

平成24年度火薬類の包装等に係る調査研究事業報告書
(平成24年度補正予算経済産業省委託事業)

平成26年2月28日

公益社団法人 全国火薬類保安協会

1. 実施報告書	1
1. 1 件名	1
1. 2 事業目的	1
1. 3 事業内容	1
1. 4 実施方法	1
2. 火薬類包装委員会委員	3
3. 検討内容	4
4. 総括	4
4. 1 実験における包装形態	4
4. 2 総合考察	4
5. 調査研究内容	8
(1) 攪拌実験	8
5.1.1 小規模実験 1 (模擬雷管の攪拌実験)	8
5.1.2 小規模実験 2 (実雷管の攪拌実験)	22
5.1.3. 中規模実験 (攪拌実験)	31
(2) 落下実験	39
(3) 爆破実験	51
5.3.1 爆破実験 1	53
5.3.2 爆破実験 2	67
4. 1 攪拌シミュレーション	85
4. 2 土砂崩れシミュレーション	108
6. 包装材料の調査報告	137
7. 付属資料	161
7.1 攪拌実験	162
小規模実験 1 結果	171
7.1.2 小規模実験 2	236
小規模実験 2 結果	236
7.2 落下実験	277
7.3 爆破実験	295
爆破実験 1 結果	297
爆破実験 2	323
委員会議事録	343
執筆者一覧	358

1. 実施報告書

1. 1 件名

平成24年度火薬類の包装等に係る調査研究事業

1. 2 事業目的

火薬類（火薬、爆薬、火工品）は、その有する爆発・燃焼という危険性から、火薬類取締法において、製造、販売、貯蔵、運搬、消費その他の取扱いについて規制されている。

このうち貯蔵については、火薬庫に貯蔵した火薬類が万一爆発した際に外部への被害を防止し、低減するため、火薬庫と保安物件（国宝、民家、国道等）との間に、貯蔵する火薬類の数量と保安物件の種類に応じた距離をとることとされている。よって、火薬庫は一般的には山間地帯等人の少ないところに設置されている。

しかしながら、山間地帯においては、集中豪雨による土砂崩れにより、火薬庫が損壊し庫内に貯蔵されている火薬類が流出するおそれがある。

近年、自然災害の過酷化にとる被害が顕著となっており、土堤及び火薬庫の損壊によって、火薬類がその性能を有したまま流出、分散することで、その捜索に長期間を要するだけでなく、捜索段階において使用するショベルカー等で圧力を与えることによる爆発や流木に火薬類が巻き付き、まきとして火にくべられること等による爆発といった危険性があるため、早急に再発防止対策を含めて対策を講じる必要がある。

実際、平成23年9月には土砂崩れにより山際に設置された火薬庫が流され損壊し、火薬庫内に貯蔵されていた火薬類が流出する事故が発生している。この事例では、現時点においても火薬類の9割以上が発見されておらず、一部の雷管についてはその性能を有している可能性があり、捜索が継続されている。

このため本事業では、火薬庫内で火薬類を保護する包装材料・技術に係る調査及び実験を実施し、万一台風や豪雨等自然災害により火薬類が流出した場合でも、その分散を防止し早期発見を可能とすることで、公共の安全確保に資することを目的とした。

1. 3 事業内容

仮に自然災害により火薬類が流出した場合でも、その分散防止、早期発見が可能となるよう、火薬類の貯蔵方法について、調査及び実証実験を行い、得られたデータを整理し、実用可能性を検討した。

具体的には、①火薬庫内で火薬類を包装材で包むことを想定し、繊維材料等について、土砂災害に対する耐久性や平時に火薬類を包装しておくために必要な性能に関する情報を収集・整理し、材料ごとの性能評価を行った。

②また、評価の結果、効果及び実用性の高そうな材料については、土砂等を使用した実際の災害時の状況に近づけた模擬実験等を行い、データを取得・整理し、③当該繊維材料等の実用可能性を検討した。

1. 4 実施方法

（1）委員会の設置

本事業の目的を達成するため、上記1. 3 ①、②、③を実施するに当たり、情報の収集及び必要な事項の決定、検討、取りまとめ等を行う委員会を設置した。委員会は、学識経験者、専門家（土木、材料及び火薬）、ユーザー（火薬庫の所有者）各2名以上の合計12名の委員で構成し、5回開催した。

