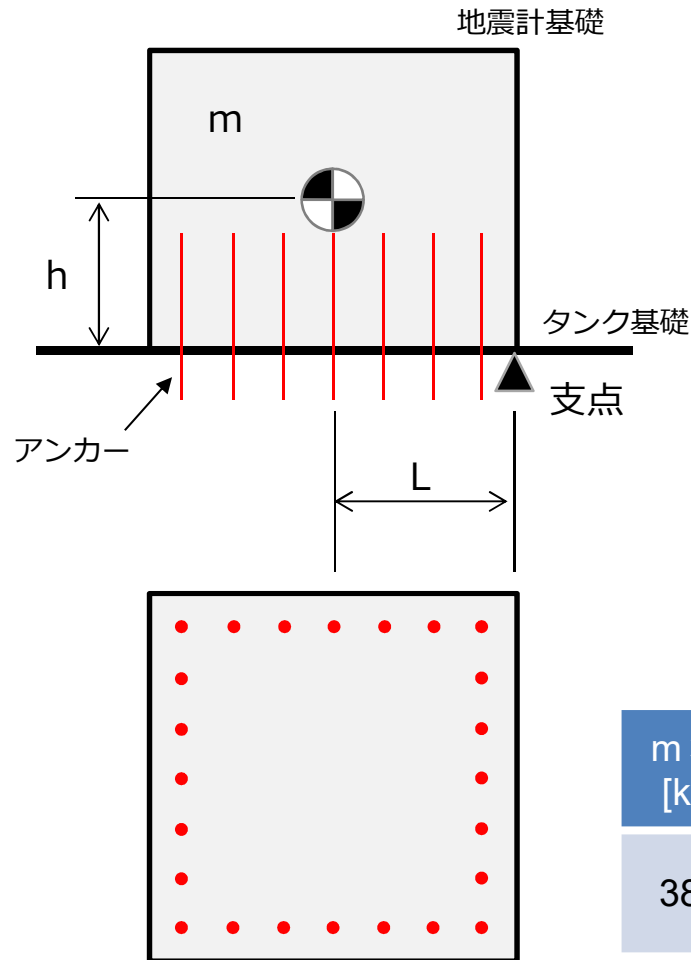
$m \times g$ [kN]	n	Q_a [kN]	F_1 [kN]	F_2 [kN]	評価
48.7	24	14.6	35.1	350.4	$F_1 < F_2$ 滑動しない

※評価を保守的にするため、基礎の摩擦力を考慮していない。

7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

■ 転倒評価 (D,H4北エリア)

地震による転倒モーメントに対し、アンカーによる抵抗モーメントが十分にあり、基礎が転倒しないことを確認した。



- m : 基礎重量 [kg]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- h : 据付面からの重心高さ [m]
※基礎高さの半分の距離
- C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
- n : アンカー本数 (24)
- T_a : アンカーの引張耐力 [kN]
- L : 転倒支点から各アンカーまでの距離 [m]
※基礎幅の半分の距離に全て位置するものとして
計算簡略化

地震による転倒モーメント : $M_1[kN \cdot m] = m \times g \times C_H \times h$
 アンカーによる抵抗モーメント : $M_2[kN \cdot m] = n \times T_a \times L$

