

参考資料 1

F F 二重殻タンクの破損要因に関する検討報告書（抜粋）

第5章 破損要因の検討から確認された問題点

調査・分析結果及び破損要因の検討において、確認された問題点を以下のとおり示す。

5. 1 砕石基礎による工法に関する問題

破損タンク等のボーリング調査結果（標準貫入試験、埋設状況、砕石材料）、破損タンク等と立ち会いタンク等の変形量の比較結果（タンク底部の変形）及び破損タンク等と立ち会いタンク等における支持砕石・充填砕石との空隙状況（底部から充填砕石範囲までの空隙）の比較結果から、砕石基礎が平成8年10月18日付け消防危第127号「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について」（平成12年全面改正、平成17年一部改正）に示された指針どおりに施工されていないことが、破損タンク等が変形した要因の一つと考えられる。

また、有限要素法の解析において、変形状況調査結果の破損タンク変形量（30mm程度）を再現するには過酷条件（ふた・ふた支柱なし、上載荷重、N値=3）における上載荷重が2倍程度必要となることから、据付時のタンクに対して過大な荷重が負荷された可能性がある。

FF二重殻タンクを埋設する際に、砕石基礎による工法が指針どおりに施工されていない場合や据付時のタンクに対する安全管理が行われていない場合には、破損の要因となるようなタンクの変形を発生させる可能性がある。

5. 2 応力集中に関する問題

破損要因の検討において、タンクが大きく変形、特に底部が偏平したことから、内殻とスティフナー連通孔の構造不連続部分で応力が集中し、局所的な応力が内殻に発生したことにより破損に至ったものと考えられた。破損タンクは構造設計時において、構造不連続部分の応力集中については考慮されていない。タンクの変形する大きさや形状によっては、構造不連続部分において応力集中により破損する可能性がある。

5. 3 材料試験の結果から確認された問題

神奈川県破損タンクから採取した一体構造の試験片に対して材料試験を実施したところ、曲げ試験の荷重－変位線図において、荷重最大値に達する前に小さな荷重の落ち込みや荷重変位曲線の傾きが変化しているものが確認された。また、試験結果から荷重最大値や荷重変位曲線の傾きにばらつきや一部の材料強度が設計値未満であることが確認された。

材料試験では、荷重－変位線図上の荷重最大値を採用し、タンク材料強度に関する値を平均値を用いて算出しているが、荷重最大値に達する前の小さな荷重の落ち込み、荷重変位曲線の傾きの変化及びばらつきのある結果は想定しておらず、このようなことを想定していない現行の材料試験について見直す必要がある。

また、現行の材料試験の見直し結果を踏まえ、品質を確認する観点から品質管理のチェックの方法を見直す必要がある。なお、現行のチェックの方法は、製造タンクに対してF F二重殻タンクを構成する繊維強化プラスチック成形品の品質のばらつきを考慮し、タンクメーカーの協力により、全数検査を実施しているところである。

参考資料 2

タンク製造業者の現況調査

各タンク製造業者の現況に関する確認事項について

以下に示す項目に基づき、各タンク製造業者の現況について確認する。

1 応力集中に関する事項について

(1) 応力集中についての検討の有無

現行のFF二重殻タンクについて、応力が集中する部分を検討した経過と結果がありましたら提示してください。(荷重条件や応力集中する箇所等の資料)

(2) 応力集中への考え方について

応力集中について検討されていない場合、現行のFF二重殻タンクに対する応力集中に関する検討の必要性(応力集中の検討は必要がない、今後検討する必要がある等)について、考え等を提示してください。また、その考え等に関する資料を提示してください。

2 材料試験に関する現況について

(1) 試験片、試験条件等

材料試験の条件等について提示してください(別表参照)。試験片に製造タンクから切り出されたもの以外を試験片に用いている場合、製造タンクから切り出された試験片に対する比較等を行っているかについて提示してください。(※1、※2)

(2) 材料強度値の算定方法

材料試験から得られた荷重-変位(ひずみ)線図から曲げ(引張)強さや弾性率を算定するまでの過程に関する資料(荷重-変位(ひずみ)曲線図、計算式)を提示してください。(※1、※2)

(3) 荷重-変位曲線上の処理

荷重-変位(ひずみ)曲線上において、どの値を採用しているかを提示してください。特に曲線が途中で変化しているものについて提示してください。(※1、※2)

(4) 現行の試験片に関する荷重-変位(ひずみ)曲線

荷重-変位(ひずみ)曲線図について、10例程度(同一部位)提示してください。(※1、※2)

(5) 材料試験結果等の活用

型式試験時の内圧試験、外圧試験の概要と結果(変形量と応力度比の結果)の一部について提示してください。また、その結果を活用している事例(埋設後のチェックに活用している等)がありましたら提示してください。

(6) 品質管理のチェック方法

製品出荷時のチェック方法(材料試験)について、御社の考えを提示してください。(全数試験でやるべきである等)

(7) 試験片の形状特性について（曲率のある試験片）

曲率のある試験片に対して材料試験（曲げ試験、引張試験）を実施する際に、曲率の影響を考慮しているか等を提示してください。

(8) 試験片の形状特性について（板厚）

一体構造の内殻と外殻の厚みが違う試験片に対して材料試験（曲げ試験、引張試験）を実施する際に、厚みの差を考慮しているか等を提示してください。

(9) その他

成形品に対して歪み、ふくれ、亀裂、あな、気泡の巻き込み、異物の巻き込み等の確認をしているかについて提示してください。

※1 曲げ試験及び引張試験について提示してください。

※2 設計時と定期試験（品質管理）等で方法や対象部位が異なる場合、両方について提示してください。

別表 材料試験条件等

	部位（鏡部、胴部、周、軸）	備考
実施 JIS 基準		（例） JIS K○○に準拠等
試験片の製造方法		（例） 実機切り出し、同一製法で別途作製、フィラメントワインディング、ハンドレイアップ等
曲げ装置種別		（例） 3点曲げ、4点曲げ等
試験片厚さ(mm)		JIS 規格外の内容（社内基準等）で設定した数値があれば、コメントをお願いします。
試験片長さ(mm)		
試験片幅(mm)		
支点間距離(mm) 標線間距離(mm)		
試験速度(mm/min)		
試験片本数（本）		（例） 一部位につき 10本(n=10)
試験片処理等		（例） 試験片の両端に樹脂を充填幅○○mm（理由も付して）

参考資料 3

材料試験に関する検討

材料試験に関する検討

1 概要

構造設計や品質管理で実施されている材料試験について、破損要因の検討及びタンク製造業者の現況を通して、様々な問題点が確認された。材料試験方法等の整理する必要があることから、各種検討を実施し、ガイドラインに反映する。

2 検討項目等

検討項目を(1)から(6)に示す。

(1) 荷重変位曲線上における変化の確認（参考資料4参照）

破損要因の検討において、曲げ試験（3点曲げ法）を実施したところ、荷重変位曲線上の変化（荷重の落ち込み、傾きの変化）が確認された。

このことから、荷重変位曲線上の変化があった部分について、試験片の状況を確認する。

(2) 試験方法の検討（曲げ試験）（参考資料5参照）

タンク製造業者が実施している曲げ試験は試験方法（3点曲げ法(A法)、4点曲げ法(B法)）がタンク製造業者ごとに異なっていることから、試験方法による材料強度等の影響について確認する。

(3) 試験片形状の検討（引張試験）（参考資料6参照）

各タンク製造業者が引張試験に用いている試験片形状は、タイプ1B系試験片（以下「ダンベル状試験片」という。）及びタイプ3試験片（以下「短冊状試験片」という。）のものをそれぞれ用いている。このことから、試験片形状による材料強度値等の影響について確認する。

(4) 試験片寸法の検討（参考資料7参照）

タンク製造業者が材料試験に用いている試験片の寸法はJISに基づくものと異なっている。このことから、試験片寸法による材料強度値等の影響について確認する。

(5) 検知層を固定しない試験片の状況等確認（参考資料8参照）

現行における一体構造の試験片は固定をするため、検知層に一定の範囲で樹脂を充填して材料試験を実施している。検知層を固定しない場合にはどのような結果等を示すのか確認する。

(6) ばらつきの確認（参考資料9参照）

破損要因の検討において、破損タンクに対して曲げ試験（3点曲げ法）を実施したところ、試験結果にばらつきが確認された。現在、製造されているタンクについても材料強度のばらつきを確認する。

3 対象としたタンク等について

N社から提供されるタンクを試験対象とした。

各検討対象の概要を表1、タンクからの切り出し部位を図1、試験片の一部を写真1から写真12に示す。

表1 検討対象について

No.	検討項目	試験片切出方向	試験等実施場所	対象タンク
(1)	荷重変位曲線上における変化の確認	周方向 軸方向	N社	同一のタンク胴部から切り出した試験片 (出荷されているタンクと同じ使用材料及び製造方法)
(2)	試験方法の検討(曲げ試験)	周方向 軸方向	第三者機関	
(3)	試験片形状の検討(引張試験)	周方向	第三者機関	
(4)	試験片寸法の検討	周方向 軸方向	N社	
(5)	検知層を固定しない試験片の状況等確認	周方向 軸方向	N社	
(6)	ばらつきの確認	周方向 軸方向	N社	現行出荷されているタンク(10基)

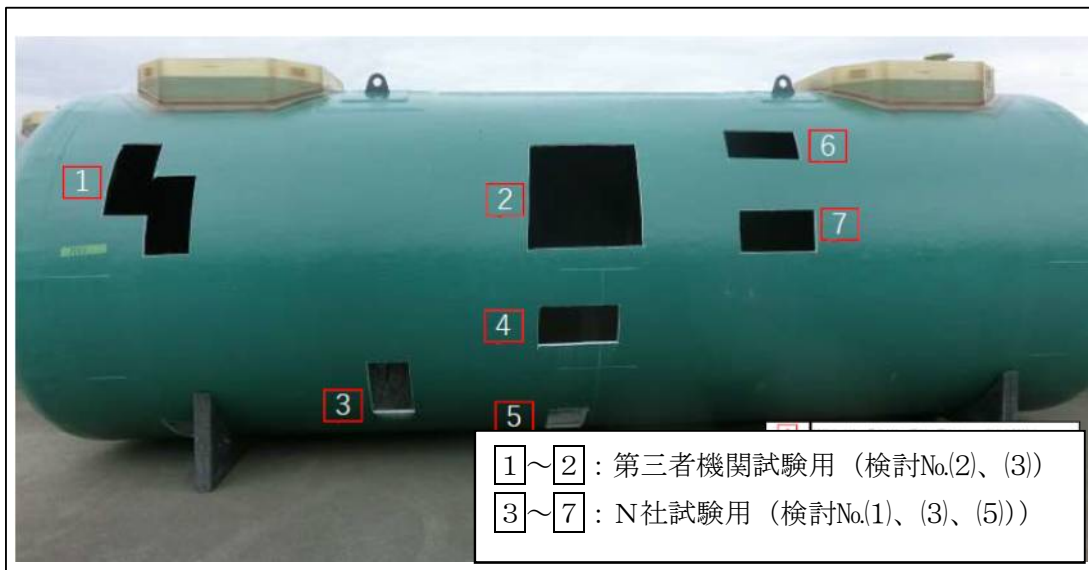


図1 タンク切り出し部位



写真 1 荷重変位曲線上における変化の確認用試験片 (周方向)



写真 2 荷重変位曲線上における変化の確認用試験片 (軸方向)

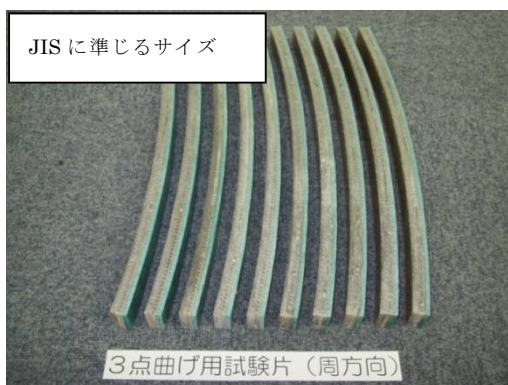


写真 3 試験方法の検討用試験片 (3点曲げ用・周方向)



写真 4 試験方法の検討用試験片 (3点曲げ用・軸方向)



写真 5 試験方法の検討用試験片 (4点曲げ用・周方向)



写真 6 試験方法の検討用試験片 (4点曲げ用・軸方向)



写真7 試験片形状の検討用試験片 (ダンベル状・周方向)



写真8 試験片形状の検討用試験片 (短冊状・周方向)



写真9 試験片寸法の検討用試験片 (現行サイズ・周方向)

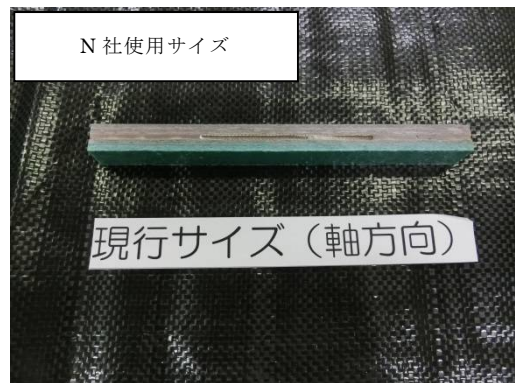


写真10 試験片寸法の検討用試験片 (現行サイズ・軸方向)



写真11 検知層を固定しない試験片の状況等確認用試験片 (周方向)

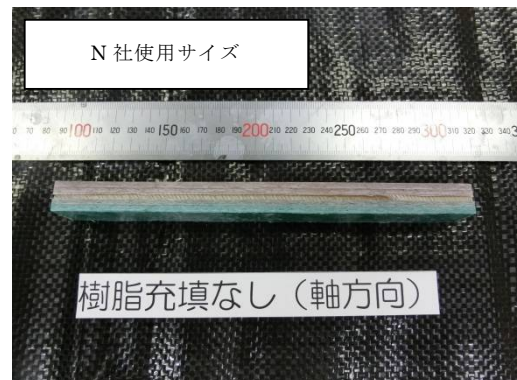


写真12 検知層を固定しない試験片の状況等確認用試験片 (軸方向)

参考資料 4

荷重変位曲線上における変化の確認

荷重変位曲線上における変化の確認について

1 検討のポイント

荷重変位曲線の変化があった部分において、き裂等の発生が確認された場合、そのピークを用いて材料強度を算出する。当該処理方法をガイドラインに示す。

2 実施内容

(1) 実施方法

N社で曲げ試験（3点曲げ法）を実施し、試験片及び荷重変位曲線の状況を記録する。荷重変位曲線が降下し、再び初期ピークを越えようとする時点で荷重を解放し、試験片について状況を確認する。

(2) 試験条件等

試験条件等の概要を表1に示す。

表1 試験条件等

項目	条件等	備考
試験片切出方向	周方向、軸方向	試験数各 n=10
試験片寸法	幅：約 30mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 450mm	JIS K 7017 に示す材料のクラスⅢに準じて設定
試験片前処理	検知層に両端から 120mm の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	荷重点に樹脂がないように設定
使用試験機	㈱今田製作所 SDW-9902 型引張圧縮試験機	
試験速度	5mm/min	タンク製造業者が現行で実施している測度で設定
支点間距離	234mm	
圧子が接する面	内殻側	