(2) 包装材料の性能に関する情報収集、性能評価

火薬庫内で火薬類を包装する材料は、火薬類を包装すること、土砂災害への耐久性が必要であること及び平時に火薬類を包装しておくために必要な性能を有することが条件となることから、委員会において、対象となる包装材が上記条件を満たすことを判断するために必要な性状などの要件（既存の繊維材料等を対象に、伸縮性、引張強度、耐摩耗性、耐水性、非包装物の保護性能、耐静電性、耐熱性、コスト、単位重量、使用実績など）を選定した。

なお、委員会において対象包装材料に必要な要件を選定する際の参考となるように、高性能・高機能繊維（※）20種類程度の性能等をリスト化して、委員の意見を聴いた。

選定した要件について、専門家やメーカーへの聞き取りや文献により、既存の繊維材料等のデータを収集し、そのうち上記条件に近いもの上位100種類程度について、データを一覧表にまとめた。

委員会において、上記のデータ一覧から、模擬実験の対象とする包装材を10種類以上選定した。

（※）高性能・高機能繊維：アミド繊維、アラミド繊維等高強度・高耐熱などの特性をもつ繊維

(3) 土砂等を使用した模擬実験

模擬実験の方法について案（ボールミルやミキサーの使用）を作成し、委員会での意見を反映させた方法によって模擬実験を行い、データを取得・整理する。模擬実験は、室内実験と室外実験を行った。

室内実験では、実際の火薬類と爆発性のない模擬火薬類の両方を使用し、実際の火薬類と同等の機械的強度を持つ模擬火薬類を検討した。また、爆発に対する当該包装材の耐久性を評価するために、包装材爆破実験を行った。

室外実験では、その模擬火薬類を使用して実際の薬量相当での模擬実験を行った。

なお、模擬実験については、必要に応じてその一部をシミュレーションに替えて雷管の衝撃変形挙動や土砂崩れの想定エネルギーの推定等を行った。

(4) 繊維材料等の実用可能性の検討

(3)で整理したデータを元に、火薬庫内で火薬類を包装するのに適した包装材の実用可能性について検討し、その効果について取りまとめた。本事業において収集したデータ、実験の様子、検討の結果等について、全内容を網羅した報告書を取りまとめた。

2. 火薬類包装委員会委員

(委員長)	小川 輝繁	横浜国立大学名誉教授 (財団法人安全工学研究所)
	大松沢 明宏	日本化学繊維協会 技術グループ 主席部員
	木戸 茂貴	日本カーリット株式会社 生産本部 生産管理部長
	児島 寛	多摩火薬機工株式会社 専務取締役
	新藤 孝志	株式会社カコー 管理本部企画開発部 部長
	辻田 亮二	一般社団法人 日本建設業連合会 安全部 担当部長
	中村 知基	帝人株式会社 大阪研究センター 商品開発部 補強材料開発課長
	中山 良男	独立行政法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発衝撃研究グループグループ長
	藤原 修三	独立行政法人 産業技術総合研究所 技術顧問
	三宅 紀	ユニチカ株式会社 産業繊維事業本部産業繊維事業管理室 マーケティンググループグループ長
	山口 潤仁	カヤク・ジャパン株式会社 生産本部 環境安全グループ長
	渡邊 健介	東レ株式会社 生産技術第一部生産技術第1課 課長

(開催状況)	平成25年	6月	6日	第1回委員会
	平成25年	7月	2日	第2回委員会
	平成25年	8月	29日	第1回WG
	平成25年	9月	27日	第3回委員会
	平成25年	11月	28日	第2回WG
	平成25年	11月	28日	第4回委員会
	平成26年	2月	14日	第5回委員会

3. 検討内容

1. 4 (2) ～ (4) のとおり。

4. 総括

4. 1 実験における包装形態

実験を進めるにあたり、火薬類の包装の形態（箱型、袋、巾着等）によっては、縫製方法、口もとの閉じ方等が異なり様々な実験結果となること。また、生地そのものが強くても口元の止め方次第では口元から破れる可能性があること。縫製の依頼先（繊維メーカーでは縫製は行わないので縫製専門業者か）の問題等が委員会で議論となったが、本実験は包装素材の評価が目的であることから、縫製を行わなくてもよいキャンデー方式（図参照）で包装することとし、両サイドの根元は結束バンドで締め付け、包装材と包装材の合わせ部分はビニロン製畳糸(#9000)で縫う（5mm ピッチ）こととした。