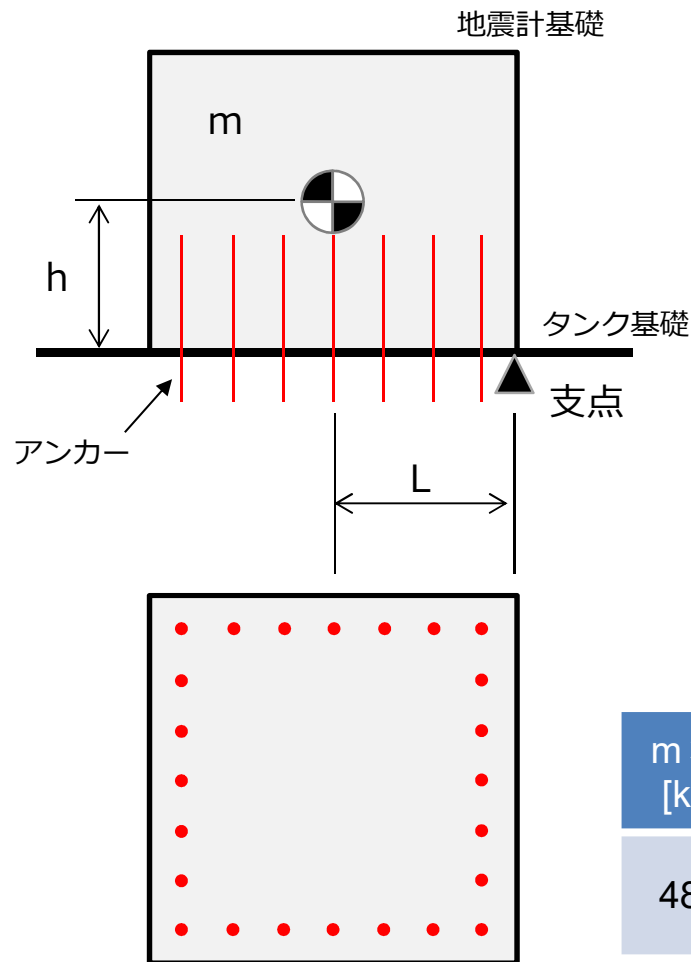
$m \times g$ [kN]	h [m]	n	T_a [kN]	L [m]	M_1 [kN·m]	M_2 [kN·m]	評価
38.1	0.55	24	20.9	0.6	15.1	300.9	$M_1 < M_2$ 転倒しない

※評価を保守的にするため、基礎の自重による安定モーメントを考慮していない。

7. 地震計基礎の構造評価、強度評価

■ 転倒評価 (K4エリア)

地震による転倒モーメントに対し、アンカーによる抵抗モーメントが十分にあり、基礎が転倒しないことを確認した。



- m : 基礎重量 [kg]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- h : 据付面からの重心高さ [m]
※基礎高さの半分の距離
- C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
- n : アンカー本数 (24)
- T_a : アンカーの引張耐力 [kN]
- L : 転倒支点から各アンカーまでの距離 [m]
※基礎幅の半分の距離に全て位置するものとして
計算簡略化

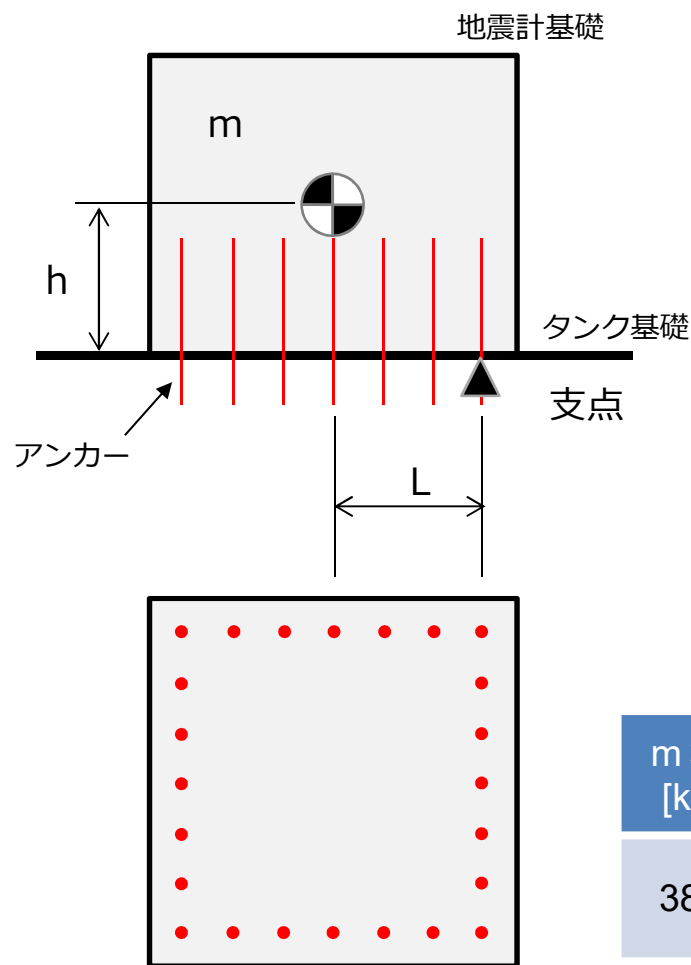
地震による転倒モーメント : $M_1[kN \cdot m] = m \times g \times C_H \times h$
 アンカーによる抵抗モーメント : $M_2[kN \cdot m] = n \times T_a \times L$