3 実施結果

各試験の荷重変位曲線図を図1から図20に示す。初期ピーク時の状況について表2及び表3に示す。

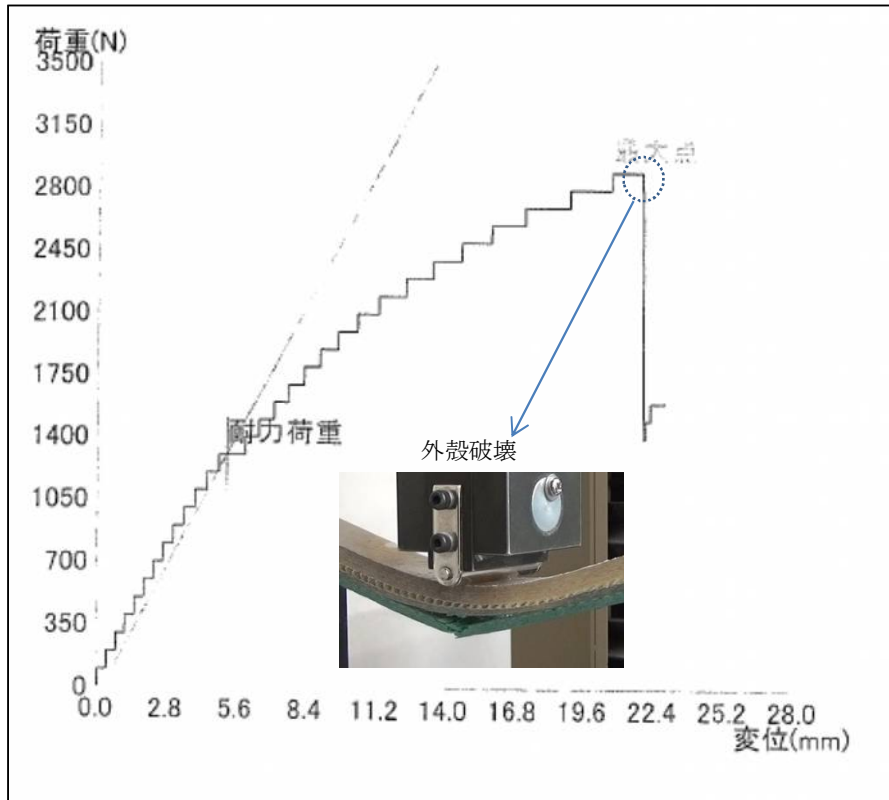


图1 周方向 ($n=1$) 荷重变位曲线图

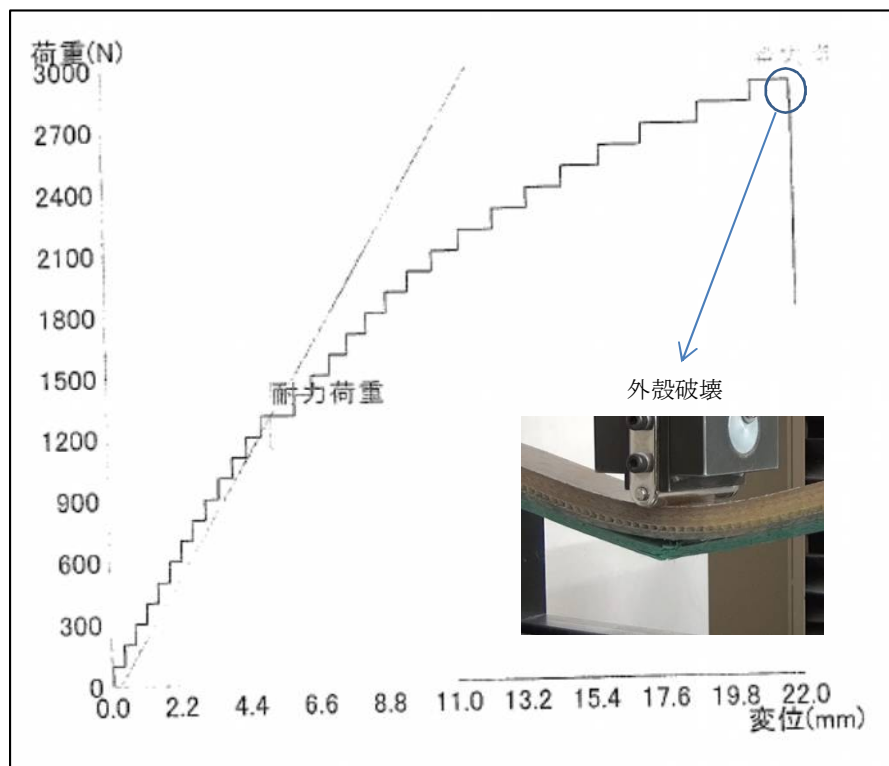


图2 周方向 ($n=2$) 荷重变位曲线图

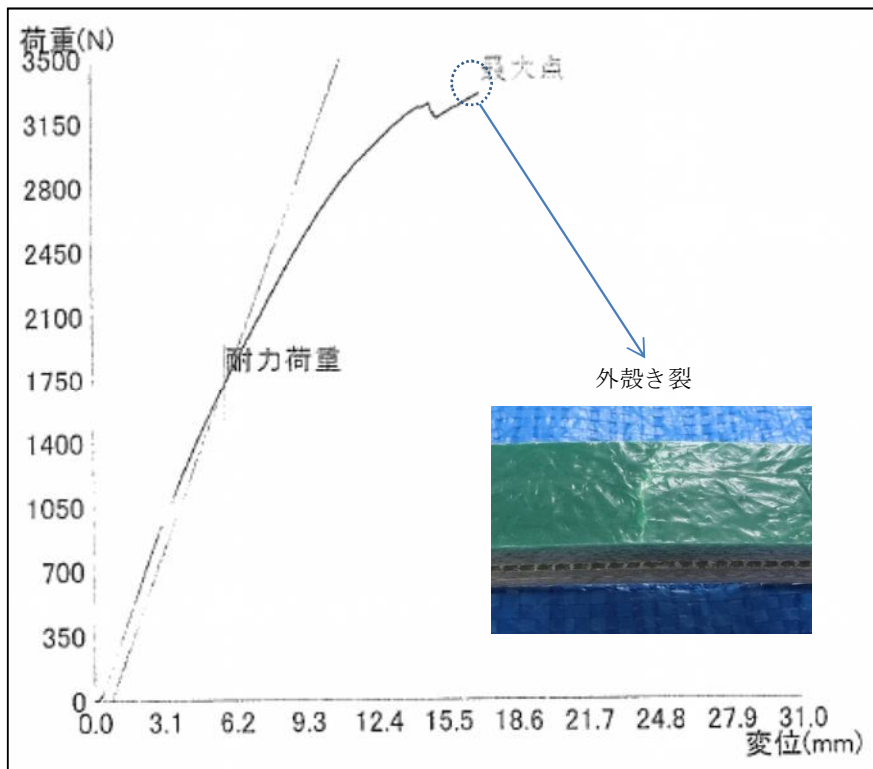


図3 周方向 (n = 3) 荷重変位曲線図

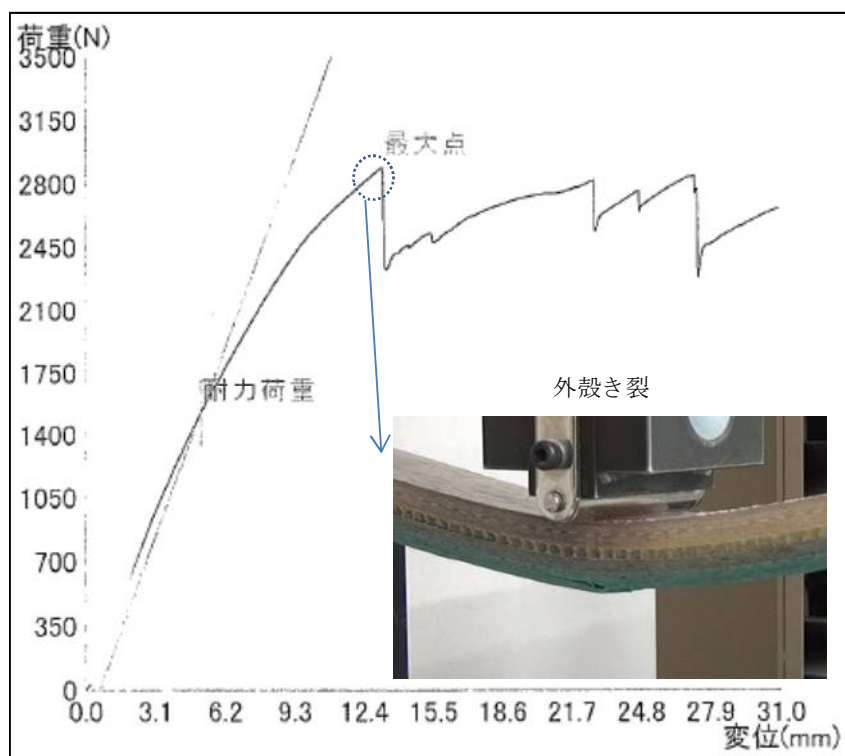


図4 周方向 (n = 4) 荷重変位曲線図

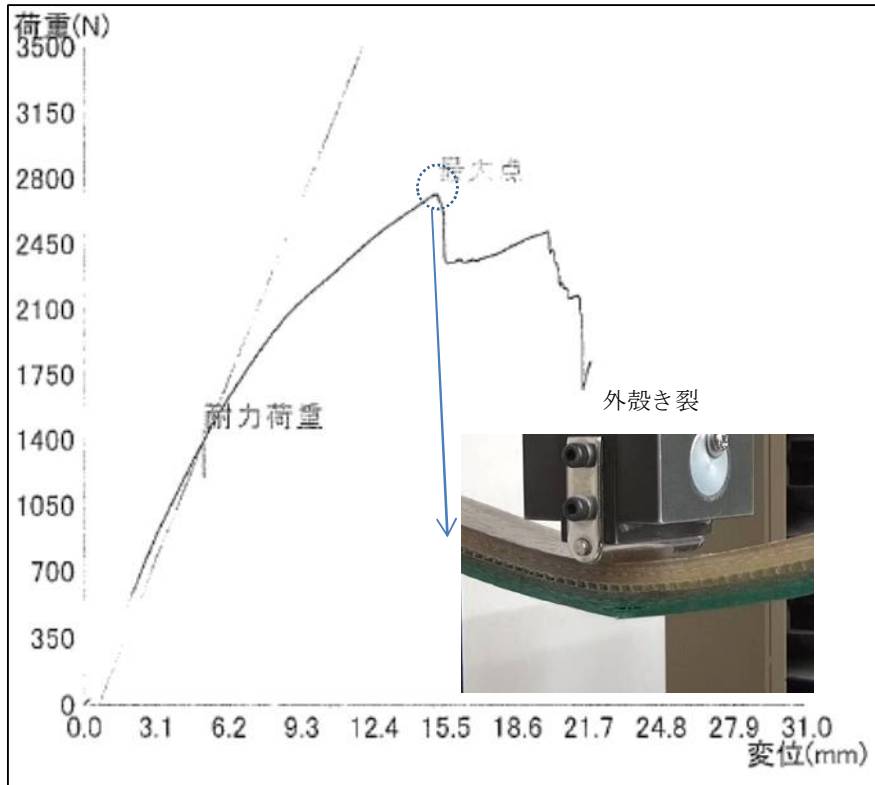


図5 周方向 ($n = 5$) 荷重変位曲線図

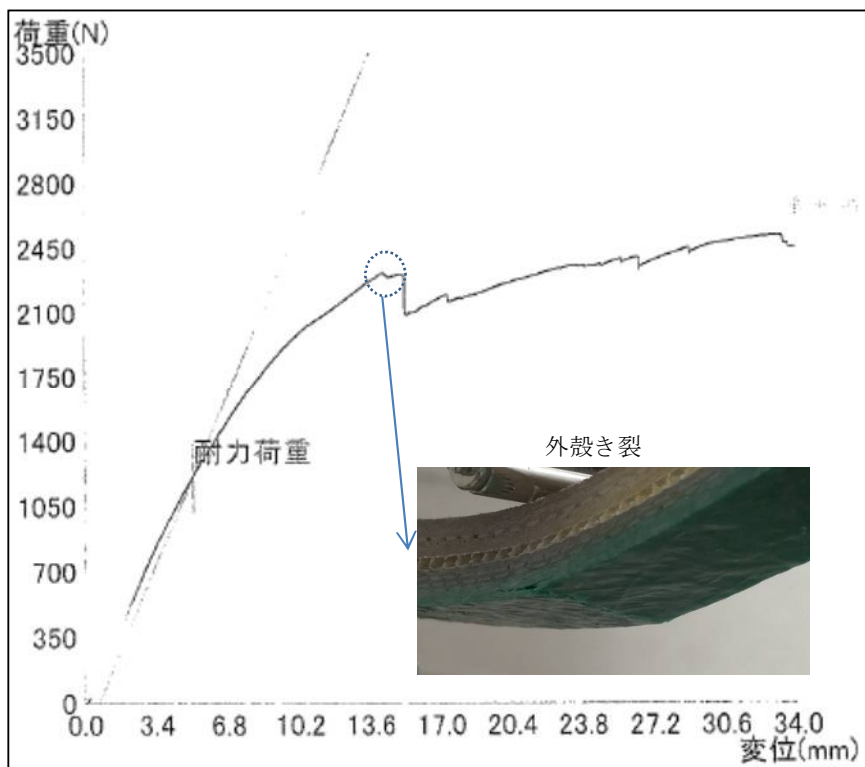


図6 周方向 ($n = 6$) 荷重変位曲線図

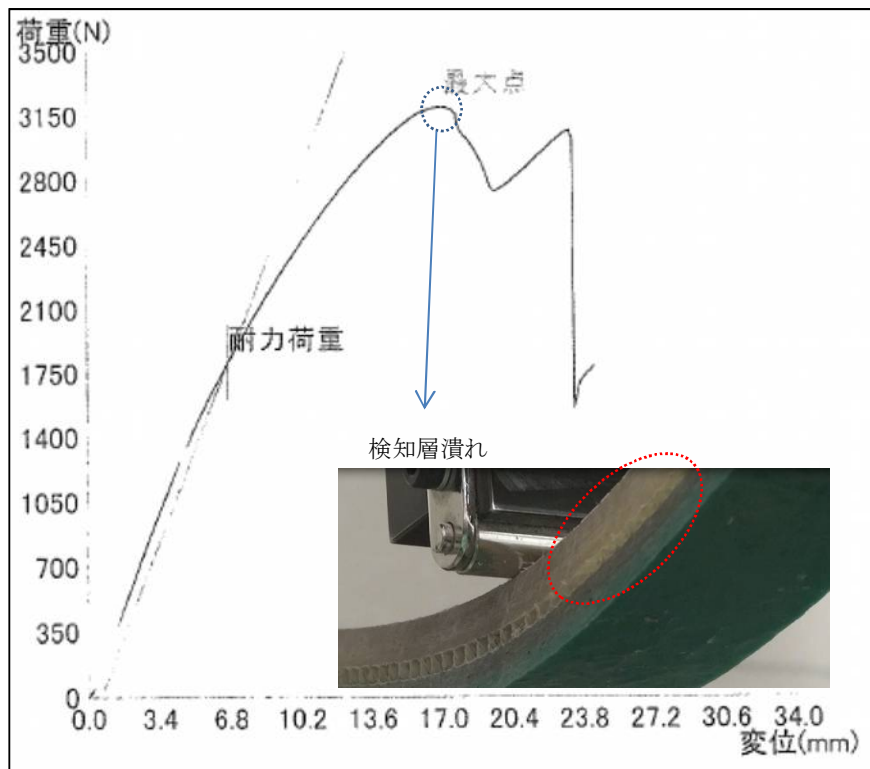


図7 周方向 (n = 7) 荷重変位曲線図

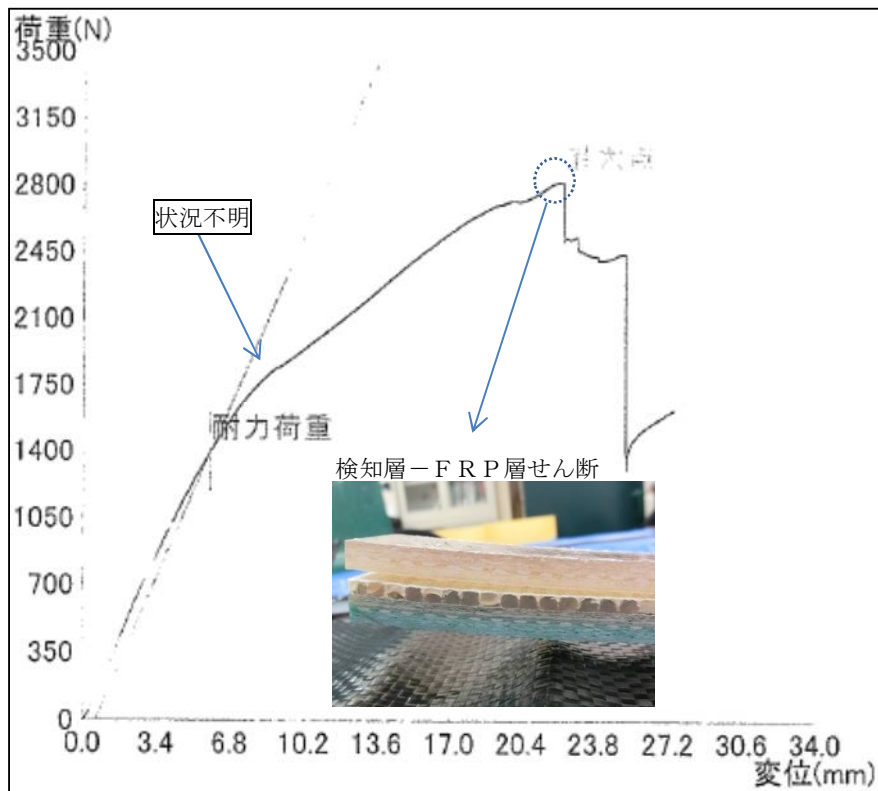


図8 周方向 (n = 8) 荷重変位曲線図

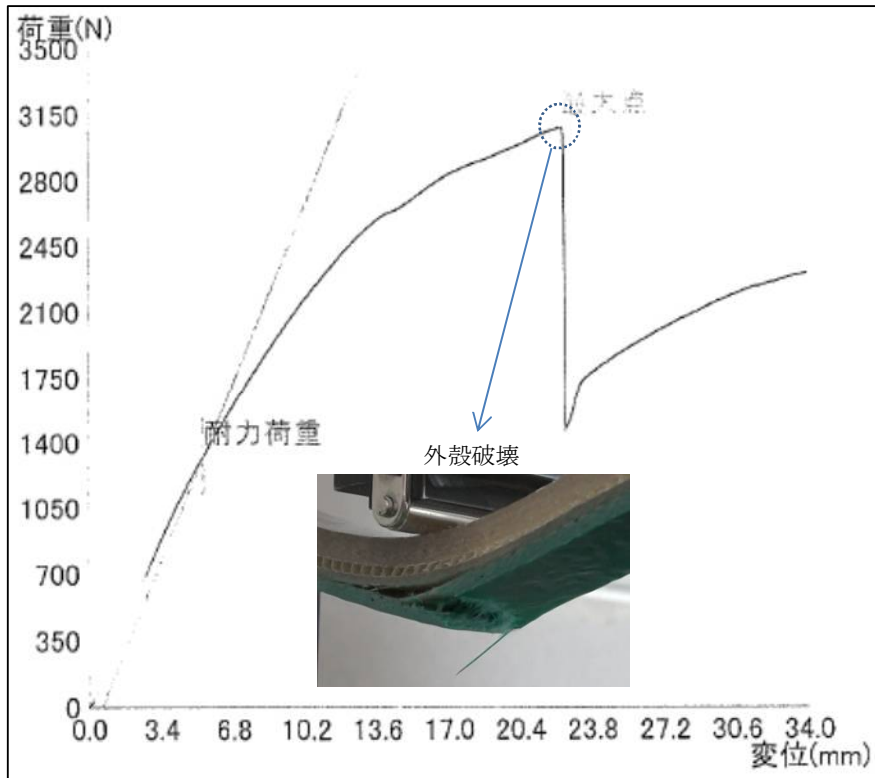


图9 周方向 (n = 9) 荷重変位曲線図

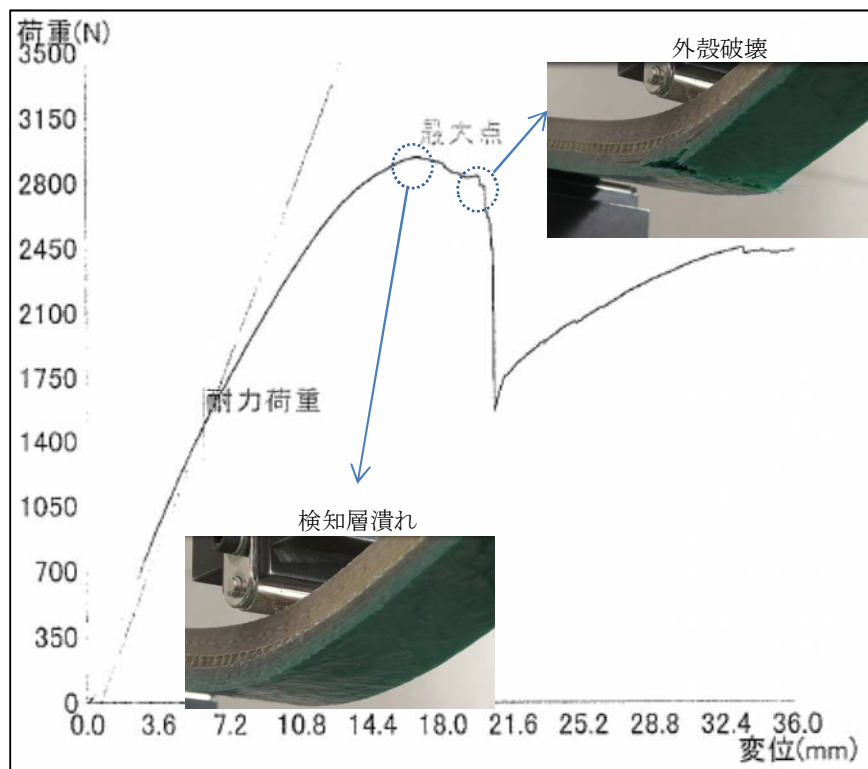


图10 周方向 (n = 10) 荷重変位曲線図

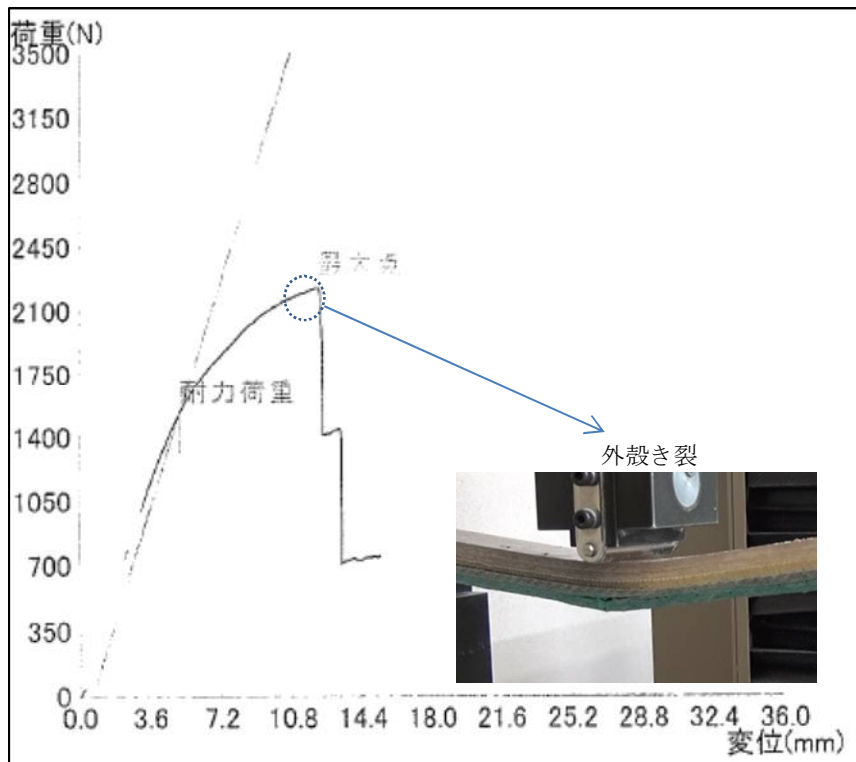


図 11 軸方向 (n = 1) 荷重変位曲線図

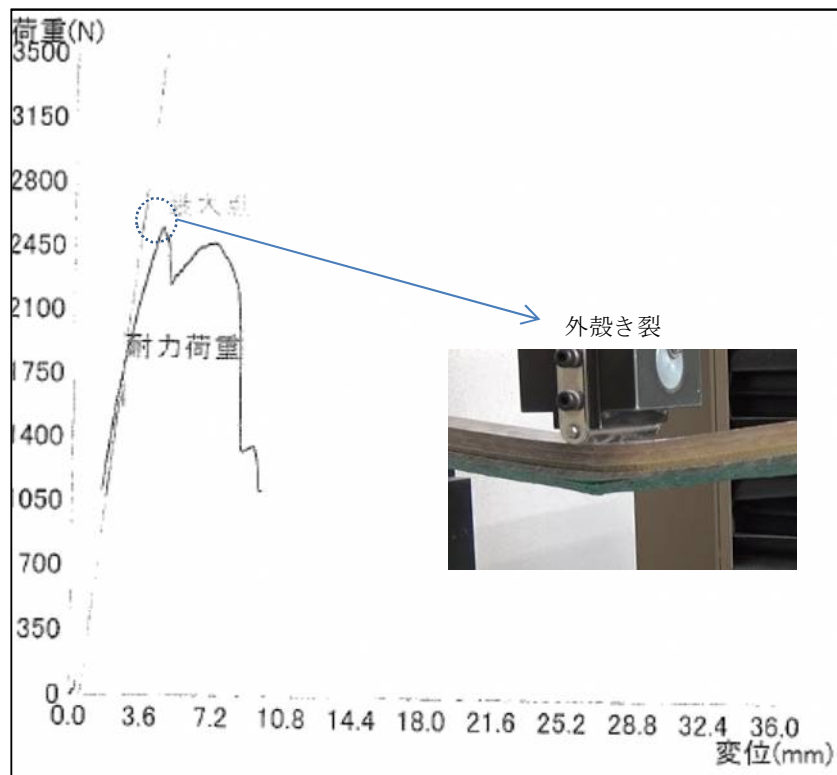


図 12 軸方向 (n = 2) 荷重変位曲線図

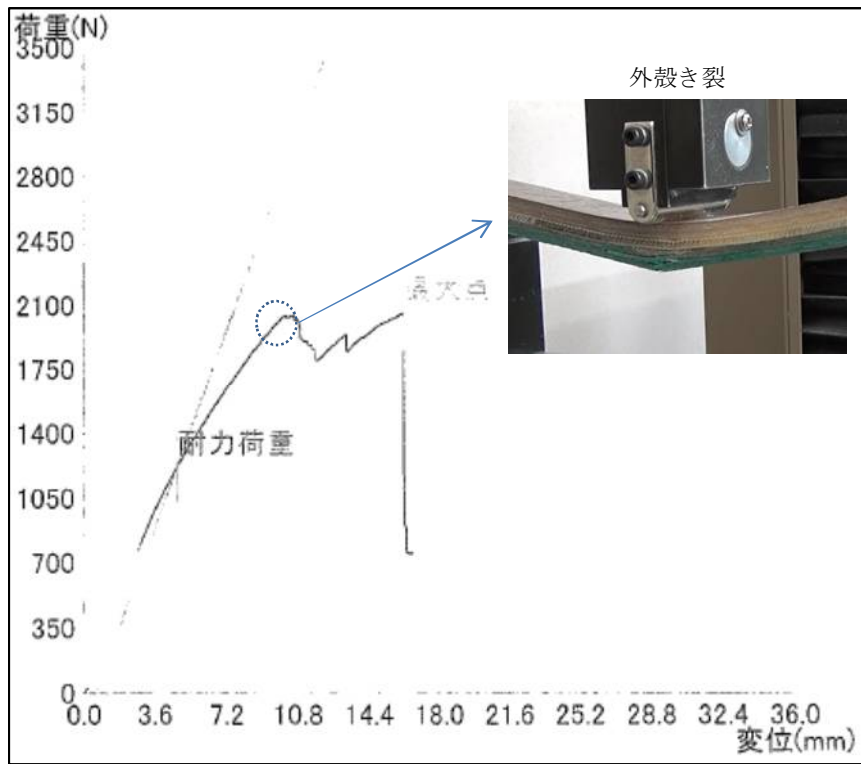


図 13 軸方向 (n = 3) 荷重変位曲線図

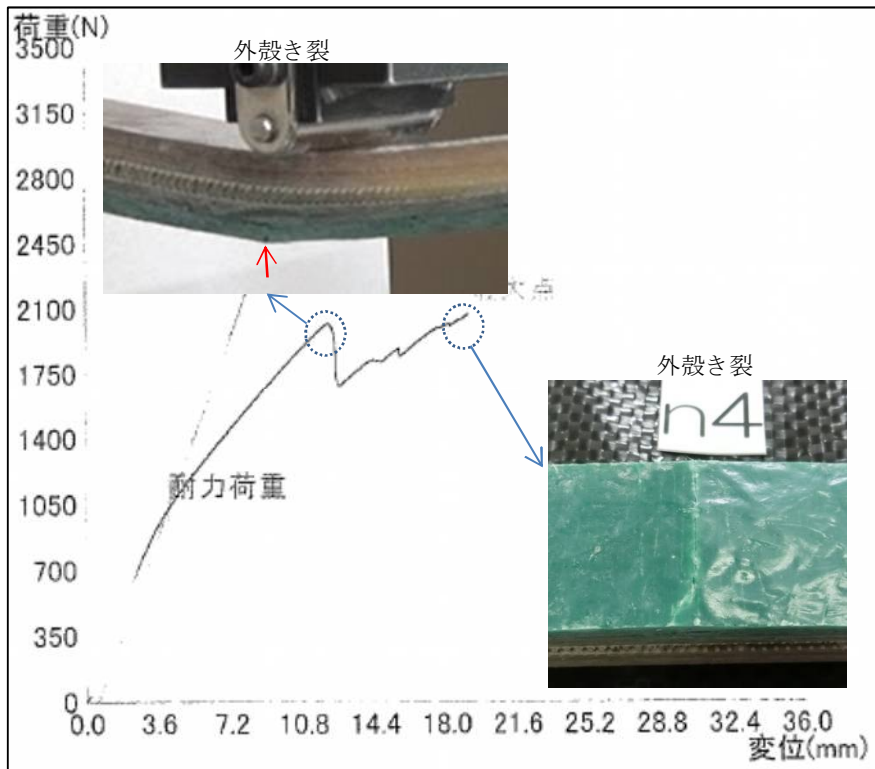


図 14 軸方向 (n = 4) 荷重変位曲線図

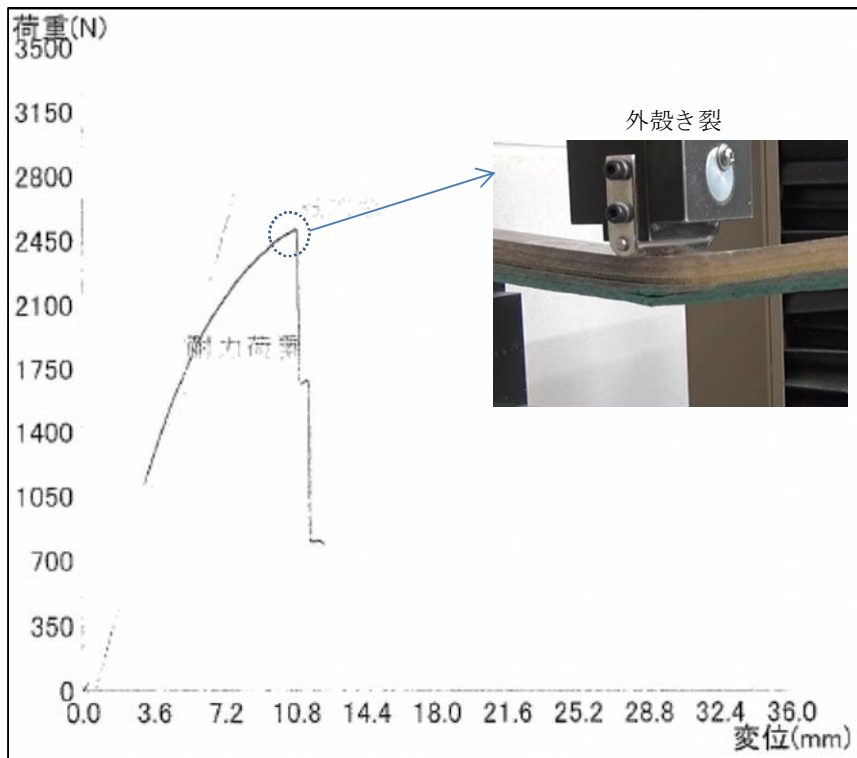


図 15 軸方向 (n = 5) 荷重変位曲線図

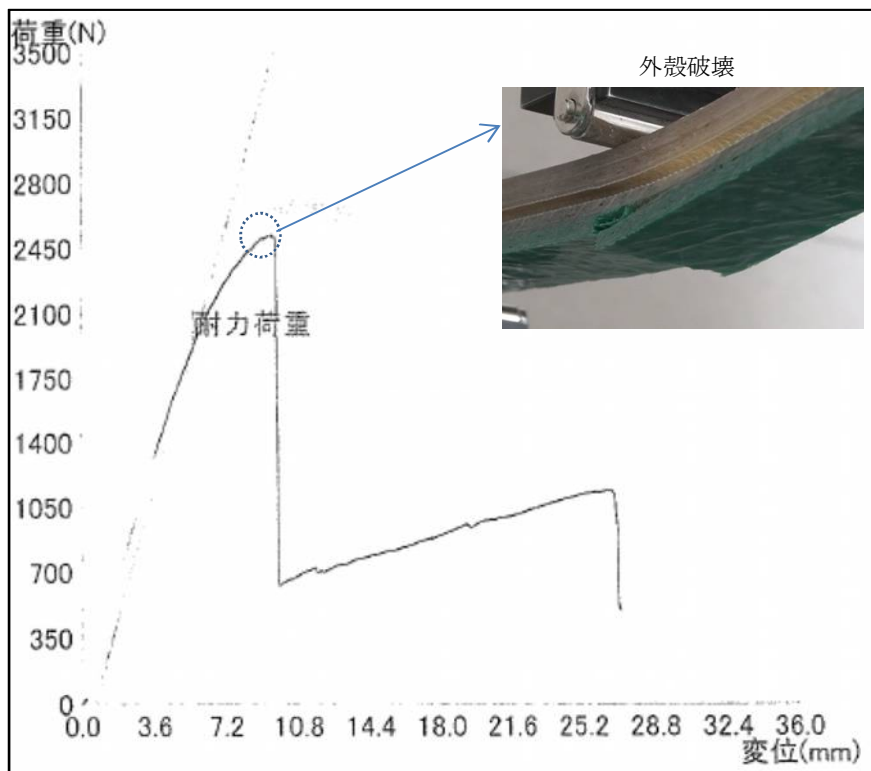


図 16 軸方向 (n = 6) 荷重変位曲線図

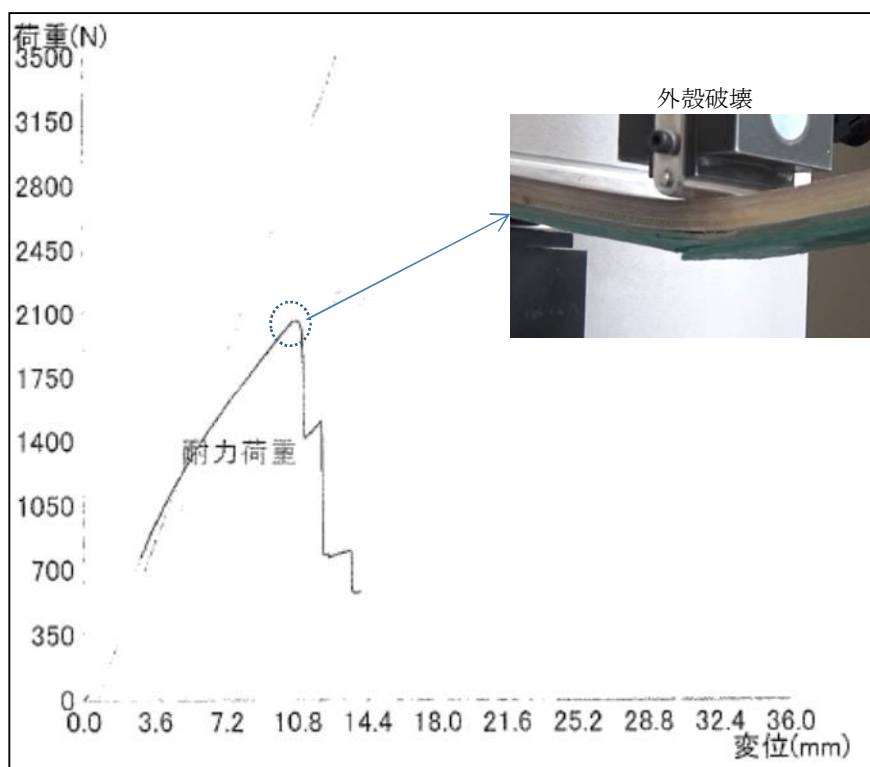


図 17 軸方向 ($n = 7$) 荷重変位曲線図

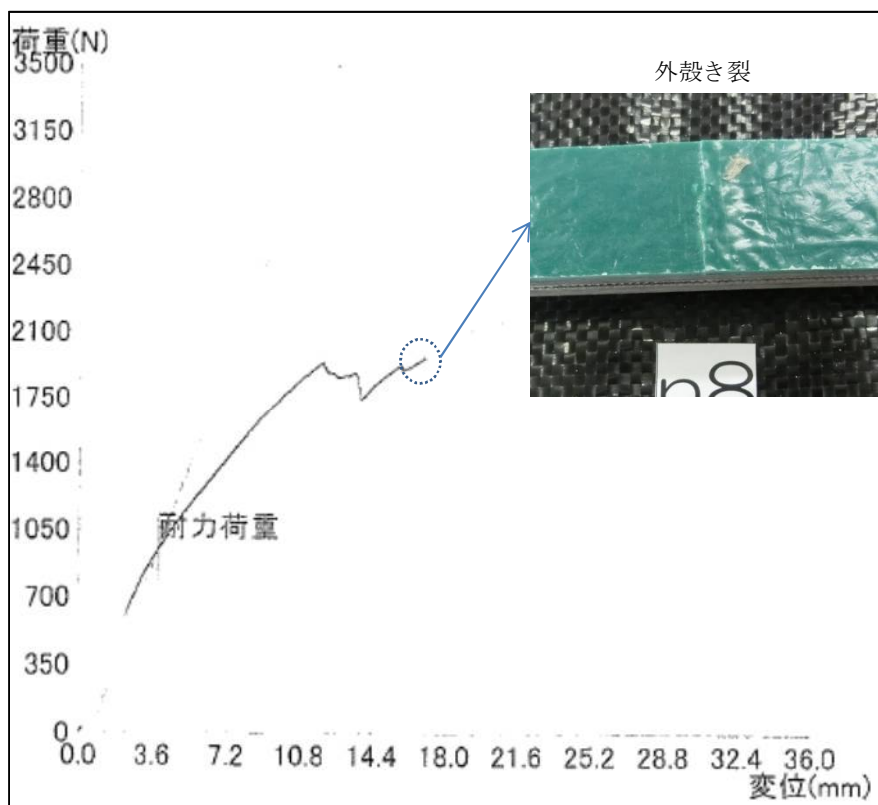


図 18 軸方向 ($n = 8$) 荷重変位曲線図

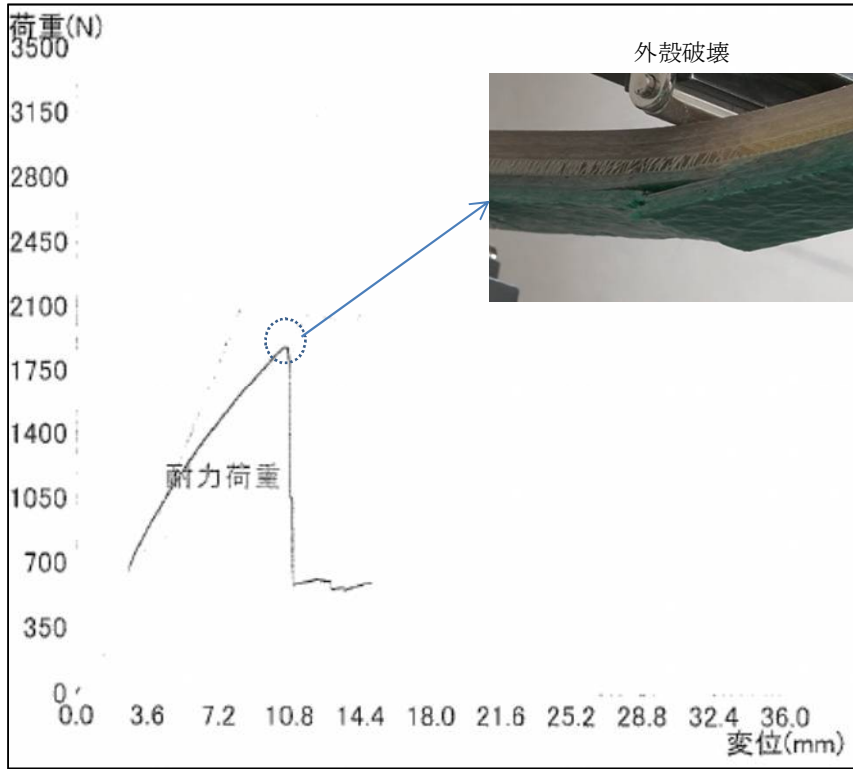


図 19 軸方向 (n = 9) 荷重変位曲線図

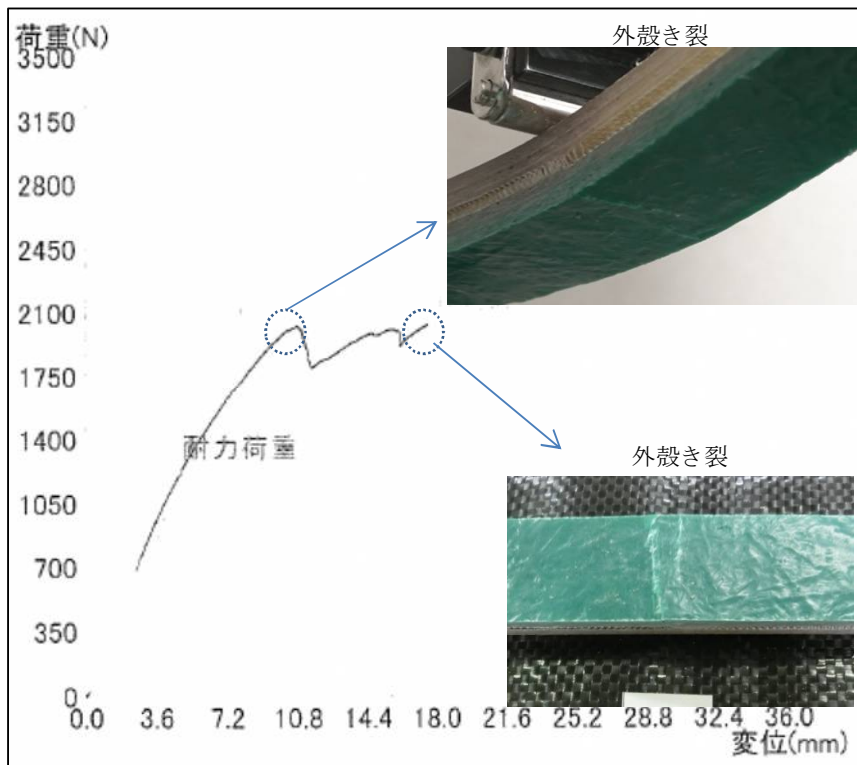


図 20 軸方向 (n = 10) 荷重変位曲線図

表2 初期ピーク時における試験片の状況（周方向）

試験数	試験片の状況			初期ピークを越える事例(き裂あり)
	外殻き裂等	検知層潰れ	層間せん断	
1	○			
2	○			
3	○			○
4	○			
5	○			
6	○			○
7		○		
8			○	
9	○			
10		○		
合計	7	2	1	2

外殻き裂等：外殻にき裂または破壊が生じる状況

層間せん断：FRP層（内殻または外殻）と検知層部分がせん断する状況

表3 初期ピーク時における試験片の状況（軸方向）

試験数	試験片の状況			初期ピークを越える事例(き裂あり)
	外殻き裂等	検知層潰れ	層間せん断	
1	○			
2	○			
3	○			
4	○			○
5	○			
6	○			
7	○			
8	○			○
9	○			
10	○			○
合計	10	0	0	3

外殻き裂等：外殻にき裂または破壊が生じる状況

層間せん断：FRP層（内殻または外殻）と検知層部分がせん断する状況

初期のピークを越えたところで試験を中止した時点の荷重変位曲線と試験片の状況の一例を図 21 及び図 22 に示す。

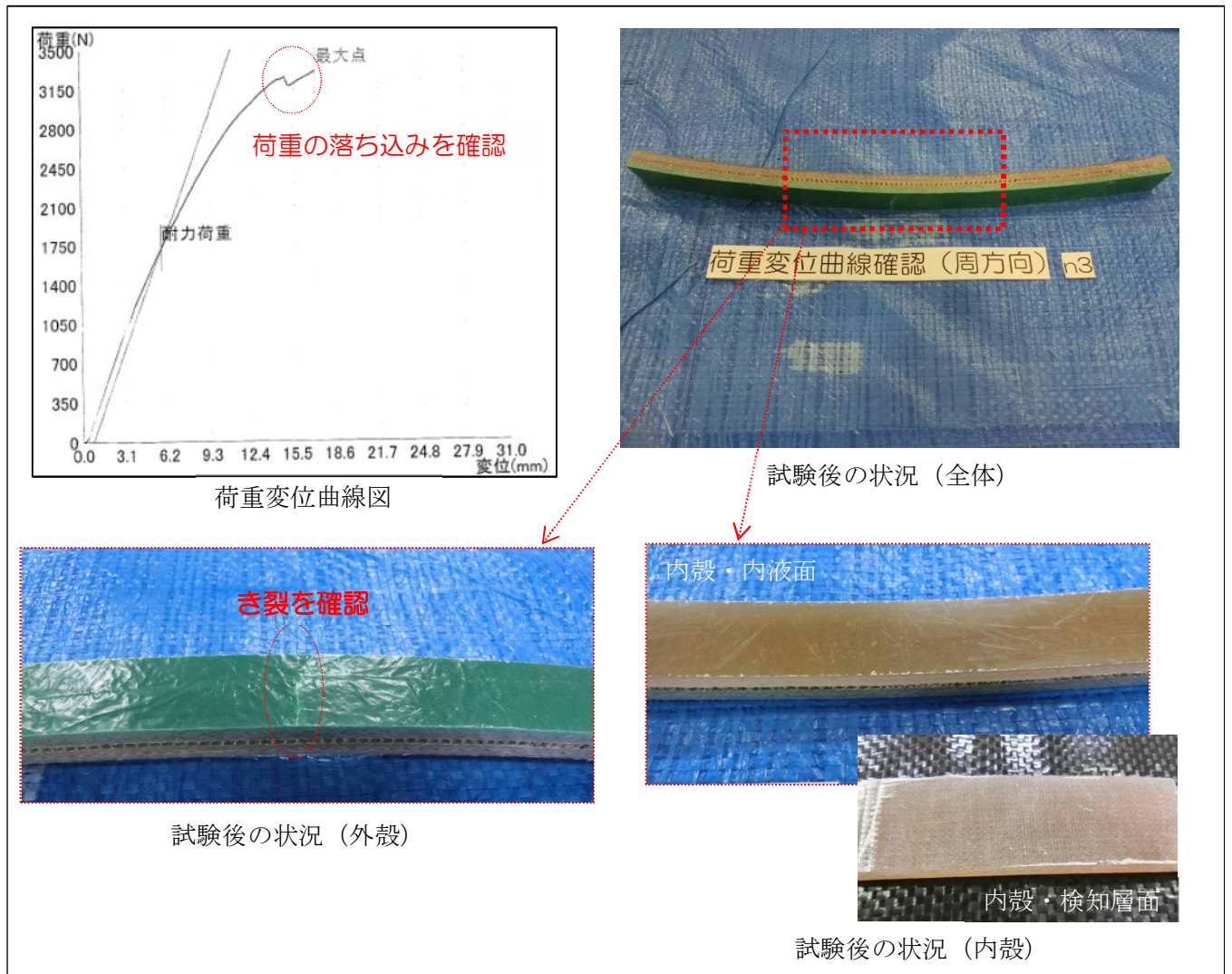


図 21 試験片状況 (周方向・n3)

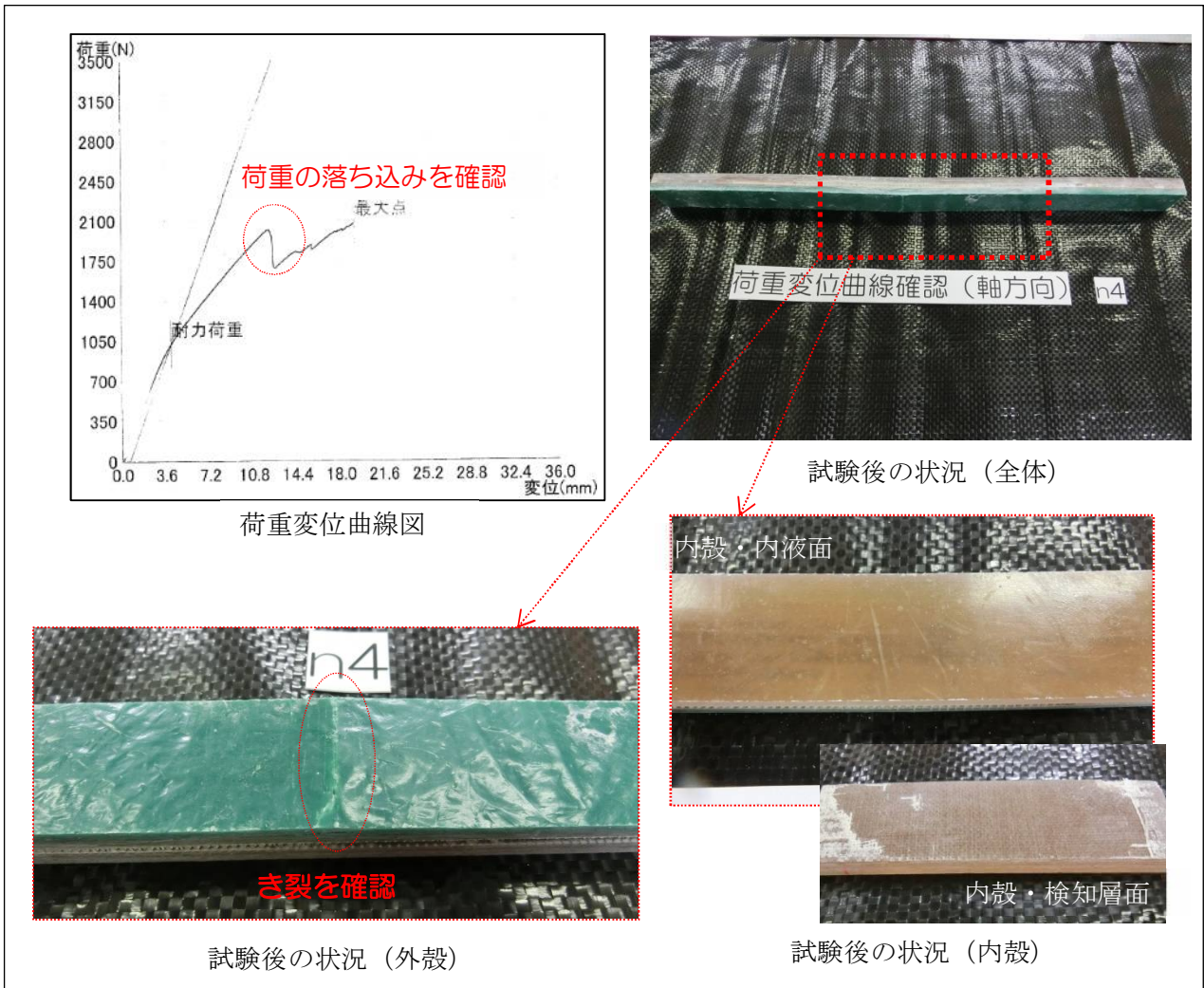


図 22 試験片の状況 (軸方向・n4)

5 まとめ

- (1) 荷重変位曲線において初期のピークを越えて上昇する事例は5事例（周方向で2事例、軸方向で3事例）確認された。荷重変位曲線が低下した時点で試験片の外殻にき裂が発生する状況が確認された。なお、内殻にき裂は確認されなかった。
- (2) 初期ピーク時に発生している試験片の状況は検知層の潰れが2事例（周方向のみ）、層間せん断が1事例（周方向のみ）を除いて、全て外殻にき裂等が発生していた。

以上のことから、材料試験において、荷重変位曲線が変化した部分では、FRP層のき裂などの通常の使用状態でない状況が生じていると考えられる。

参考資料 5

試験方法の検討（曲げ試験）

試験方法（曲げ試験）の検討について

1 検討のポイント

同形状・同寸法の試験片に対して、曲げ試験の JIS に示される 3 点曲げ及び 4 点曲げを実施し、試験方法による影響を確認する。

2 実施内容

同一タンクから切り出した試験片に対して 3 点曲げ法(A法)及び 4 点曲げ法 (B法)を実施し、曲げ強さ及び曲げ弾性率を算出する。

なお、試験は第三者機関において実施した。

(1) 試験条件等について

JIS K 7017 に準じた 3 点曲げ及び 4 点曲げを表 1 のとおり実施した。

なお、試験片の切削、調整等はN社で実施した。

表 1 試験条件等

項目	条件等	備考
試験片切出方向	周方向、軸方向	試験数 (n=10)
試験片寸法	幅：約 30mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 450mm	JIS K 7017 に示す材料のクラスⅢに準じて設定
試験片前処理	検知層に両端から 120mm の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	荷重点に樹脂がないように設定
使用試験機	㈱島津製作所製 精密万能試験機 オートグラフ AG-IS 100kN	
試験速度	5mm/min	タンク製造業者が現行で実施している測度で設定
支点間距離等	厚さ h=16mm として設定 3 点曲げ法：320mm (外部支点距離) 4 点曲げ法：360mm (外部支点距離) 120mm (内部圧子間距離)	JIS K 7017 に示す材料のクラスⅢに準じて設定
圧子が接する面	内殻側	

(2) 試験実施状況等について

試験状況等を図 1 から図 3 に示す。

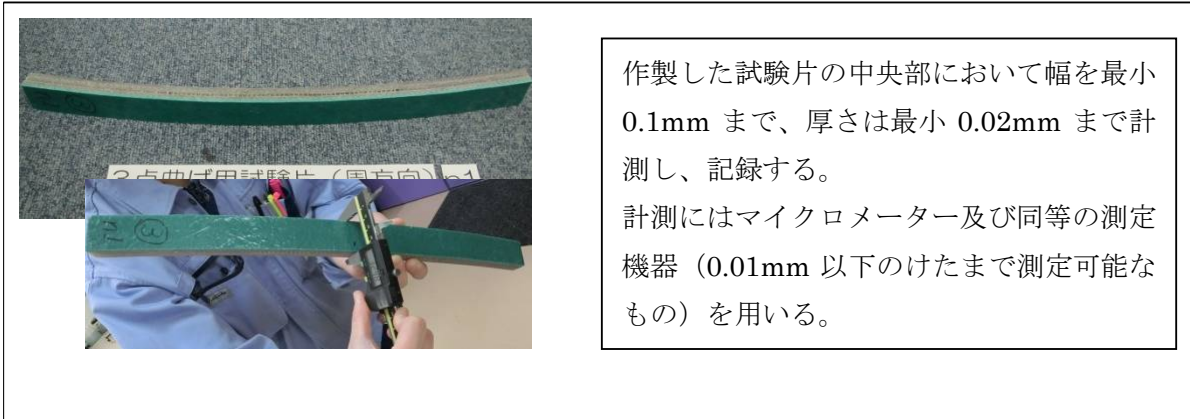


図1 試験実施前 (試験片) 状況

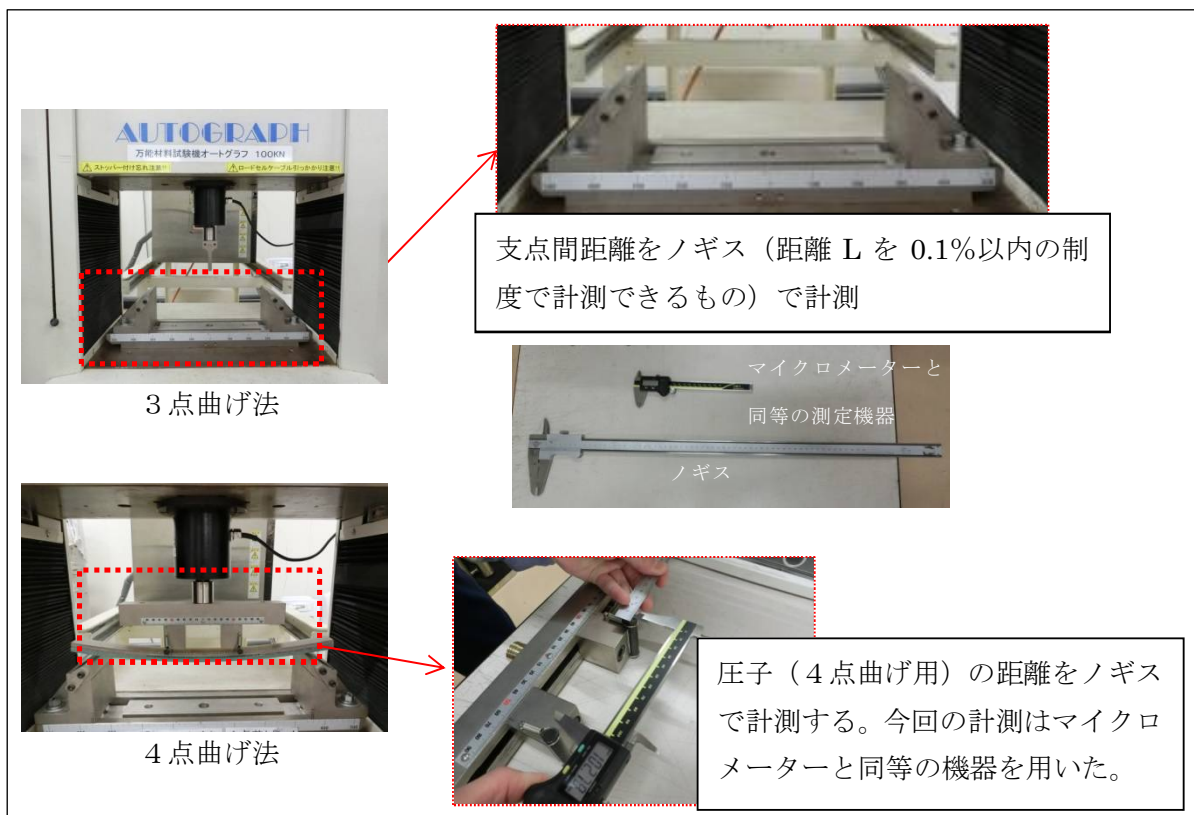


図2 試験実施前 (試験機) 状況

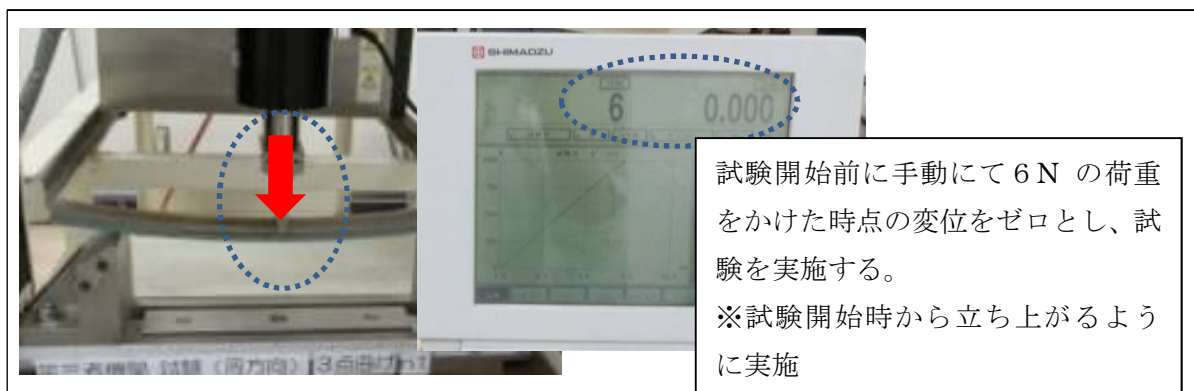


図3 試験実施時の状況

3 実施結果

(1) 試験結果について

試験結果を表 2 及び表 3 に示す。荷重変位曲線を図 4 から図 7 に示す。

表 2 試験結果比較(周方向)

試料	曲げ強さ (MPa)		曲げ弾性率 (GPa)	
	3点曲げ	4点曲げ(参考値※)	3点曲げ	4点曲げ(参考値※)
n 1	131	133	8.50	11.7
n 2	139	139	9.70	12.7
n 3	145	181	9.53	12.7
n 4	128	125	9.36	12.6
n 5	141	173	9.69	12.1
n 6	151	168	9.58	13.1
n 7	151	155	9.01	11.6
n 8	148	161	9.12	12.6
n 9	147	187	9.06	12.5
n 10	142	129	9.88	12.0
平均値	142	155	9.34	12.4

※ 詳細は「(2) 試験状況等について」を参照

表 3 試験結果比較(軸方向)

試料	曲げ強さ (MPa)		曲げ弾性率 (GPa)	
	3点曲げ	4点曲げ	3点曲げ	4点曲げ
n 1	119	113	9.85	11.6
n 2	103	99.8	9.16	10.7
n 3	108	108	9.53	11.3
n 4	92.9※	105	8.36	11.1
n 5	102	114	9.37	11.6
n 6	97.9	110	8.28	10.6
n 7	101※	104※	9.32	11.1
n 8	101	108※	8.40	11.6
n 9	98.9	116	9.30	12.0
n 10	102	114	9.18	11.2
平均値	102.6	109.2	9.08	11.3

※初期ピーク後に最大点を示す試料については初期のピークを採用

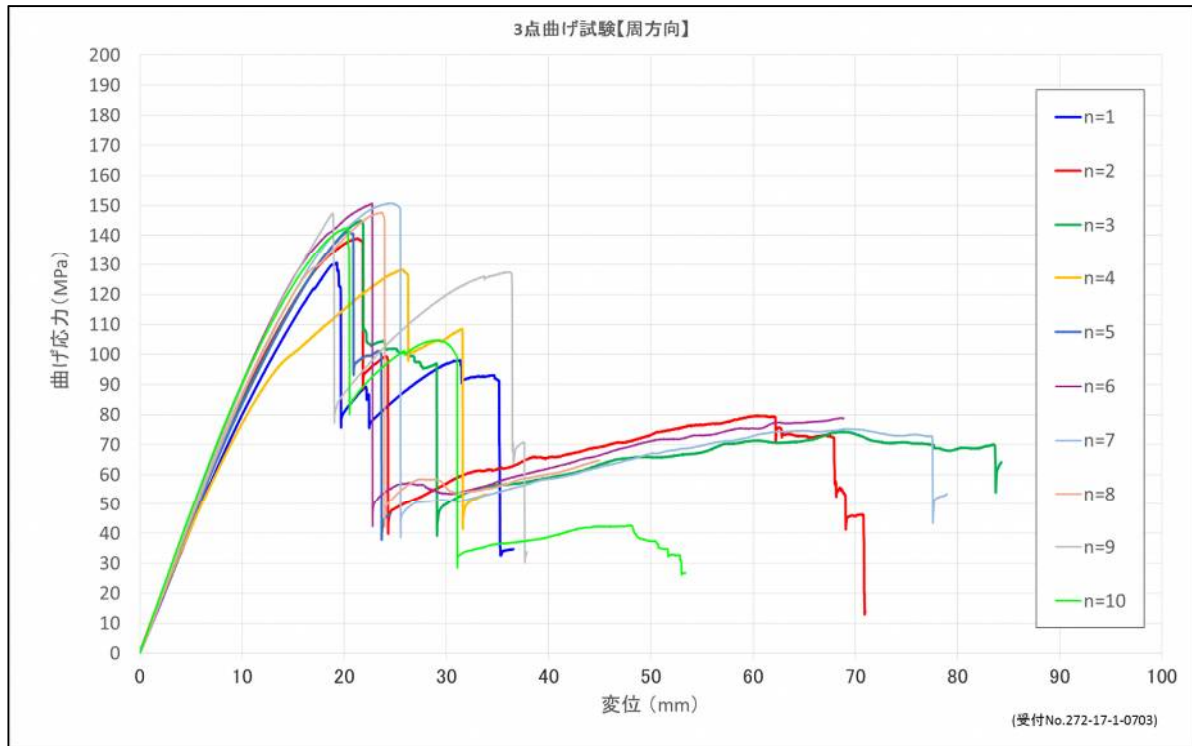


図4 3点曲げ（周方向）荷重変位曲線

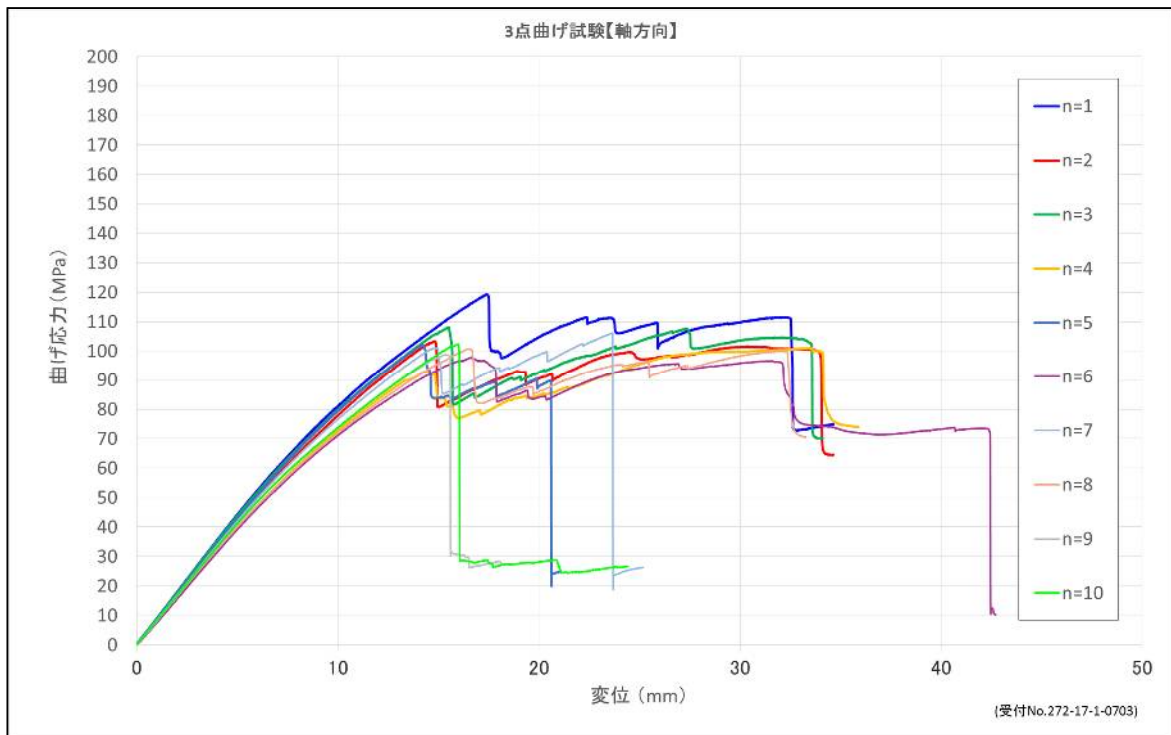


図5 3点曲げ（軸方向）荷重変位曲線

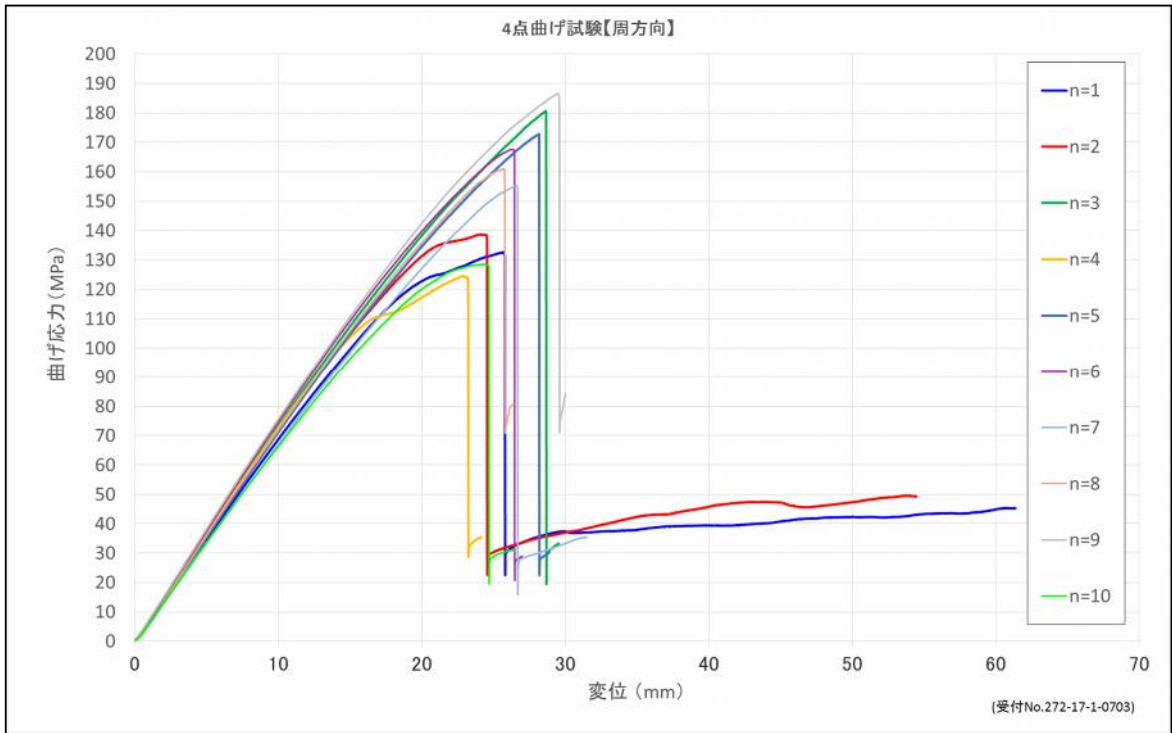


図6 4点曲げ（周方向）荷重変位曲線

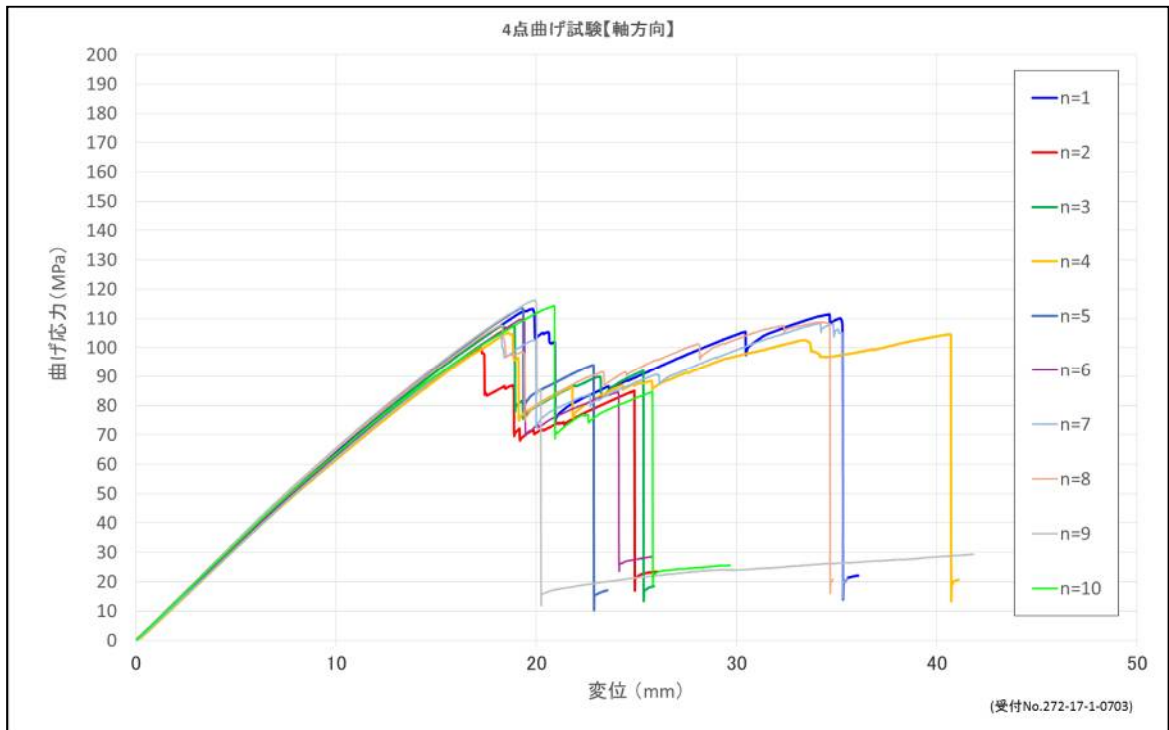


図7 4点曲げ（軸方向）荷重変位曲線

(2) 試験状況等について

4点曲げ法（B法）により周方向の試験片に対する曲げ試験を実施したところ、以下の状況が確認された。

- ・ n 1 及び n 2 について試験を実施したところ、検知層と FRP 層が剥離し、荷重変位曲線のピークを示した。その後、内殻または外殻にき裂等が確認できないため、試験を継続したが圧子を固定している部分が試験片に接触するおそれがあったため、試験を途中で中止した。（写真 1 及び写真 2 参照）
- ・ その他の試験については n 1 及び n 2 の結果を踏まえて検知層と FRP 層が剥離して荷重変位曲線のピークを確認した時点で試験を終了している。