図 キャンデー方式（イメージ）



4. 2 総合考察

火薬庫内に保管する火薬類を保護する包装材料・技術に係わる調査及び実験を実施した結果について、以下に報告する。

（1） 攪拌実験

・ 模擬雷管の小規模攪拌実験

包装材の耐久性を評価するため、模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで1時間の攪拌を行った。攪拌速度は毎分約32回であった。包装試験体は、6号雷管模擬品50個またはKONEL雷管模擬品30個を包装材で包装したものを使用した。模擬土砂は、2号碎石が50kg、3号碎石が50kg及び水10kgであった。

6号雷管模擬品の場合、包装材に変化がなかったものが7種類、コーティングが剥がれたものが3種類、穴が開いたものが3種類、裂けたものが1種類、布の形状を留めないものが2種類であった。KONEL雷管模擬品の場合は、6号雷管模擬品でダメージの大きかった6種類を除いて10種類の包装材で検討した。その結果は、変化がなかったものが4種類、コーティングが剥がれたものが3種類、穴が開いたものが3種類であった。

・ 実雷管の小規模攪拌実験

次に、実雷管では内部に爆薬等があるので、その重量増加の効果を検討するために、実雷管を攪拌した

場合の包装材の耐久性を評価した。6号雷管と KONE L 雷管ともに 6 種類の包装材で攪拌した。その結果、6号雷管の場合、変化がなかったものが 3 種類、コーティングが剥がれたものが 2 種類、穴が開いたものが 1 種類であった。KONE L 雷管の場合は、6 種類全ての包装材に穴が開いた。これは、縫製が小さめであったことと結束バンドを二重に締めたことで、雷管が包装材の中で動きが束縛されていたことが原因と思われる。よって、KONE L 雷管の包装はゆとりのある縫製であることが望ましい。

- ・包装材に穴が開く条件

包装材に穴が開かない条件を検討するために、包装材の物性データと比較した。その結果、6号雷管の場合、包装材の引張強さ（縦と横の両方向とも）305 N/cm を超える包装材であれば、穴が開かないことが確認された。また、KONE L 雷管の場合が、包装材の引張強さが 526 N/cm を超える包装材であれば、穴が開かないことが確認された。また、包装材の厚さ、質量（面密度）、伸び率、引き裂き強さのデータとは顕著な相関関係を見出せなかった。

- ・模擬雷管の中規模攪拌実験

中規模実験では、小規模実験より厳しい条件での攪拌を行い包装材の耐久性を評価するために、小規模実験で使用したミキサーの 2 倍の体積で攪拌実験を行った。模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで 1 時間の攪拌を行った、攪拌速度は毎分約 14 回であった。包装試験体は、6号雷管模擬品 300 個または KONE L 雷管模擬品 60 個を詰めた段ボール箱を包装材で包装したものを使用した。模擬土砂は、2号砕石が 100kg、3号砕石が 100kg 及び水が 20kg であった。これらは小規模実験で使用した攪拌物の 2 倍の重量である。6号雷管模擬品の場合、変化がなかったものが 4 種類、コーティングが剥がれたものが 1 種類、穴が開いたものが 1 種類であった。KONE L 雷管模擬品の場合が 1 種類で検討し、その包装材に変化はなかった。

（2）落下実験

包装試験体（模擬雷管をダンボール大箱に収納後に包装したもの）を模擬土砂とともに落下させて、落下時に土石流から受ける損傷の程度を検討した。高低差が約 13.5m、傾斜が約 40 度、斜面長が約 21m の斜面を利用して落下実験を実施した。ズリ石の体積は約 6m² であり、ブルドーザで押し出した。その結果、試験体の落下速度は、包装試験体が平均 2.48 m/s（最大 3.38 m/s）、模擬土砂が平均 2.40 m/s（最大 3.79 m/s）であること、及び包装試験体の包装材に変化はないことが確認された。

また、二つ目の落下実験では、斜面上面から 5.3 m の位置に包装試験体を固定して模擬土砂を包装試験体の正面に落下させて、落下時に土石流から受ける損傷の程度を検討した。その結果、模擬土砂の落下速度は初速 3.77 m/s、包装試験体に当たる時は 2.3 m/s であること、及び包装試験体の包装材に変化はないことが確認された。