$m \times g$ [kN]	h [m]	n	T_a [kN]	L [m]	M_1 [kN·m]	M_2 [kN·m]	評価
48.7	0.6	24	20.9	0.65	21.1	326.0	$M_1 < M_2$ 転倒しない

※評価を保守的にするため、基礎の自重による安定モーメントを考慮していない。

■ 転倒評価（D,H4北エリア）

地震による転倒モーメントに対し、アンカーによる抵抗モーメントが十分にあり、基礎が転倒しないことを確認した。



- m : 基礎重量 [kg]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- h : 据付面からの重心高さ [m]
※基礎高さの半分の距離
- C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
- n : アンカー本数 (17)
- T_a : アンカーの引張耐力 [kN]
- L : 転倒支点から各アンカーまでの距離 [m]
※基礎幅の半分の距離に全て位置するものとして計算簡略化

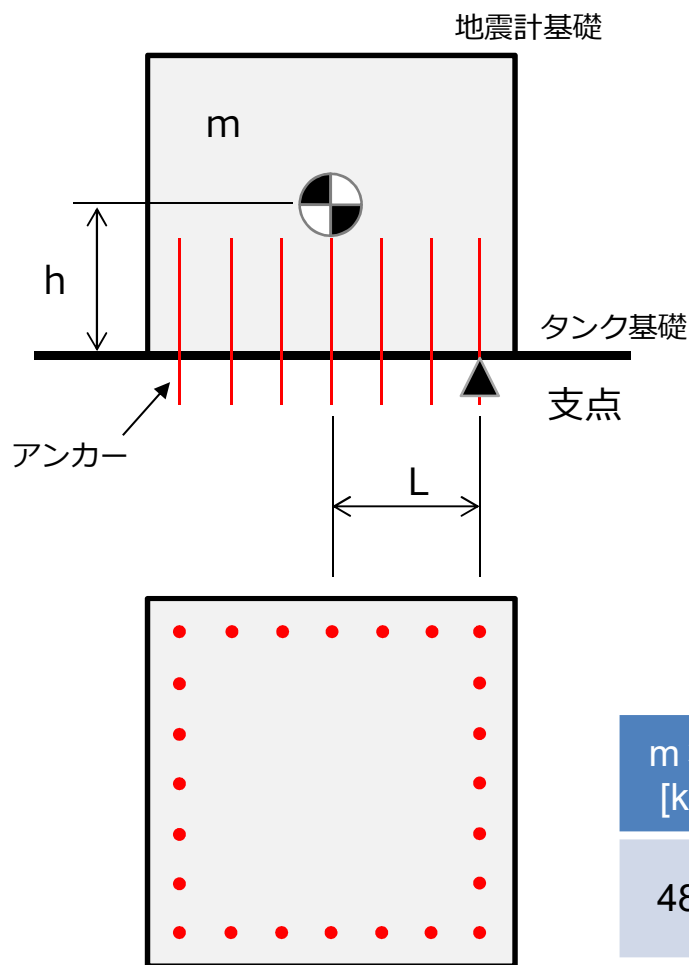
地震による転倒モーメント : $M_1[kN \cdot m] = m \times g \times C_H \times h$
 アンカーによる抵抗モーメント : $M_2[kN \cdot m] = n \times T_a \times L$