なお、外殻の破壊が確認されたものは 10 試験中で 2 回であった。（表 4 参照）



写真 1 検知層と FRP 層の剥離状況



写真 2 試験中止時の状況

表 4 4点曲げ法・周方向試験片状況について

試験数	試験片状況
n 1	検知層と FRP 層が剥離 → 圧子固定部が接触するおそれがあるため試験を中止
n 2	検知層と FRP 層が剥離 → 圧子固定部が接触するおそれがあるため試験を中止
n 3	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了
n 4	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了
n 5	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了
n 6	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了
n 7	検知層と FRP 層が剥離と同時に外殻が破壊
n 8	検知層と FRP 層が剥離と同時に外殻が破壊
n 9	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了
n 10	検知層と FRP 層が剥離 → FRP 層にき裂は確認できず試験終了

4 まとめ

- (1) 曲げ強さ、曲げ弾性率の平均値は3点曲げ法（A法）が低いことが確認された。
- (2) 4点曲げでは試験を中止せざるを得ない状況やFRP層にき裂が発生するに至らない状況が周方向では10試験中で8事例が確認された。

参考資料 6

試験片形状の検討（引張試験）

試験片形状（引張試験）の検討について

1 検討のポイント

ダンベル状及び短冊状の試験片を用いて引張試験を実施し、試験形状による影響を確認する。

2 実施内容

JIS K 7164 に基づく引張試験をダンベル状試験片（B形）及び短冊状試験片を用いて実施し、引張強さ、引張弾性率及びポアソン比を算出する。

試験片の切削、調整等は第三者機関において実施する。

(1) 試験条件等について

試験条件等を表 1 に示す。

表 1 試験条件等

試験条件等	試験片形状	
	ダンベル状試験片 (タイプ 1 B 系 (B 形))	短冊状試験片 (タイプ 3)
試験片切出方向	周方向	周方向
試験片形状	幅 (標線部) : 約 25mm 幅 (掴み部) : 約 45mm 厚さ : 約 16mm 長さ : 約 300mm	幅 : 約 25mm 厚さ : 約 16mm 長さ : 約 300mm
試験片前処理	検知層に両端から 30mm 程度の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	
使用試験機	(株)島津製作所製 万能試験機 UH-1000kNI	
試験速度	2mm/min	

(2) 試験状況等について

試験状況等を図 1 及び図 2 に示す。

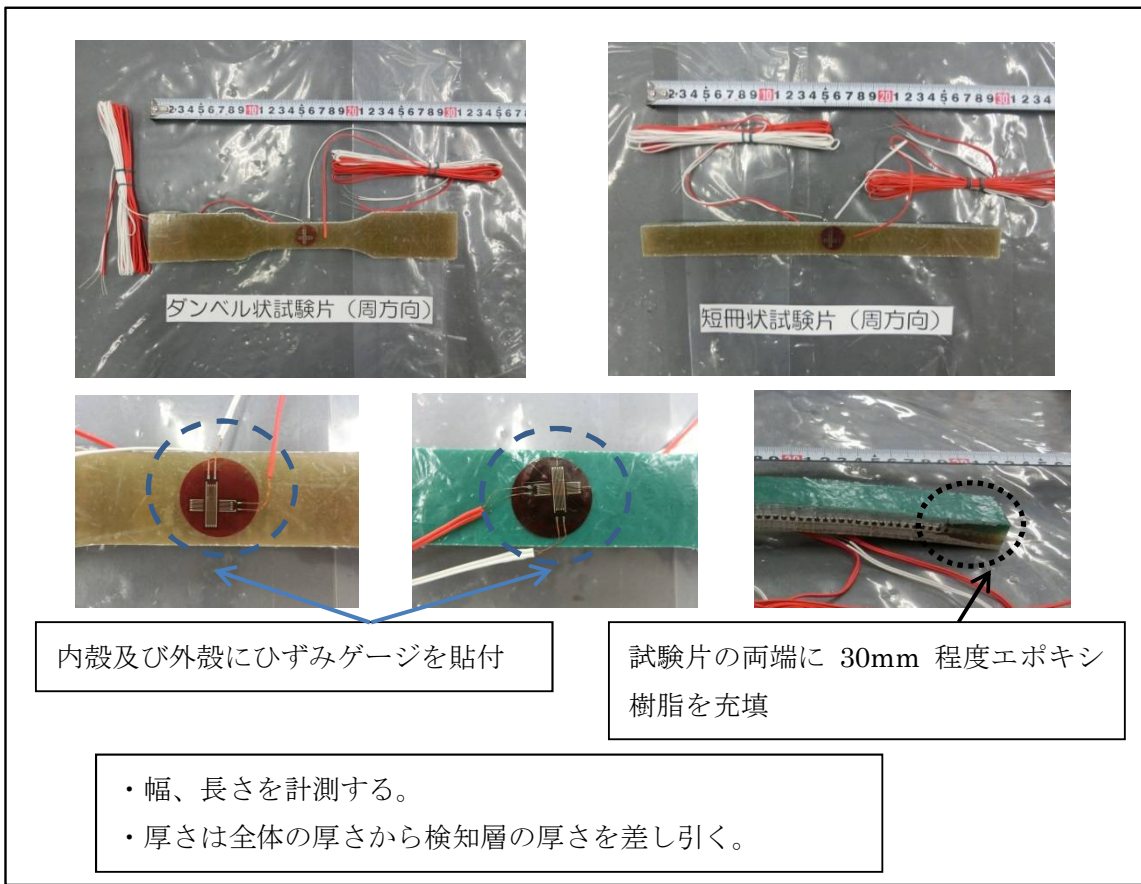


図 1 試験片準備状況

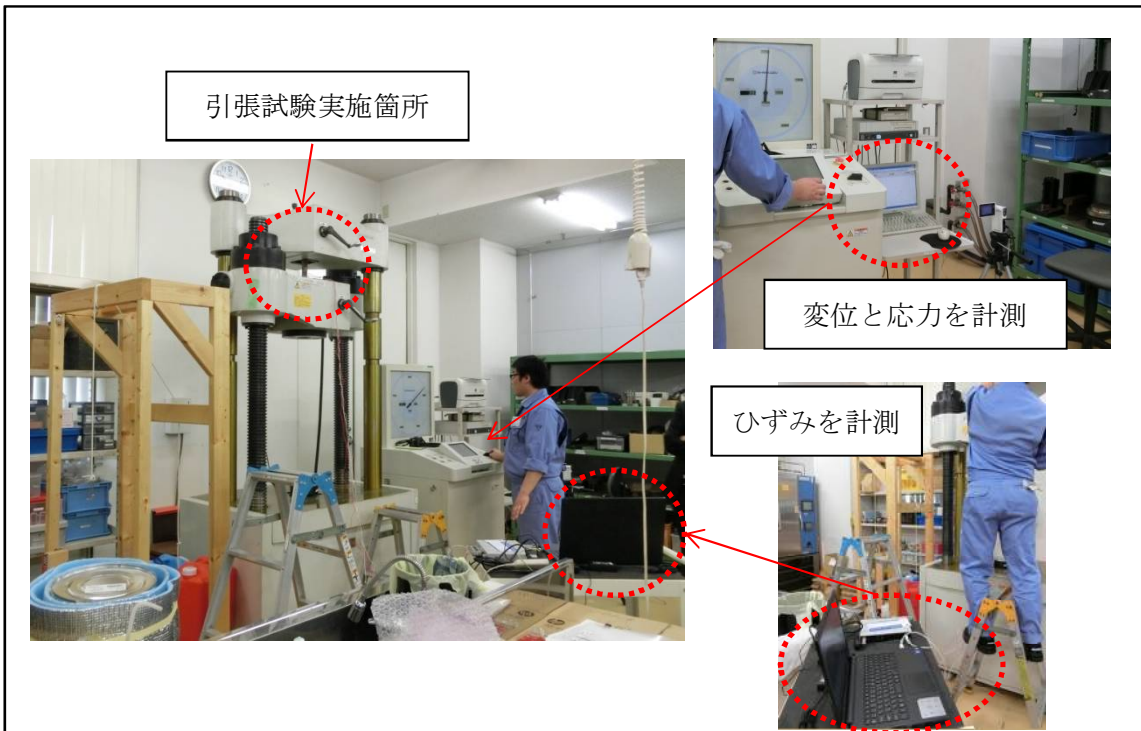


図 2 試験機設定状況

3 実施結果

引張強さを算出した結果を表2、応力-ストローク線図を図3及び図4に示す。
また、参考として短冊状の軸方向で実施した応力-ストローク線図を図5に示す。

表2 引張強さ結果

試験数	引張強さ(MPa)	
	ダンベル状	短冊状
n 1	123.0	124.3
n 2	130.4	122.7
n 3	132.7※2	84.87
n 4	113.2※1	101.1
n 5	142.1	118.3
n 6	128.1	112.7
n 7	125.2	125.1
n 8	140.2	96.61
n 9	136.2	116.7
n 10	138.5	120.0
平均値	131.0	112.2

※1 初期ピーク後に最大点を示す試料については初期ピークを採用

※2 1度目が掴み部で滑ったため、再試験を実施したもの

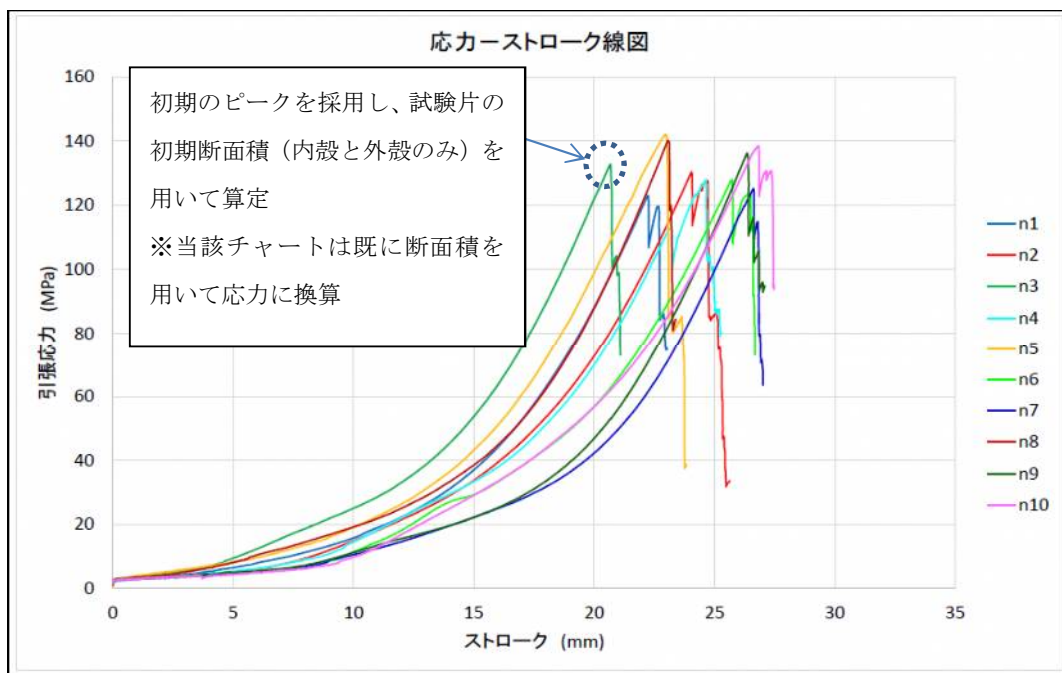


図3 応力-ストローク線図 (ダンベル状・周方向)

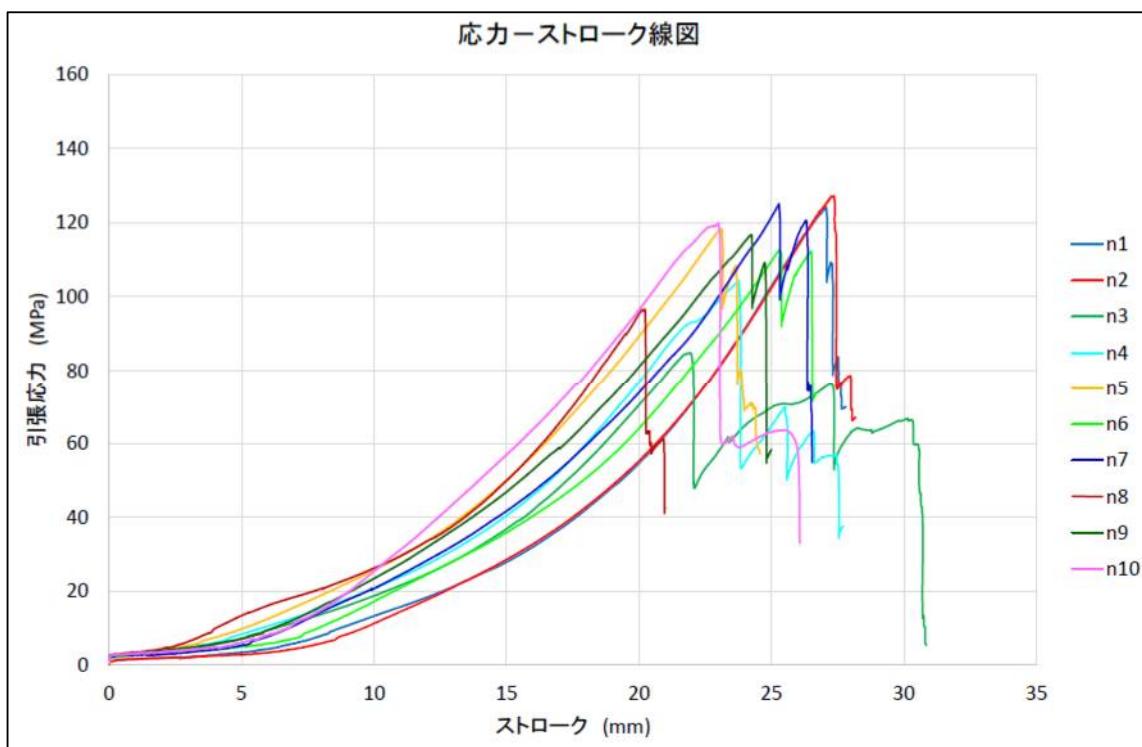


図4 応カーストローク線図 (短冊状・周方向)

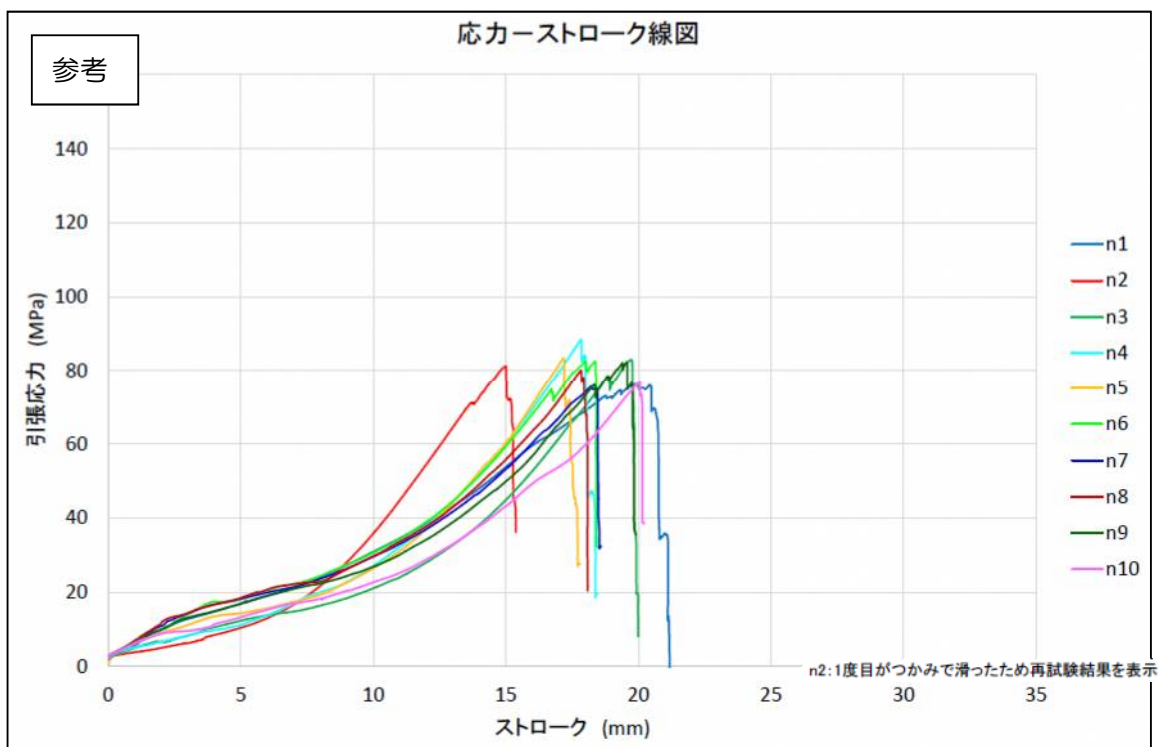


図5 応カーストローク線図 (ダンベル状・軸方向)

引張弾性率を算出した結果を表 3、応力-ひずみ曲線の一例を図 6 から図 9 に示す。
 また、参考として軸方向の試験片で実施した結果の応力-ひずみ曲線を図 10 及び図 11
 に示す。

表 3 引張弾性率の結果

試験数	ダンベル状 (単位 : GPa)		短冊状 (単位 : GPa)	
	内殻	外殻	内殻	外殻
n 1	2.775	11.83	1.700	14.59
n 2	1.725	12.04	1.800	13.98
n 3	3.725	11.41	3.225	12.95
n 4	1.725	12.87	2.975	12.53
n 5	4.975	13.63	3.500	14.19
n 6	1.775	13.24	2.325	13.63
n 7	1.950	10.95	4.175	14.34
n 8	2.825	10.50	6.350	12.97
n 9	2.350	13.52	2.750	12.76
n 10	1.900	12.14	1.675	12.16
平均 (各 FRP 層)	2.570	12.20	3.050	13.40
平均 (内殻-外殻)	7.385		8.225	

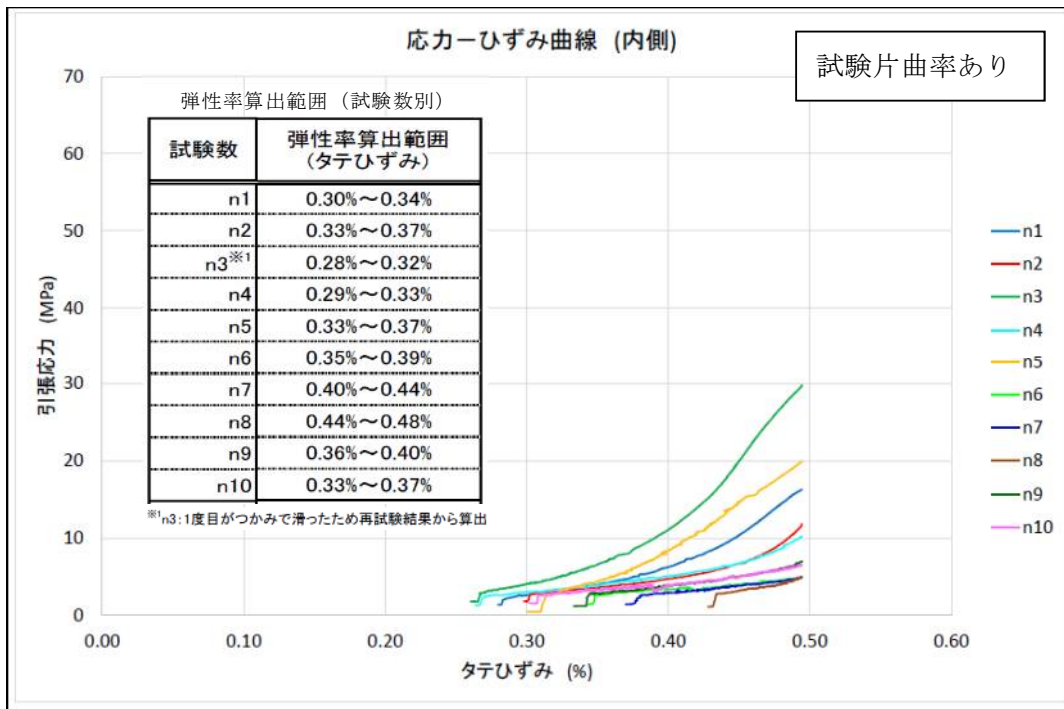


図6 応力-ひずみ曲線 (ダンベル状周方向試験片・内殻)

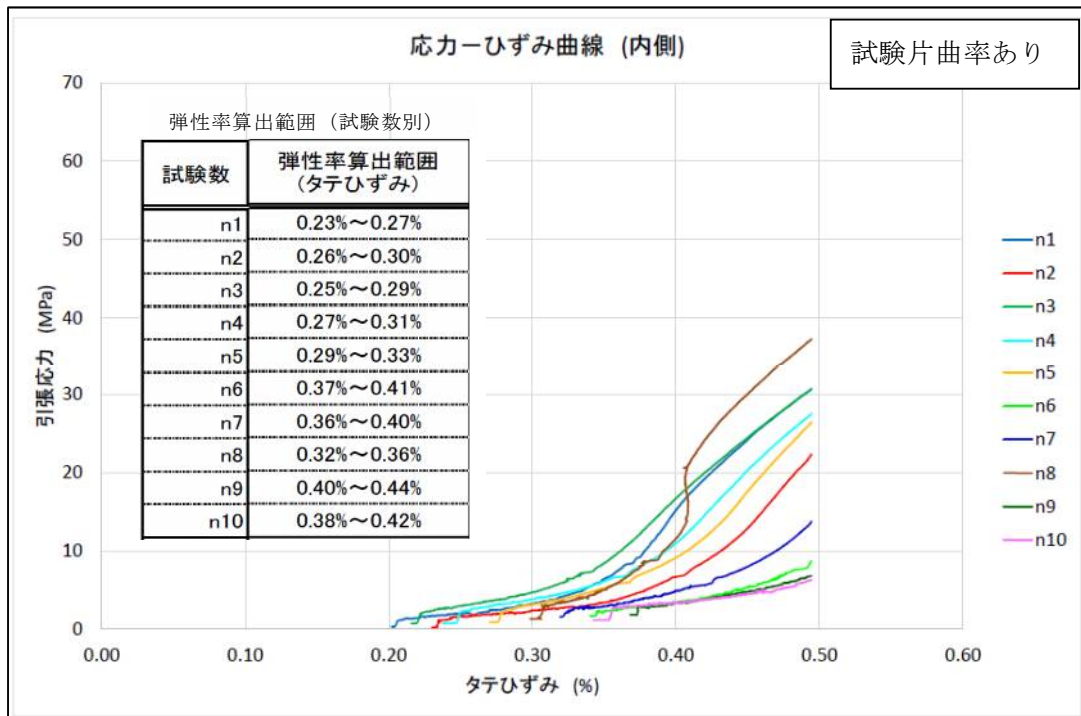


図7 応力-ひずみ曲線 (短冊状周方向試験片・内殻)

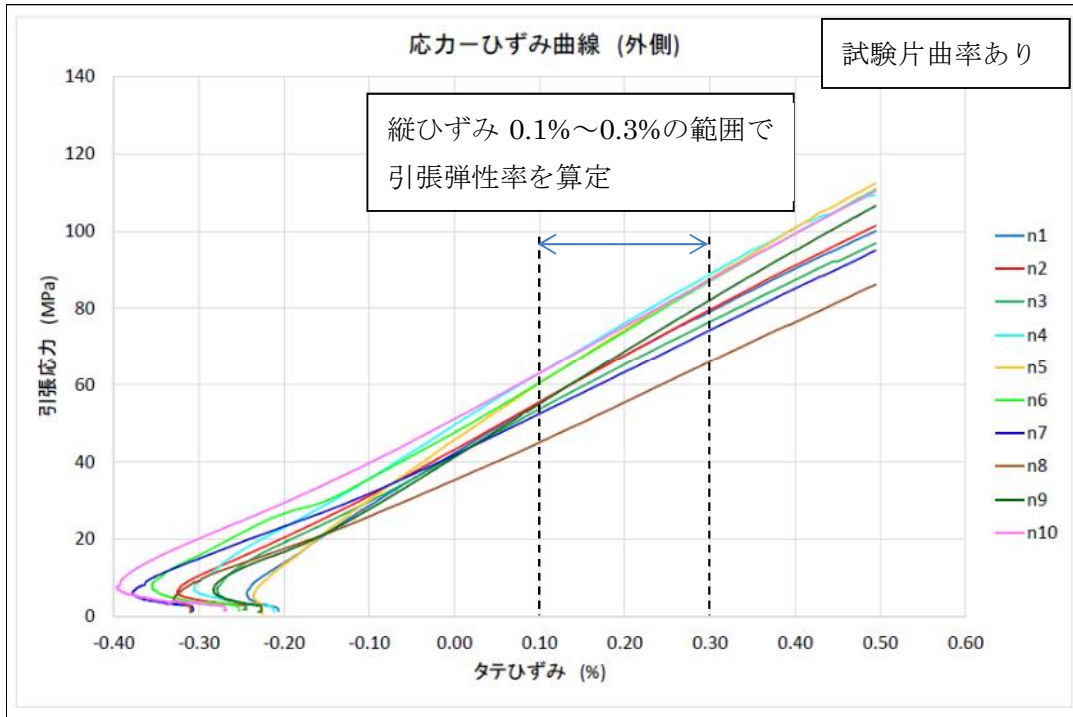


図8 応力-ひずみ曲線 (ダンベル状周方向試験片・外殻)

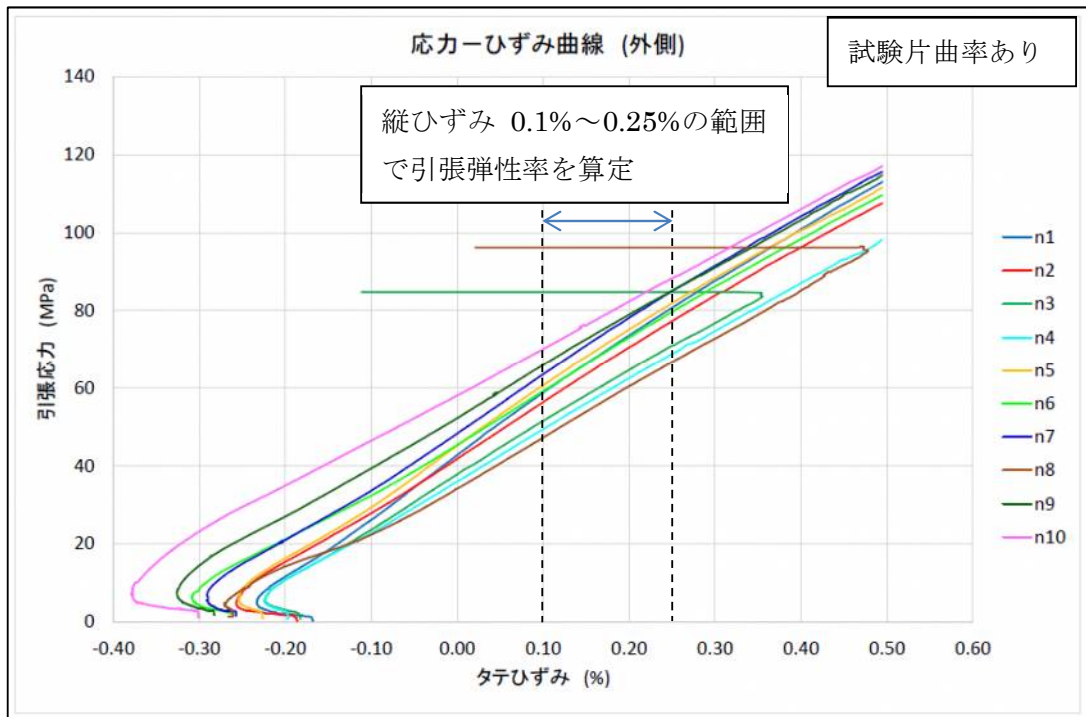


図9 応力-ひずみ曲線 (短冊状周方向試験片・外殻)

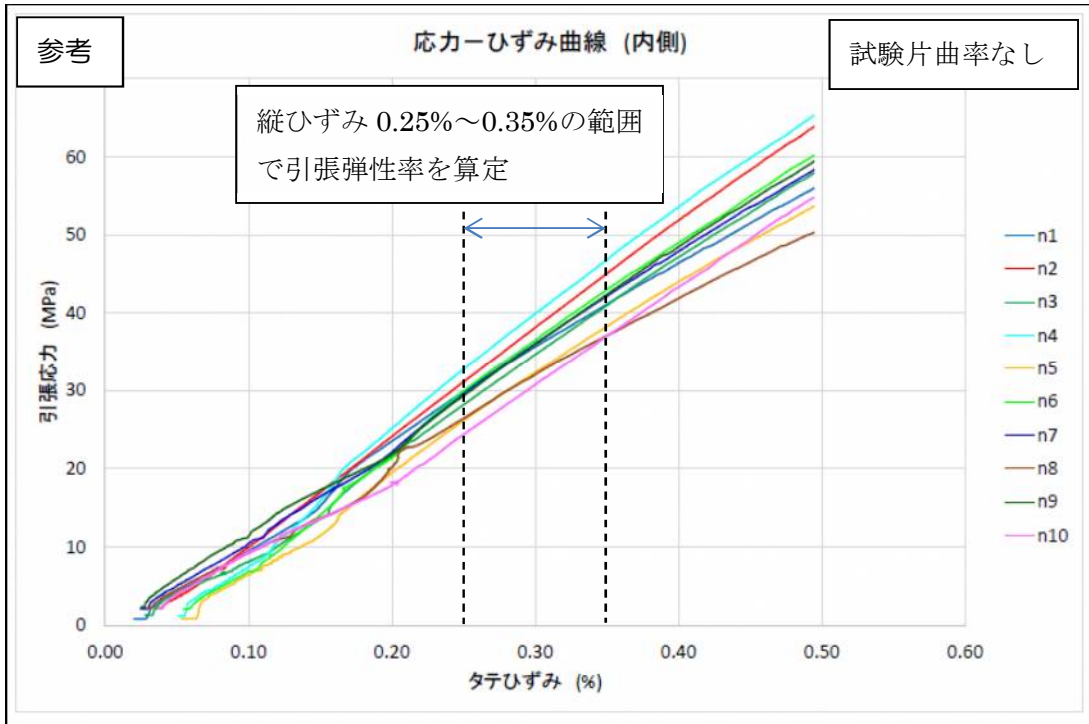


図 10 応力-ひずみ曲線 (短冊状軸方向試験片・内側)

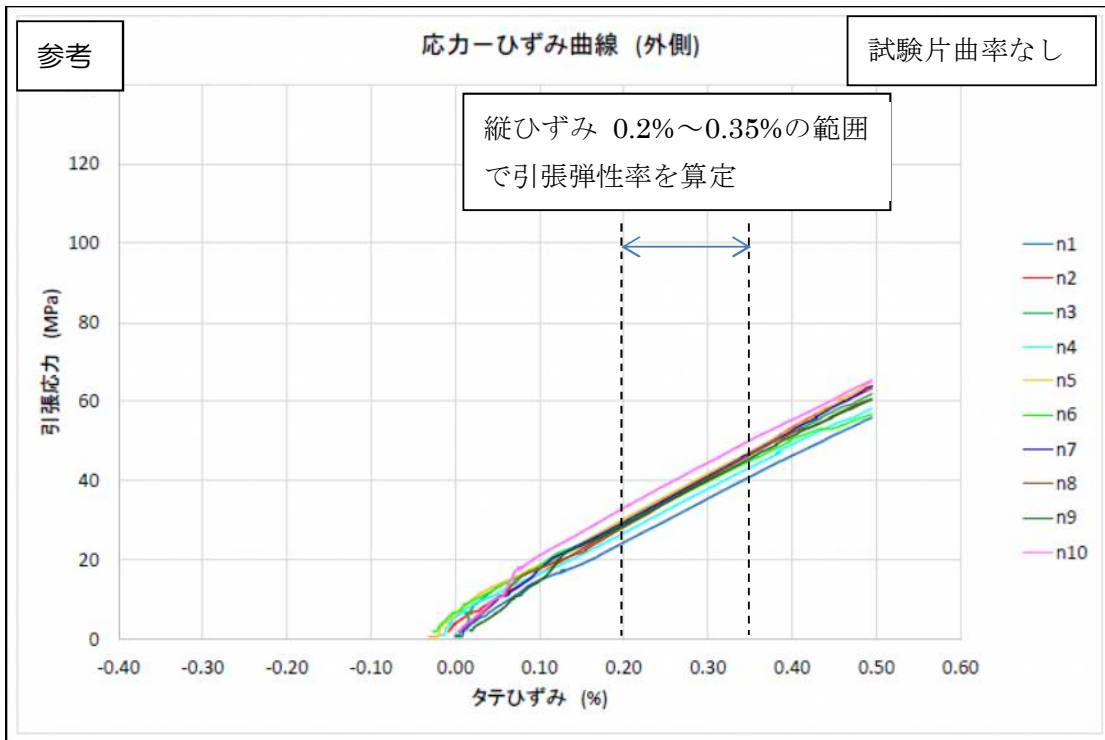


図 11 応力-ひずみ曲線 (短冊状軸方向試験片・外側)

ポアソン比を算出した結果を表 4、ひずみ曲線を図 12 から図 15 に示す。

また、参考として短冊状の軸方向で実施した応力-ストローク線図を図 16 及び図 17 に示す。

表 4 ポアソン比の結果

試験数	ダンベル状		短冊状	
	内殻	外殻	内殻	外殻
n 1	0.275	0.305	0.283	0.247
n 2	0.300	0.290	0.233	0.307
n 3	0.300	0.295	0.283	0.300
n 4	0.275	0.320	0.250	0.313
n 5	0.300	0.330	0.300	0.253
n 6	0.325	0.285	0.283	0.327
n 7	0.300	0.300	0.300	0.313
n 8	0.250	0.315	0.283	0.293
n 9	0.300	0.300	0.300	0.273
n 10	0.325	0.290	0.317	0.307
平均 (各 FRP 層)	0.300	0.300	0.280	0.290
平均 (内殻-外殻)	0.300		0.285	
算定範囲 (縦ひずみ)	0.44%~0.48%	0.1%~0.3%	0.42%~0.48%	0.1%~0.25%

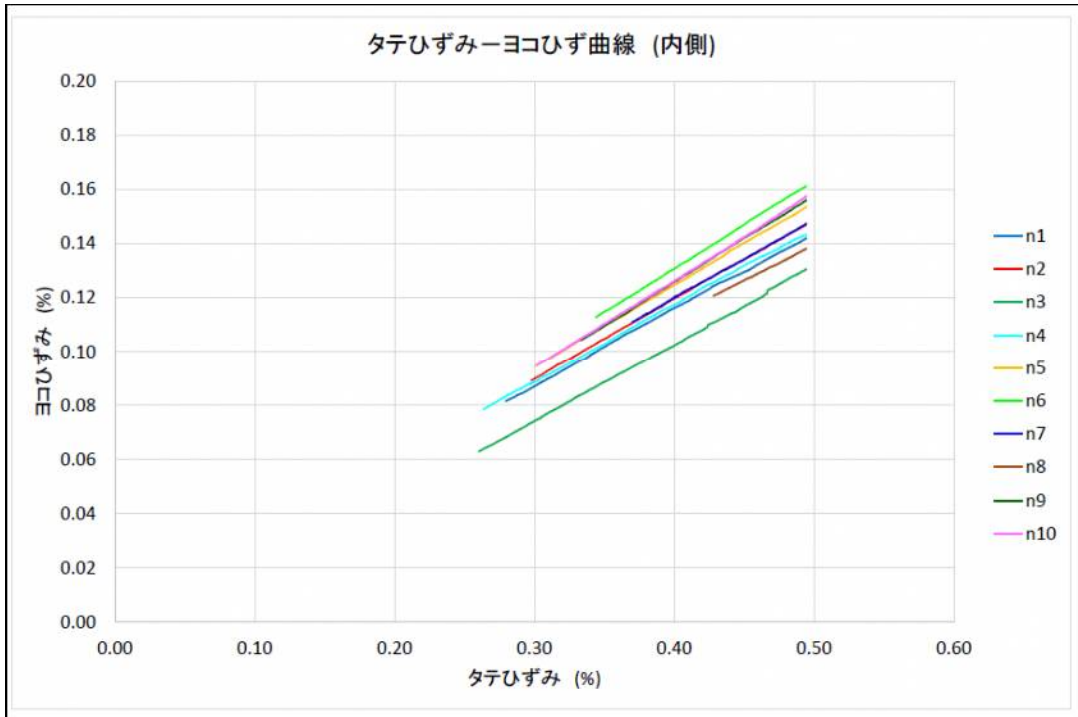


図 12 縦ひずみ-横ひずみ曲線 (ダンベル状周方向試験片・内側)

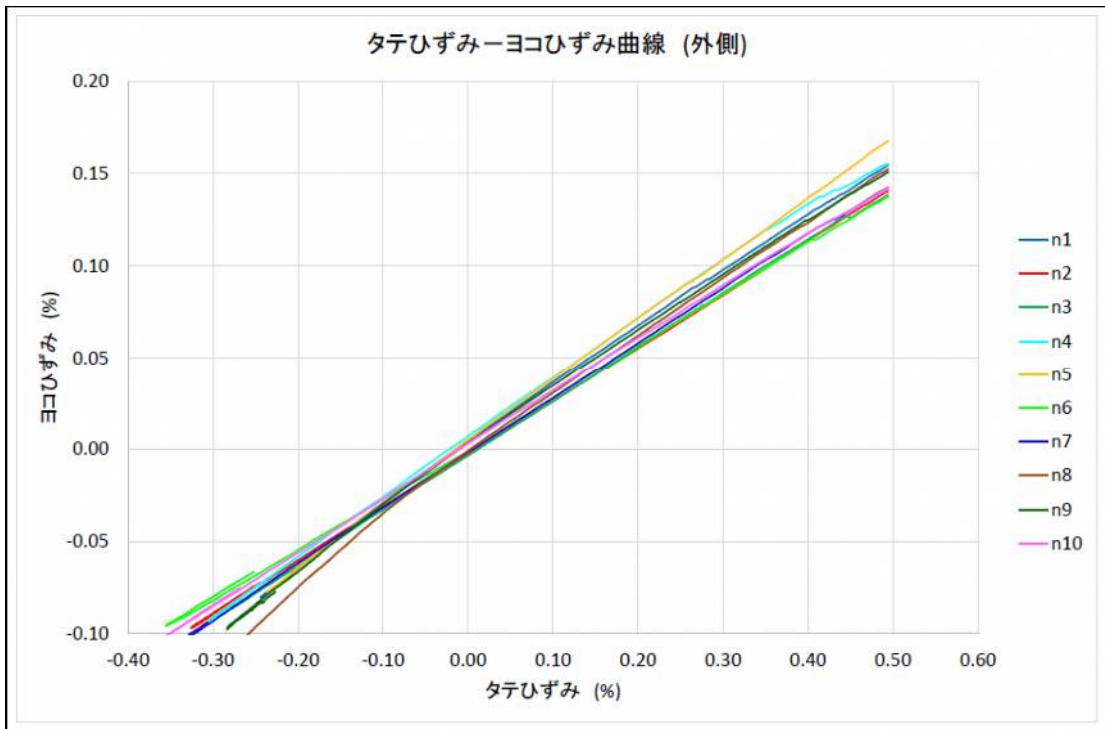


図 13 縦ひずみ-横ひずみ曲線 (ダンベル状周方向試験片・外側)

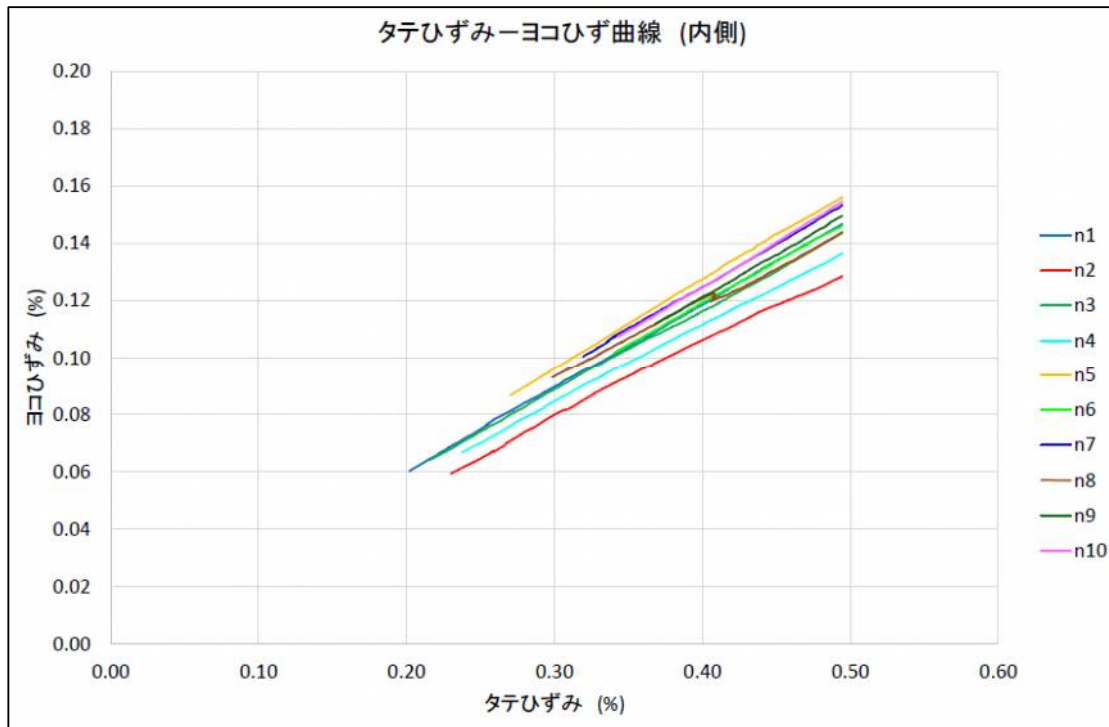


図 14 縦ひずみ-横ひずみ曲線 (短冊状・周方向・内殻)