（3）爆破実験

包装材雷管を爆発させ、包装材の損傷の程度を検討した。雷管の本数は 1 個、または 10 個を束にして使用した。雷管と包装材の距離は、直付けとスタンドオフを 50mm の場合の 2 種類とした。雷管と包装材の位置関係は、雷管を包装材に対し水平に設置した場合と垂直にした場合の 2 種類を検討した。その結果、雷管の爆発による大きな穴と金属破片による多数の小さな穴が開くことが確認された。また、雷管本数とスタンドオフの効果については、予想通りの結果となった。また、雷管単体の爆発状況を高速度撮影した。

使用した雷管は、6号雷管、KONEL 雷管及び RP-501 雷管であり、雷管の先端を下に向けて起爆し、爆発生成ガスの膨張と金属破片の飛散状況を撮影した。その結果、爆発生成気体と金属破片は毎秒 2km 程度の速度で飛散することが確認された。

(4) 数値解析

・攪拌実験に対応した解析

中規模攪拌実験に対応した数値モデルを作成し、個別要素法により数値解析を実施した。その結果砕石の挙動について実験結果をほぼ再現できること、包装試験体にかかる最大荷重は 10 kN、その力積は 110 kN・s 程度であることなどが明らかになった。

・落下実験に対応した解析

斜面を落下する包装材のモデルを作成し、個別要素法により数値解析を実施した。その結果、勾配 40 度、落差 13.5 m の斜面モデルの解析でも、土砂の挙動の実験結果がほぼ再現できること、包装試験体にかかる荷重は 31～38 kN、力積は 16～22 kN・s 程度であることなどが明らかになった。

これに続けて、実際の土砂崩れの落下速度に対応した解析を行った。土砂崩れが発生した場合の平均的な土砂の落下速度の文献値を参考にして、土砂の初期落下速度を 15m/s と設定した。その結果、包装試験体にかかる最大荷重は約 3 倍増加したが、力積はあまり大きく変わらないことなどが確認された。

・攪拌実験と落下実験の対応関係

攪拌シミュレーションより、1 時間の攪拌により包装試験体に作用する力積は 2200 kN・s と推定される。一方、落下シミュレーションより、長さが 1km で継続が時間 67 秒の土砂崩れにより、包装試験体に作用する力積は 1139 kN・s と推定される。両者を比較すると、包装材に作用する力積は、前者が後者より 2 倍程度大きいことが確認される。したがって、1 時間の攪拌実験は、非常に大規模な土砂崩れ時に包装材に与える損傷を模擬する実験として適当であることが確認された。

(5) 包装材料の調査及び性能試験結果

①市場に流通している包装材料について調査を行った。

調査内容等は、6. 包装材料調査報告を参照。

②中規模実験（攪拌）を行った包装材（Ts15 を除く）について、引張強さ、耐摩耗性（摩耗試験後の引張強さ）、引裂き強さ、貫入抵抗の性能試験を一般財団法人日本製品品質技術センターに依頼し試験を行った。結果を以下に示す。

表 中規模実験（攪拌）実験を行った包装材（Ts15 を除く）の性能試験結果

試験項目		包装材の種類					試験方法
		帆布	4746	TR560	B781	Uk333	
初期引張強さ N/3 c m	たて	724	1850	2060	2610	2020	引張強さ JIS L1096 ストリップ法
	よこ	335	1850	1550	1970	2120	
磨耗処理後引張 強さ N/3 c m	たて	660	1710	1710	2340	1960	耐摩耗性 JIS D4604 準拠
	よこ	328	1770	1490	1950	1950	

引張強さ保持率%	たて	91.2	92.4	83.0	89.7	97.0	おもり 2.35kg 磨耗回数 2500 回
	よこ	97.9	95.7	96.1	99.0	92.0	
引裂き強さ N	たて	45.0	452	163	426	267	JIS L1096 シングルタング 法
	よこ	36.2	453	137	349	286	
貫入抵抗 N		282	798	1190	1650	1240	ASTM D4833