$m \times g$ [kN]	h [m]	n	T_a [kN]	L [m]	M_1 [kN·m]	M_2 [kN·m]	評価
38.1	0.55	17	20.9	0.53	15.1	188.3	$M_1 < M_2$ 転倒しない

※評価を保守的にするため、基礎の自重による安定モーメントを考慮していない。

■ 転倒評価（K4エリア）

地震による転倒モーメントに対し、アンカーによる抵抗モーメントが十分にあり、基礎が転倒しないことを確認した。



- m : 基礎重量 [kg]
- g : 重力加速度 [m/s^2]
- h : 据付面からの重心高さ [m]
※基礎高さの半分の距離
- C_H : 水平方向設計震度 (0.72)
- n : アンカー本数 (17)
- T_a : アンカーの引張耐力 [kN]
- L : 転倒支点から各アンカーまでの距離 [m]
※基礎幅の半分の距離に全て位置するものとして計算簡略化

地震による転倒モーメント : $M_1[kN \cdot m] = m \times g \times C_H \times h$
 アンカーによる抵抗モーメント : $M_2[kN \cdot m] = n \times T_a \times L$

$m \times g$ [kN]	h [m]	n	T_a [kN]	L [m]	M_1 [kN·m]	M_2 [kN·m]	評価
48.7	0.6	17	20.9	0.58	21.1	206.0	$M_1 < M_2$ 転倒しない

※評価を保守的にするため、基礎の自重による安定モーメントを考慮していない。

■ 接着系アンカーの耐力

「あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針」に基づき、以下の通り算定

➤ 引張耐力： T_a

$$T_a = \min[T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}]$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_0, \quad T_{a2} = 0.23\sigma_B^{0.5} \cdot A_c, \quad T_{a3} = 10 \cdot (\sigma_B/21)^{0.5} \cdot n \cdot d_a \cdot l_e$$

➤ せん断耐力： Q_a

$$Q_a = \min[Q_{a1}, Q_{a2}, \text{かつ} < 294_s a_e]$$

$$Q_{a1} = 0.7\sigma_y \cdot s a_e, \quad Q_{a2} = 0.4(E_c \cdot \sigma_B)^{0.5} \cdot s a_e$$

T_{a1}	：鋼材の降伏により決まるアンカー 1 本当たりの引張耐力 [kN]
T_{a2}	：定着した既存コンクリート躯体のコーン状破壊により決まるアンカー 1 本当たりの引張耐力 [kN]
T_{a3}	：接着系アンカーの付着性能により決まるアンカー 1 本当たりの引張耐力 [kN]
Q_{a1}	：鋼材の耐力で決まるアンカー 1 本あたりのせん断耐力 [kN]
Q_{a2}	：コンクリートの支圧強度で決まるアンカー 1 本あたりのせん断耐力 [kN]
σ_y	：鉄筋の規格降伏強度 [N/mm ²]
a_0	：アンカー筋の公称断面積 [mm ²]
σ_B	：既存部のコンクリート強度 [N/mm ²]
A_c	：既存コンクリート躯体へのコーン状破壊面のアンカー 1 本当たりの有効水平投影面積 [mm ²] $A_c = n \cdot (l_e + d_a/2)^2 - n \cdot d_a^2/4$
d_a	：アンカー筋の呼び名 [mm]
l_e	：アンカーの有効埋め込み深さ [mm]
$s a_e$	：接合面におけるアンカー本体又はアンカー筋の断面積 [mm ²]
E_c	：既存部のコンクリートのヤング率 [N/mm ²]