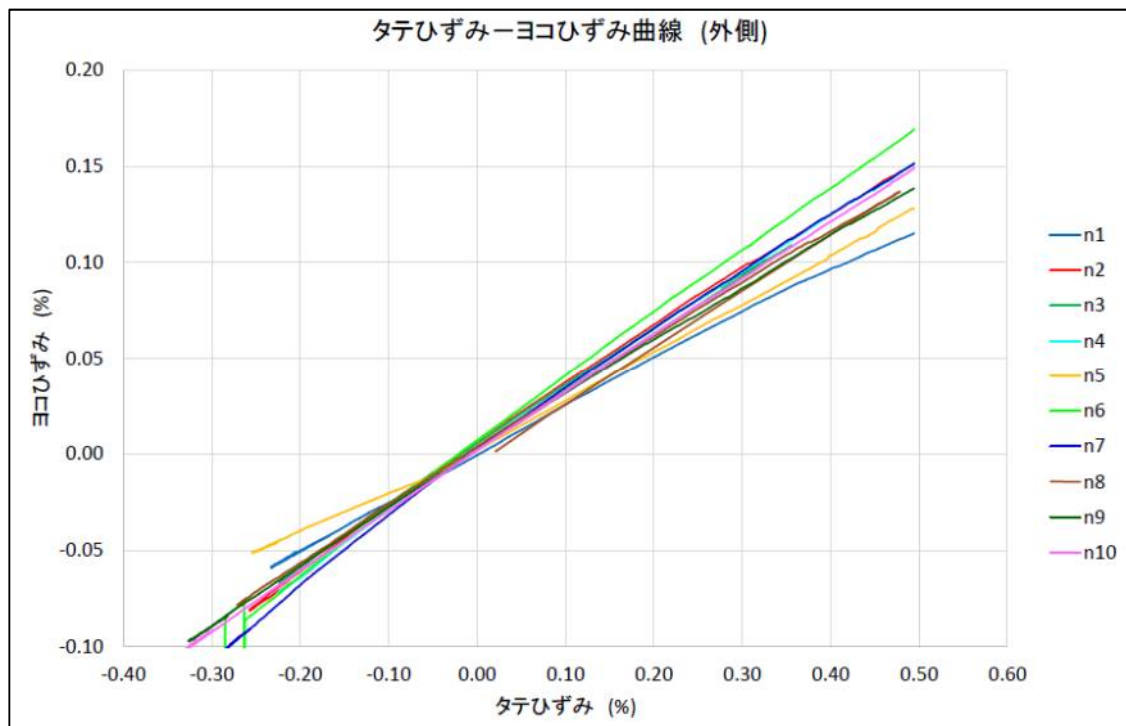


図 15 縦ひずみ-横ひずみ曲線 (短冊状・周方向・外殻)

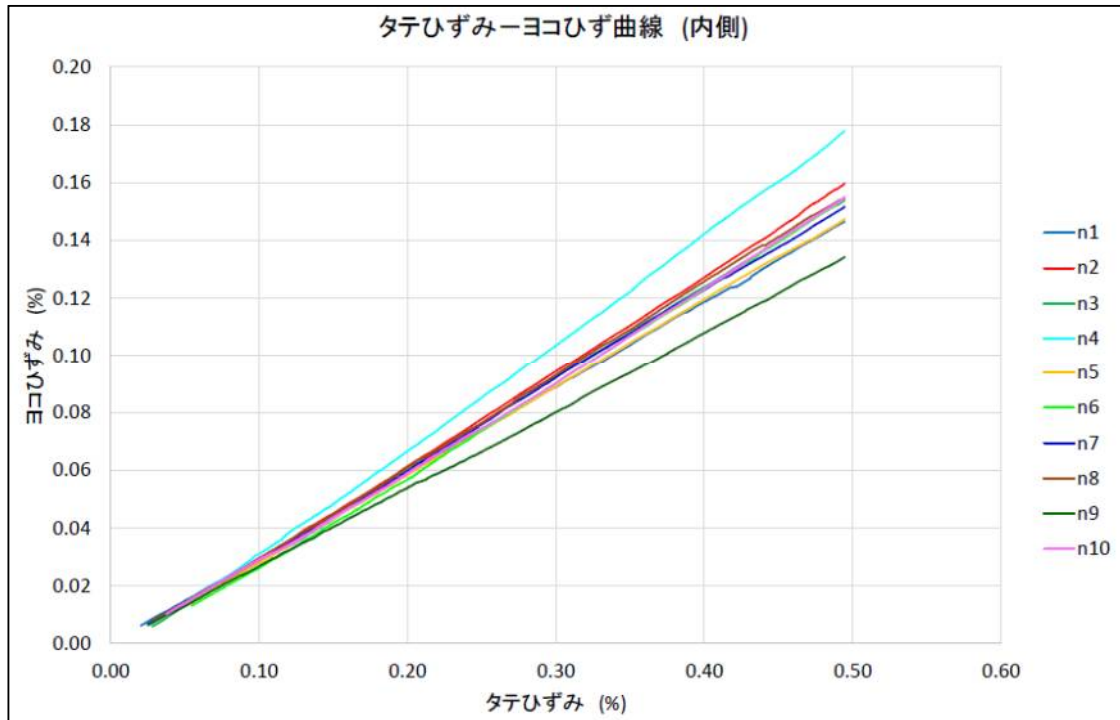


図 16 縦ひずみー横ひずみ曲線 (ダンベル状・軸方向・内殻)

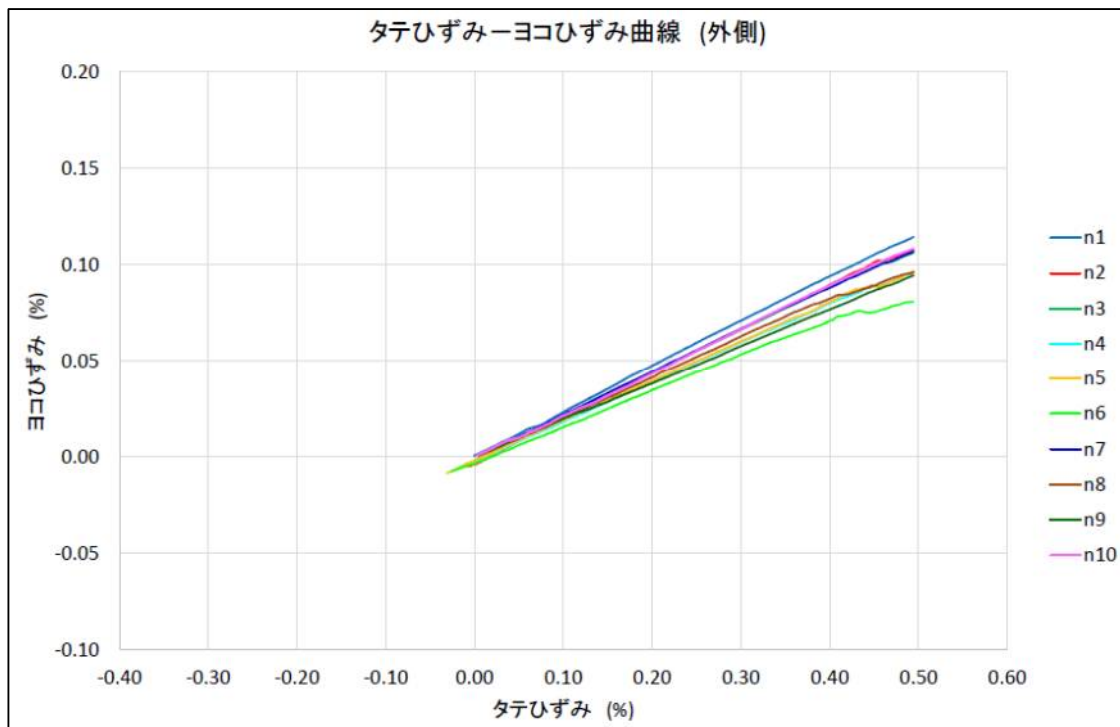


図 17 縦ひずみー横ひずみ曲線 (ダンベル状・軸方向・外殻)

試験後の状況を図 18 及び図 20 に示す。

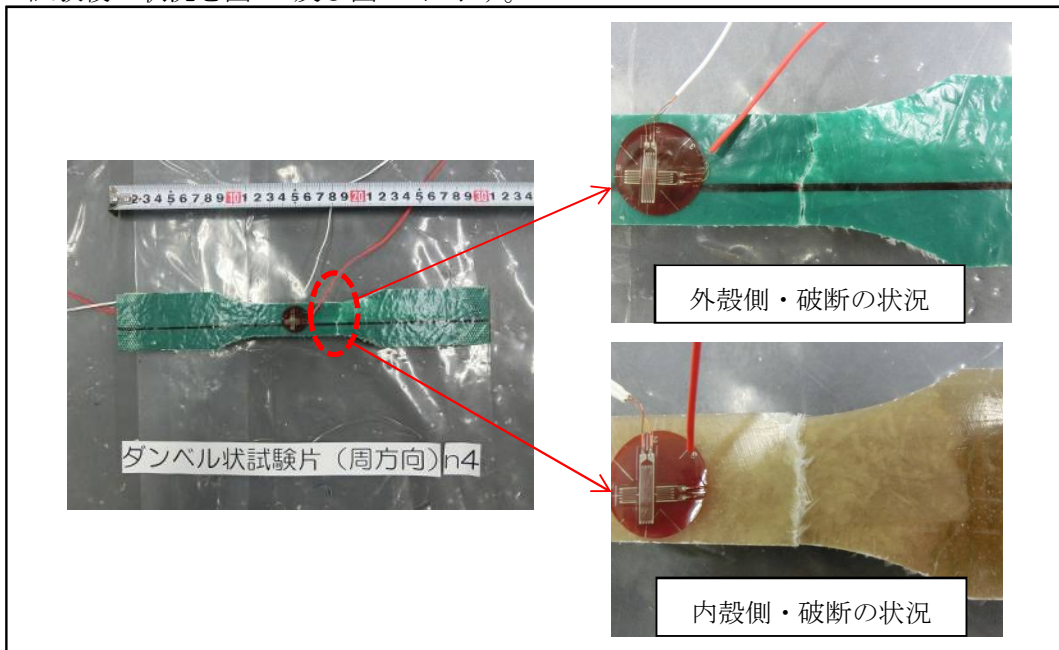


図 18 試験後の状況（ダンベル状試験片・周方向・n4）

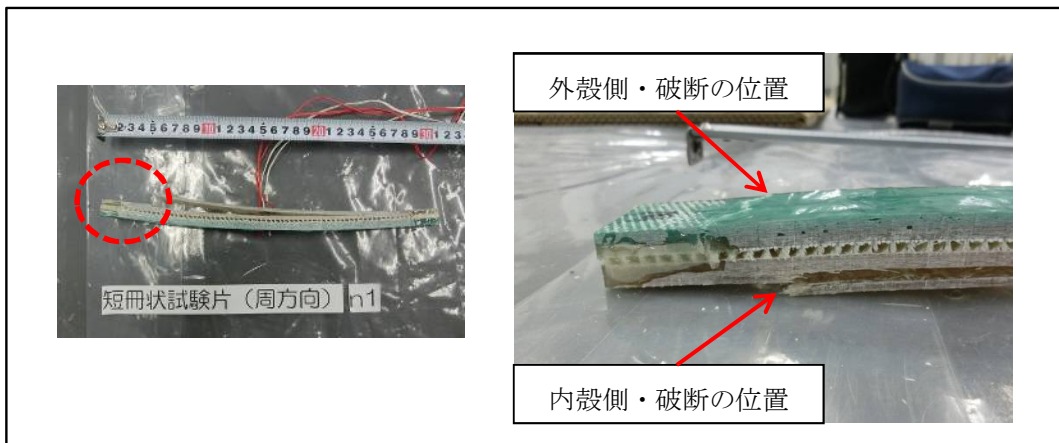


図 19 試験後の状況（短冊状試験片・周方向・n1）



図 20 試験後の状況（短冊状試験片・周方向・n3）

4 まとめ

- (1) 引張強さ、引張弾性率及びポアソン比の平均値を比較すると、引張強さは短冊状、引張弾性率はダンベル状、ポアソン比は短冊状が低い値を示していた。

ダンベル状と短冊状の試験片について強度値等を比較すると、有意差は確認されな
いが、ダンベル状試験片は短冊状のものと比較し、試験片調整に時間を要する。

- (2) 曲率のある試験片（周方向）に対するひずみゲージを使用した試験では、曲率のない試験片（軸方向）に比べ、内殻と外殻で大きく違う傾向のグラフや値を示していた。

参考資料 7

試験片寸法の検討

試験片寸法の検討について

1 検討のポイント

試験片の寸法を JIS 規定に準じたものと JIS 規定から変更しているものを同じ試験(曲げ試験、引張試験)で実施し、試験片寸法の変更による影響を確認する。

2 実施内容

N社で JIS 規定から変更している寸法の試験片で材料試験(曲げ試験及び引張試験)を実施する。

(1) 試験

曲げ試験は 3 点曲げ法、引張試験は短冊状の試験片により比較する。試験条件等を表 1 に示す

表 1 試験条件等

項目	曲げ試験 (3 点曲げ)		引張試験 (短冊状試験片)	
	JIS 規定	JIS 変更	JIS 規定	JIS 変更
試験片切り出し方向	周方向及び軸方向		周方向及び軸方向	
試験片形状	幅：約 30mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 450mm	幅：約 20mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 200mm	幅：約 25mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 300mm	幅：約 20mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 200mm
試験片前処理	検知層に両端から 120mm の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	検知層に両端から 60mm の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	検知層に両端から 60mm 程度の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化	検知層に両端から 60mm の位置までエポキシ樹脂を充填し硬化
使用試験機	(株)今田製作所 SDW-9902 型引張圧縮試験機			
試験実施場所	N社			
試験速度	5mm/min		2mm/min	
支点間距離	290mm	140mm	/	/
試験数	n = 10			

3 実施結果

曲げ試験の結果を表 1、引張試験の結果を表 2 に示す。引張試験 (JIS 規定サイズ) の荷重変位曲線図を図 1 から図 20 に示す。

表1 曲げ試験結果

試験数	周方向曲げ強さ (MPa)		軸方向曲げ強さ (MPa)	
	JIS 規定	JIS 変更	JIS 規定	JIS 変更
n 1	164.4	137.1※	102.3	97.5※
n 2	138.5	149.5	99.2	101.9
n 3	155.0	149.4※	105.7	105.4
n 4	169.3	142.5	105.0	102.7※
n 5	163.8	159.6※	92.4	97.9
n 6	130.9	159.4	96.1	105.6※
n 7	132.6	145.8	111.2	103.3※
n 8	154.1	148.9	101.6	108.4
n 9	127.9	160.4	92.8	114.9
n 10	110.8	139.3※	100.9	107.2
平均	145.0	149.2	100.7	104.5

※初期ピーク後に最大点を示す試料については初期のピークを採用

表2 引張試験結果

試験数	周方向引張強さ (MPa)		軸方向引張強さ (MPa)	
	JIS 規定	JIS 変更	JIS 規定	JIS 変更
n 1	100.0※	83.8※	96.9	100.8
n 2	90.0※	114.3※	98.3	103.3
n 3	104.5※	96.0※	99.9	105.2
n 4	77.0※	122.6※	102.2	105.5
n 5	97.0※	111.2※	98.1	108.6
n 6	110.8※	104.9※	100.3	102.9
n 7	90.5※	104.5※	100.5	113.7
n 8	88.4※	99.6※	97.6	109.3
n 9	100.8※	100.1※	102.3	104.0
n 10	113.6※	120.2※	93.0	108.5
平均	97.2	105.7	98.9	106.2

※初期ピーク後に最大点を示す試料については初期のピークを採用

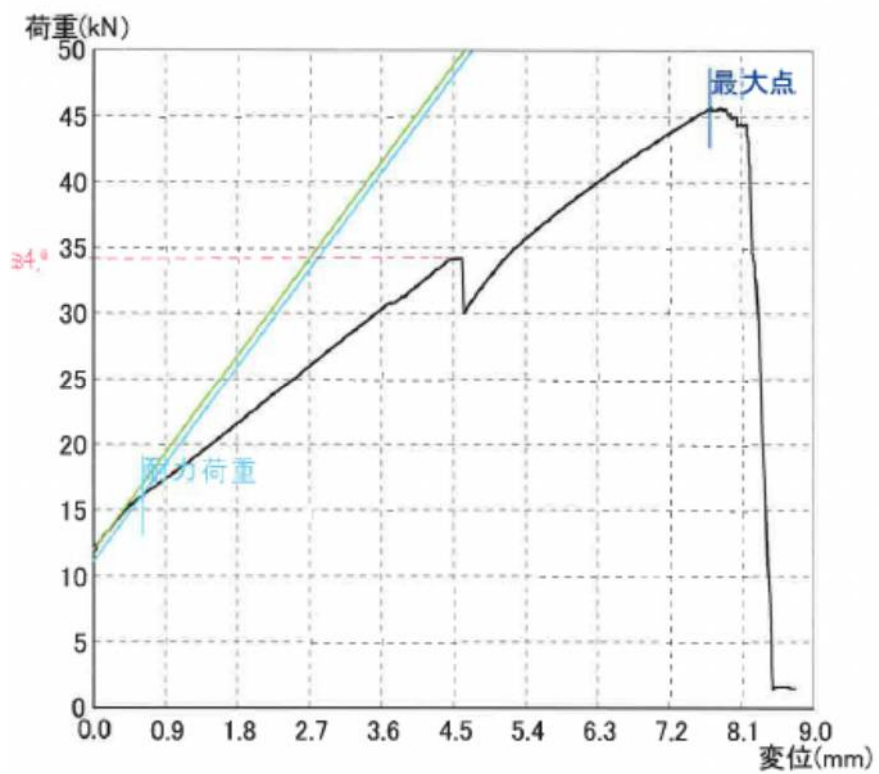


図1 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 1)

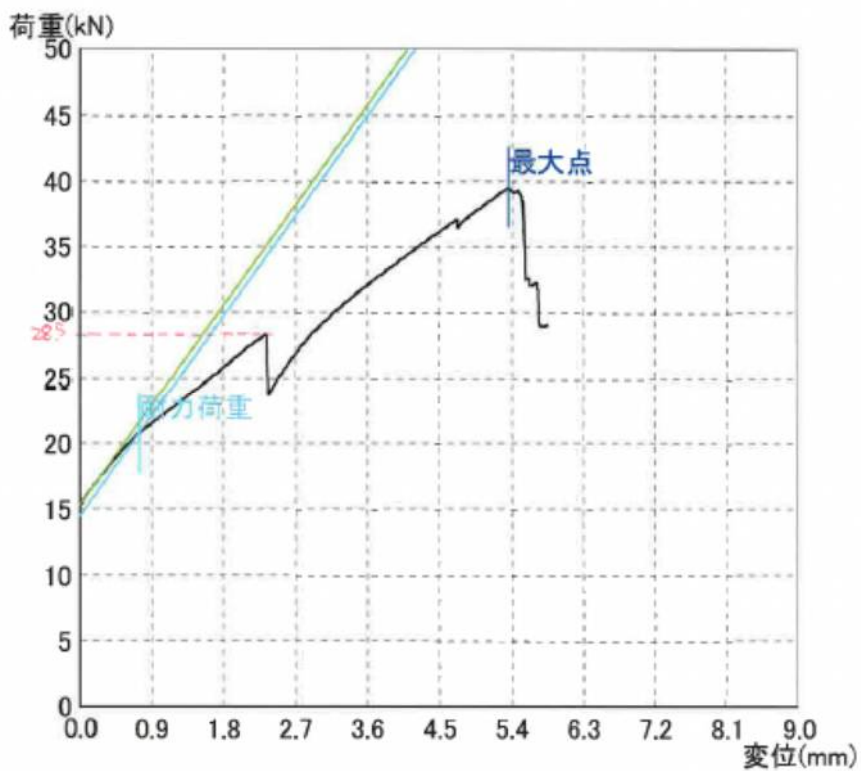


図2 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 2)

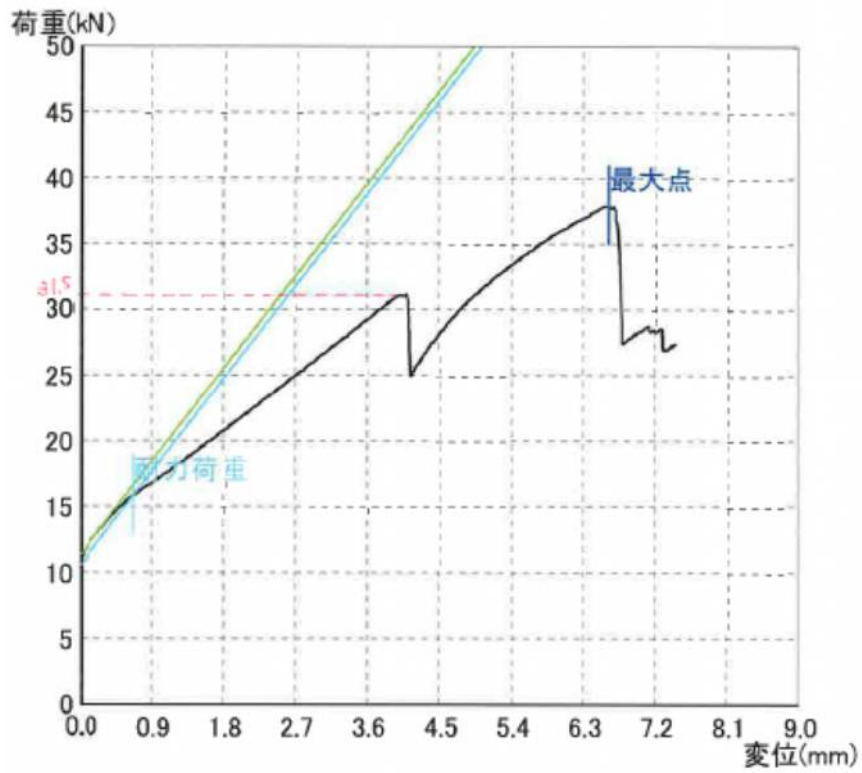


図3 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向n 3)

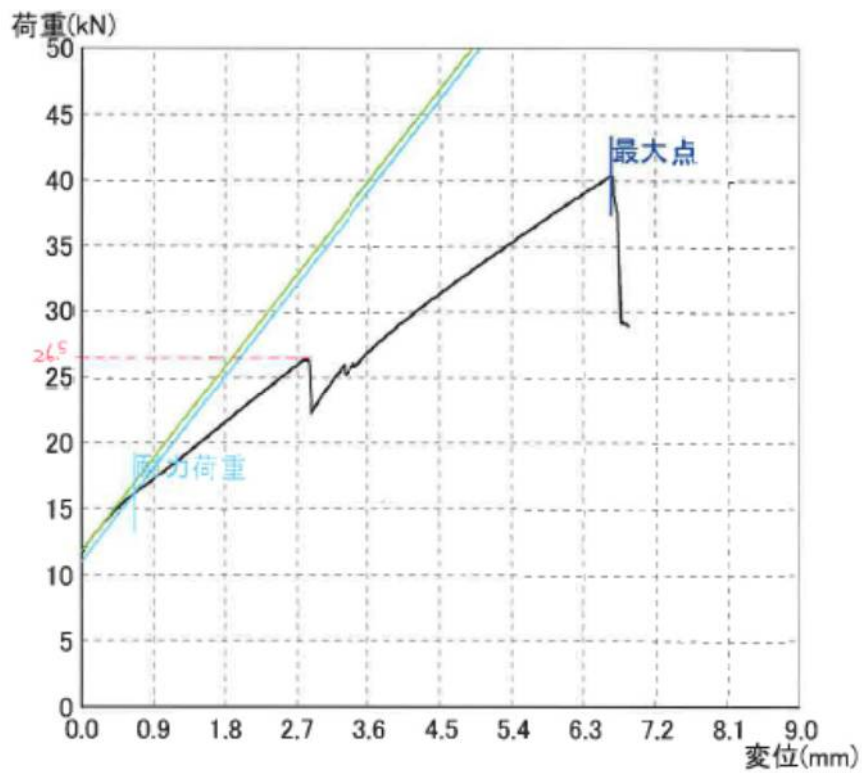


図4 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向n 4)

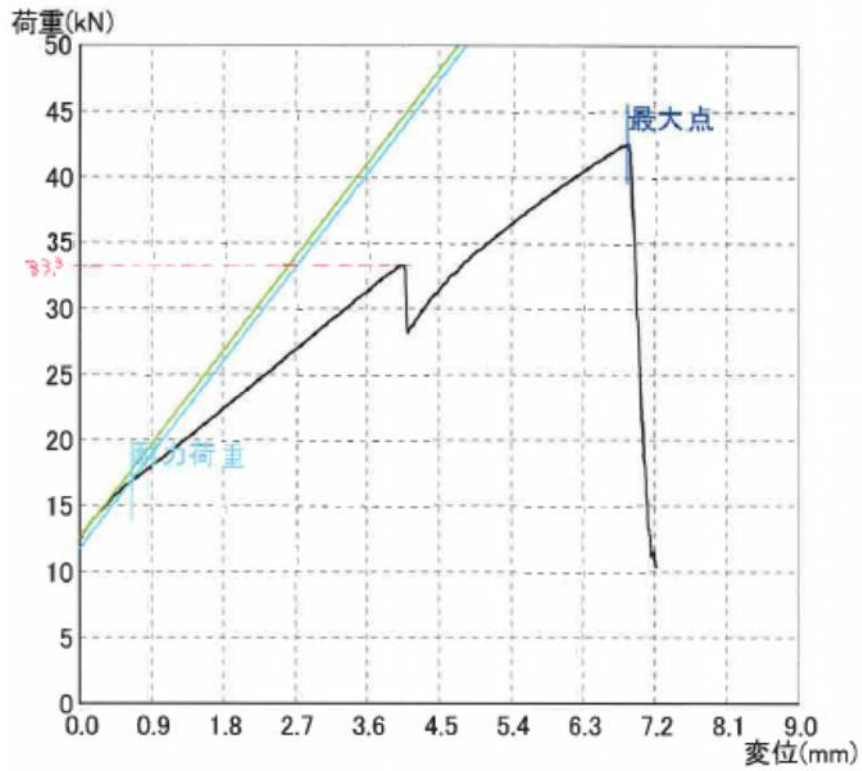


図5 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 5)

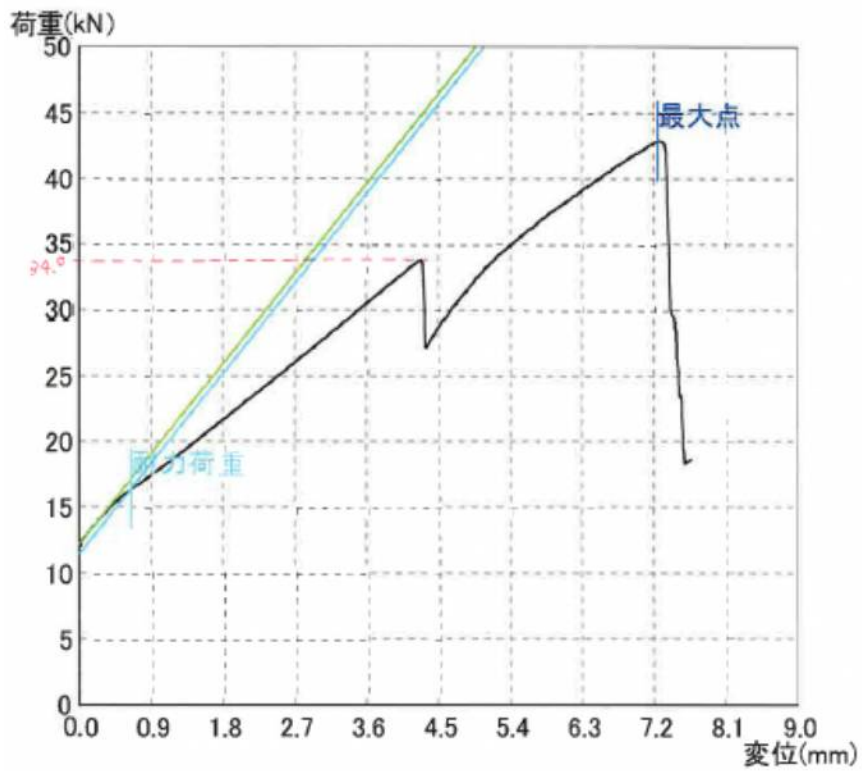


図6 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 6)

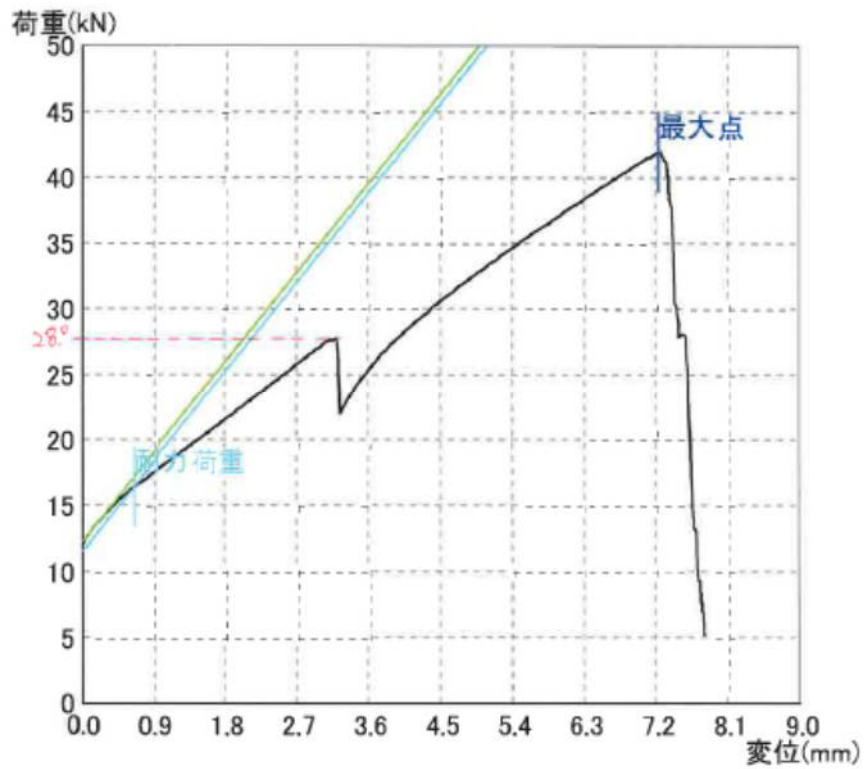


図7 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 7)

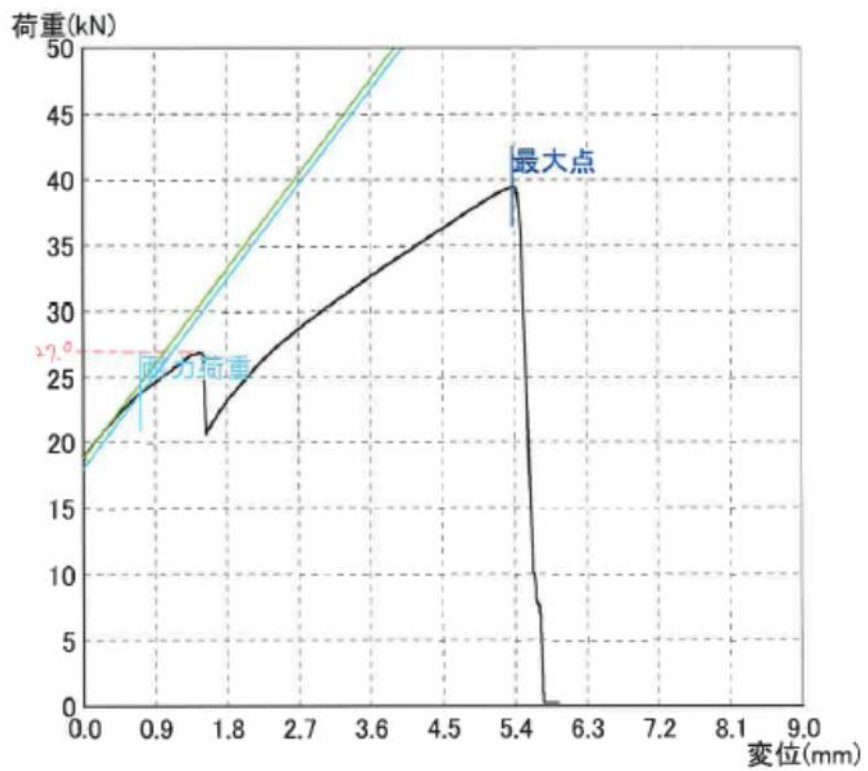


図8 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向 n 8)

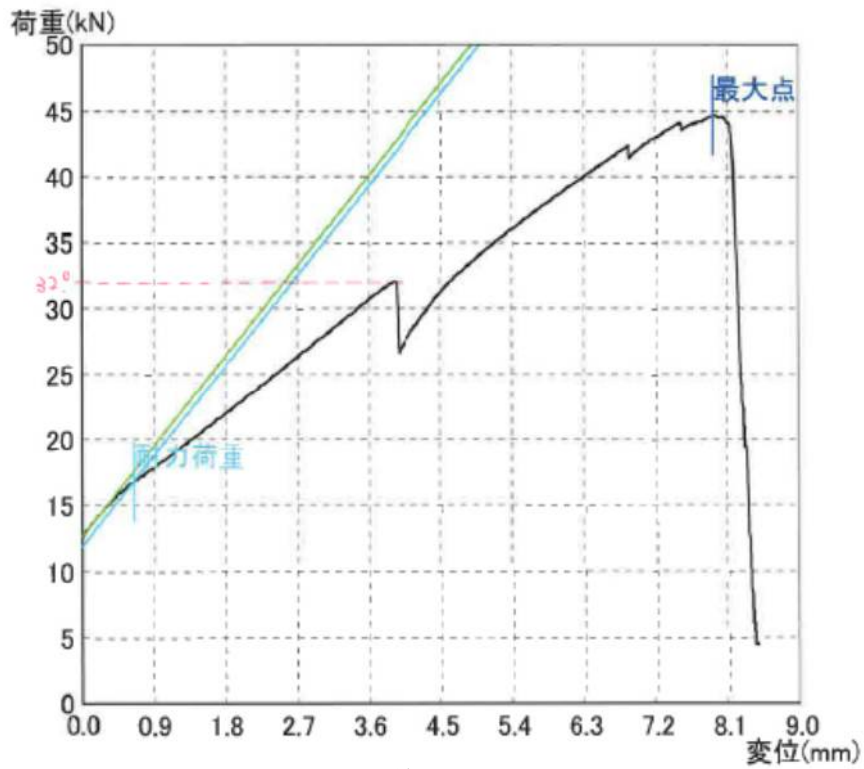


図9 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向n 9)

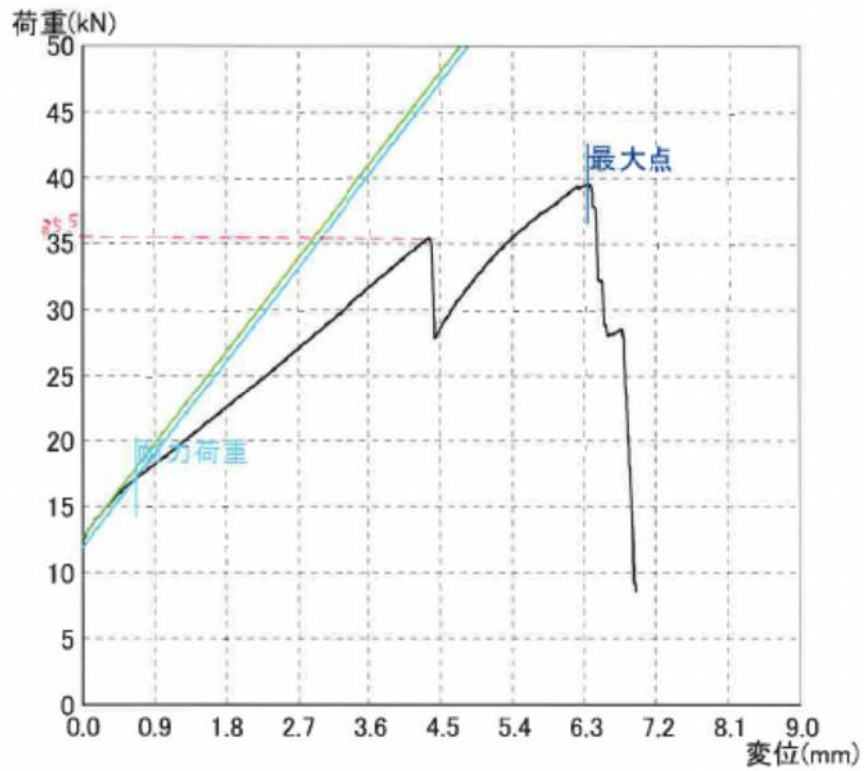


図10 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・周方向n 10)

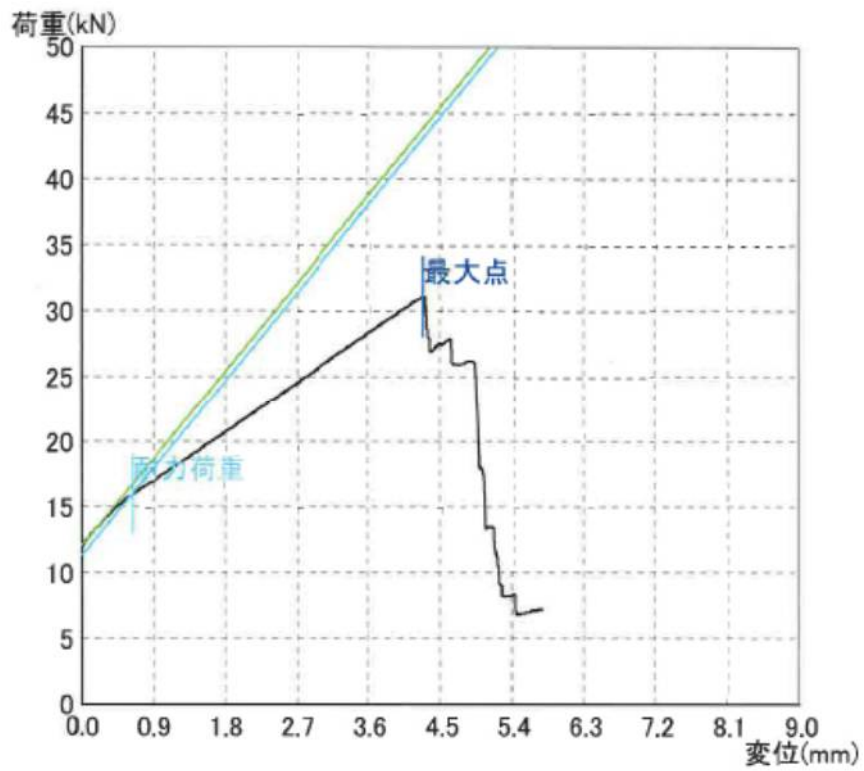


図 11 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 1)

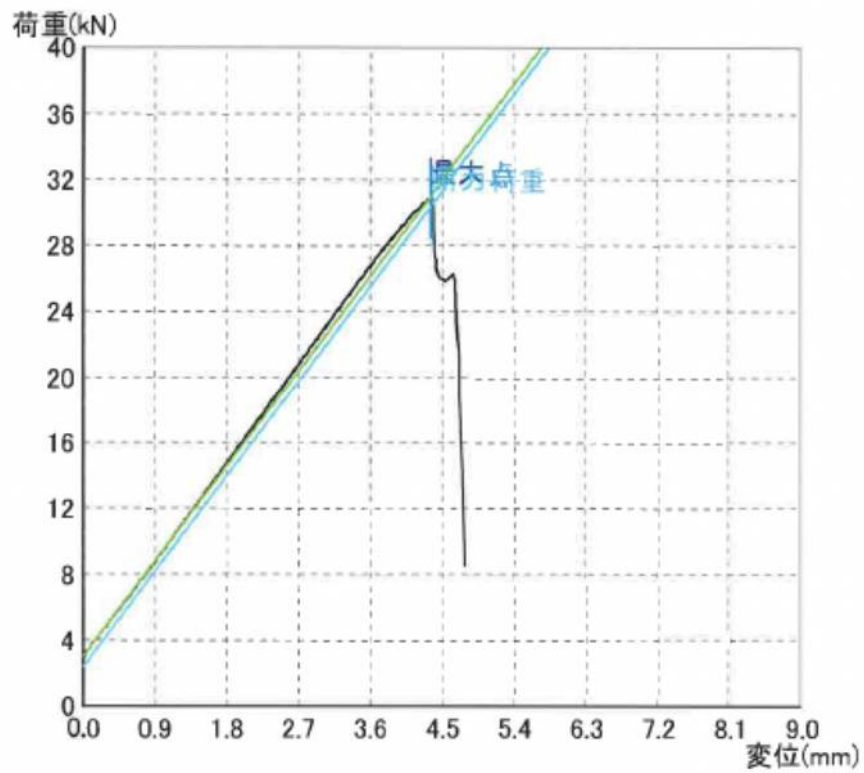


図 12 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 2)

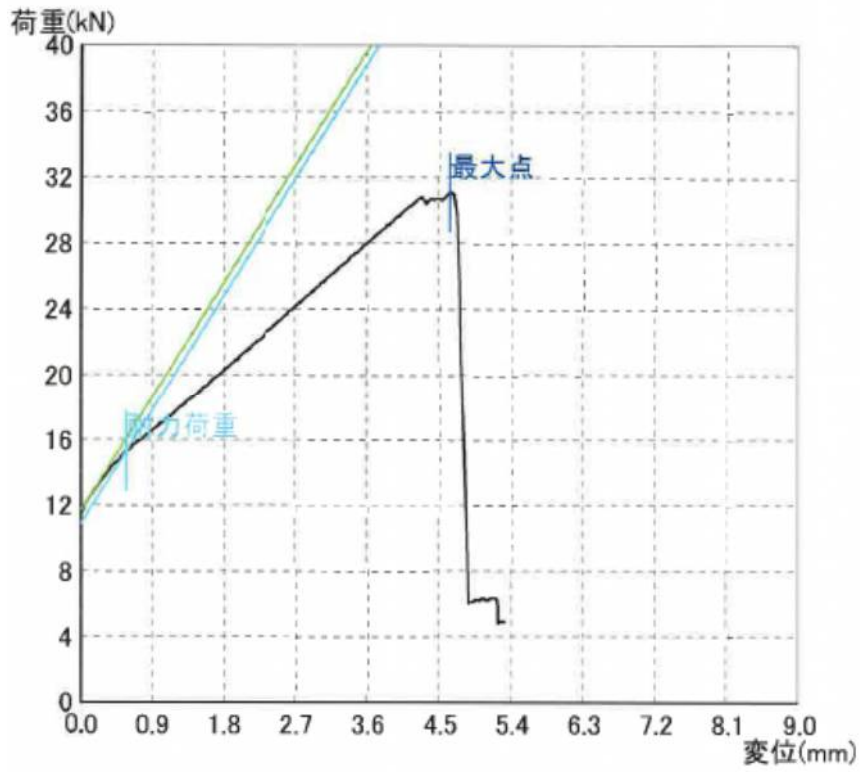


図 13 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 3)

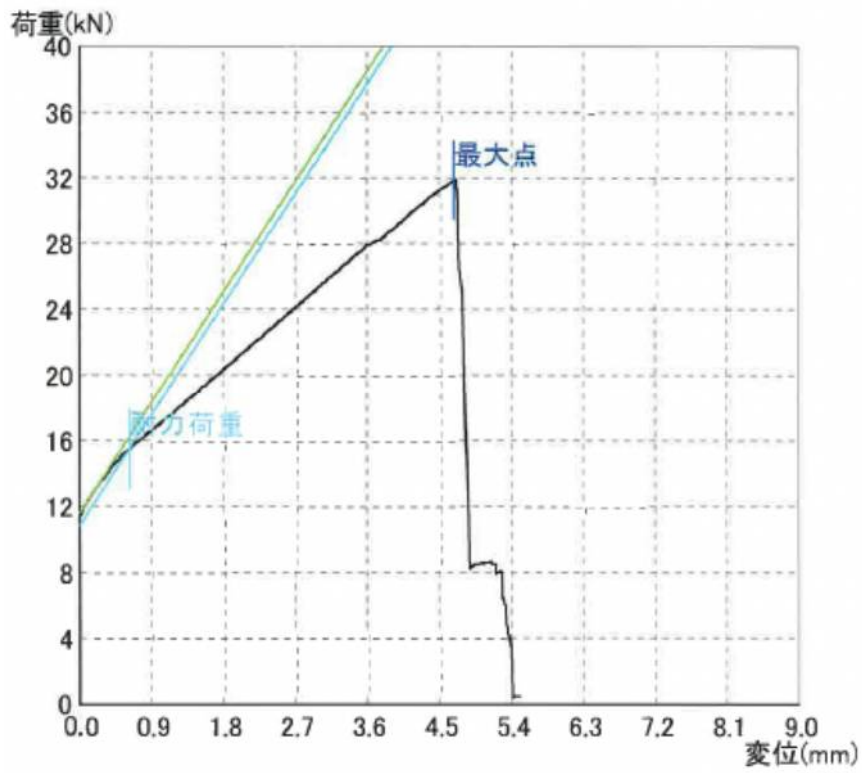


図 14 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 4)