なお、摩耗試験を行った後の包装材の外観は次のとおりで、帆布は毛羽立ちが見られた。



5. 調査研究内容

(1) 攪拌実験

5.1.1 小規模実験1（模擬雷管の攪拌実験）

実験期間

平成24年9月12日（水）～12月17日（火）

実験場所

産業技術総合研究所 第5事業所

5.1.1.1 目的

模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで攪拌し、包装材の摩耗状況等の耐久性を評価する。

5.1.1.2 実験方法

5.1.1.2 (1) 供試雷管

模擬雷管を使用する。模擬雷管は、包装材の実験に使用するためメーカーに作製を依頼した試作品であり、管体の底面又は側面に穴を開けたもので、かつ火薬類は充填していないものである。模擬雷管を表5.1.1.2-1と図5.1.1.2-1～5.1.1.2-4に示す。（以降、実験に使用した模擬雷管は全て同じものである）

表 5.1.1.2-1 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管模擬品	カヤクジャパン	50 個（紙箱入り）
KONEL 雷管模擬品	オリカ	30 個（ビニール袋入り、1 袋当たり 10 個） 雷管はプラスチックホルダーで固定されている



図 5.1.1.2-1 カヤクジャパン製 6 号雷管模擬品
紙箱内は 5 個単位×10



図 5.1.1.2-2 オリカ製 KONEL 雷管模擬品
ビニール袋内は 10 個



図 5.1.1.2-3 6号雷管模擬品（先端の穴）



図 5.1.1.2-4 KONEL 雷管模擬品（側面の穴）

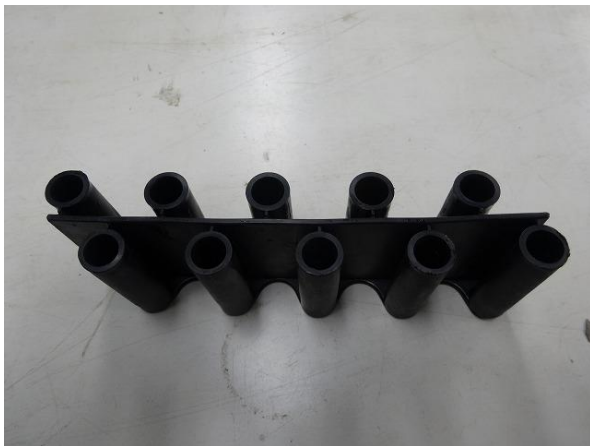


図 5.1.1.2-5 KONEL 雷管のホルダー

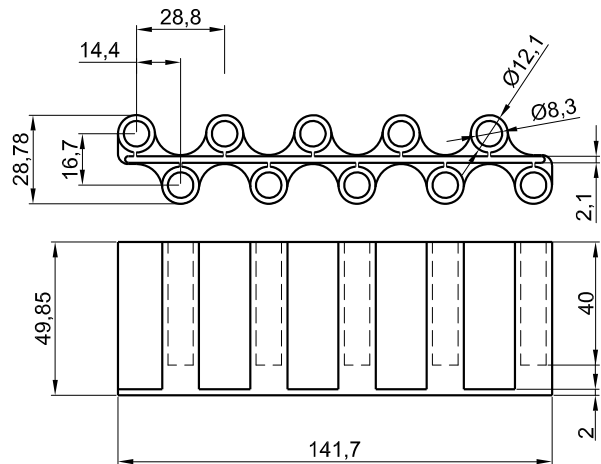


図 5.1.1.2-6 KONEL 雷管のホルダー寸法

5.1.1.2 (2) 供試包装材

表 5.1.1.2-2 に使用した包装材を示す。包装材は委員会が決定した 14 種類に自然素材の 2 種類を加えて 16 種類とした。「7.付属資料 7.1 攪拌実験 包装材」にその写真を示す。本報告書では包装材を略称で記載する。（この略称は名称の頭文字を取って産総研が独自に名付けたものである）

包装材は 550×550mm の大きさに裁断し、縫い代を内側に、生地を表が包装の外面にくるように縫製（ピッチ：10mm）して、その中に模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を挿入した。その後両脇を結束バンドで固定した。この包装方法は予備実験の結果（5.1.1.4 予備実験を参照のこと）から決定した。