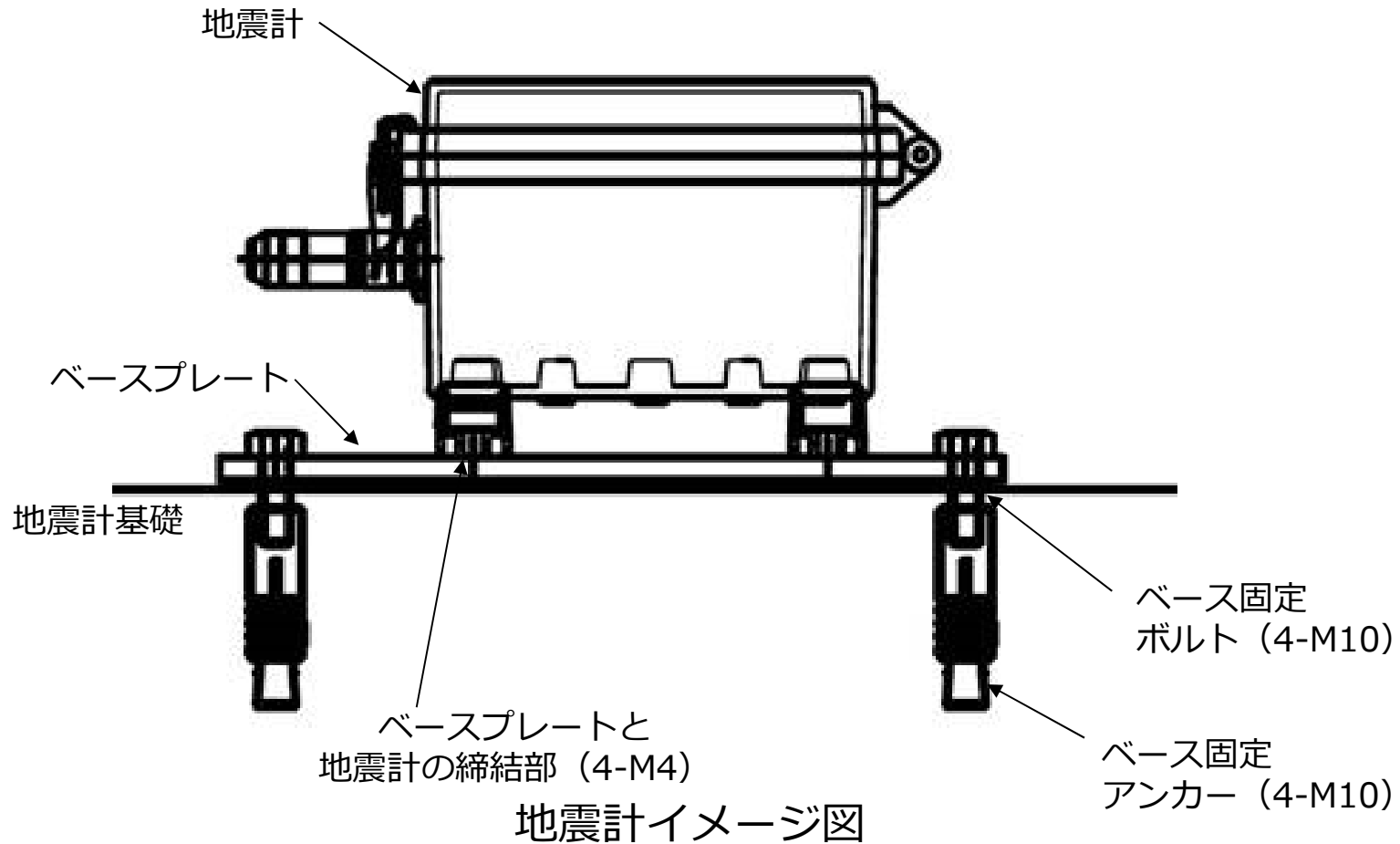
- アンカー仕様と耐力
 - 各種パラメータと値

記号	値	備考
Ta_1	20.9	$\sigma_y \cdot a_0$
Ta_2	22.1	$0.23\sigma_B^{0.5} \cdot A_c$
Ta_3	26.2	$10(\sigma_B/21)^{0.5} \cdot n \cdot d_a \cdot l_e$
Ta	20.9	$\min[Ta_1, Ta_2, Ta_3]$
Qa_1	14.6	$0.7\sigma_y \cdot s a_e$
Qa_2	24.9	$0.4(E_c \cdot \sigma_B)^{0.5} \cdot s a_e$
Qa	14.6	$\min[Qa_1, Qa_2, 294_s a_e]$
σ_y	295	JIS G 3112
a_0	71	JIS G 3112 (公称直径9.53mmより)
σ_B	30	施工実績
A_c	17593	$n \cdot (l_e + d_a/2)^2 - n \cdot d_a^2/4$
d_a	10	D10
l_e	70	基礎図
$s a_e$	71	JIS G 3112 (公称直径9.53mmより)
E_c	25719	$E=21000 \times (\gamma/23)^{1.5} \times (Fc/20)^{0.5}$ 、 ただし、 $\gamma=23$ 、 $Fc=30$