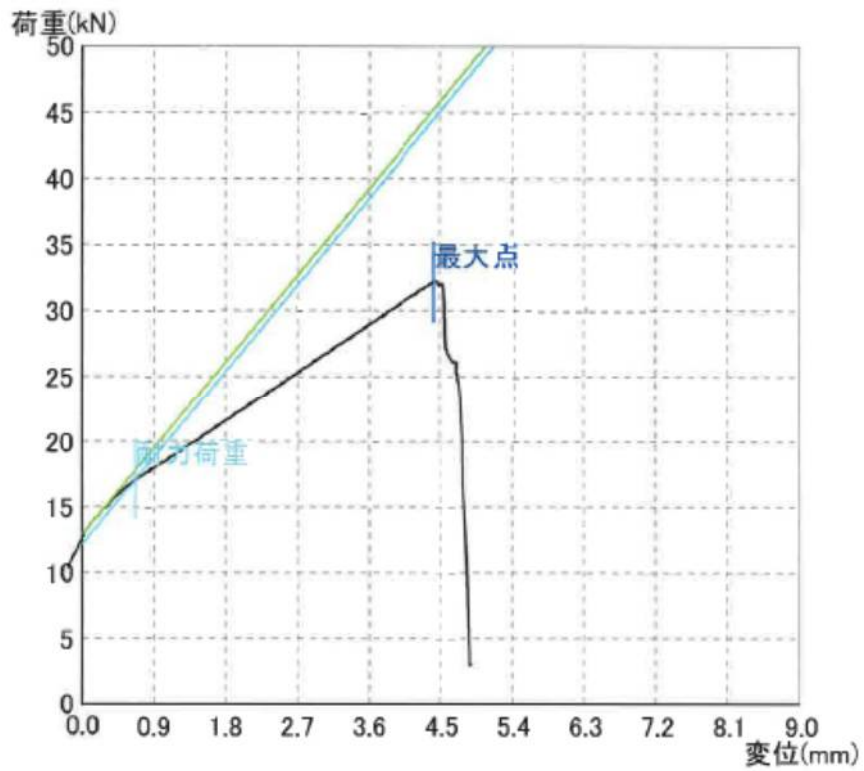


図 15 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 5)

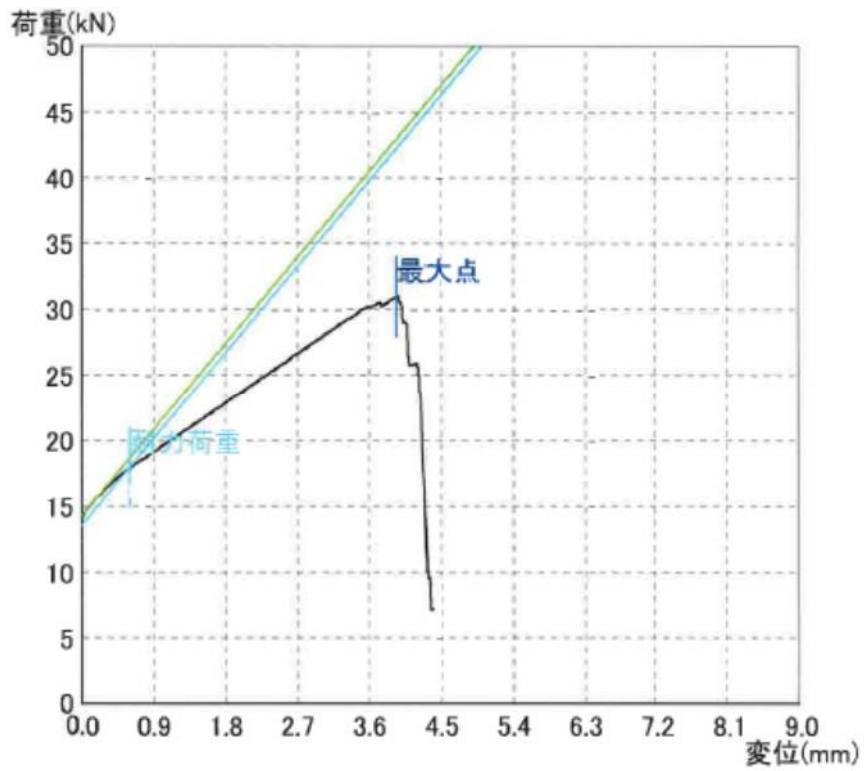


図 16 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 6)

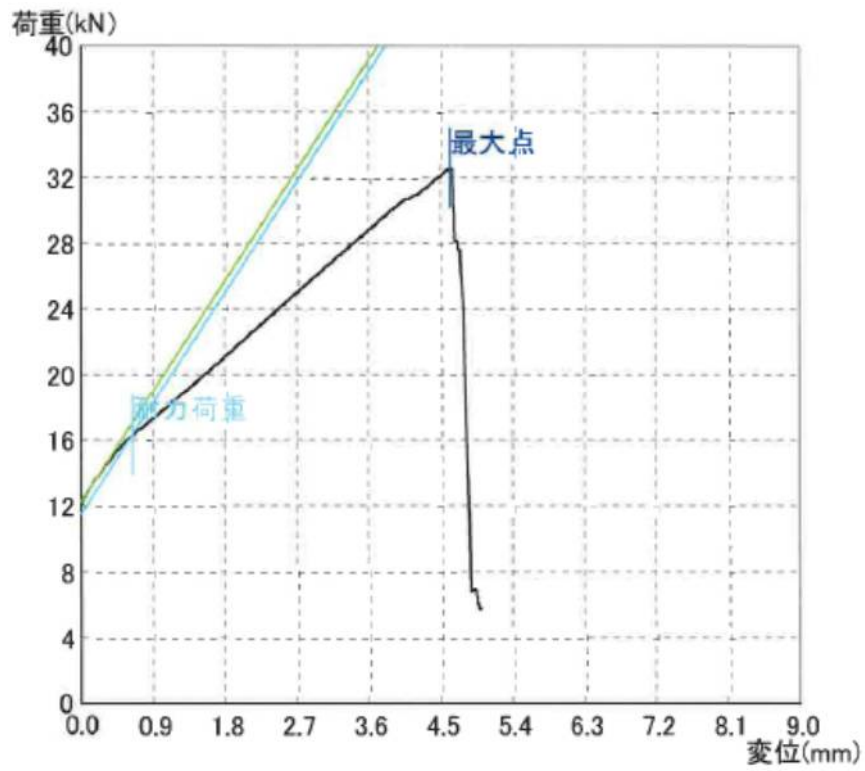


図 17 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 7)

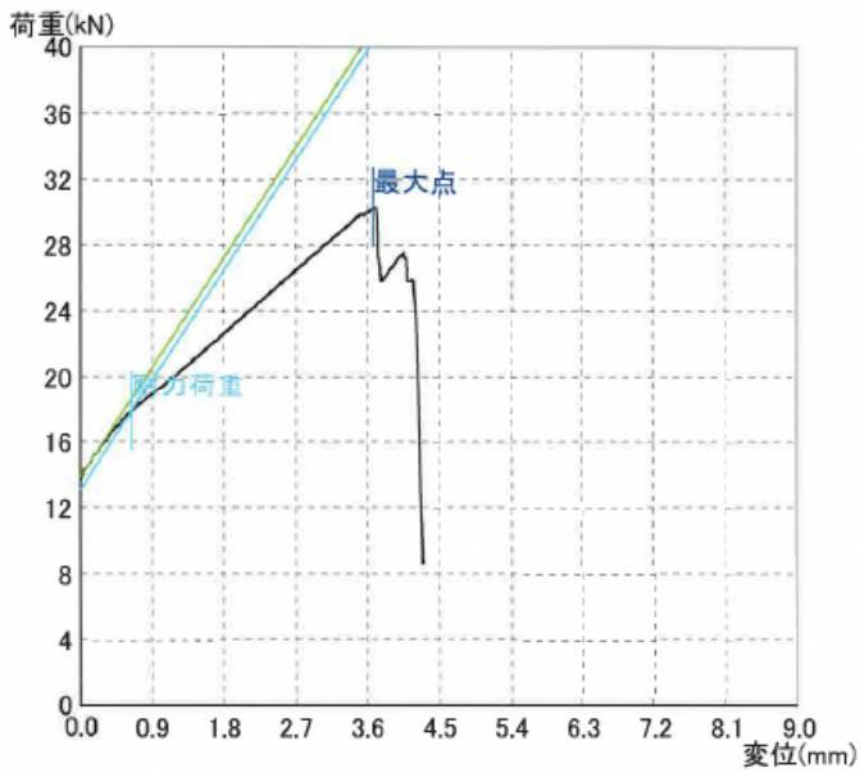


図 18 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 8)

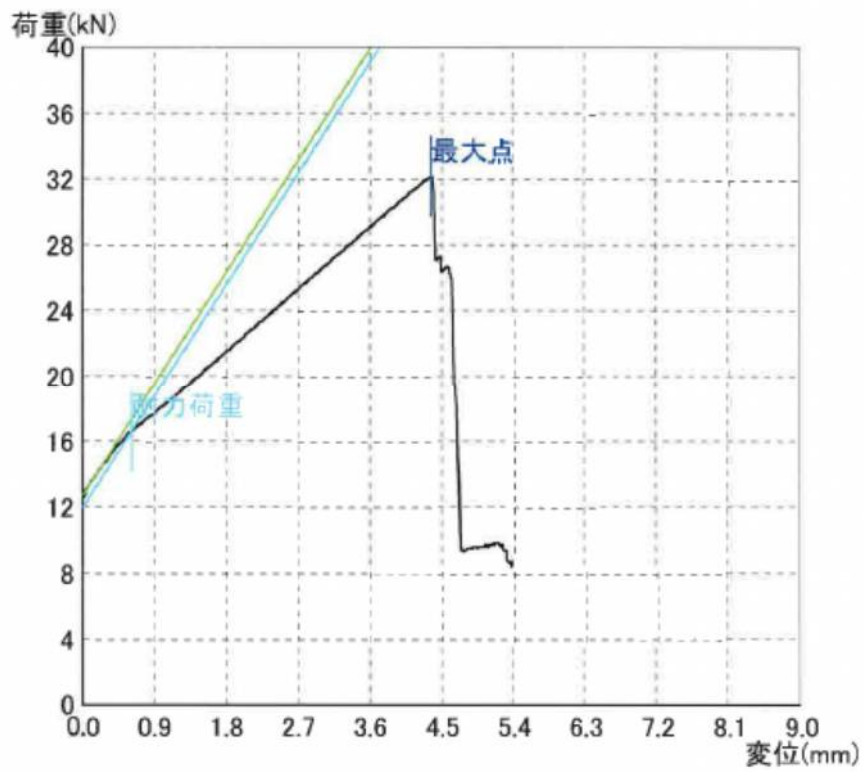


図 19 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 9)

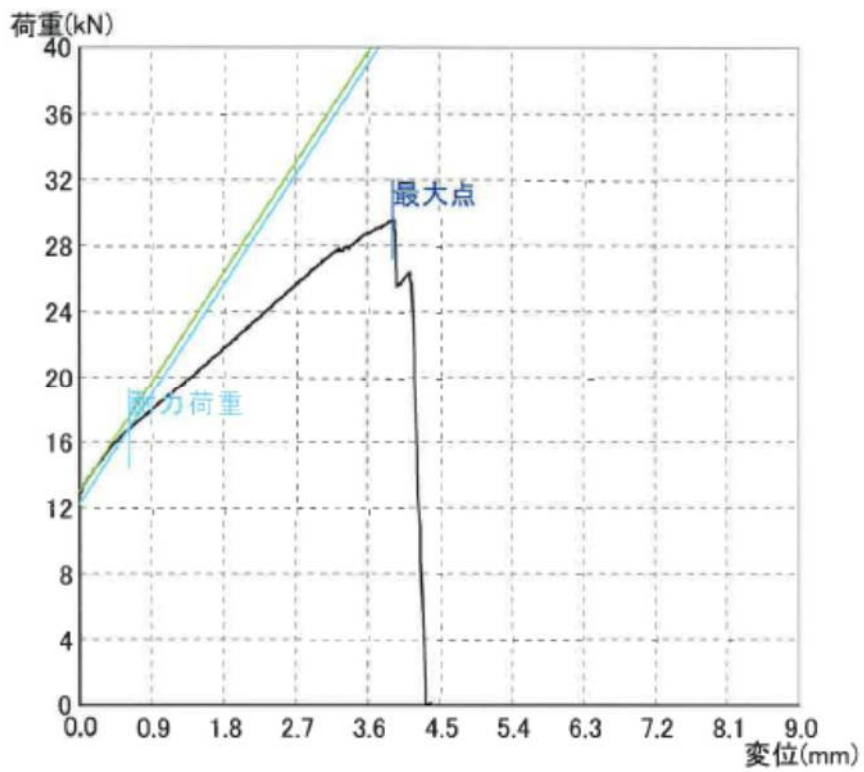


図 20 引張試験荷重変位曲線図 (JIS 規定サイズ・軸方向 n 10)

4 まとめ

- (1) 曲げ強さ及び引張強さは、JIS 規定に準じた寸法のものが低い値を示していた。
- (2) 引張試験においては周方向及び軸方向試験で、すべて初期ピーク後に最大点を示す結果が確認された。

参考資料 8

検知層を固定しない試験片の状況等確認

検知層を固定しない試験片を用いた材料試験について

1 検討のポイント

検知層を固定しない試験片を用いた材料試験がどのような状況を示しているか確認し、改めて検知層への処理（樹脂による固定）の必要性を確認する。

2 実施内容

(1) 実施方法

検知層を固定しない試験片に対して、曲げ試験（3点曲げ法）をタンク製造業者が実施している現行の試験条件にて実施し、試験片について状況、曲げ強さ等の結果を確認する。

(2) 試験条件等

試験条件等を表1に示す。

表1 試験条件等概要

項目	条件等	備考
試験片切出方向	周方向、軸方向	試験数 (n=10)
試験片形状	幅：約 20mm 厚さ：約 16mm 長さ：約 200mm	JIS K 7017 に示す材料のクラスⅢに準じて設定
試験片前処理	樹脂等の充填なし	
使用試験機	株今田製作所 SDW-9902 型引張圧縮試験機	
試験速度	5mm/min	タンク製造業者が現行で実施している測度で設定
支点間距離	140mm	
圧子が接する面	内殻側	

3 実施結果

前2の試験結果及び比較として検知層に樹脂を充填した試験片の結果（参考資料6でJIS変更と示したもの）を表1及び表2に示す。荷重変位曲線図を図1から図15に示す。

表1 樹脂充填なしの試験結果（周方向）

試験数	曲げ強さ (MPa)		曲げ弾性率 (GPa)	
	樹脂充填なし	樹脂充填あり	樹脂充填なし	樹脂充填あり
n 1	117.4	143.7	4.85	6.72
n 2	100.4	149.5	5.15	7.25
n 3	108.7	163.4	4.53	7.32
n 4	102.2	142.5	4.45	7.27
n 5	106.3	163.5	3.57	7.32
n 6	113.8	159.4	4.07	7.38
n 7	85.7	145.8	3.71	7.34
n 8	124.8	148.9	4.44	7.52
n 9	87.7	160.4	4.24	7.67
n 10	111.8	142.4	4.75	7.79
平均値	105.9	151.9	4.38	7.36

※各数値の算定は荷重変位曲線上の最大ピークを採用

表2 樹脂充填なしの試験結果（軸方向）

試験数	曲げ強さ (MPa)		曲げ弾性率 (GPa)	
	樹脂充填なし	樹脂充填あり	樹脂充填なし	樹脂充填あり
n 1	56.5	102.2	5.11	7.37
n 2	59.2	101.9	5.39	7.26
n 3	55.6	105.4	5.61	7.57
n 4	55.8	105.2	5.61	7.24
n 5	60.9	97.9	6.19	6.81
n 6	59.8	107.2	5.66	7.43
n 7	47.8	105.4	5.85	6.99
n 8	58.7	108.4	5.66	7.89
n 9	64.3	114.9	5.83	7.72
n 10	62.4	107.2	6.48	7.97
平均値	58.1	105.6	5.74	7.42

※各数値の算定は荷重変位曲線上の最大ピークを採用

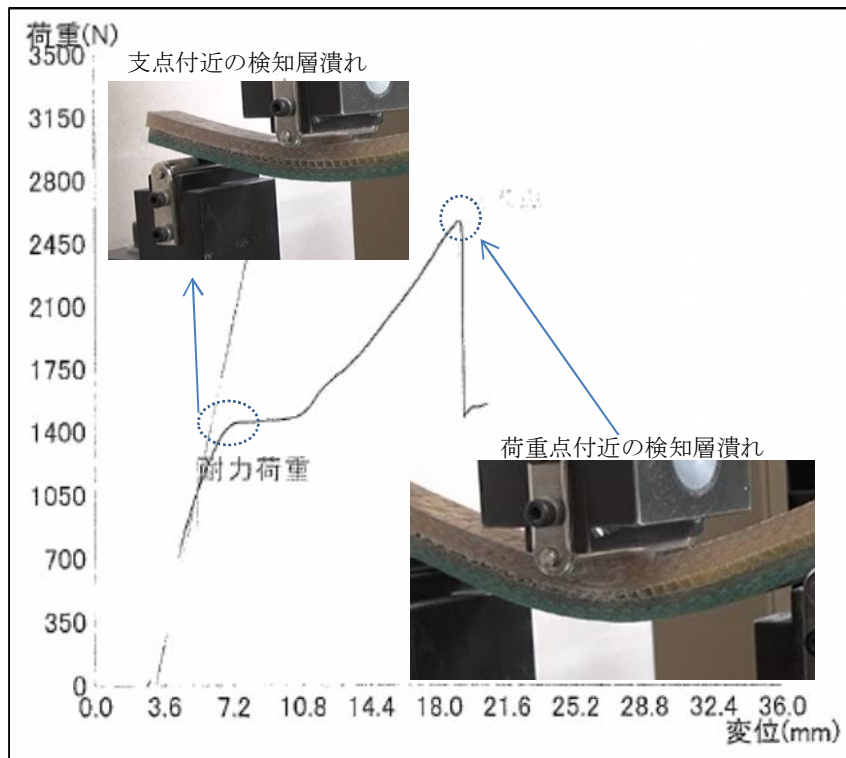


図1 周方向 ($n = 1$) 荷重変位曲線

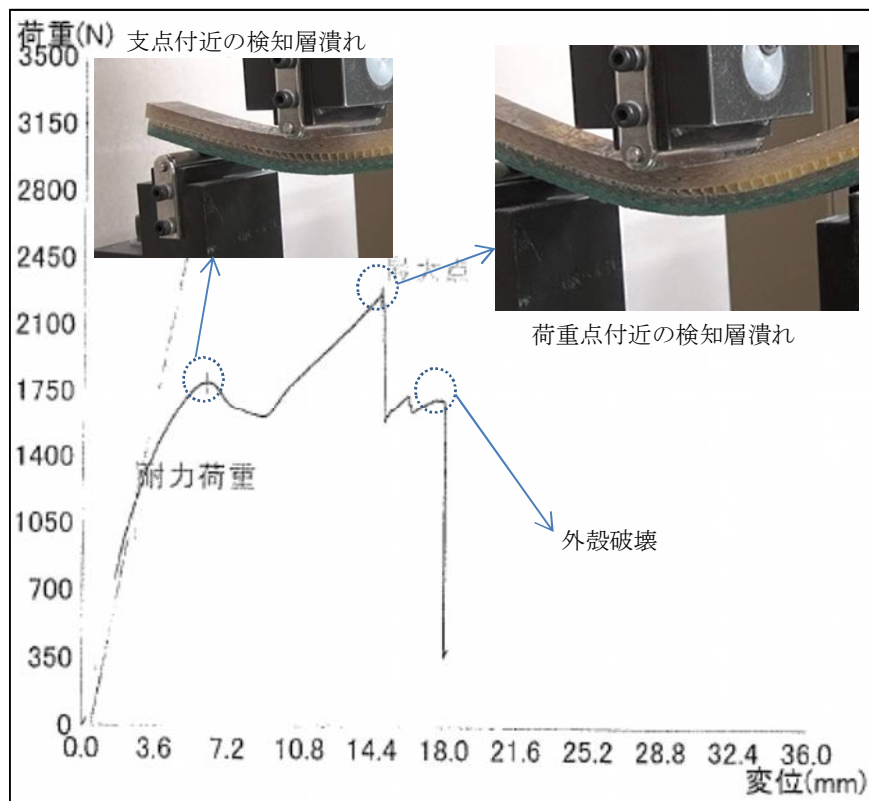


図2 周方向 ($n = 2$) 荷重変位曲線

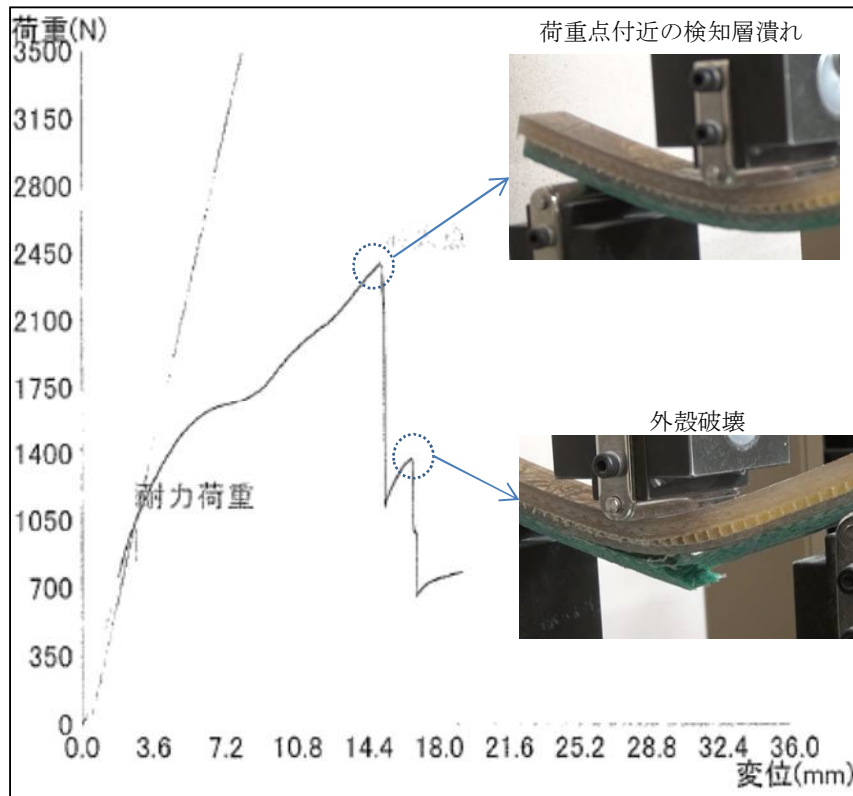


図3 周方向 ($n=3$) 荷重変位曲線

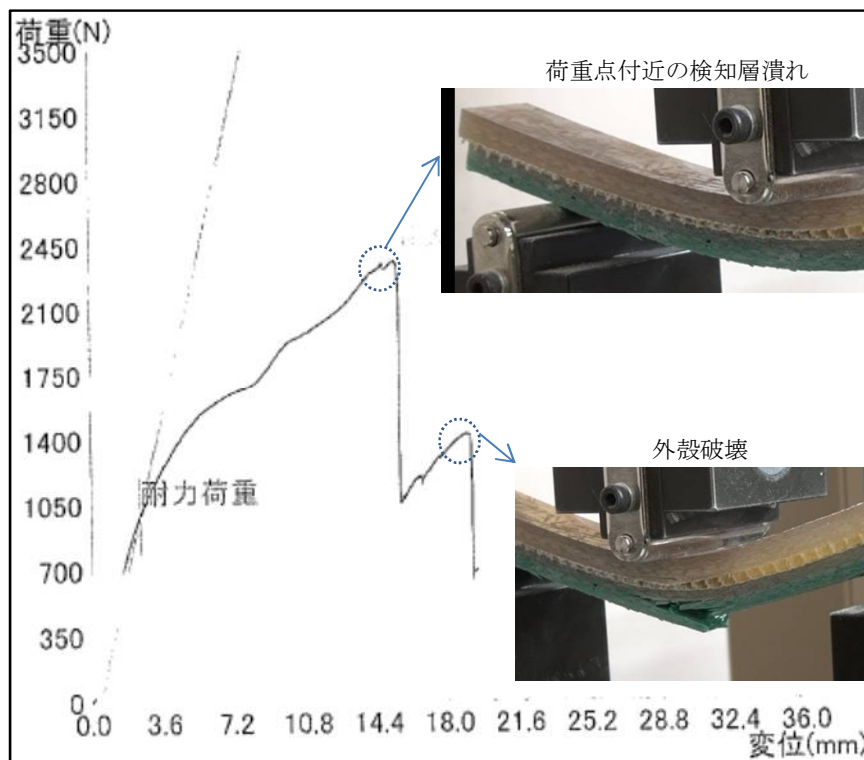


図4 周方向 ($n=4$) 荷重変位曲線

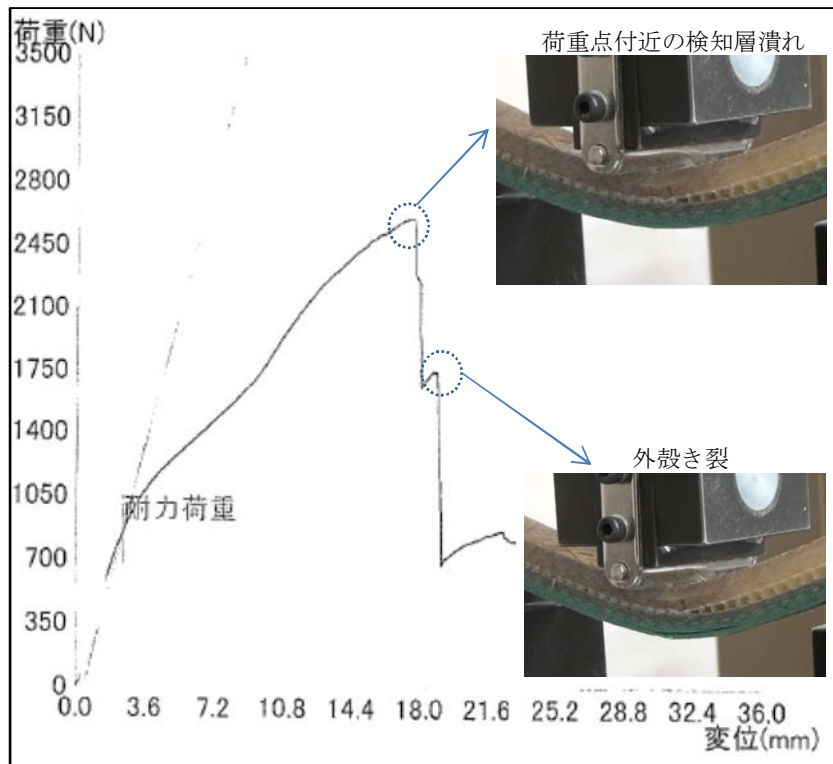


図5 周方向 ($n = 5$) 荷重変位曲線

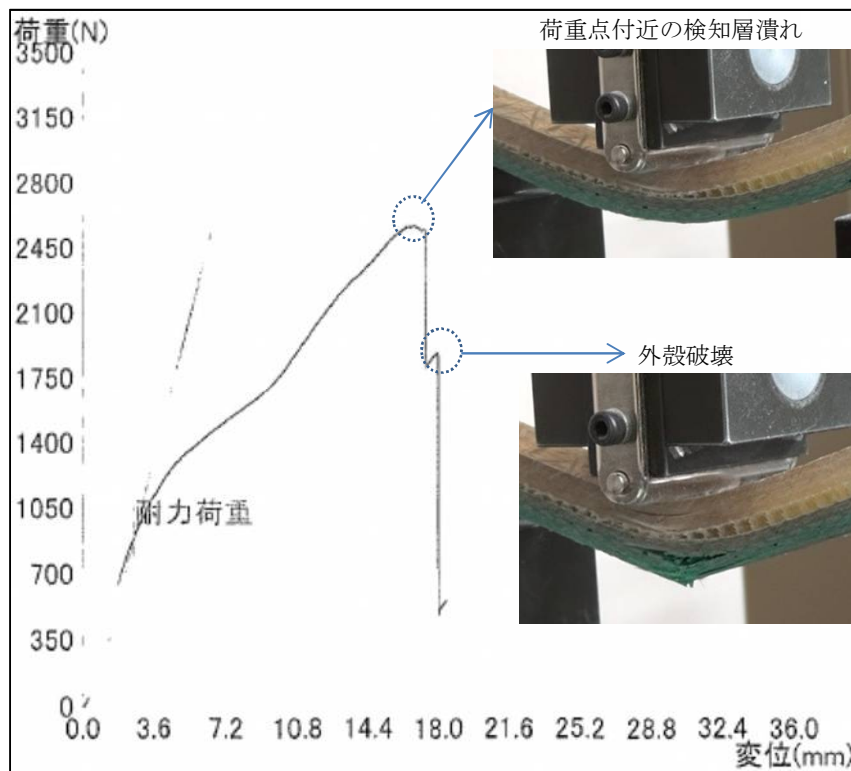


図6 周方向 ($n = 6$) 荷重変位曲線

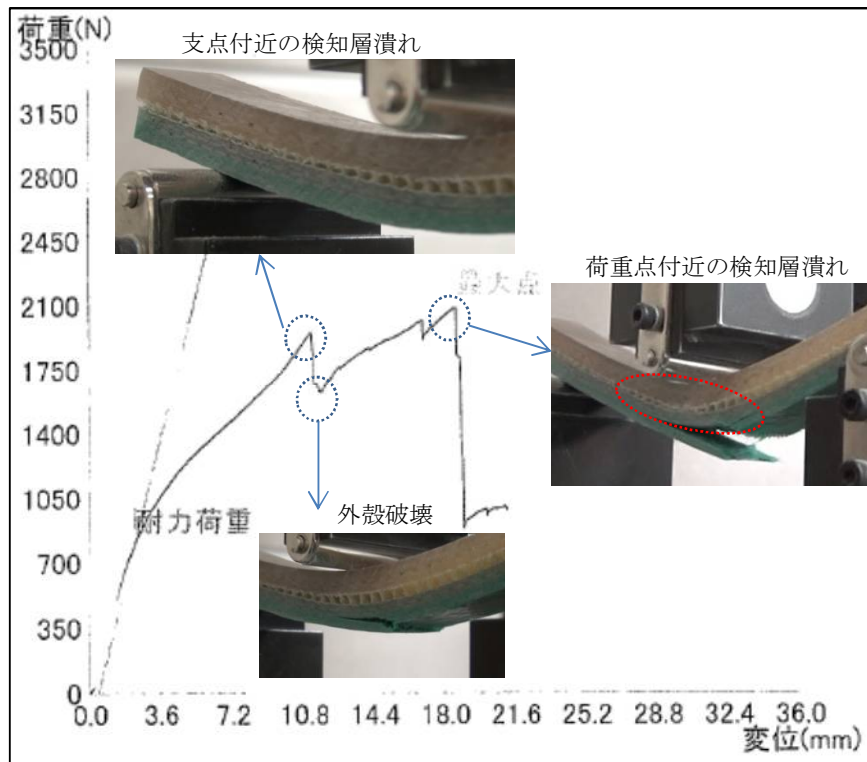


図7 周方向 ($n = 7$) 荷重変位曲線

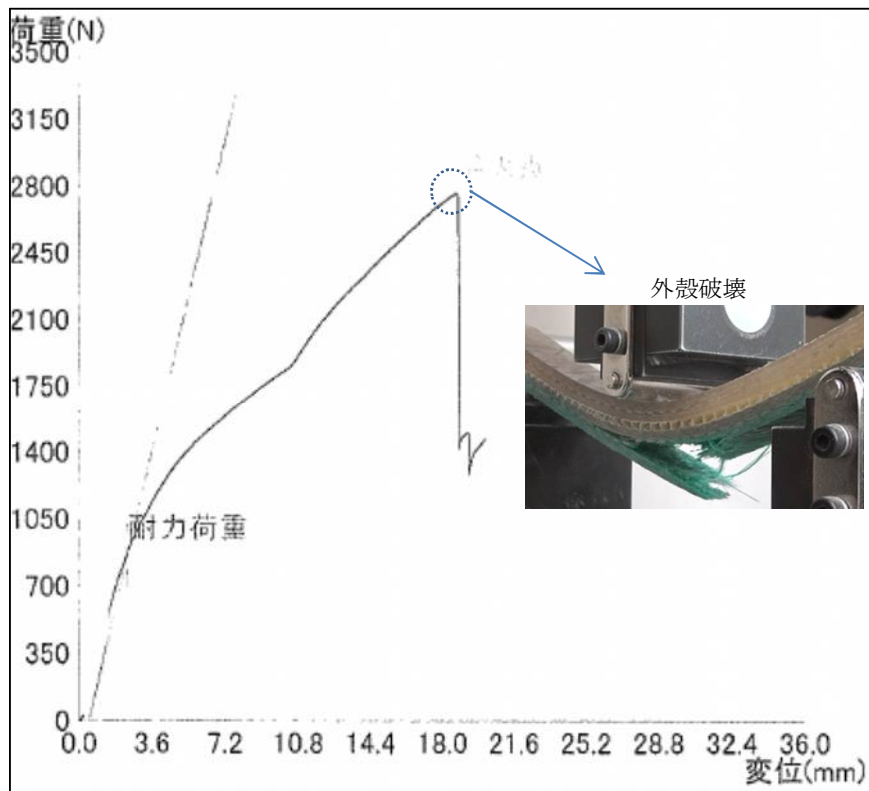


図8 周方向 ($n = 8$) 荷重変位曲線

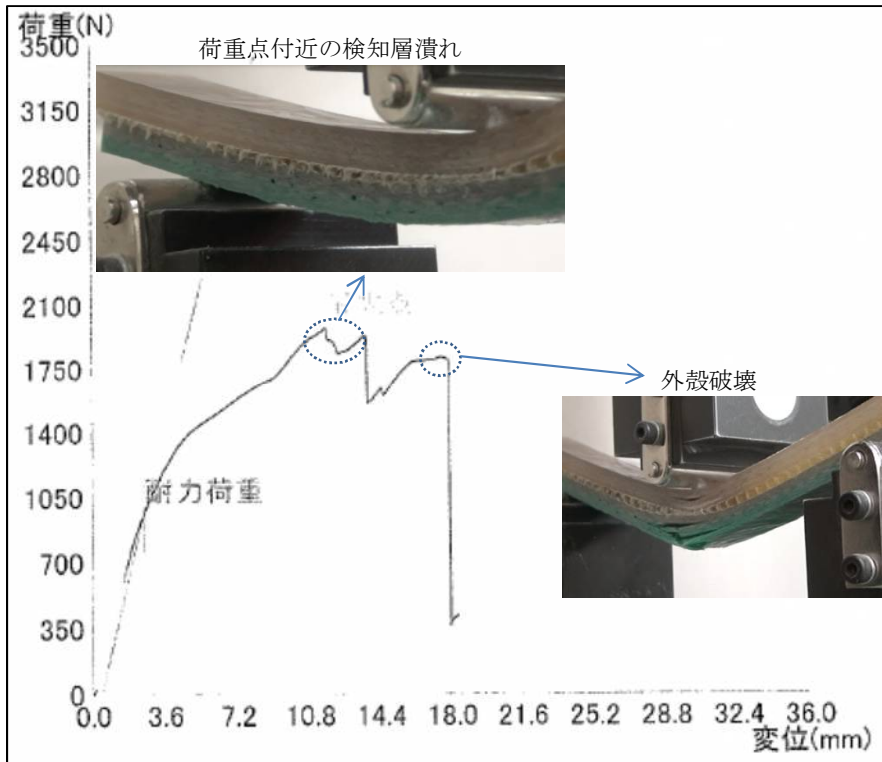


図9 周方向 (n = 9) 荷重変位曲線

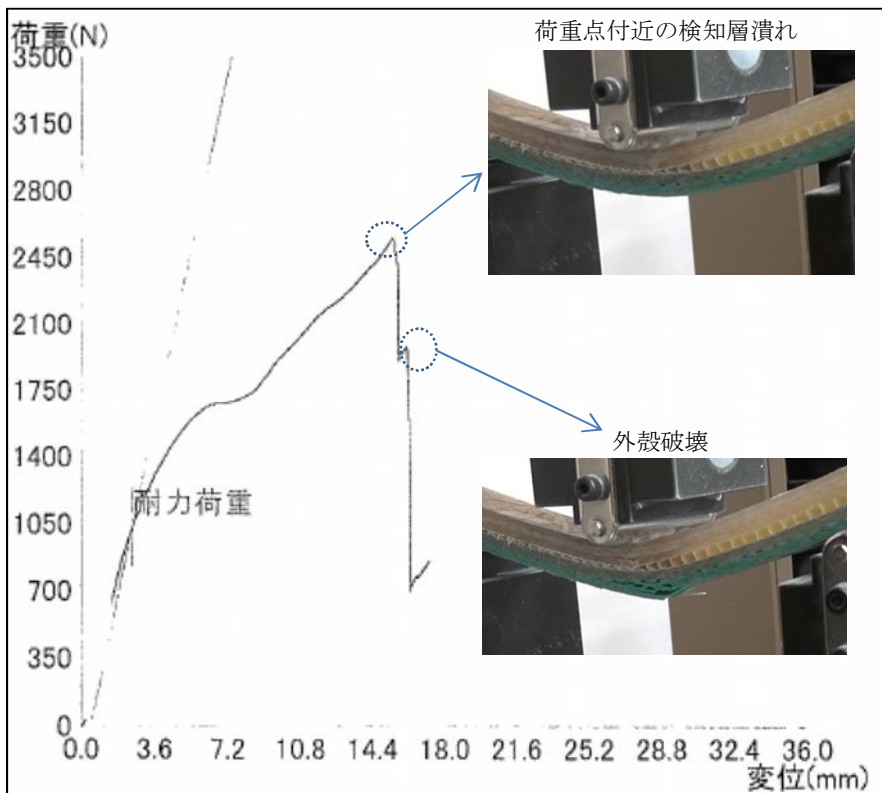


図10 周方向 (n = 10) 荷重変位曲線

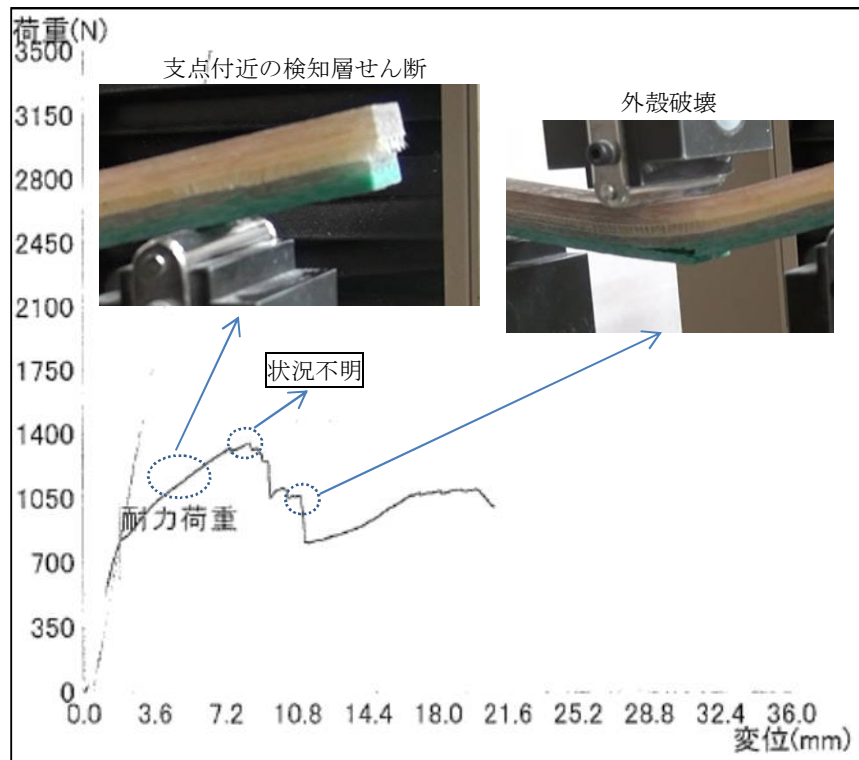


図 11 軸方向 (n = 1) 荷重変位曲線

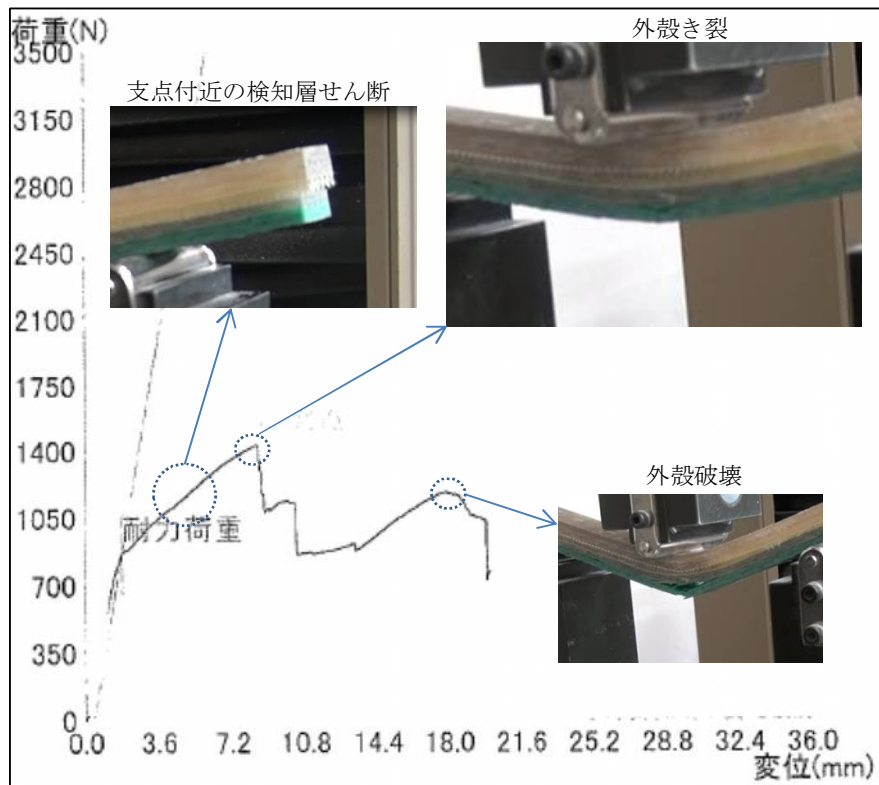


図 12 軸方向 (n = 2) 荷重変位曲線

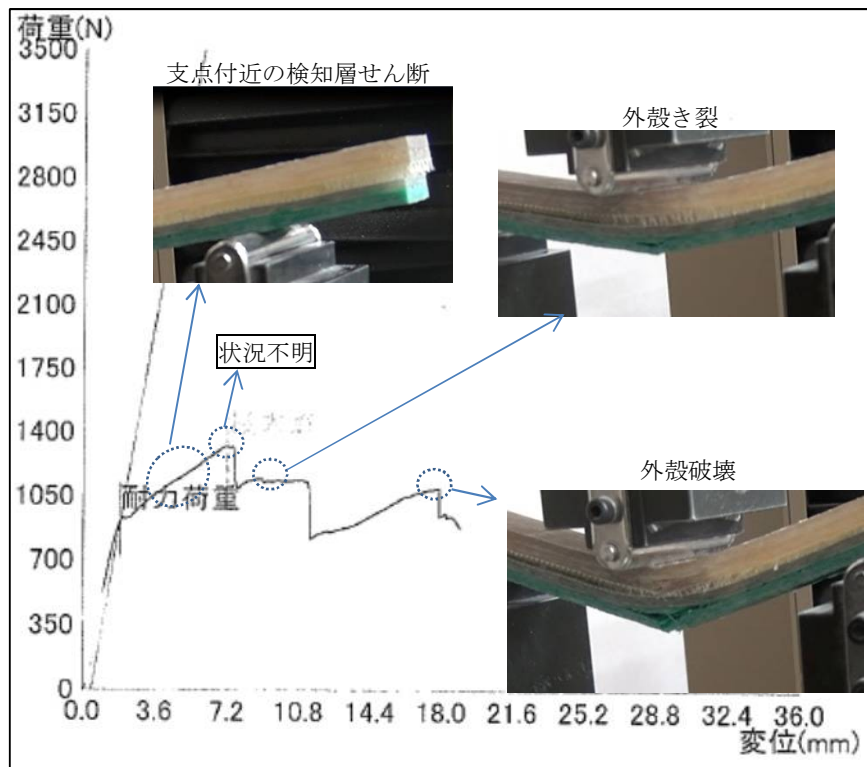


図 13 軸方向 (n = 3) 荷重変位曲線

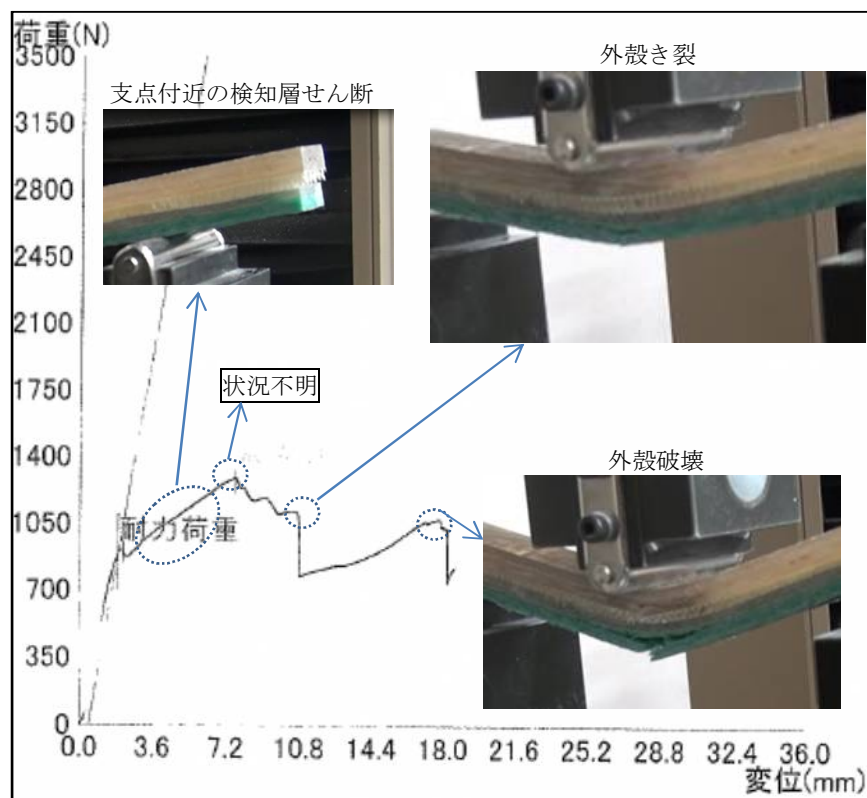


図 14 軸方向 (n = 4) 荷重変位曲線

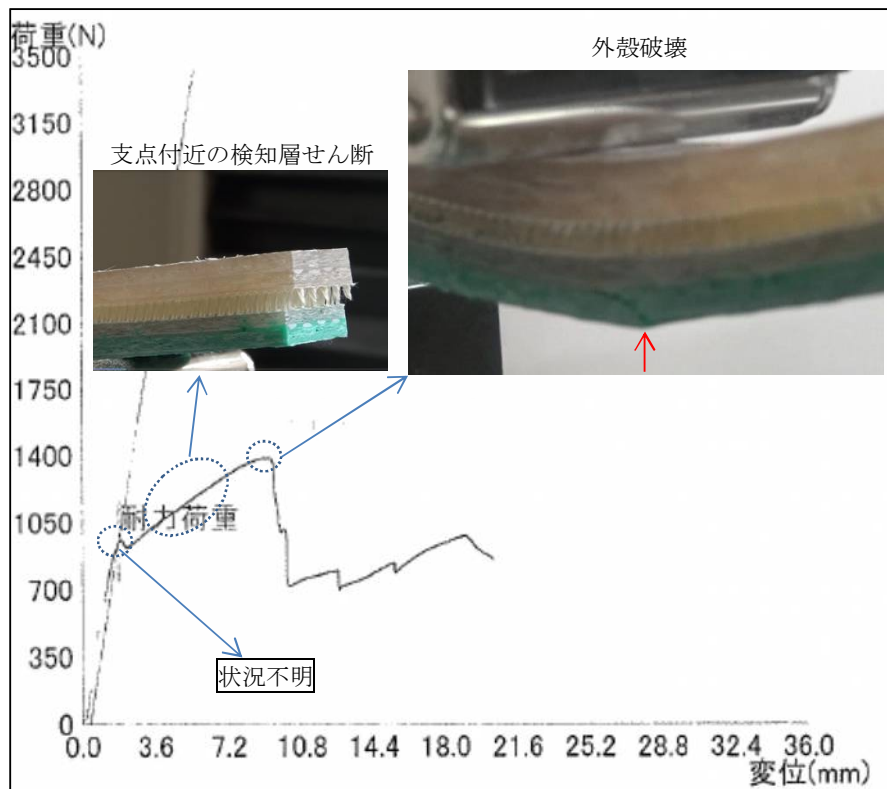


図 15 軸方向 (n = 5) 荷重変位曲線

荷重変位曲線図の確認された最大ピークにおける試験片の状況を表3及び表4、一例を図16及び図17に示す。

表3 試験状況について（周方向）

試験数	最大ピーク時の試験片の状況	
	検知層潰れ（荷重点）	F R P層き裂等
1	○	
2	○	
3	○	
4	○	
5	○	
6	○	
7	○	
8		○
9	○	
10	○	
合計	9	1

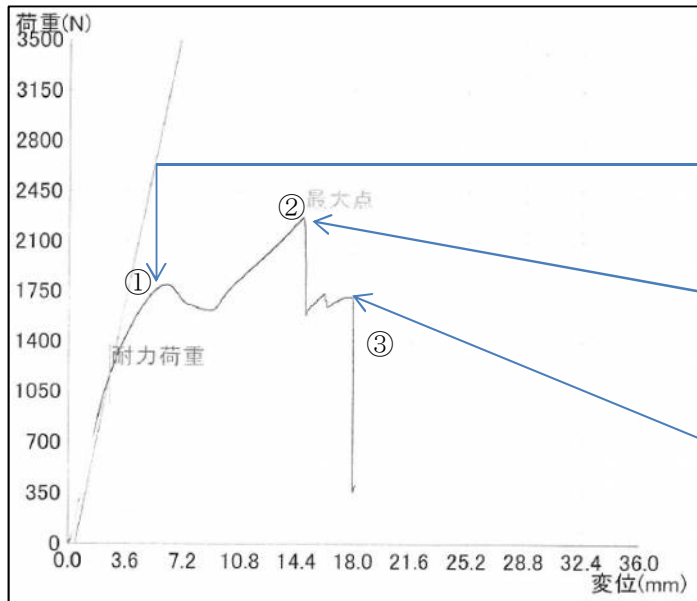
F R P層き裂等：F R P層（内殻または外殻）のき裂または破壊

表4 試験状況について（軸方向）

試験数	最大ピーク時の試験片の状況	
	F R P層き裂等	状況不明
1		○
2	○	
3		○
4		○
5	○	
合計	2	3

F R P層き裂等：F R P層（内殻または外殻）のき裂または破壊

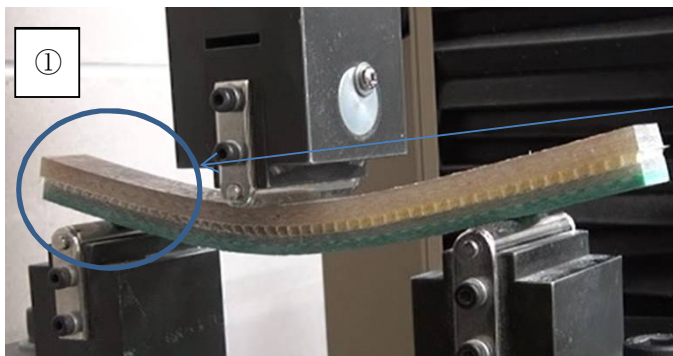
状況不明：外観からは状況が不明



約 8mm 変位
 支点部分の検知層が潰れる。

約 14mm 変位
 荷重点下部の検知層が潰れる。

約 18mm 変位
 外殻が破断する。



約 8mm 変位
 支点部分の検知層が潰れる。



約 14mm 変位
 荷重点下部の検知層が潰れる。



約 18mm 変位
 外殻が破断する。

図 16 周方向試験片結果 (n 2)

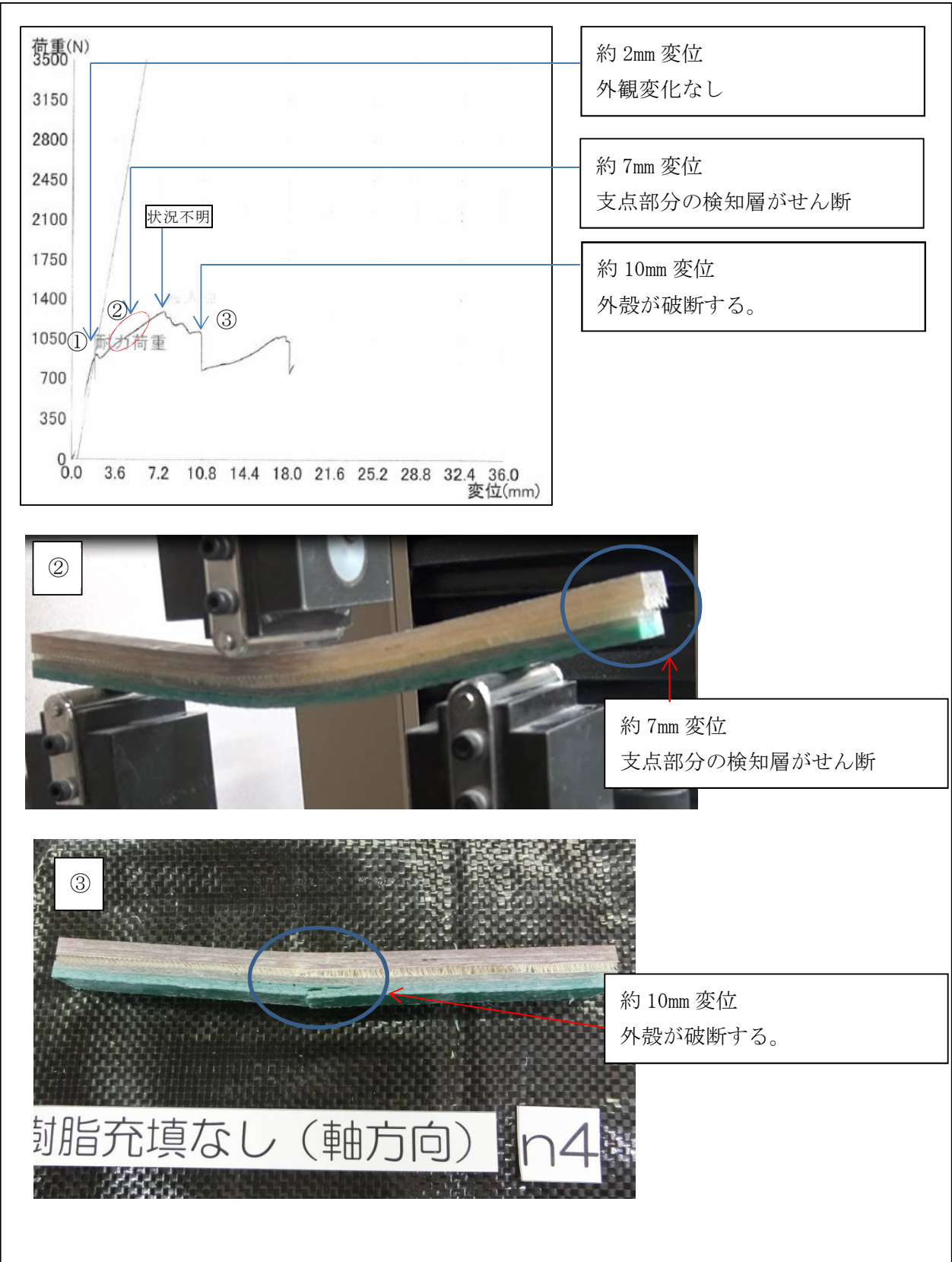


図 17 軸方向試験片結果 (n 4)

4 まとめ

- (1) 樹脂を充填していない試験片は樹脂を充填しているものに比べ大幅に低い数値を示していた。
- (2) 検知層の潰れ等に荷重変位曲線上で最大のピークを示す状況が周方向では8事例確認された。

参考資料 9

ばらつきの確認

ばらつきの確認について

1 検討のポイント

現在、製造されているタンクの材料強度値がどの程度ばらつきを示しているかを確認する。ばらつきが確認された場合の構造設計や品質管理を実施する際の材料試験における試験数や数値の処理についてガイドラインに示す。

2 実施内容

N社が出荷する前のタンクに対して実施している材料試験の結果（曲げ強さ・タンク10基分）を比較し、ばらつきについて確認をする。

3 結果

N社が実施している材料試験の結果について、周方向の結果を表1及び図1、軸方向の結果を表2及び図2に示す。

なお、各結果の算定に用いる荷重変位曲線図の採用するピークは現行の方法（最大値）としている。

表1 周方向・曲げ強さ結果

試験数	タンク番号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n1	132.5	132.5	140.8	134.9	137.4	149.7	140.9	166.8	169.6	170.9
n2	142.1	145.4	156.4	144.7	155.7	151.1	161.0	132.0	143.3	170.7
n3	149.1	149.1	152.2	148.2	144.3	152.1	129.8	145.3	140.2	150.8
n4	139.5	147.0	147.0	148.7	151.2	159.3	152.2	162.4	136.0	146.5
n5	136.1	145.6	145.8	145.6	147.5	132.4	146.4	140.3	150.6	159.4
n6	141.6	141.6	148.3	147.0	147.5	147.4	151.1	162.1	137.2	155.4
n7	146.5	146.5	146.5	146.5	150.7	149.4	152.8	152.4	145.3	139.5
n8	133.9	145.9	141.5	139.4	146.3	145.0	132.5	160.3	163.2	150.3
n9	134.9	137.2	149.4	131.8	131.4	133.3	151.2	149.3	163.3	149.8
n10	133.8	143.7	137.3	133.5	139.8	132.3	144.8	156.1	142.6	146.5
平均	139.0	143.5	146.5	142.0	145.2	145.2	146.3	152.7	149.1	154.0

※ : タンク個体内で比較した数値

※ : タンク個体間で比較した数値

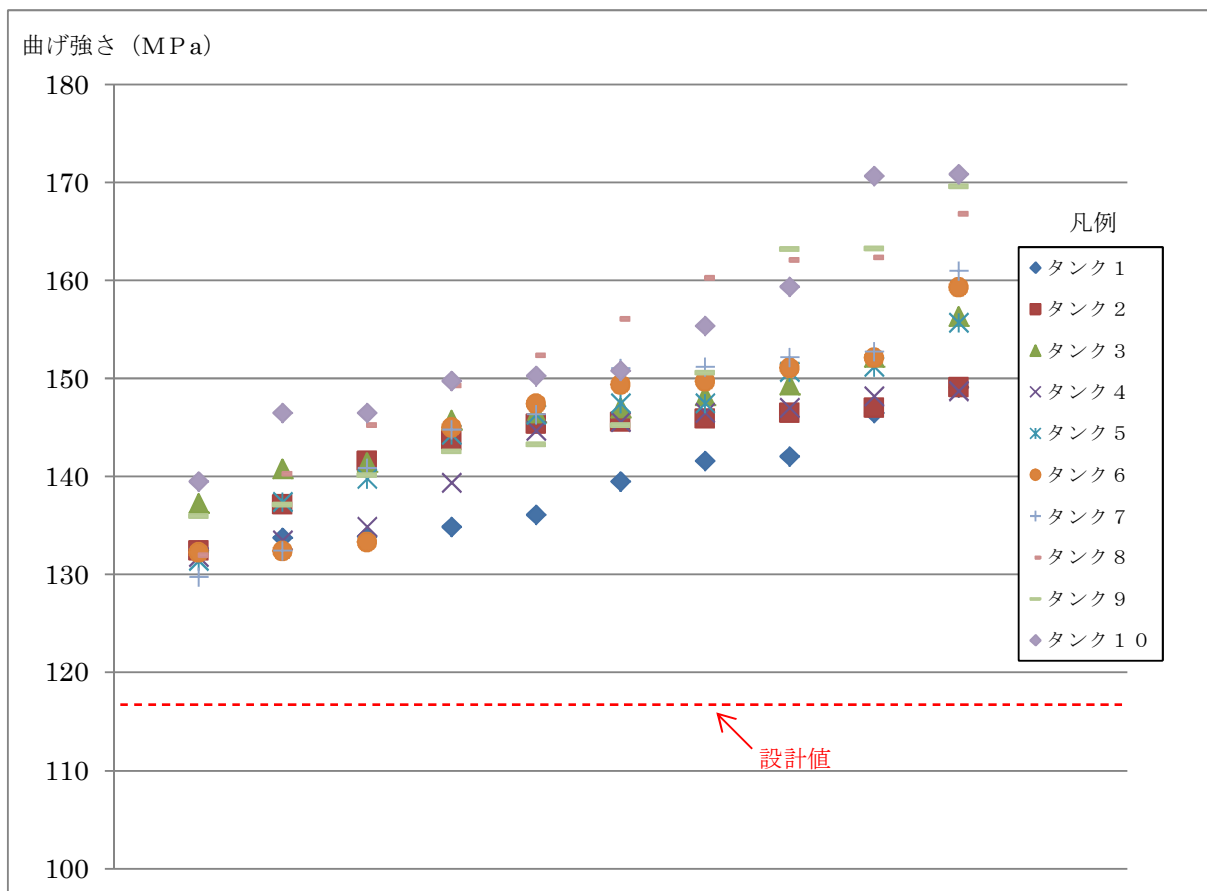


図1 周方向・曲げ強さ結果

表2 軸方向・曲げ強さ結果

試験数	タンク番号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n1	109.0	109.0	106.8	108.9	106.7	113.7	113.1	104.6	110.3	109.9
n2	97.50	97.50	97.50	94.60	101.5	105.7	89.90	105.7	121.6	114.7
n3	108.7	108.7	114.8	108.8	108.8	111.9	112.8	106.4	111.4	106.3
n4	105.3	105.3	105.2	104.0	106.9	109.6	105.7	101.5	112.2	101.2
n5	97.40	101.2	97.80	92.30	94.90	114.7	107.3	99.4	110.7	113.8
n6	99.80	99.80	96.90	95.90	95.20	73.10	100.0	109.5	108.9	106.3
n7	100.4	100.4	100.4	103.8	101.5	121.3	105.7	107.8	108.7	102.5
n8	97.50	97.50	100.6	105.8	111.3	108.3	107.8	115.5	113.0	96.20
n9	100.8	100.8	102.0	100.1	109.5	108.0	106.4	105.6	110.5	87.80
n10	98.30	95.00	98.70	94.30	103.1	123.6	105.5	101.9	121.6	104.9
平均	101.5	101.5	102.1	100.9	103.9	109.0	105.4	105.8	112.9	104.4

※ _ : タンク個体内で比較した数値

※ ■ : タンク個体間で比較した数値

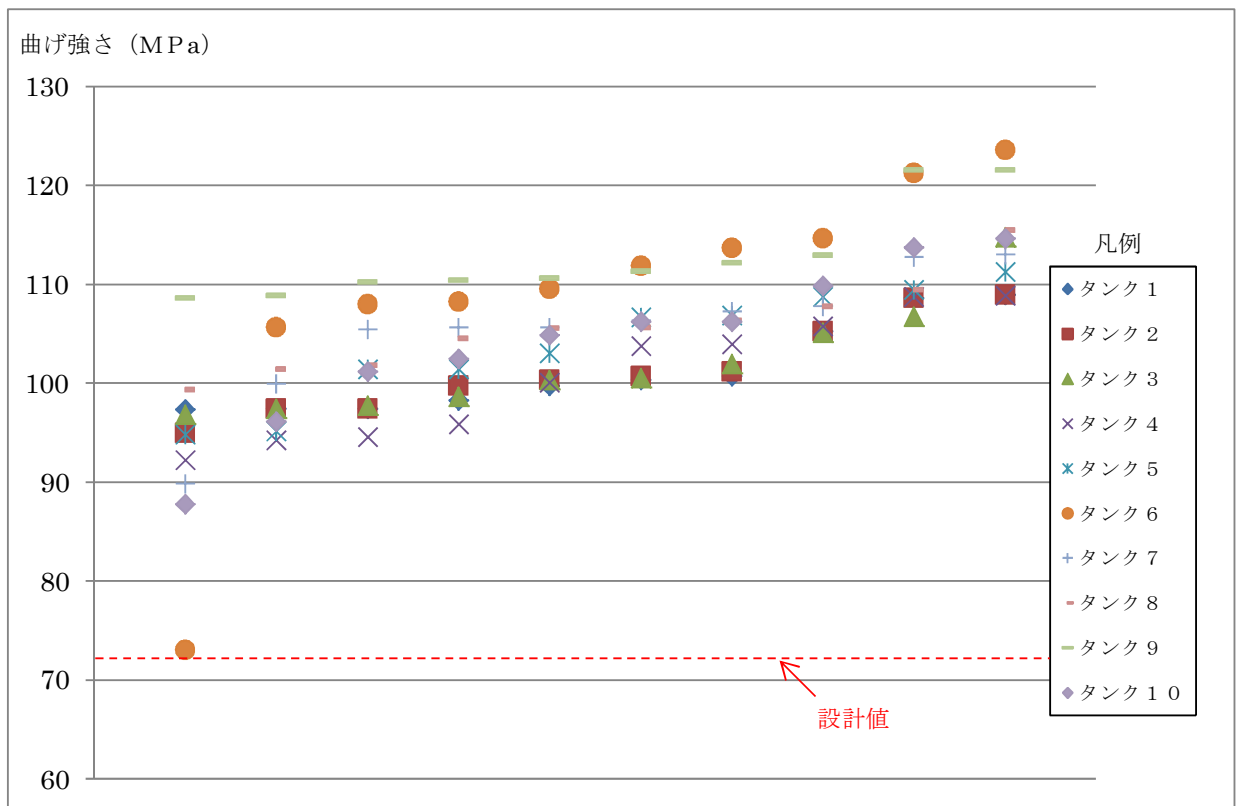


図2 軸方向・曲げ強さ結果

4 まとめ

- (1) タンク個体内において、周方向の結果ではタンク 8 で最大値と最小値の差が 34.8 MPa、軸方向の結果ではタンク 6 で最大値と最小値の差が 50.5 MPa であった。
 - (2) タンク個体間において、周方向の結果ではタンク 10 の最大値とタンク 7 の最小値の差が 41.1 MPa であった。軸方向はタンク 9 の最大値とタンク 6 の最小値の差が 48.5 MPa であった。
- 以上から、タンク個体内及びタンク個体間でばらつきが確認された。

参考資料 10

材料試験報告書（曲げ試験）

試験報告書

平成 29 年 12 月 6 日

No.272-17-A-1279

一般財団法人 化学物質評価研究機構
東京事業所
埼玉県北葛飾郡杉戸町下高野 1600 番地
TEL 0480-37-2601 FAX 0480-37-2521

1. 依頼者 危険物保安技術協会 殿
2. 受付日 平成 29 年 9 月 29 日
3. 件名 FRP 材の曲げ試験
4. 試料 FF 二重殻タンク
タンクメーカー現行品 1 点

5. 試験方法

曲げ試験

(1) 3 点曲げ試験及び (2) 4 点曲げ試験により、供試体の曲げ試験を行った。

JIS K 7017 : 1999「繊維強化プラスチックー曲げ特性の求め方」

試料および試験片の詳細

- 試験片作製方法 : 提供試料 (図 1, 図 2 参照)
試験片の方向 : 周方向、軸方向
試験片形状 : 30 mm × 450 mm × 厚さ約 16 mm
試験片数 : 各 10

試験の詳細

- 試験面 : 試料内側
試験速度 : 5 mm/min
試験室温湿度 : 23°C
圧子径 : φ 10 mm
支点間距離 : (1) 【3 点曲げ】 320 mm
(2) 【4 点曲げ】 下部支点間距離 360 mm, 上部支点間距離 120 mm
使用試験機 : (株)島津製作所製 精密万能試験機 オートグラフ AG-IS 100 kN
試験機容量 : ロードセル式 10kN

次頁に続く

6. 試験結果

曲げ試験

(1) 3点曲げ

(i) 曲げ強さ (MPa)

試験数 試料方向	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	平均値
周方向	131	139	145	128	141	151	151	148	147	142	142
軸方向	119	103	108	92.9* (101)	102	97.9	101* (106)	101	98.9	102	103

* 応力-ひずみ曲線において、初期ピーク後に最大点を示す試料については、最大点の応力を()で併記した。

(ii) 曲げ弾性率 (MPa)

試験数 試料方向	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	平均値
周方向	8500	9700	9530	9360	9690	9580	9010	9120	9060	9880	9340
軸方向	9850	9160	9530	8360	9370	8280	9320	8400	9300	9180	9080

(2) 4点曲げ

(i) 曲げ強さ (MPa)

試験数 試料方向	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	平均値
周方向	133	139	181	125	173	168	155	161	187	129	155
軸方向	113	99.8	108	105	114	110	104* (108)	108* (109)	116	114	109

* 応力-ひずみ曲線において、初期ピーク後に最大点を示す試料については、最大点の応力を()で併記した。

* 周方向の曲げ試験は、すべての試験片においてFRP層が破壊する前に検知層とFRP層のはく離現象が発生し曲げ試験が成立しなかった。曲げ強さははく離現象が得られるまでの最大荷重から求めており参考値とする。

(ii) 曲げ弾性率 (MPa)

試験数 試料方向	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	平均値
周方向	11700	12700	12700	12600	12100	13100	11600	12600	12500	12000	12400
軸方向	11600	10700	11300	11100	11600	10600	11100	11600	12000	11200	11300

次頁に続く

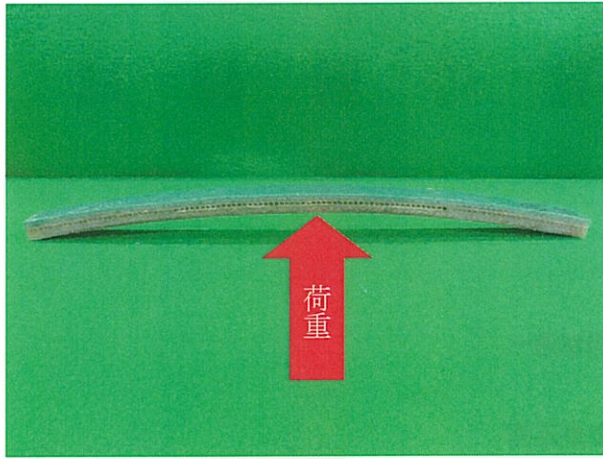


図1 試験片形状 (周方向)

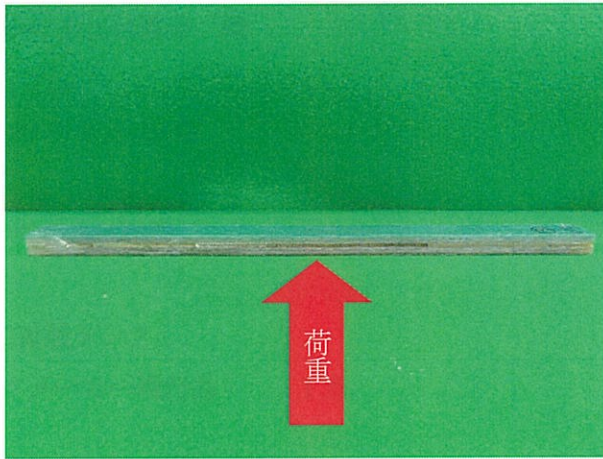


図2 試験片形状 (軸方向)

以上

(受付No.272-17-1-0703)

参考資料 11

材料試験報告書（引張試験）

試験報告書

平成 29 年 12 月 6 日

No.272-17-A-1280

一般財団法人 化学物質評価研究機構
東京事業所
埼玉県北葛飾郡杉戸町下高野 1600 番地
TEL 0480-37-2601 FAX 0480-37-2521

1. 依頼者 危険物保安技術協会 殿
2. 受付日 平成 29 年 9 月 29 日
3. 件名 FRP 材の引張試験
4. 試料 FF 二重殻タンク
タンクメーカー現行品 1 点

5. 試験方法

引張試験

以下の条件で引張試験を実施し、得られた結果より、破壊強度及びひずみを求めた。また、応力-ひずみ線図から、任意の傾きをヤング率として、横ひずみ-縦ひずみ線図から、任意の傾きをポアソン比と定義し算出した。なお、ひずみは試料内側及び外側の両側で測定を実施した。

JIS K 7164 : 2005 「プラスチック引張特性の試験方法—第 4 部：

等方性及び直交異方性繊維強化プラスチックの試験条件」

試料および試験片の詳細

試験片作製方法：提供試料より切削加工

試験片形状：タイプ 1B 系 B 形 ダンベル状 (周方向)、
幅約 25mm×長さ約 300mm タイプ 3 短冊状 (周方向、軸方向)

試験片数：各 10

試験の詳細

試験速度：2mm/min

試験室温湿度：23℃

試験機器：(株)島津製作所製 精密万能試験機 オートグラフ UH-1000kNI

(株)共和電業製 汎用箔ひずみゲージ KFG-10-120-D16-11 L3M2S

試験機容量：ロードセル式 1000kN

引張強さ(MPa) = 最大試験力 / (幅 × 厚さ*) *検知層 (繊維層)を除いた上下 FRP 層の和

弾性率 (MPa) = (応力 2 - 応力 1) / (タテひずみ 2 - タテひずみ 1) × 100

ポアソン比 = (ヨコひずみ 2 - ヨコひずみ 1) / (タテひずみ 2 - タテひずみ 1)

(別添付資料参照)

次頁に続く

この試験報告書を転載するときは、事前に本機構の承認を受けてください。

6. 試験結果

試験片形状：ダンベル状（周方向）

試験数	引張強さ※ ¹ (MPa)	試料内側		試料外側	
		引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲※ ²	引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲※ ²
n1	123.0	2775	0.30~0.34%	11830	0.10~0.30%
n2	130.4	1725	0.33~0.37%	12040	0.10~0.30%
n3	132.7	3725	0.28~0.32%	11410	0.10~0.30%
n4	113.2【127.9】	1725	0.29~0.33%	12870	0.10~0.30%
n5	142.1	4975	0.33~0.37%	13630	0.10~0.30%
n6	128.1	1775	0.35~0.39%	13240	0.10~0.30%
n7	125.2	1950	0.40~0.44%	10950	0.10~0.30%
n8	140.2	2825	0.44~0.48%	10500	0.10~0.30%
n9	136.2	2350	0.36~0.40%	13520	0.10~0.30%
n10	138.5	1900	0.33~0.37%	12140	0.10~0.30%
平均値	131	2570	—	12200	—

※¹ 数値は最初のピーク値。【】内は最初のピーク後に発生した最大値。

試験数	試料内側		試料外側	
	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲※ ²	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲※ ²
n1	0.275	0.44~0.48%	0.305	0.10~0.30%
n2	0.300	0.44~0.48%	0.290	0.10~0.30%
n3	0.300	0.44~0.48%	0.295	0.10~0.30%
n4	0.275	0.44~0.48%	0.320	0.10~0.30%
n5	0.300	0.44~0.48%	0.330	0.10~0.30%
n6	0.325	0.44~0.48%	0.285	0.10~0.30%
n7	0.300	0.44~0.48%	0.300	0.10~0.30%
n8	0.250	0.44~0.48%	0.315	0.10~0.30%
n9	0.300	0.44~0.48%	0.300	0.10~0.30%
n10	0.325	0.44~0.48%	0.290	0.10~0.30%
平均値	0.30	—	0.30	—

※² タテひずみ

次頁に続く

試験片形状：短冊状（周方向）

試験数	引張強さ (MPa)	試料内側		試料外側	
		引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲 ^{※2}	引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲 ^{※2}
n1	124.3	1700	0.23~0.27%	14590	0.10~0.25%
n2	122.7	1800	0.26~0.30%	13980	0.10~0.25%
n3	84.87	3225	0.25~0.29%	12950	0.10~0.25%
n4	101.1	2975	0.27~0.31%	12530	0.10~0.25%
n5	118.3	3500	0.29~0.33%	14190	0.10~0.25%
n6	112.7	2325	0.37~0.41%	13630	0.10~0.25%
n7	125.1	4175	0.36~0.40%	14340	0.10~0.25%
n8	96.61	6350	0.32~0.36%	12970	0.10~0.25%
n9	116.7	2750	0.40~0.44%	12760	0.10~0.25%
n10	120.0	1675	0.38~0.42%	12160	0.10~0.25%
平均値	112	3050	—	13400	—

試験数	試料内側		試料外側	
	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲 ^{※2}	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲 ^{※2}
n1	0.283	0.42~0.48%	0.247	0.10~0.25%
n2	0.233	0.42~0.48%	0.307	0.10~0.25%
n3	0.283	0.42~0.48%	0.300	0.10~0.25%
n4	0.250	0.42~0.48%	0.313	0.10~0.25%
n5	0.300	0.42~0.48%	0.253	0.10~0.25%
n6	0.283	0.42~0.48%	0.327	0.10~0.25%
n7	0.300	0.42~0.48%	0.313	0.10~0.25%
n8	0.283	0.42~0.48%	0.293	0.10~0.25%
n9	0.300	0.42~0.48%	0.273	0.10~0.25%
n10	0.317	0.42~0.48%	0.307	0.10~0.25%
平均値	0.28	—	0.29	—

※2 タテひずみ

次頁に続く

試験片形状：短冊状（軸方向）

試験数	引張強さ ^{*1} (MPa)	試料内側		試料外側	
		引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲 ^{*2}	引張弾性率 (MPa)	弾性率 算出範囲 ^{*2}
n1	72.98 【76.19】	11260	0.25～0.35%	10990	0.20～0.35%
n2	71.12 【81.34】	13940	0.25～0.35%	12160	0.20～0.35%
n3	78.50 【83.03】	12800	0.25～0.35%	11010	0.20～0.35%
n4	88.50	14140	0.25～0.35%	10990	0.20～0.35%
n5	83.43	12100	0.25～0.35%	11360	0.20～0.35%
n6	74.81 【82.66】	13110	0.25～0.35%	10620	0.20～0.35%
n7	75.57	12620	0.25～0.35%	11590	0.20～0.35%
n8	80.06	10700	0.25～0.35%	12110	0.20～0.35%
n9	76.06 【82.26】	13070	0.25～0.35%	11210	0.20～0.35%
n10	76.60	12700	0.25～0.35%	11370	0.20～0.35%
平均値	77.8	12600	—	11300	—

^{*1} 数値は最初のピーク値。【】内は最初のピーク後に発生した最大値。

試験数	試料内側		試料外側	
	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲 ^{*2}	ポアソン比	ポアソン比 算出範囲 ^{*2}
n1	0.300	0.25～0.35%	0.233	0.20～0.35%
n2	0.330	0.25～0.35%	0.227	0.20～0.35%
n3	0.320	0.25～0.35%	0.227	0.20～0.35%
n4	0.370	0.25～0.35%	0.207	0.20～0.35%
n5	0.300	0.25～0.35%	0.207	0.20～0.35%
n6	0.330	0.25～0.35%	0.180	0.20～0.35%
n7	0.320	0.25～0.35%	0.227	0.20～0.35%
n8	0.330	0.25～0.35%	0.213	0.20～0.35%
n9	0.280	0.25～0.35%	0.193	0.20～0.35%
n10	0.330	0.25～0.35%	0.233	0.20～0.35%
平均値	0.32	—	0.21	—

^{*2} タテひずみ

次頁に続く

7. 備 考

試験チャート

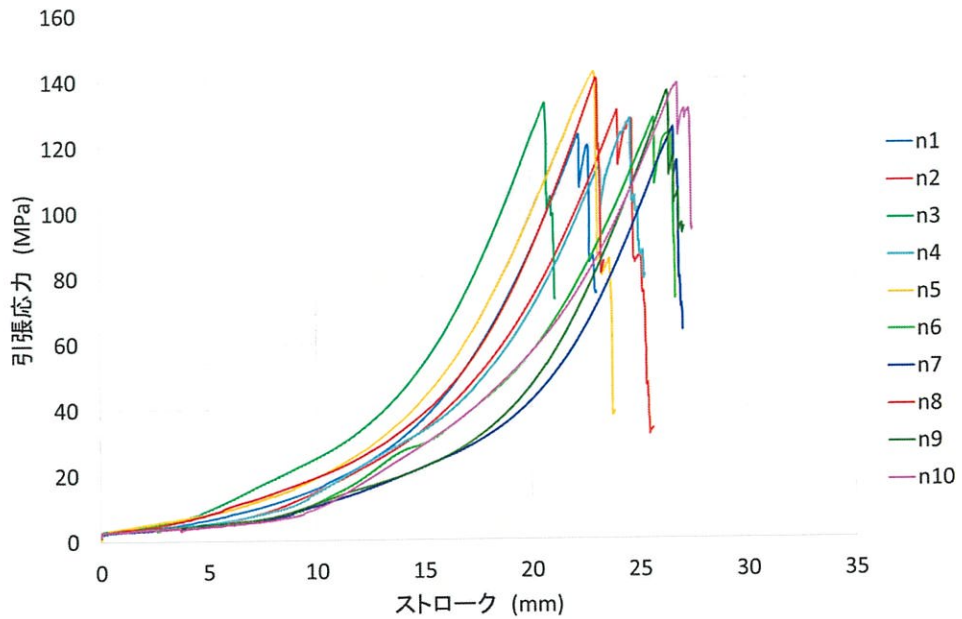
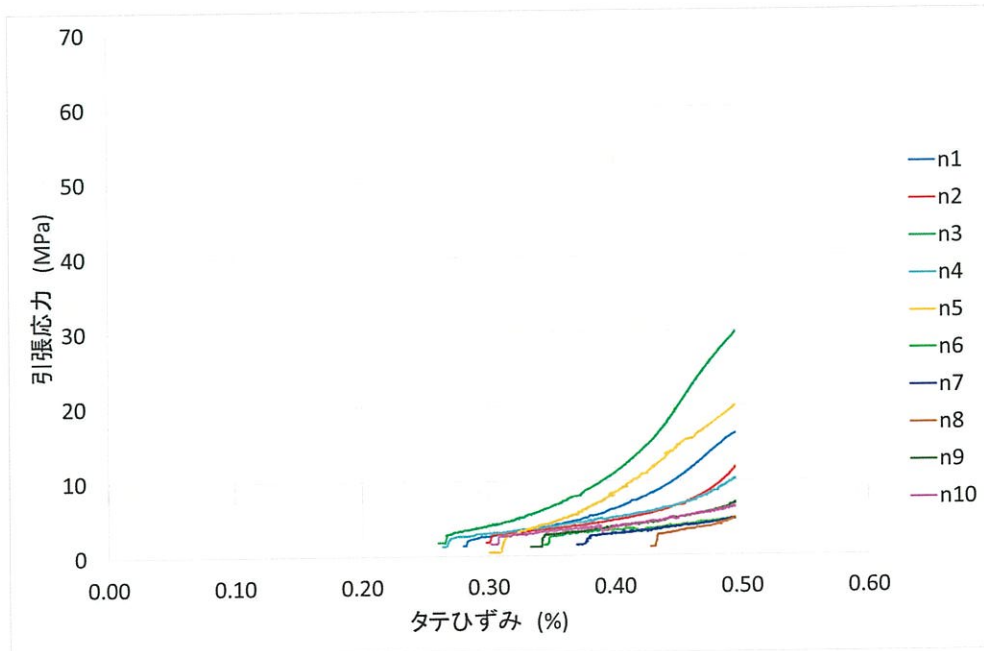


図1 応力-ストローク曲線 (試験片：ダンベル状)

図2 応力-タテひずみ(内側)曲線^{※3} (試験片：ダンベル状)

※3 ひずみ原点がずれているのは、試料を試験機に取り付ける前の状態をゼロとしていることにより、試験機取り付け時の変形の影響が現れているためである。

次頁に続く

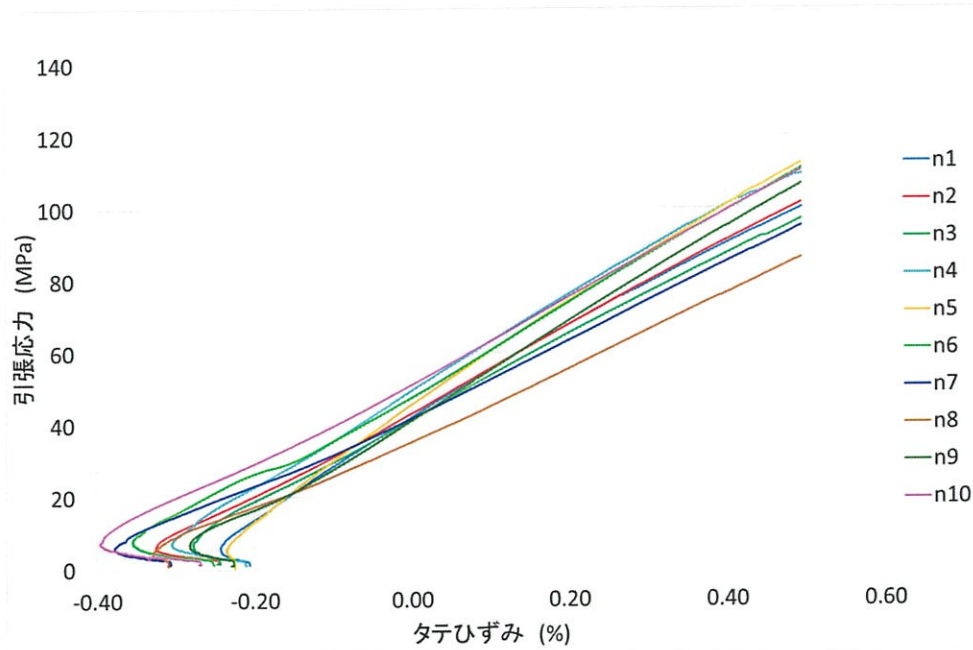


図3 応力-たてひずみ(外側)曲線^{※3} (試験片：ダンベル状)

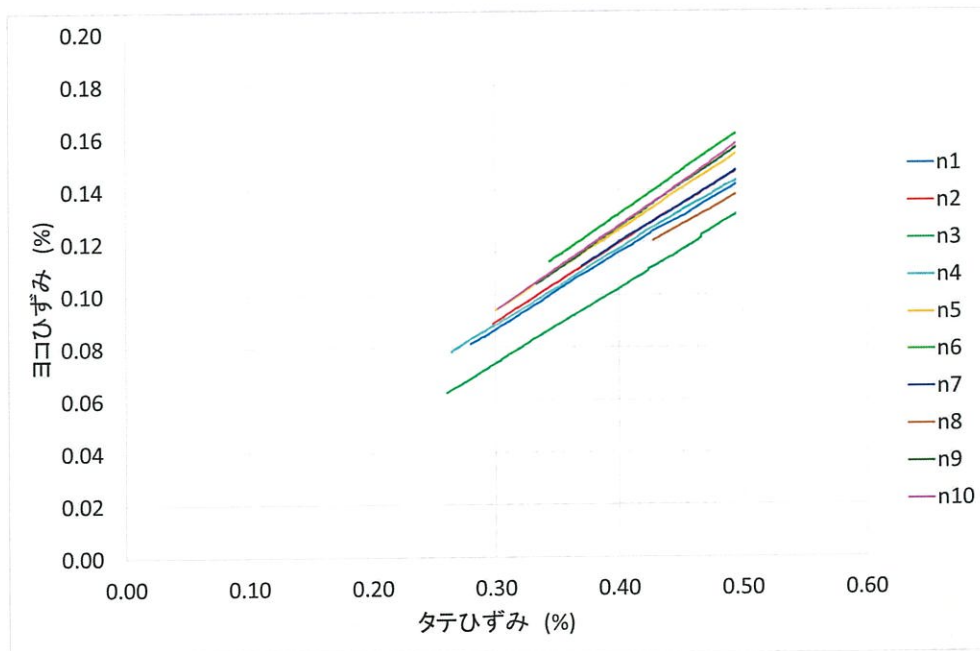


図4 たてひずみ-ヨコひずみ(内側)曲線^{※3} (試験片：ダンベル状)