8. 地震計基礎上の機器配置

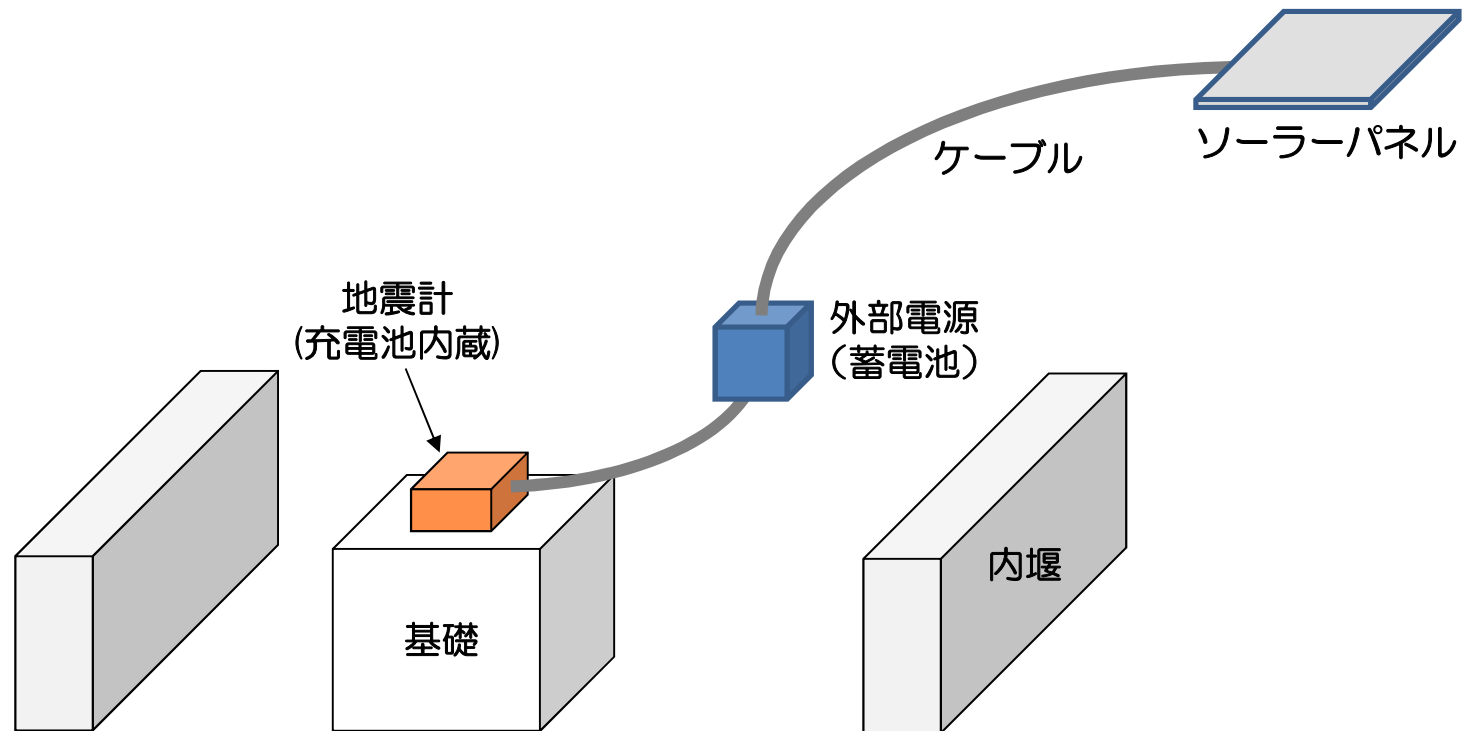
■ 地震計本体の固定方法について

- 地震計基礎上面を平滑にするため流しモルタルにて水平を出し、ベースプレート（厚さ6mm）をベース固定アンカー（M10×4本）により地震計基礎に固定する。
- 固定したベースプレート上に地震計を取り付ける（M4ねじ×4本）
- ベース固定ボルト径（M10）は地震計の取付ボルト径（M4）より大きくすることで、地震計測に影響を及ぼさない設置方法とする。



【参考】電源喪失時における地震計の機能維持について

- 地震計に内蔵されている充電電池により、約半月の期間の稼働が可能である。
- さらに、外部電源（蓄電池）により、約2ヶ月の期間の稼働が可能である。
- 2週間に一度、外部電源設備の外観確認を行う。損傷等の異常が確認された場合は、復旧までの間、地震計内蔵電池の定期交換により機能を維持する。



【参考】地震計のデータ収集方法

- 地震を検知すると、モバイル通信網を通じて測定データをクラウドサーバーに自動送信する。PC等の端末でクラウドサーバーにアクセスすることで地震情報を得ることができる。
*外部記録媒体によるデータの取出し不可
- モバイル通信網に通信障害が発生している期間においては、測定データは地震計本体メモリに順次蓄積され、障害の復旧時に蓄積データをまとめて送信する仕様となっている。
*古いデータは順次上書きされ、蓄積可能な期間は2日間程度（メーカー聞取りによる）
- 重要な地震の発生時に同通信障害が発生している場合においては、2台のうち1台の本体電源を切ることによって、データ喪失を防止する。