※3 ひずみ原点がずれているのは、試料を試験機に取り付ける前の状態をゼロとしていることにより、試験機取り付け時の変形の影響が現れているためである。

次頁に続く

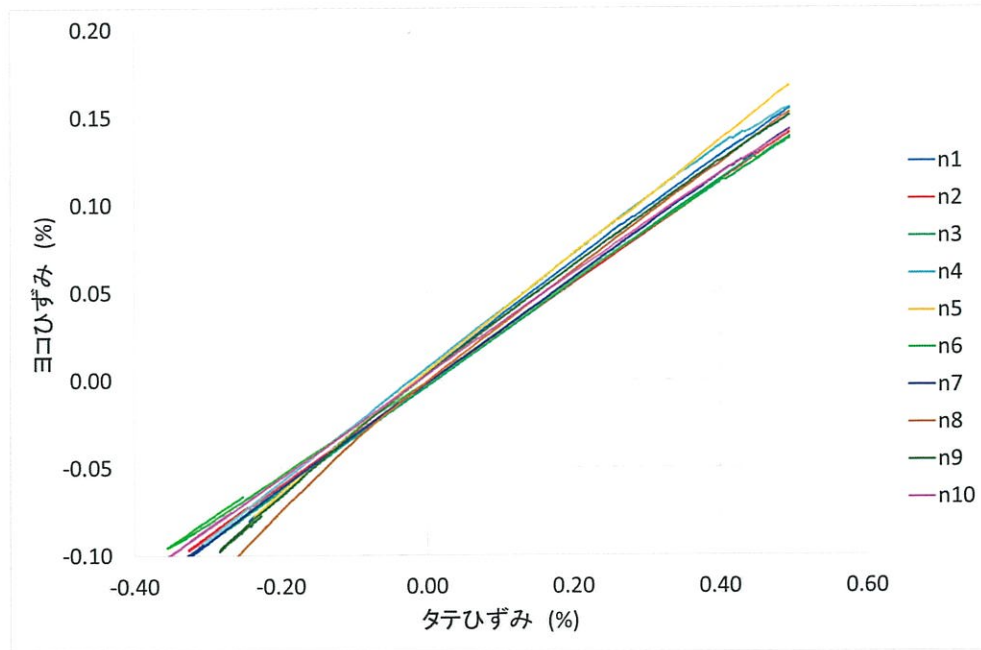


図5 タテひずみーヨコひずみ(外側)曲線[※] (試験片：ダンベル状)

※ ひずみ原点がずれているのは、試料を試験機に取り付ける前の状態をゼロとしていることにより、試験機取り付け時の変形の影響が現れているためである。

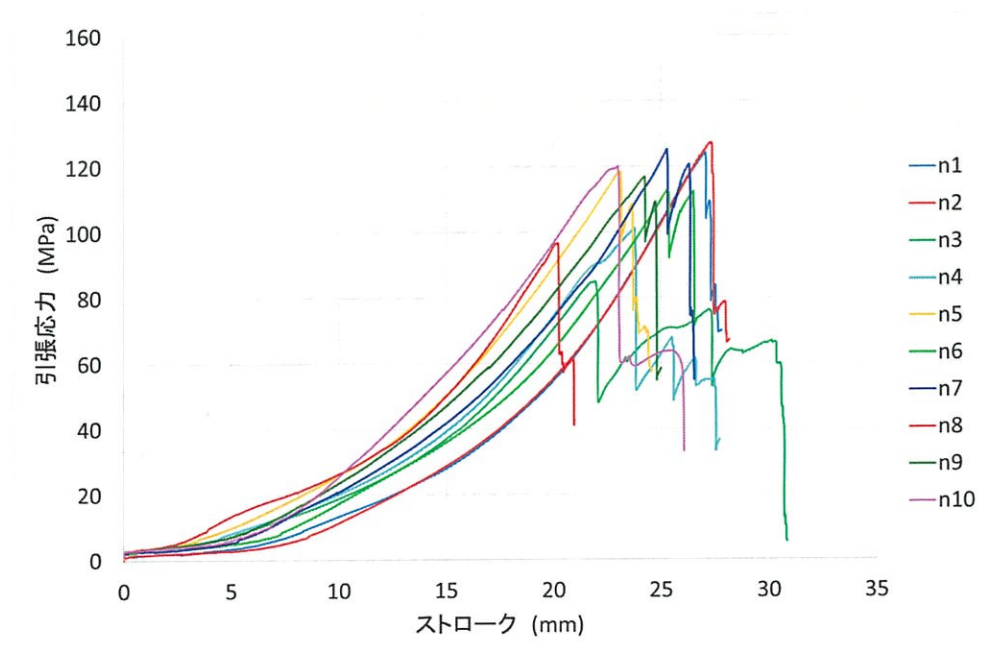


図6 応力ーストローク曲線 (試験片：短冊状(周方向))

次頁に続く

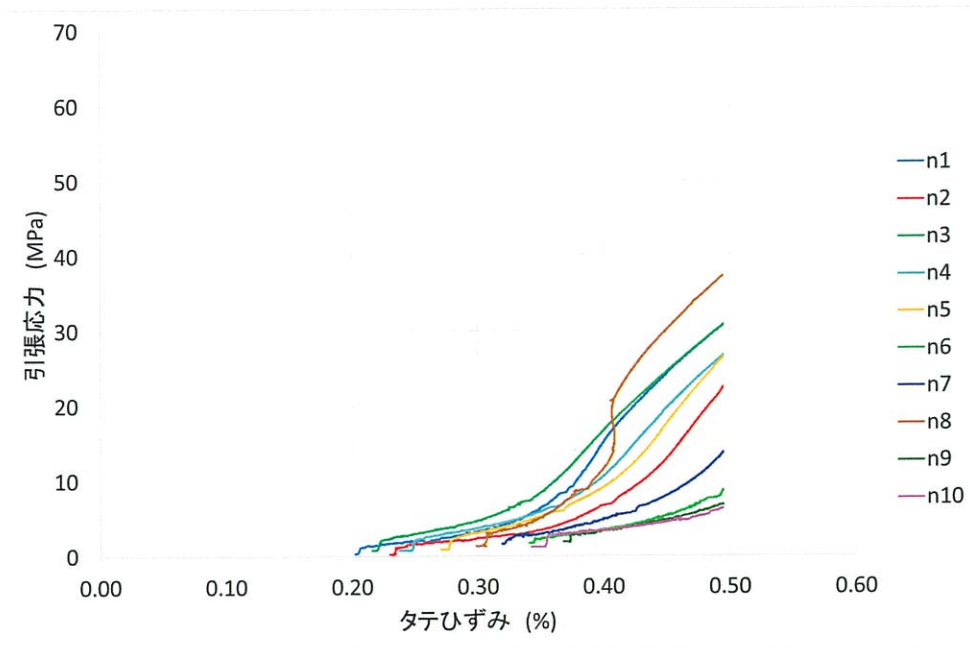


図7 応力-タテひずみ(内側)曲線^{※3} (試験片:短冊状(周方向))

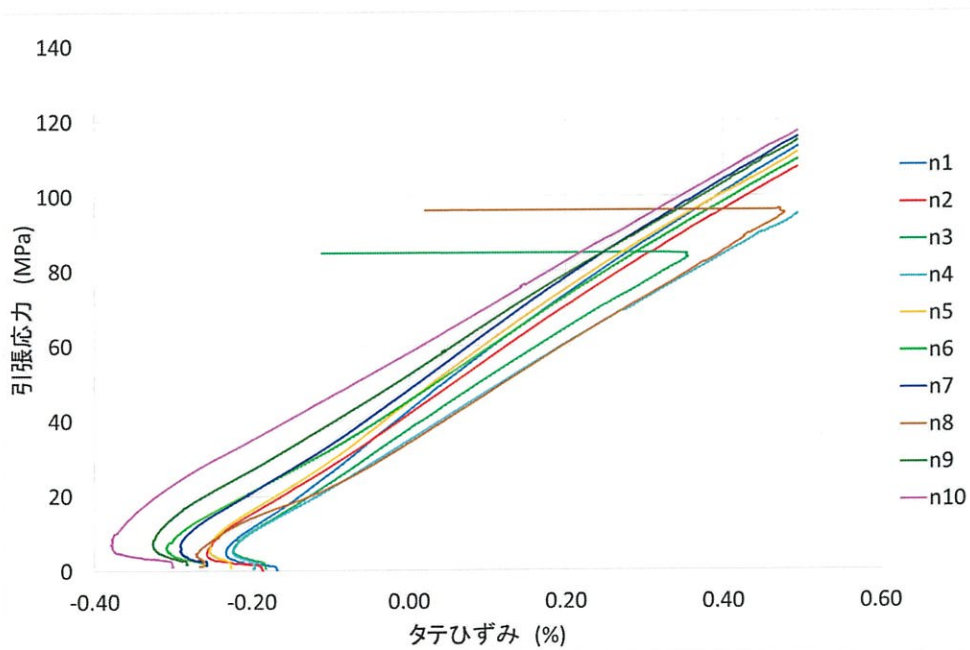


図8 応力-タテひずみ(外側)曲線^{※3} (試験片:短冊状(周方向))

※3 ひずみ原点がずれているのは、試料を試験機に取り付ける前の状態をゼロとしていることにより、試験機取り付け時の変形の影響が現れているためである。

次頁に続く

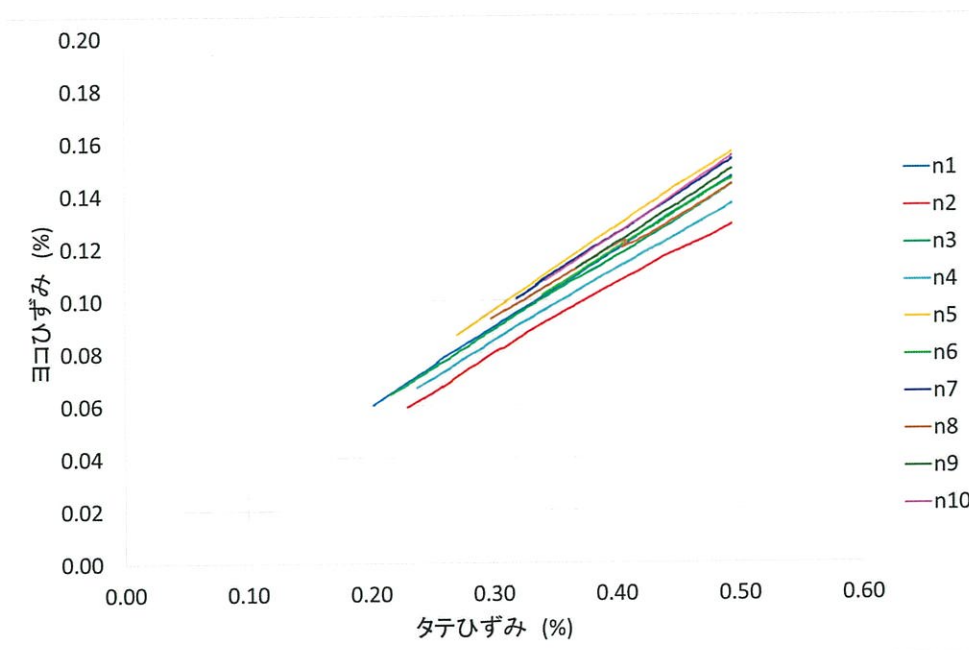


図9 タテひずみーヨコひずみ(内側)曲線^{※3} (試験片：短冊状(周方向))

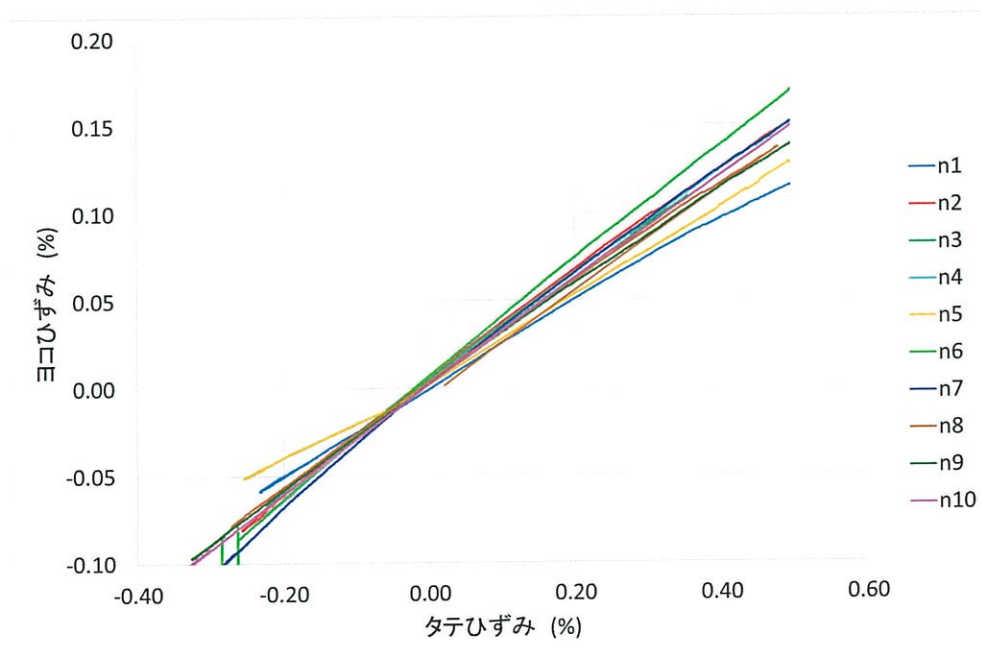


図10 タテひずみーヨコひずみ(外側)曲線^{※3} (試験片：短冊状(周方向))

^{※3} ひずみ原点がずれているのは、試料を試験機に取り付ける前の状態をゼロとしていることにより、試験機取り付け時の変形の影響が現れているためである。

次頁に続く

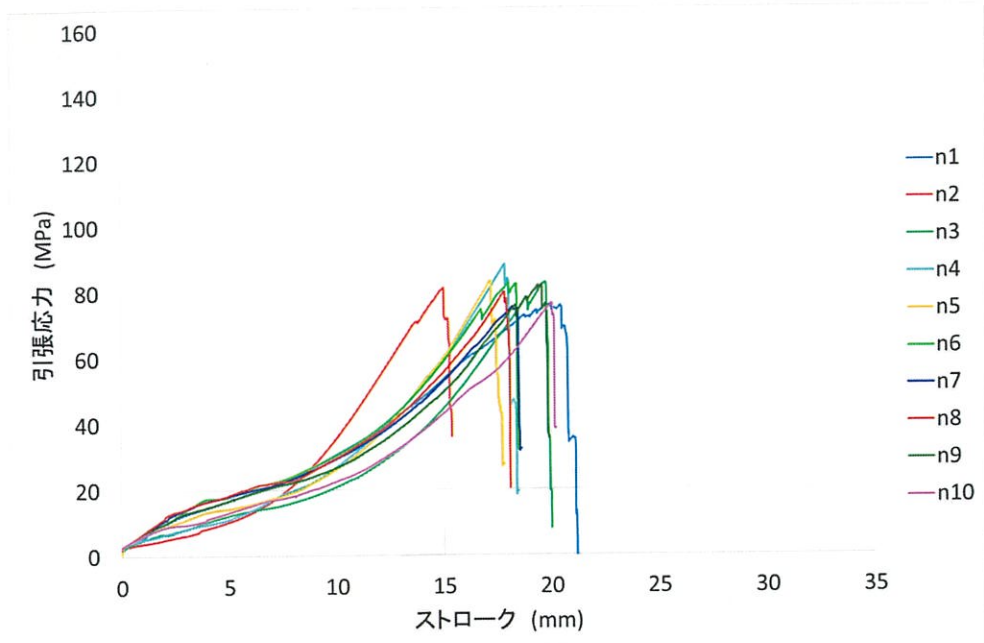


図 11 応力-ストローク曲線 (試験片：短冊状(軸方向))

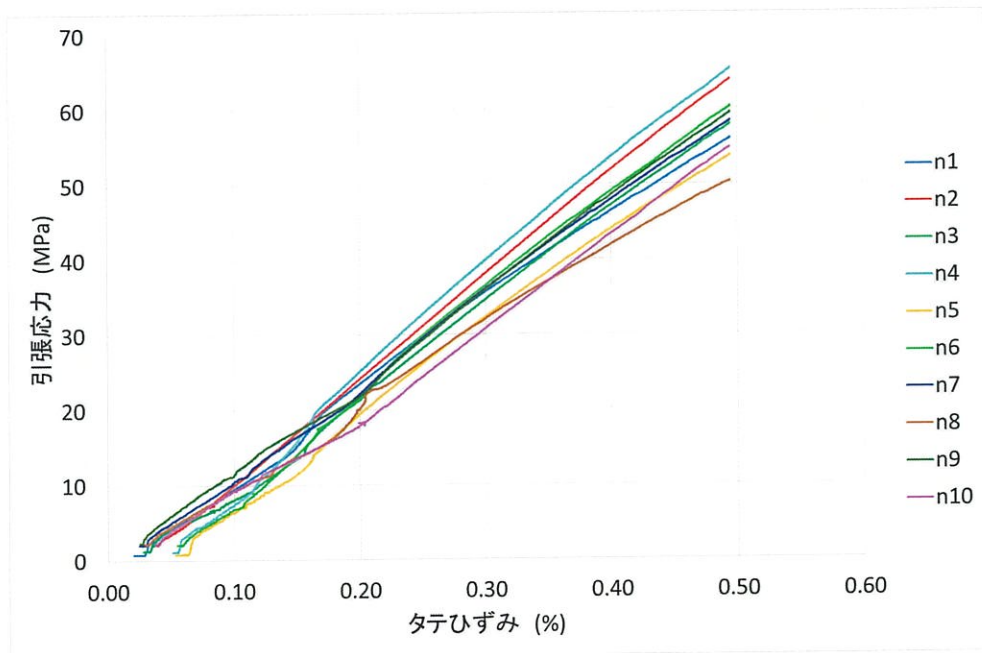


図 12 応力-タテひずみ(内側)曲線 (試験片：短冊状(軸方向))

次頁に続く

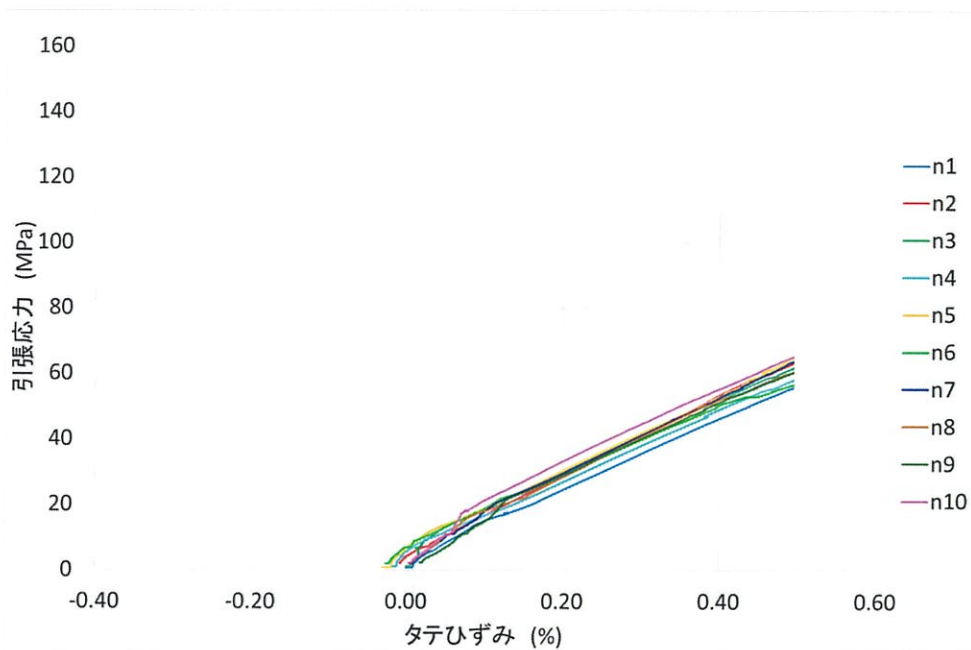


図 13 応力-タテひずみ(外側)曲線 (試験片：短冊状(軸方向))

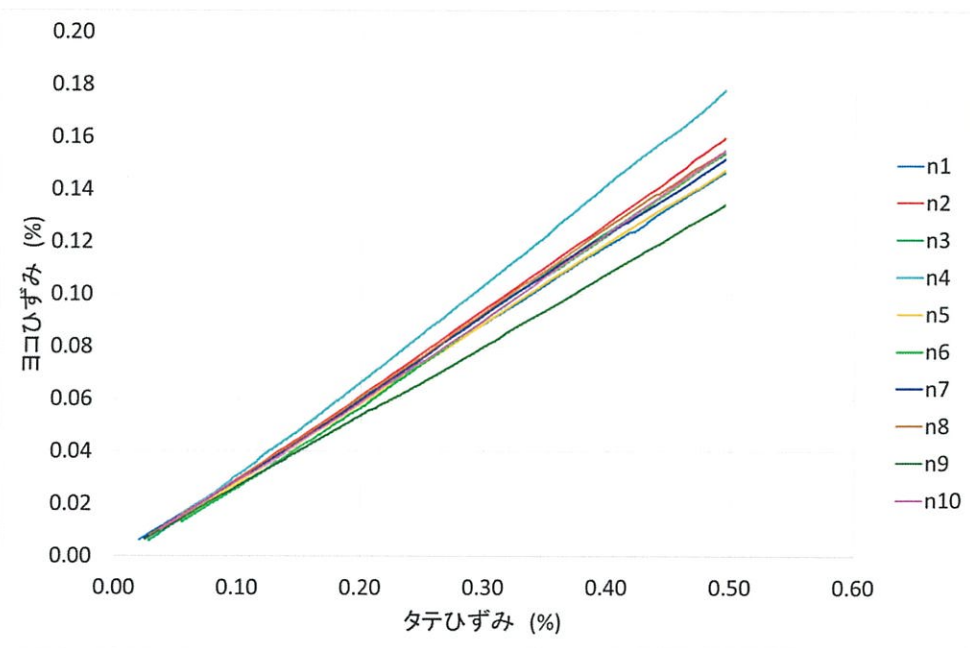


図 14 タテひずみ-ヨコひずみ(内側)曲線 (試験片：短冊状(軸方向))

次頁に続く

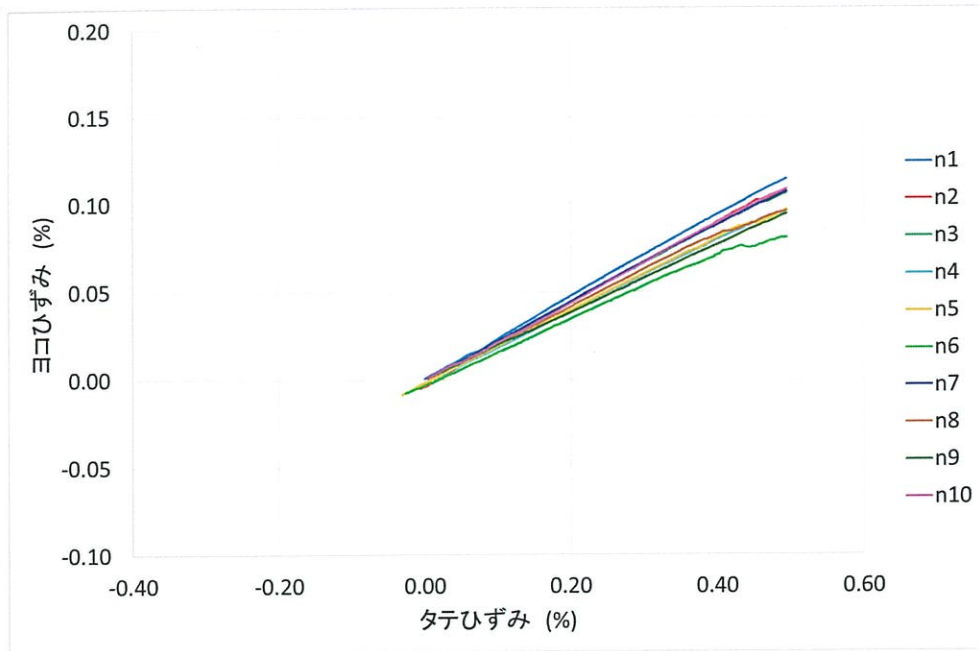


図15 タテひずみーヨコひずみ(外側)曲線 (試験片:短冊状(軸方向))

以上

(受付No.272-17-1-0703)

参考資料 12

地下貯蔵タンクの埋設施工に係る教育のあり方の検討

地下貯蔵タンクの埋設施工（砕石基礎）に係る教育のあり方に関する検討

1 FF二重殻タンク及び基礎に関する過去の検討

(1) 平成27年度

平成27年度に実施された「FF二重殻タンクの破損要因に関する検討」において、FF二重殻タンクの破損に共通する事項として、砕石基礎がいずれも平成8年10月18日付け消防危第127号消防庁危険物規制課長通知「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について」の別添「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針」（以下「指針」という。）で示された方法により施工されていないことが確認された。

このことから、同検討の中間報告書に「FF二重殻タンクを埋設施工する事業者に対し、適切な施工の周知徹底を図る方法として、FF二重殻タンクの構造、砕石基礎の施工方法、施工管理記録の作成方法等の解説を行う研修会を開催し、同事業者に受講させることが望ましい」、「完成検査における施工管理記録の活用方法等について、消防機関へ情報提供することも重要である」ことが提言された。

(2) 平成28年度

「FF二重殻タンクの破損要因に関する検討」は、不適切な砕石基礎の施工以外の破損要因について平成27年度に引き続き検討が行われ、報告書では改めて研修会と情報提供の必要性が提言された。

また、平成27年度の検討結果を踏まえて、新たに「地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者用テキストの検討」が行われ、地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する各工程の施工を管理する者（以下「施工管理者」という。）の資質を向上させることを目的とした『地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者用テキスト（平成28年度版）』（以下「テキスト」という。）が制作された。

なお、平成28年度には計量機製造業者に対してテキストを用いた研修会を実施し、砕石基礎の施工管理における資質の向上を図った。

2 砕石基礎に関する検討（平成29年度）

地下貯蔵タンクの埋設施工に係る効果的な教育のあり方について検討を実施している。

3 埋設施工に関する調査について

効果的な教育のあり方を検討するため、FF二重殻タンクの埋設施工に関する調査を実施した。主な調査内容は以下のとおり。

- ・ 施工管理者の実態調査（埋設施工現場への立ち会い等）
 - ・ 施主等の関係者に対する工事発注・請負のヒヤリング調査
- 調査の結果、FF二重殻タンクの埋設施工にはタンク製造業者、計量機製造業者及び

埋設施工業者など複数の業者（以下「関係業者」という。）が関わっていることが分かった。

また、関係業者の各業務や管理を行う範囲は契約内容によって現場ごとにケースバイケースであり、関係業者の中から必ず施工管理者となる者を特定することは困難であることが確認された。

一方、関係業者の中にも様々な業者がいるうち、危険物保安技術協会が試験確認をおこなった全てのFF二重殻タンクの設置に関与しているのはタンク製造業者（現状では2社）のみであった。

以上の調査結果に加え、指針に基づかない埋設施工が原因でFF二重殻タンクの破損が発生している案件があることから、タンク製造業者はタンクを引き渡す相手に対し、指針どおりの施工方法でFF二重殻タンクを埋設しなければならない旨の説明を行う必要があると考えられる。

4 施工管理の仕組みについて

関係業者の各業務や管理を行う範囲が契約内容によってケースバイケースであることから、一定の技術を持つ施工管理者による管理がなされないケースは避けなければならない。

このことから、一定の技術を持つ施工管理者が漏れなくFF二重殻タンクの一連の埋設施工を管理する仕組み（以下「施工管理の仕組み」という。）をタンク製造業者が構築する必要がある。

5 危険物保安技術協会の役割について

(1) 情報提供等

施工管理記録の活用方法等に関する情報提供は、工事の発注を行う施主及び完成検査等を実施する消防機関に対して必要と考える。

このことから、本年度、施主団体が発行する広報誌への施工管理記録に関する記事の掲載依頼及び消防機関に対する施工管理記録の確認方法等に関する研修会を実施した。今後も、必要に応じて同様の情報提供を実施していく。

(2) 施工管理の仕組み作りのバックアップ

消防庁から平成29年12月15日付け消防危第205号通知（参考資料13参照）が発出されたことから、今後、消防申請代理業者は消防機関から指針どおりの砕石基礎の施工に関する説明を求められる事が予想される。

このことから、KHKが制作した『地下貯蔵タンクの砕石基礎に関する施工管理者テキスト』を用いた研修会を要望に応じて開催し、砕石基礎の施工管理に関する一定の技術を持つことを証明する証書を発行する。

(3) 定期調査

施工管理の仕組みの実効性を確認するため、タンク製造業者に対する定期調査では、施工管理記録の適切な作成・保存に対しても調査を行う。

6 その他

施工管理の仕組み作りのイメージを図1に示す。

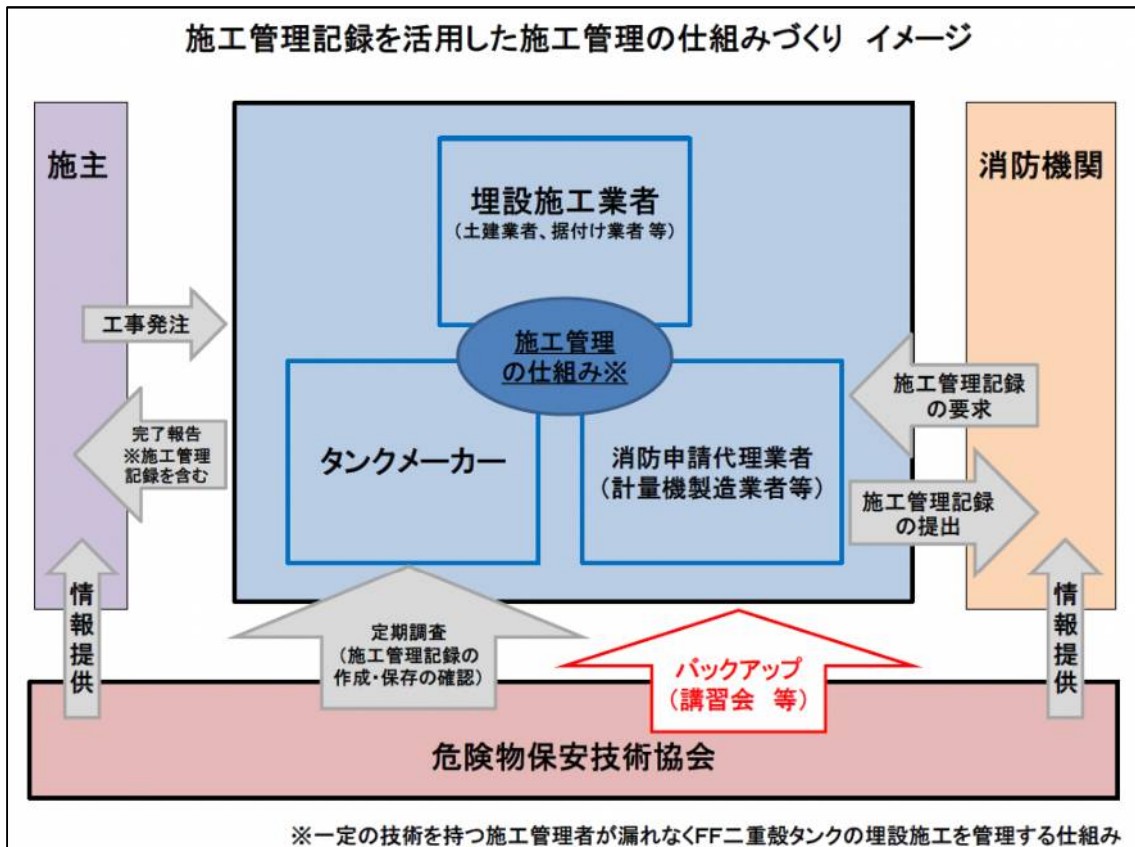


図1 施工管理の仕組み作りのイメージ図

参考資料 13

地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法の一部改正通知

消 防 危 第 205 号
平成 29 年 12 月 15 日

各都道府県消防防災主管部長 }
東京消防庁・各指定都市消防長 } 殿

消防庁危険物保安室長
(公 印 省 略)

「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について（通知）」の一部改正について

強化プラスチック製二重殻タンク（以下「FF二重殻タンク」という。）の設置に適した施工方法として、砕石基礎を用いる場合の施工方法については、「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について（通知）」（平成8年10月18日付け消防危第127号。以下「127号通知」という。）により示しているところです。

近年、別紙1「FF二重殻タンクの破損事例」のとおり、FF二重殻タンクの内殻が破損又は変形する事例等が散見されており、平成27・28年度に、危険物保安技術協会において「FF二重殻タンクの破損要因に関する検討委員会」（委員長：影山和郎東京大学大学院工学系研究科教授）が開催され、調査検討が行われました。

当該検討会での調査検討の結果、内殻の破損等に至った全てのFF二重殻タンクにおいて、127号通知に基づいた施工が行われていなかったことが判明しました。これを踏まえ、FF二重殻タンクの設置許可申請等の際には、127号通知に基づく適切な施工が行われるよう指導の徹底をお願いします。

また、当該検討会では、FF二重殻タンクの据え付け後、地下水等による当該タンクの浮き上がり防止のため、タンク内に水を張る実態も確認され、タンク直径の2分の1まで埋め戻される前にタンク内に水が張られた場合、当該タンクに変形が生じ、局部的に応力が集中する可能性があることや、FF二重殻タンクの砕石基礎による施工が適切に行われていることを施工後においても確認できるようにするため、施工管理者が施工管理記録簿を作成することが必要であることが指摘されています。

これらの指摘を踏まえ、今般、下記のとおり、127号通知を改め、タンク内に水を張る場合の留意事項及び施工管理記録簿の作成について追記等することとしましたので通知します。

貴職におかれましては、今後、砕石基礎の施工が行われたFF二重殻タンクの設置に係る完成検査等の際には、施工管理記録簿を活用し、127号通知に基づく施工が適切に行われて

いることを確認されるようお願いします。また、各都道府県消防防災主管部長におかれましては、貴都道府県内の市町村（消防の事務を処理する一部事務組合等を含む。）に対してもこの旨周知くださいますようお願い申し上げます。

なお、本通知は消防組織法（昭和 22 年法律第 226 号）第 37 条の規定に基づく技術的助言であることを申し添えます。

記

第 1 127 号通知の一部改正について

- 1 127 号通知の本文中、「また、本指針は鋼製の地下貯蔵タンク（鋼製二重殻タンクを含む。以下同じ。）及び鋼製強化プラスチック製二重殻タンク（以下「S F 二重殻タンク」という。）についても適用することができるものである。」を削る。
- 2 127 号通知別添「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針」の一部を次のように改正する。
 - (1) 本文中、「地下貯蔵タンク（以下「タンク」という。）をタンク室以外の場所に設置する場合の技術上の基準のうち、「当該タンクが堅固な基礎の上に固定されていること（危険物の規制に関する政令第 13 条第 1 項第 1 号ニ（同条第 2 項において準用する場合を含む。）」を「危険物の規制に関する政令（以下「政令」という。）第 13 条に掲げる地下タンク貯蔵所の位置、構造及び設備の技術上の基準のうち、「当該二重殻タンクが堅固な基礎の上に固定されていること（政令第 13 条第 2 項第 2 号ハ）」に、「概ね容量 50kL 程度までのタンク」を「概ね容量 50kL 程度までの地下貯蔵タンク」に、「タンクをタンク室に設置する場合」を「本指針は F F 二重殻タンク、鋼製二重殻タンク及び鋼製強化プラスチック製二重殻タンク（以下「S F 二重殻タンク」という。）をタンク室以外の場所に設置する場合について適用するものである。また、鋼製一重殻タンク、F F 二重殻タンク、鋼製二重殻タンク及び S F 二重殻タンクをタンク室に設置する場合」に改める。
 - (2) 1 (1) 「平面寸法はタンクの水平投影に」を「平面寸法は政令第 13 条第 2 項第 1 号に掲げる措置を講じた地下貯蔵タンク（以下単に「タンク」という。）の水平投影に」に、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（1999 改正）」を「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に改める。
 - (3) 2 (7) 「その他留意すべき事項」を「ふたの設置」に改め、(7) の次に次のように加える。
 - (8) その他留意すべき事項
掘削坑内にタンクを設置した後ふたの施工が完了するまでの間、地下水又は雨水により、タンクが浮き上がるおそれのある場合には、タンクに水を張る等の浮上防止措置を講ずること。なお、タンク内に水を張る場合には、次に掲げる事項に留意すること。

- ア タンク内に水を張る際は、水道水等を使用し、異物がタンク内に入らないようにすること。
- イ タンクの水張は、その水量に関わらず、埋め戻しをタンクの直径の2分の1まで施工した後に行うこと。
- ウ タンクに中仕切りがある場合は、各槽に均等に水を張ること。
- エ 水張後にタンク固定用バンドの増し締めを行わないこと。ただし、タンクとゴムシートの間には砕石が入り込むような緩みが発生した場合は、隙間がなくなる程度に最小限の増し締めを行うこと。

3 施工管理記録簿の作成及び保存

(1) 施工管理記録簿の作成

施工管理者は、施工管理記録簿を作成し、砕石基礎の構成及び次に掲げる施工における工程毎に、上記1及び2に掲げる事項の実施状況等を記録すること。

- ア 基礎スラブの設置
- イ 砕石床の設置
- ウ タンク据付け、固定
- エ 支持砕石の設置（砕石床として発泡材を設置した場合及びタンク据え付け後直ちに固定バンドを緊結した場合において、支持砕石の設置を省略した場合は除く。）
- オ 充填砕石の設置
- カ 埋め戻し
- キ ふたの設置
- ク 浮上防止措置

(2) 施工管理記録簿の作成に係る留意事項

- ア 施工管理者の確認年月日及び氏名を記載すること。
- イ 適切な施工が行われたことを示す写真を添付すること。

(3) 施工管理記録簿の保存

タンクの所有者等は、施工管理者が作成した施工管理記録簿を、タンクが廃止されるまでの間、設置に係る許可書とともに適切に保存すること。

- (4) 図中、「(1) 砕石床が6号砕石等又はクラッシュランの場合」を「(1) 6号砕石等又はクラッシュランを用いる場合」に、「(2) 砕石床がゴム板の場合」を「(2) ゴム板を用いる場合」に、「図2-1. 砕石床施工図」を「図2-1. ゴム板施工図」に、「図2-2. 充填砕石施工図」を「図2-2. 充填砕石施工図（支持砕石は図1-2のとおり施工されているものとする。）」に、「(3) 砕石床が発泡材の場合」を「(3) 発泡材を用いる場合」に、「図3-1. 砕石床施工図」を「図3-1. 発泡材施工図」に改める。

第2 その他

別紙2「改正後127号通知」、別紙3「新旧対照表」を参考として添付する。

(問い合わせ先)

消防庁危険物保安室

担当：竹本補佐、池町係長、平尾事務官

TEL 03-5253-7524

FAX 03-5253-7534

F F 二重殻タンクの破損事例

1 指針と異なる埋設方法を行ったことによりタンク内殻が破損した事例

指針に示された 6 号砕石等の材料が使用されておらず（深さ 0.5～4.0m の土質の粒度組成は 24～28%の礫分と、65～68%の砂分、5～10%の細粒分で構成されていた。）、基礎の締め固めも十分に行われていなかったことから、基礎の強度が不十分であったため、タンクの変形を抑止できず、破損に至った。（写真 1 参照）



基礎が崩れている状況

写真 1 指針と異なる施工事例

2 強度を有しない支柱の施工を行ったことによりタンク内殻が破損した事例

強度を有しない支柱によって施工されていた。（写真 2 参照）

また、当該支柱は上部にのみコンクリートが打設されており、下部にはコンクリートが充填されていなかった。（写真 3 参照）



写真 2 倒壊した支柱



写真 3 支柱の下部の状況

※ 支柱は、ふたにかかった荷重を基礎スラブに伝え、直接地下貯蔵タンクに荷重がかからないようにするためのものであることから、適切な配筋とコンクリートの打設が

必要である。(図1参照)

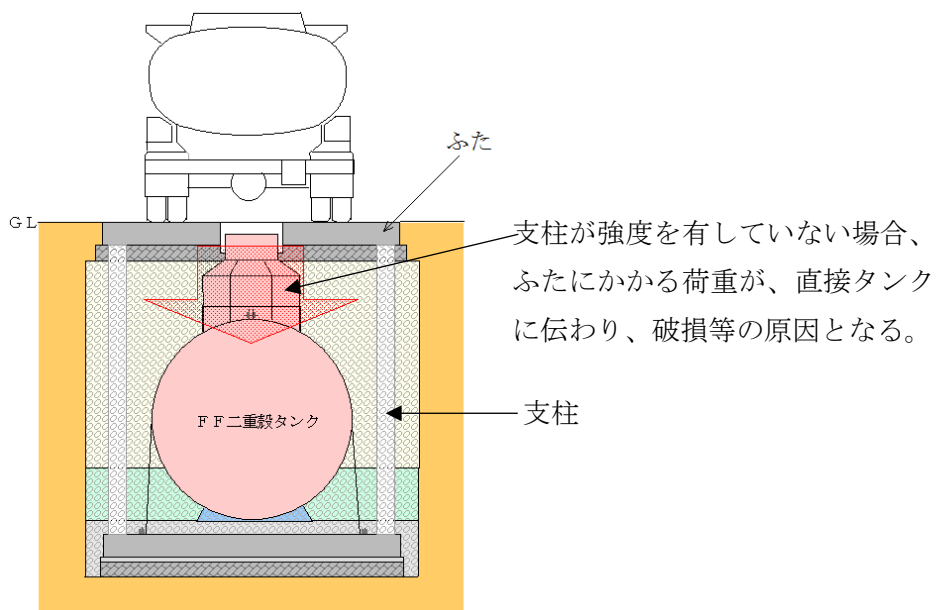


図1 支柱の役割

3 土嚢の撤去を行わなかったことによりタンク外殻が破損した事例

土嚢を用いてタンクを仮固定した後、当該土嚢を撤去せず、タンクと共に埋設されたことから、当該タンクに土嚢による局所的な荷重がかかったままの状態となり、タンクの変形を助長、破損に至った。(写真4、5参照)

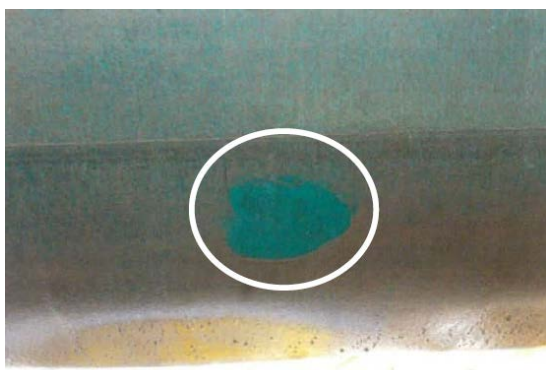


写真4 土嚢が接していた部分



写真5 タンクと共に堀上げられた土嚢袋

4 その他の破損事例

埋め戻しに使用する碎石に石の塊が混入したことにより、タンクの外殻が破損した。

消防危第127号

平成8年10月18日

改正 平成12年3月消防危第38号

平成17年10月消防危第246号

平成29年12月消防危第205号

各都道府県消防主管部長 殿

消防庁危険物規制課長

地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について

危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下貯蔵タンクは、地盤面下に設けられたタンク室に設置する場合及び地盤面下に直接埋設する場合のいずれの場合も、コンクリート基礎盤の上に鉄筋コンクリート製の支持基礎（以下「枕基礎」という。）を設け、設置されているところである。

一方、危険物の規制に関する政令を一部改正する政令（平成7年2月3日付け政令第15号）及び危険物の規制に関する規則の一部を改正する自治省令（平成7年2月24日自治省令第2号）により強化プラスチック製二重殻タンク（以下「FF二重殻タンク」という。）の設置が認められ、その運用については「強化プラスチック製二重殻タンクに係る規定の運用について」（平成7年3月28日付け消防危第28号）により示しているところである。この中でFF二重殻タンクの構造上従来の枕基礎を設けることは、タンクに局所的な応力を与えるおそれがあり、施工にあたっては留意することとしてきたところであり、この度、FF二重殻タンクの設置に適した施工方法として、別添の『地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針』（以下「指針」という。）を定めたので、通知する。

貴職におかれては、その運用について遺漏なきよう留意されるとともに、貴管下市町村に対してもこの旨示達され、よろしくご指導されたい。

「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針」

本指針は、危険物の規制に関する政令（以下「政令」という。）第13条に掲げる地下タンク貯蔵所の位置、構造及び設備の技術上の基準のうち、「当該二重殻タンクが堅固な基礎の上に固定されていること（政令第13条第2項第2号ハ）」に関する施工方法のうち砕石基礎を用いる場合の施工方法を示すものである。本指針については、概ね容量50kL程度までの地下貯蔵タンク（直径は2,700mm程度まで）を想定したものである。

なお、本指針はFF二重殻タンク、鋼製二重殻タンク及び鋼製強化プラスチック製二重殻タンク（以下「SF二重殻タンク」という。）をタンク室以外の場所に設置する場合について適用するものである。また、鋼製一重殻タンク、FF二重殻タンク、鋼製二重殻タンク及びSF二重殻タンクをタンク室に設置する場合の施工に際しても準用が可能である。

1 堅固な基礎の構成

砕石基礎は、以下に記す基礎スラブ、砕石床、支持砕石、充填砕石、埋戻し部及び固定バンドにより構成するものであること。（図参照）

- (1) 基礎スラブは、最下層に位置し上部の積載荷重と浮力に抗するものであり、平面寸法は政令第13条第2項第1号に掲げる措置を講じた地下貯蔵タンク（以下単に「タンク」という。）の水平投影に支柱及びタンク固定バンド用アンカーを設置するために必要な幅を加えた大きさ以上とし、かつ、300mm以上の厚さ若しくは日本建築学会編「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づく計算によって求める厚さを有する鉄筋コンクリート造とすること。
- (2) 砕石床は、基礎スラブ上でタンク下部に局部的応力が発生しないよう直接タンクの荷重等を支持するものであり、6号砕石等（JIS A 5001「道路用砕石」に示される単粒度砕石で呼び名がS-13（6号）又は3～20mmの砕石（砂利を含む。）をいう。以下同じ。）又はクラッシュラン（JIS A 5001「道路用砕石」に示されるクラッシュランで呼び名がC-30又はC-20のものをいう。以下同じ。）を使用するものであること。また、ゴム板又は発泡材（タンク外面の形状に成形された発泡材で耐油性としたものをいう。以下同じ。）をもって代えることも可能であること。

砕石床材料ごとの寸法等については次表によること。

砕石床の寸法等

砕石床材料	寸法			備考
	長さ	幅	厚さ	
6号砕石等	掘削抗全面	掘削抗全面	200 mm以上	
クラッシュラン	基礎スラブ長さ	基礎スラブ幅	100 mm以上	
ゴム板	タンクの胴長以上	400 mm以上	10 mm以上	JIS K 6253「加硫ゴム及び熱可塑性ゴムの硬さ試験方法」により求められるデュロメータ硬さがA60以上であること（タンク下面の胴部がゴム板と連続的に接しているものに限る。）。
発泡材	タンクの胴長以上	支持角度50度以上にタンク外面に成形した形の幅	最小部50 mm以上	JIS K 7222「硬質発泡プラスチックの密度測定方法」により求められる発泡材の密度は、タンクの支持角度に応じ、次の表による密度以上とすること。

発泡材のタンク支持角度と密度の関係

タンク支持角度範囲 (度以上～度未満)	50～60	60～70	70～80	80～90	90～100	100～
適用可能な最低密度 (kg/m ³)	27 以上	25 以上	23 以上	20 以上	17 以上	15 以上

(3) 支持砕石は、砕石床上に据え付けたタンクの施工時の移動、回転の防止のため、充填砕石の施工に先立って行うものであり、6号砕石等又はクラッシュランをタンク下部にタンク中心から60度（時計で例えると5時から7時まで）以上の範囲まで充填すること。

ただし、砕石床として発泡材を設置した場合及びタンク据え付け後直ちに固定バンドを緊結した場合は、省略できるものであること。

(4) 充填砕石は、設置後のタンクの移動、回転を防止するため、タンクを固定、保持するものであり、6号砕石等、クラッシュラン又は山砂を砕石床からタンク外

径の1/4以上の高さまで充填すること。

- (5) 埋戻し部は、充填砕石より上部の埋戻しであり、土圧等の影響を一定とするため、6号砕石等、クラッシャラン又は山砂により均一に埋め戻すこと。
- (6) 固定バンドは、タンクの浮力等の影響によるタンクの浮上、回転等の防止のため、基礎スラブ及び砕石床に対し概ね80～90度の角度となるよう設けること。

2 施工に関する指針

(1) 基礎スラブの設置

基礎スラブの施工に先立ち、基礎スラブ等の上部の荷重を支持する掘削抗の床は、十分に締固め等を行うこと。また、掘削抗の床上には、必要に応じて割栗石等を設けること。

基礎スラブは、荷重（支柱並びに支柱を通じて負担するふた及びふた上部にかかる積載等の荷重を含む。）に対して十分な強度を有する構造となるよう、必要なスラブ厚さ及び配筋等を行うものであること。

また、基礎スラブにはタンク固定バンド用アンカーを必要な箇所（浮力、土圧等によりタンクが移動、回転することのないものとする。）に設置すること。

(2) 砕石床の設置

砕石床を6号砕石等とした場合は、基礎スラブ上のみでなく掘削抗全面に設置すること（砕石床の崩壊を防止するため、基礎スラブ周囲に水抜き孔を設けた必要な砕石床の厚さと同等以上の堰を設けた場合には、砕石床を基礎スラブ上のみで設けることができる。）。また、砕石床をクラッシャランとした場合は、基礎スラブ上において必要な砕石床の厚さを確保できるよう設置すること。なお、砕石床の設置に際しては、十分な支持力を有するよう小型ビブロプレート、タンパー等により均一に締固めを行うこと。

特に、FF二重殻タンクにあつては、タンクに有害な局部的応力が発生しないようにタンクとの接触面の砕石床表面を平滑に仕上げること。

(3) タンク据付け、固定

タンクの据付けに際しては、設置位置が設計と相違しないように、十分な施工管理を行うとともに、仮設のタンク固定補助具（タンクが固定された時点で撤去するものであること。）を用いる等により正確な位置に据え付けること。

タンク固定バンドの締付けにあたっては、これを仮止めとした場合は、支持砕石充填後、適切な締付けを行うこと。また、タンクを据え付け後、直ちに固定バンドの適切な締付けを行う場合は、支持砕石の設置は省略されるものであること。

なお、FF二重殻タンク及びSF二重殻タンクの場合には、固定バンドの接触部にゴム等の緩衝材を挟み込むこと（固定バンドの材質を強化プラスチックとし

た場合を除く。)

(4) 支持砕石の設置

固定バンドを仮止めとした場合は、支持砕石の設置に際して、タンク下部に隙間を設けることのないよう6号砕石等又はクラッシュランを確実に充填し、適正に突き固めること。突固めにあたってはタンクを移動させることのないように施工すること。

なお、FF二重殻タンク及びSF二重殻タンクの突固めにあたっては、タンクの外殻に損傷を与えないよう、木棒等を用いて慎重に施工すること。

(5) 充填砕石の設置

充填砕石は、掘削坑全面に充填すること。この際に、適切に締固めを行うこと。適切な締固めの方法としては、山砂の場合、充填高さ概ね400mm毎の水締め、6号砕石等又はクラッシュランの場合、概ね300mm毎に小型のビブロプレート、タンパー等による転圧等があること。充填砕石の投入及び締固めにあつては、片押しにならず土圧がタンクに均等に作用するよう配慮するとともに、タンク外殻の損傷又はタンクの移動を生じないように、慎重に施工すること。

FF二重殻タンク又はSF二重殻タンクにおいては、充填砕石に用いる山砂は、20mm程度以上の大きな礫等の混在していないもので、変質がなく密実に充填が可能なものを使用すること。

(6) 埋戻し部の施工

埋戻し部の施工は、充填砕石の設置と同様な事項に留意すること。

(7) ふたの設置

ふたの上部の積載等の荷重がタンク本体にかからないようにするため、ふた、支柱及び基礎スラブを一体の構造となるよう配筋等に留意すること。

(8) その他留意すべき事項

掘削坑内にタンクを設置した後ふたの施工が完了するまでの間、地下水又は雨水により、タンクが浮き上がるおそれのある場合には、タンクに水を張る等の浮上防止措置を講ずること。なお、タンク内に水を張る場合には、次に掲げる事項に留意すること。

ア タンク内に水を張る際は、水道水等を使用し、異物がタンク内に入らないようにすること。

イ タンクの水張は、その水量に関わらず、埋め戻しをタンクの直径の2分の1まで施工した後に行うこと。

ウ タンクに中仕切りがある場合は、各槽に均等に水を張ること。

エ 水張後にタンク固定用バンドの増し締めを行わないこと。ただし、タンクとゴムシートの間には砕石が入り込むような緩みが発生した場合は、隙間がなくなる程度に最小限の増し締めを行うこと。

3 施工管理記録簿の作成及び保存

(1) 施工管理記録簿の作成

施工管理者は、施工管理記録簿を作成し、砕石基礎の構成及び次に掲げる施工における工程毎に、上記1及び2に掲げる事項の実施状況等を記録すること。

ア 基礎スラブの設置

イ 砕石床の設置

ウ タンク据付け、固定

エ 支持砕石の設置（砕石床として発泡材を設置した場合及びタンク据え付け後直ちに固定バンドを緊結した場合において、支持砕石の設置を省略した場合は除く。）

オ 充填砕石の設置

カ 埋め戻し

キ ふたの設置

ク 浮上防止措置

(2) 施工管理記録簿の作成に係る留意事項

ア 施工管理者の確認年月日及び氏名を記載すること。

イ 適切な施工が行われたことを示す写真を添付すること。

(3) 施工管理記録簿の保存

タンクの所有者等は、施工管理者が作成した施工管理記録簿を、タンクが廃止されるまでの間、設置に係る許可書とともに適切に保存すること。

(1) 6号砕石等又はクラッシュランを用いる場合

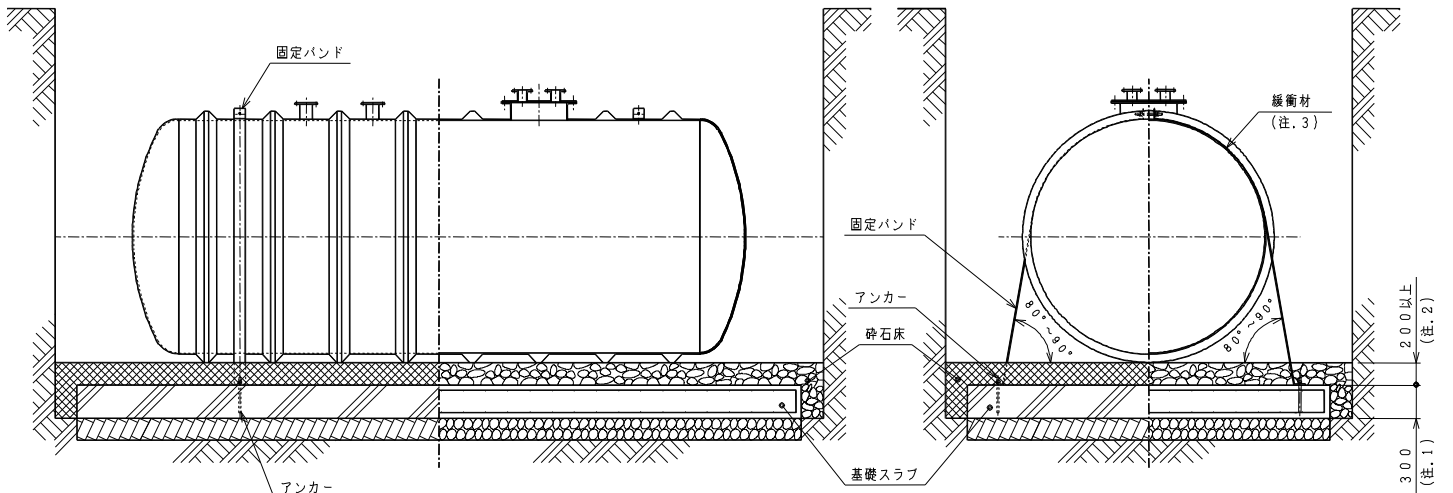


図1-1. 砕石床施工図

- 〔注記〕 (単位: mm)
- 1). 300又は計算値
 - 2). 6号砕石等は200以上、クラッシュランは100以上
 - 3). 固定バンドの材質がFRPの場合は不要

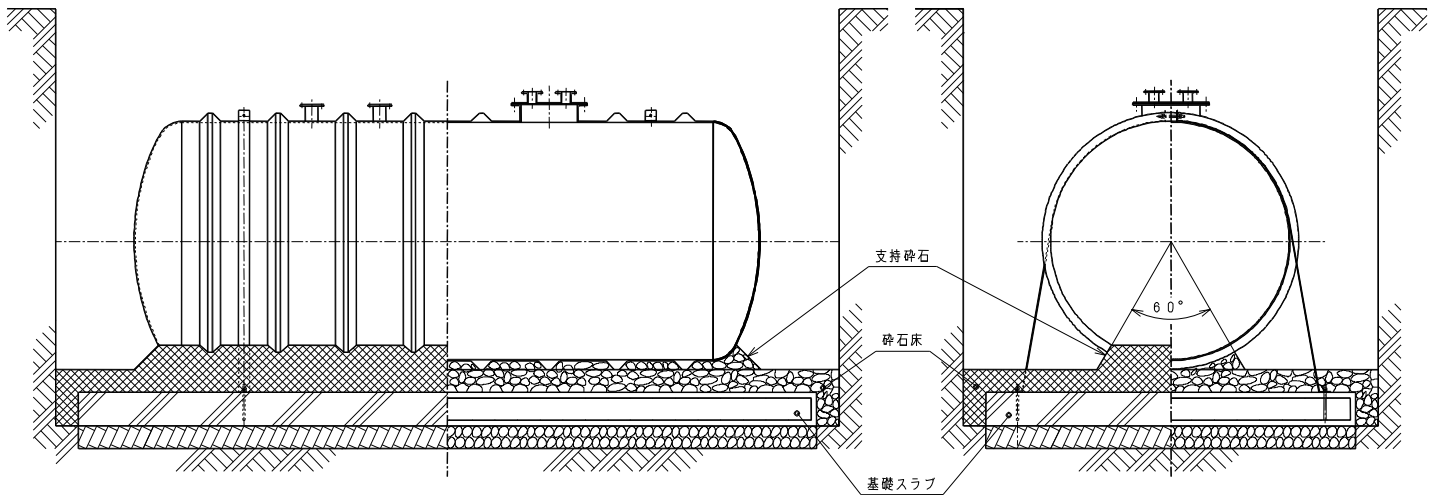


図1-2. 支持砕石施工図

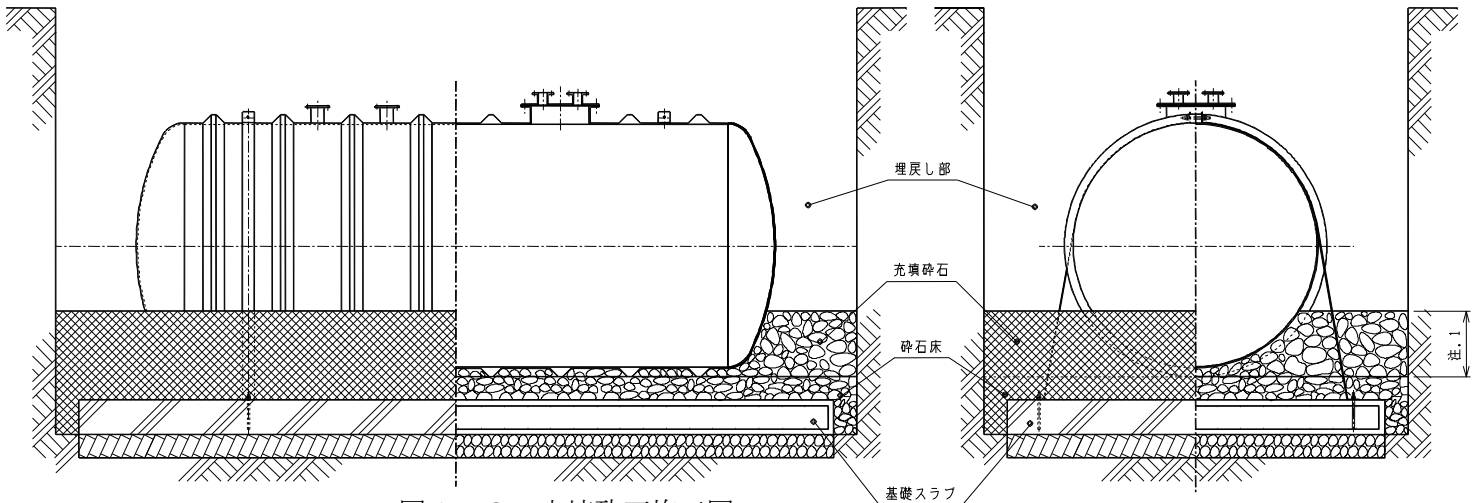
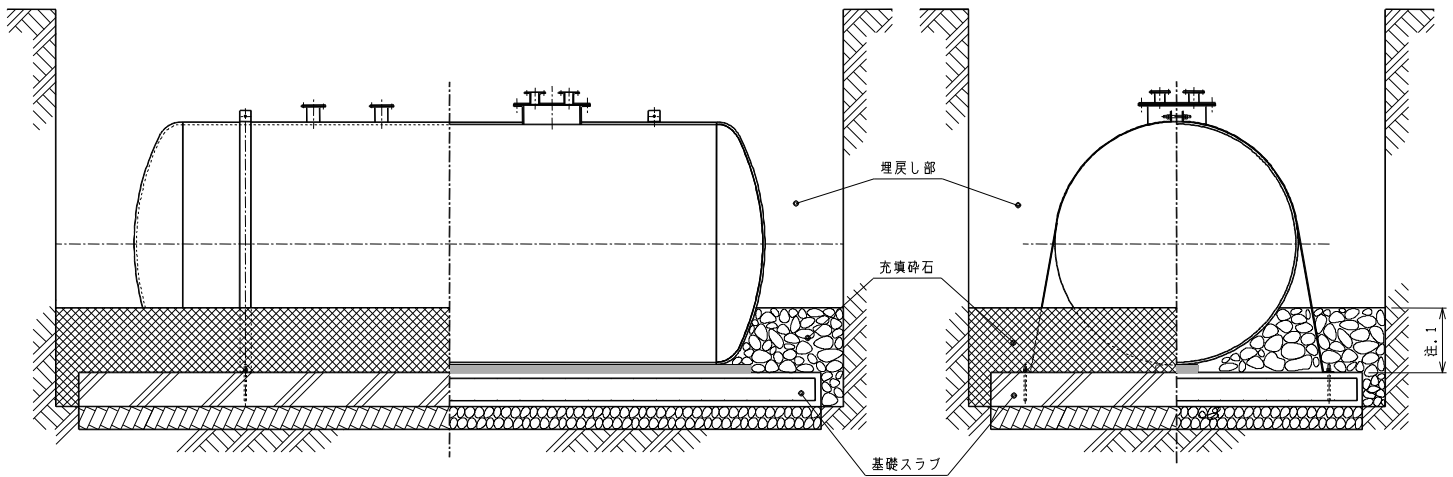
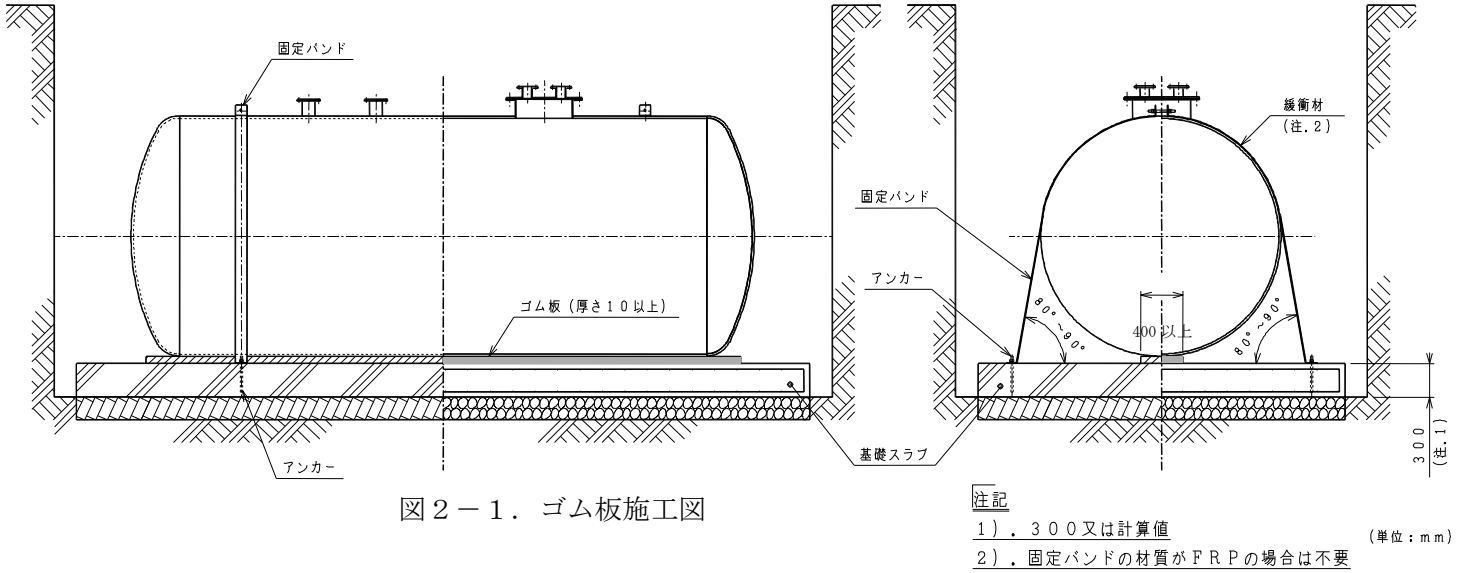


図1-3. 充填砕石施工図

- 〔注記〕
- 1). タンク径の1/4以上

(2) ゴム板を用いる場合



(支持碎石は図1-2のとおり施工されているものとする。)

(3) 発泡材を用いる場合

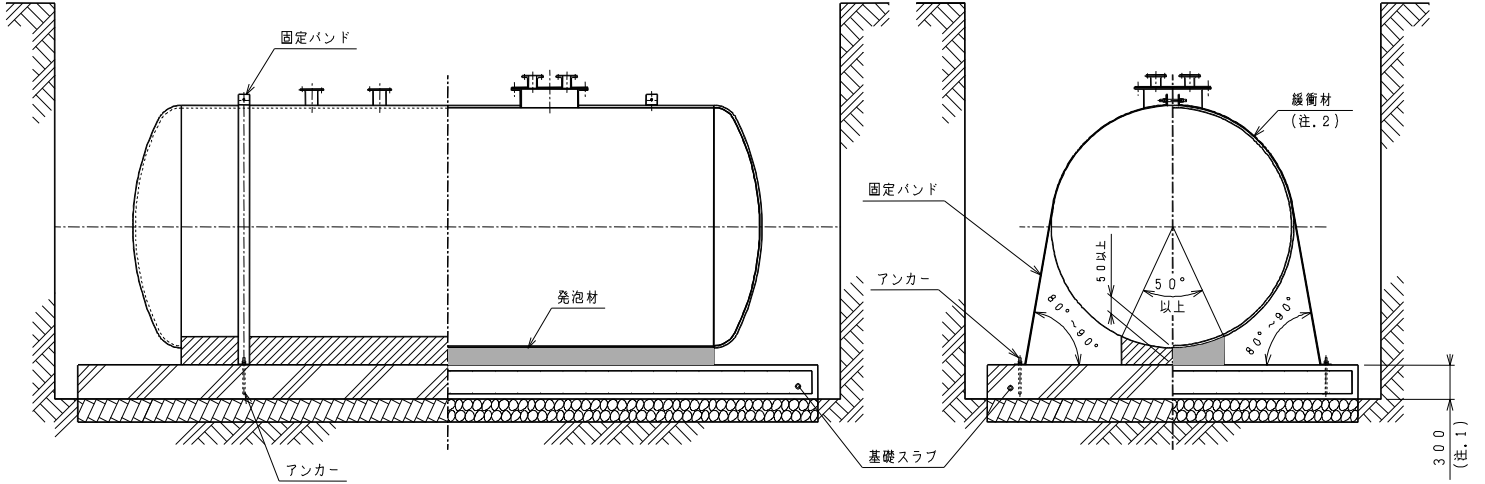


図 3-1. 発泡材施工図

注記

- 1). 300又は計算値 (単位: mm)
 2). 固定バンドの材質がFRPの場合は不要

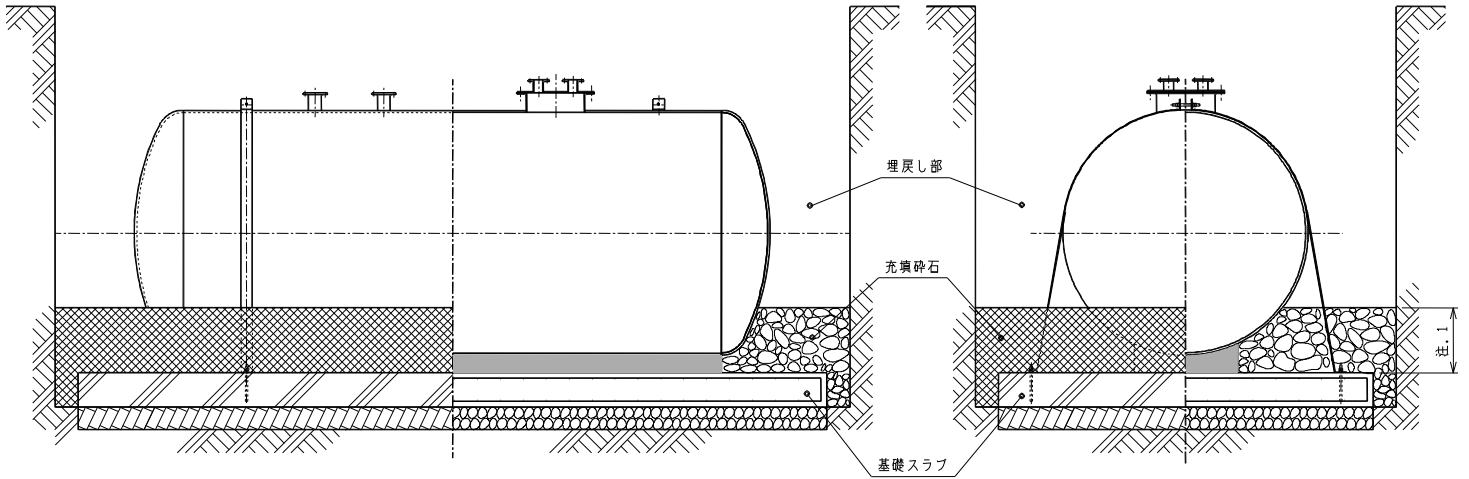


図 3-2. 充填碎石施工図

注記

- 1). タンク径の1/4以上

「地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について」（平成 8 年 10 月 18 日消防危第 127 号）

新旧対照表

（傍線部分は改正部分）

改 正 後	現 行
<p style="text-align: center;">地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について</p> <p>危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下貯蔵タンクは、地盤面下に設けられたタンク室に設置する場合及び地盤面下に直接埋設する場合のいずれの場合も、コンクリート基礎盤の上に鉄筋コンクリート製の支持基礎（以下「枕基礎」という。）を設け、設置されているところである。</p> <p>一方、危険物の規制に関する政令を一部改正する政令（平成 7 年 2 月 3 日付け政令第 15 号）及び危険物の規制に関する規則の一部を改正する自治省令（平成 7 年 2 月 24 日自治省令第 2 号）により強化プラスチック製二重殻タンク（以下「FF 二重殻タンク」という。）の設置が認められ、その運用については「強化プラスチック製二重殻タンクに係る規定の運用について」（平成 7 年 3 月 28 日付け消防危第 28 号）により示しているところである。この中で FF 二重殻タンクの構造上従来の枕基礎を設けることは、タンクに局所的な応力を与えるおそれがあり、施工にあたっては留意することとしてきたところであり、この度、FF 二重殻タンクの設置に適した施工方法として、別添の『地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針』（以下「指針」という。）を定めたので、通知する。</p> <hr/> <p>貴職におかれては、その運用について遺漏なきよう留意されるとともに、貴管下市町村に対してもこの旨示達され、よろしくご指導されたい。</p>	<p style="text-align: center;">地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法について</p> <p>危険物を貯蔵し、又は取り扱う地下貯蔵タンクは、地盤面下に設けられたタンク室に設置する場合及び地盤面下に直接埋設する場合のいずれの場合も、コンクリート基礎盤の上に鉄筋コンクリート製の支持基礎（以下「枕基礎」という。）を設け、設置されているところである。</p> <p>一方、危険物の規制に関する政令を一部改正する政令（平成 7 年 2 月 3 日付け政令第 15 号）及び危険物の規制に関する規則の一部を改正する自治省令（平成 7 年 2 月 24 日自治省令第 2 号）により強化プラスチック製二重殻タンク（以下「FF 二重殻タンク」という。）の設置が認められ、その運用については「強化プラスチック製二重殻タンクに係る規定の運用について」（平成 7 年 3 月 28 日付け消防危第 28 号）により示しているところである。この中で FF 二重殻タンクの構造上従来の枕基礎を設けることは、タンクに局所的な応力を与えるおそれがあり、施工にあたっては留意することとしてきたところであり、この度、FF 二重殻タンクの設置に適した施工方法として、別添の『地下貯蔵タンクの砕石基礎による施工方法に関する指針』（以下「指針」という。）を定めたので、通知する。</p> <p><u>また、本指針は鋼製の地下貯蔵タンク（鋼製二重殻タンクを含む。以下同じ。）及び鋼製強化プラスチック製二重殻タンク（以下「SF 二重殻タンク」という。）についても適用することができるものである。</u></p> <p>貴職におかれては、その運用について遺漏なきよう留意されるとともに、貴管下市町村に対してもこの旨示達され、よろしくご指導されたい。</p>

2 (1) ~ (6) (略)

(7) ふたの設置

ふたの上部の積載等の荷重がタンク本体にかからないようにするため、ふた、支柱及び基礎スラブを一体の構造となるよう配筋等に留意すること。

(8) その他留意すべき事項

掘削坑内にタンクを設置した後にふたの施工が完了するまでの間、地下水又は雨水により、タンクが浮き上がるおそれのある場合には、タンクに水を張る等の浮上防止措置を講ずること。なお、タンク内に水を張る場合には、次に掲げる事項に留意すること。

ア タンク内に水を張る際は、水道水等を使用し、異物がタンク内に入らないようにすること。

イ タンクの水張は、その水量に関わらず、埋め戻しをタンクの直径の2分の1まで施工した後に行うこと。

ウ タンクに中仕切りがある場合は、各槽に均等に水を張ること。

エ 水張後にタンク固定用バンドの増し締めを行わないこと。ただし、タンクとゴムシートの間に碎石が入り込むような緩みが発生した場合は、隙間がなくなる程度に最小限の増し締めを行うこと。

3 施工管理記録簿の作成及び保存

(1) 施工管理記録簿の作成

施工管理者は、施工管理記録簿を作成し、碎石基礎の構成及び次に掲げる施工における工程毎に、上記1及び2に掲げる事項の実施状況等を記録すること。

ア 基礎スラブの設置

イ 碎石床の設置

2 (1) ~ (6) (略)

(7) その他留意すべき事項

ふたの上部の積載等の荷重がタンク本体にかからないようにするため、ふた、支柱及び基礎スラブを一体の構造となるよう配筋等に留意すること。

ウ タンク据付け、固定

エ 支持砕石の設置(砕石床として発泡材を設置した場合及びタンク据え付け後直ちに固定バンドを緊結した場合において、支持砕石の設置を省略した場合は除く。)

オ 充填砕石の設置

カ 埋め戻し

キ ふたの設置

ク 浮上防止措置

(2) 施工管理記録簿の作成に係る留意事項

ア 施工管理者の確認年月日及び氏名を記載すること。

イ 適切な施工が行われたことを示す写真を添付すること。

(3) 施工管理記録簿の保存

タンクの所有者等は、施工管理者が作成した施工管理記録簿を、タンクが廃止されるまでの間、設置に係る許可書とともに適切に保存すること。

(1) 6号砕石等又はクラッシュランを用いる場合

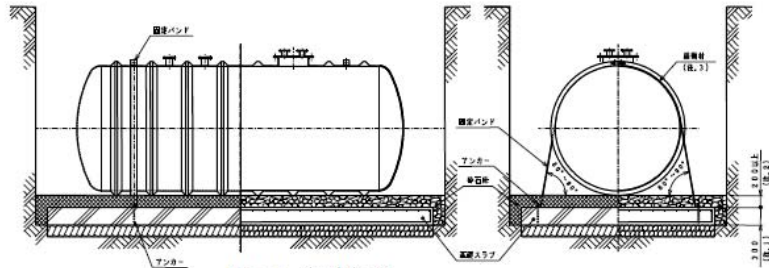


図1-1. 砕石床施工図

【注】
 1) 300又は計算値
 2) 6号砕石等は200以上、クラッシュランは100以上
 3) 固定バンドの材質がFRPの場合は変更

(単位: mm)

(1) 砕石床が6号砕石等又はクラッシュランの場合

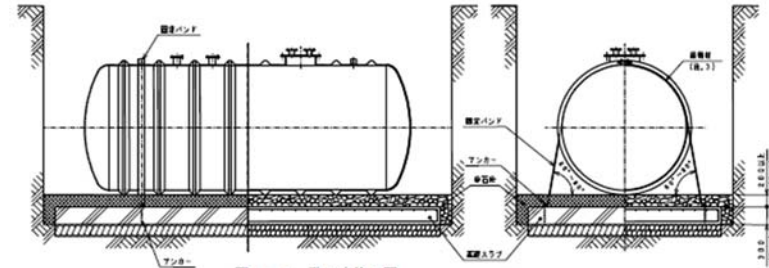


図1-1. 砕石床施工図

【注】
 1) 300又は計算値
 2) 6号砕石等は200以上、クラッシュランは100以上
 3) 固定バンドの材質がFRPの場合は変更

(単位: mm)

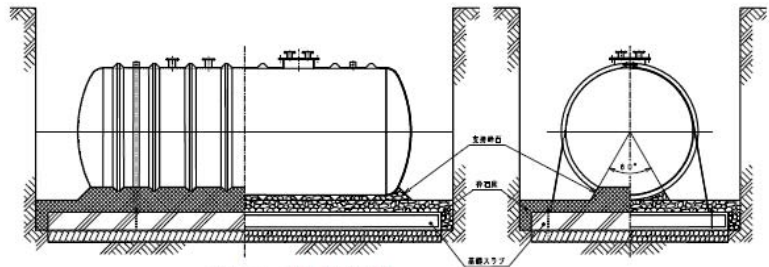


図1-2. 支持砕石施工図

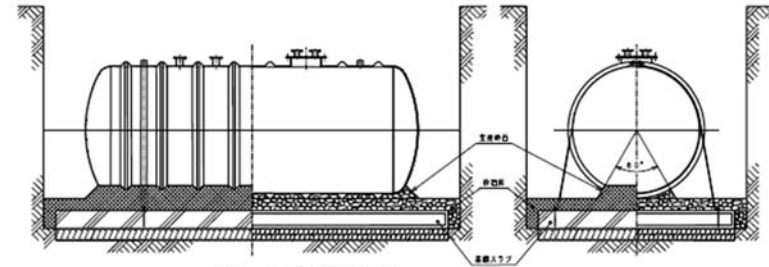


図1-2. 支持砕石施工図

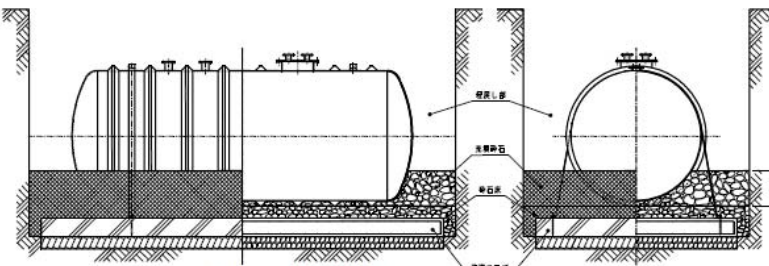


図1-3. 充填砕石施工図

【注】
 1) タンク径の1/4以上

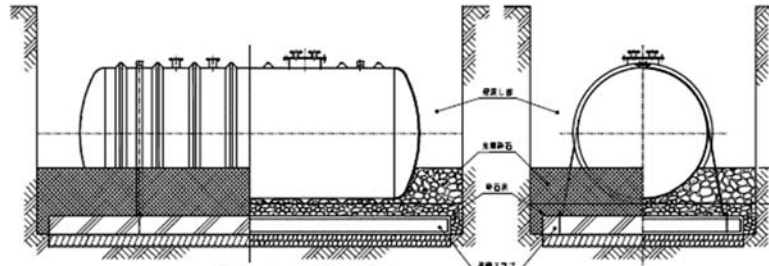


図1-3. 充填砕石施工図

【注】
 1) タンク径の1/4以上

(2) ゴム板を用いる場合

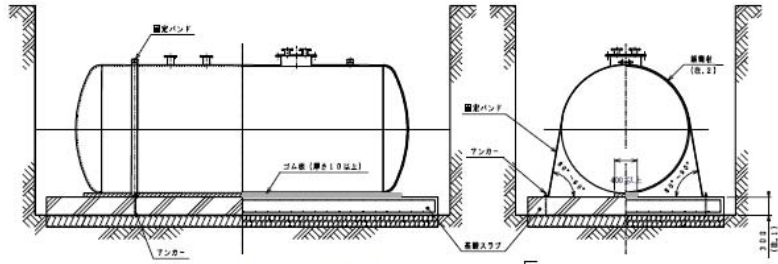


図2-1. ゴム板施工図

【注記】
1) . 300又は計厚根
2) . 固定バンドの設置がFRPの場合は不要
(単位: mm)

(2) 砕石床がゴム板の場合

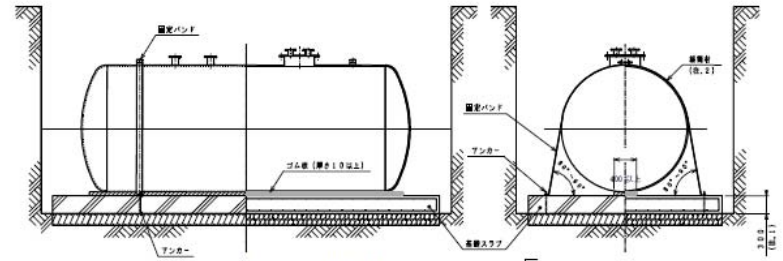


図2-1. 砕石床施工図

【注記】
1) . 300又は計厚根
2) . 固定バンドの設置がFRPの場合は不要
(単位: mm)

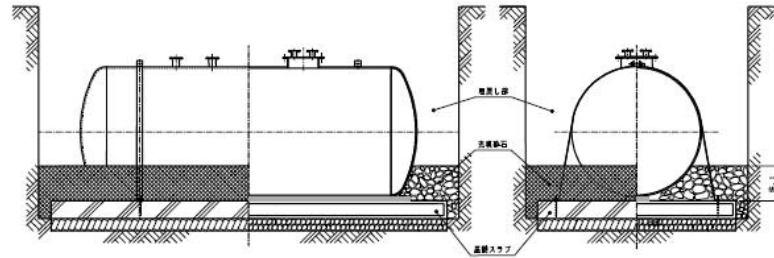


図2-2. 充填砕石施工図
(支持砕石は図1-2のとおり施工されているものとする。)

【注記】
1) . タンク径の1/4以上

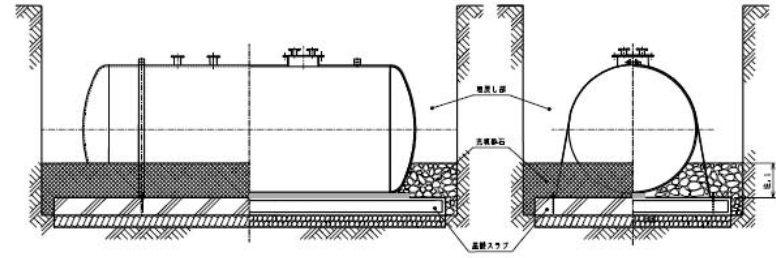


図2-2. 充填砕石施工図

【注記】
1) . タンク径の1/4以上

(3) 発泡材を用いる場合

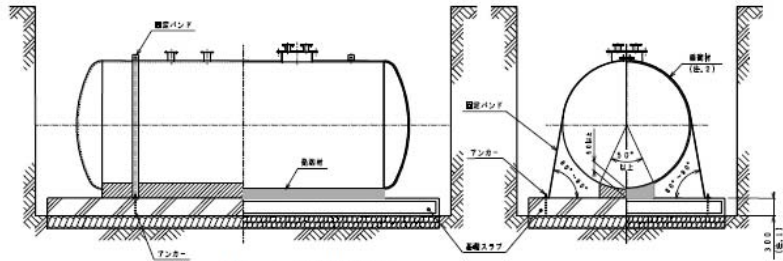


図3-1. 発泡材施工図

【注】
1]. 300又は許容値
2]. 固定バンドの材質がFRPの場合は不要

(3) 砕石床が発泡材の場合

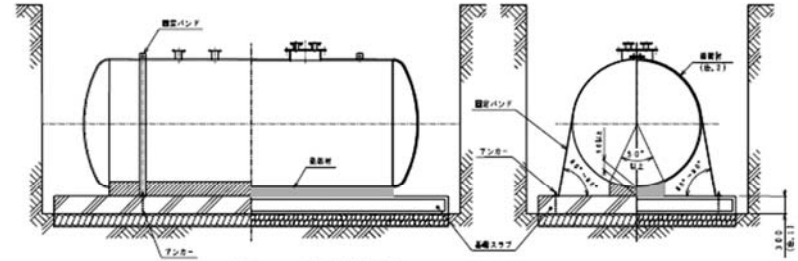


図3-1. 砕石床施工図

【注】
1]. 300又は許容値
2]. 固定バンドの材質がFRPの場合は不要

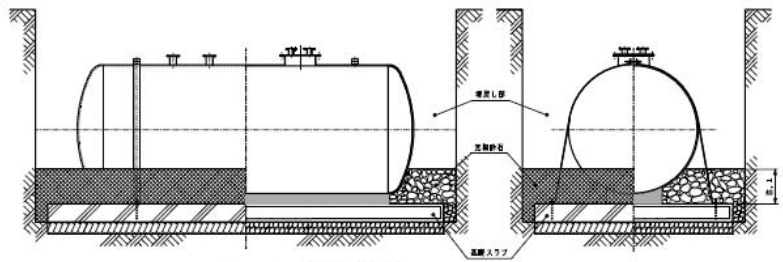


図3-2. 充填砕石施工図

【注】
1]. タンク径の1/4以上

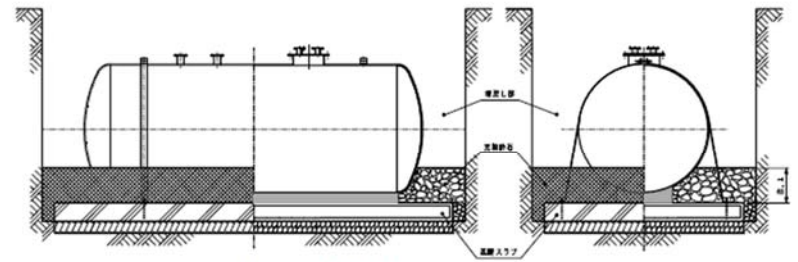


図3-2. 充填砕石施工図

【注】
1]. タンク径の1/4以上