出典：白山工業株式会社 製品紹介ページ

※掲載しているWEB画面は全てイメージです。

9. 業務プロセスの新旧比較

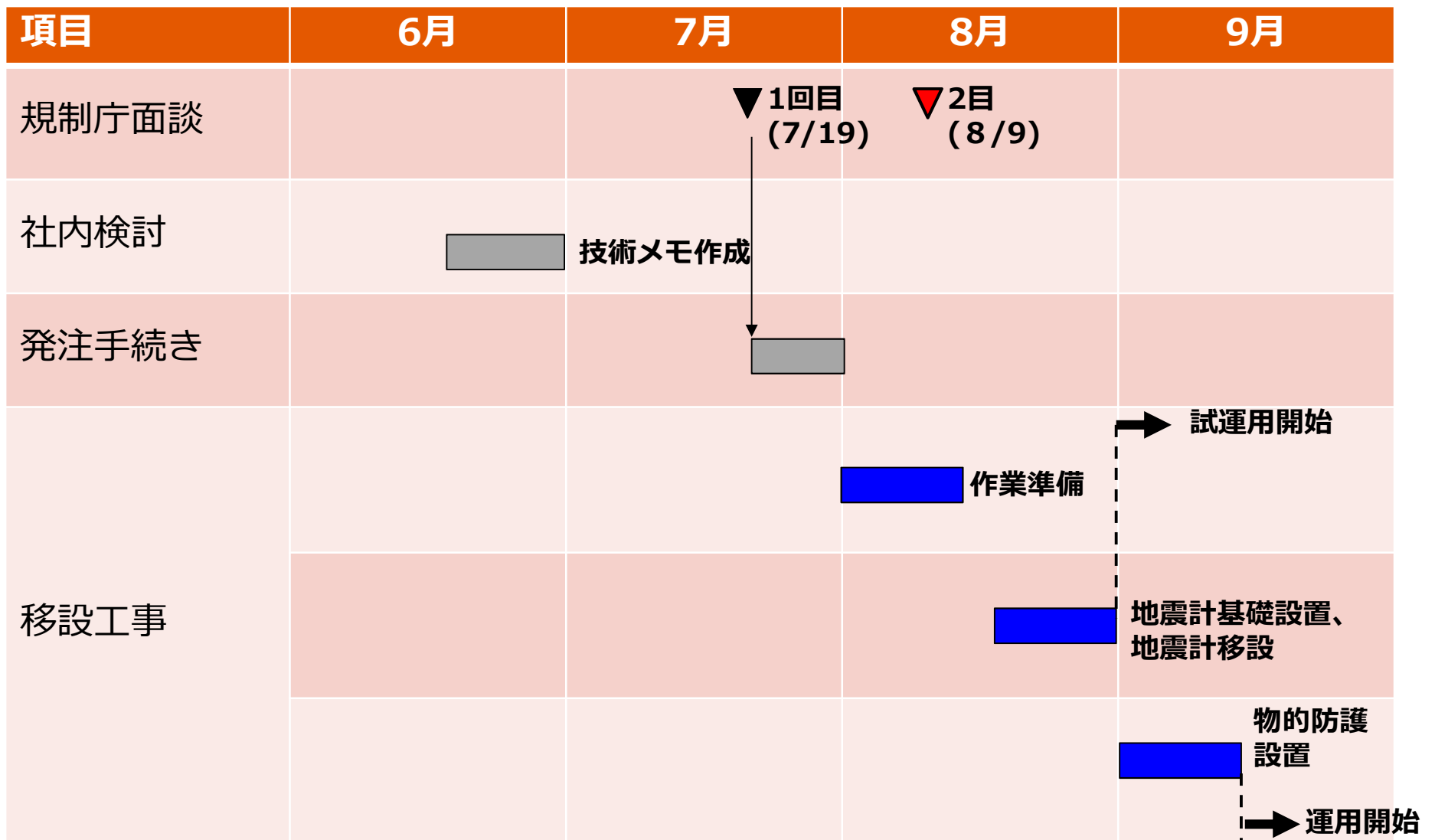
実施項目	設置済みのタンクエリア地震計	左記の移設(今回)	備考
検討開始段階 (方針検討)	タンク建設・運用PJG 設計C 処理・貯留設備技術G 保守C 貯留設備G	タンク建設・運用PJG 設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム 保守C 貯留設備G	—
設計管理	設計C 処理・貯留設備技術G	設計C 処理・貯留設備技術G	—
技術検討	—※注	設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム 保守C 貯留設備G	作成・審査・承認 審査 審査
社内方針	タンク建設・運用PJ他	設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム 保守C 貯留設備G	主 副 副 * 社内会議体にて附議・了承
仕様書作成・承認	設計C 処理・貯留設備技術G	設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム	作成・審査・承認 確認
計画・実施承認	設計C 処理・貯留設備技術G	設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム	作成・起案 協議 * 承認は職務権限による

※注：業務を進めながら適宜関係者にて実施

9. 業務プロセスの新旧比較

実施項目	設置済みの地震計	左記の移設(今回)	備考
工事監理 (施工図面)	保守C 貯留設備G	保守C 貯留設備G 設計C 処理・貯留設備技術G 設計C 耐震チーム	承認 確認 確認
工事監理 (現場作業)	保守C 貯留設備G	保守C 貯留設備G 設計C 耐震チーム	全般 据付確認検査
工事報告書	保守C 貯留設備G	保守C 貯留設備G	承認
運用開始	保守C 貯留設備G	保守C 貯留設備G 設計C 耐震チーム 保守C 建築設備保守G	設備所管箇所 データ分析・評価 設備保全箇所

10. スケジュール



注1：各エリア2台設置してある地震計の移設は各エリア1台ずつ取外・取付を行い、計測が途切れないうよう移設する。尚、地震計取外後の取付は当日中に実施する予定

注2：物的防護設置の必要性について検討中。設置しない場合は地震計移設後より運用を開始する。