＊縫製に使用した糸：ユニチカ製ビニロン畳糸#9000、

＊縫製に使用した針：セール針（針先三角）

＊結束バンド：引張強度：約 24kg、 幅：約 4.6mm、 結束内径 3～65mm

表5.1.1.1.2-2 使用した包装材一覧										
品名	略称	主成分・形状 (繊維名、 樹脂名)	厚さ (mm)	質量 (g/㎡)	引張強さ(タテ/ヨコ)	伸び率(タテ/ヨコ)	引裂強さ(タテ/ヨコ)	染色性	既存用途	目的(コメント)
					(N/cm)*1 (N/3cm)*2	(%)	(N)			
①4746TST	4746	ナイロン66、 シリコン樹脂	0.29	189	623/639*1	26/23	466/471	あり*3	エアバッグ*	高強カナイロン66糸使い布帛の評価
②TR560	TR56	PET、 ポリ乳酸樹脂	0.35	230	820/560*1	30/27	187/133	あり*3	バスシート 補強布	高強カPET糸使い布帛の展開評価 (①との原系素材比較)
③AS350	AS35	ナイロン66、 ポリ乳酸樹脂	0.3	193	600/660*1	37/30	116/113	あり*3	テントシート	高強カナイロン66糸使い布帛の評価 (①とのユティンク樹脂比較)
④ハロ-ネ	HALN	難燃PET、 メッシュ	0.8	405	3,000/3,000*2	130/75	構造上、 測定不能	原着 (色付き糸)	建築	脱塩ビ難燃性能ネットの評価 (難燃性の効果、②との組織(布帛・ネット)比較)
⑤DP476F	DP47	PET メッシュ	0.72	266	775/820*2	91/98	720/690	あり	テントシート	高強カPET糸使いネット(ストレッチ素材)の評価 (⑤対比、目が細かい)
⑥ラッセルメッシュ	RSSL	PET メッシュ	1.4	397	741/526*1	115/83	64以上/64以上 (測定機限界)	あり	収納ネット	高強カPET糸使い ラッセルメッシュの評価
⑦B781N	B781	ナイロン6	0.55	290	2,805/1,945*1	43/35	371/306	あり	カーパン地	高強度ナイロン6糸使い布帛の評価 (①対比、表面のスベリ性が異なる)
⑧5238STX	5238	ナイロン66	0.56	392	3,750/3,400*1	41/41	520/460	あり	カーパン地	高強度ナイロン66糸使い布帛の評価 (⑦と原系素材比較)
⑨VC001	VC01	難燃ビニロン 70% 綿30%	0.9	245	729/291*2	69/156	980以上 (参考値)	染色可		衣料用難燃規格適合品
⑩10000L	#100	ポリエステルメッ シュ織物 塩ビ 樹脂コート	0.23 (参考値)	130	640/640*2	20/21	100/100	あり	建築資材	落下防止、塗料飛散防止用防災メッシュ 防 炎規格JIS A-8952 二類適合品
⑪UK333W	UK33	ポリエステルメッ シュ織物 塩ビ 樹脂コート	0.6 (参考値)	450	1960/1960*2	28/30	425/430	あり	建築資材	落下防止、塗料飛散防止用防災メッシュ 防 炎規格JIS A-8952 一類適合品
⑫サンブル-1	Ts08	(タテ糸×ヨコ糸) 15×8/吋								試作品
⑬サンブル-2	Ts10	(タテ糸×ヨコ糸) 15×10吋								試作品
⑭サンブル-3	Ts15	(タテ糸×ヨコ糸) 15×15/吋								試作品
⑮ポブリン	PPLN	綿 100%	0.25 (実測値)	161.8*5 (見掛け)	679.5/305.9*6	13.1/15.7	13.2/9.2*5			
⑯帆布11号	CV11	綿 100%	0.44 (実測値)	298.6*5 (見掛け)	1062.2/516.1*6	22.4/20.7	28.4/15.7*5			
*3:繊維染色ではなく、コーティングしている樹脂に顔料を添加することで、色付け可能										
*5：JIS L 1096:2010										
*6：JIS L 1096:2010 試験速度：200mm/min 掴み間隔：200mm サンプル巾：50mm										

5.1.1.2 (3) 供試碎石

模擬土砂として碎石を用いた。碎石は主に砂岩であり一部砂岩に粘性岩を層状に含んでいる。大きさは2号碎石と3号碎石とした。2号碎石は一边の長さが60～40mm、平均重量は187gであり、3号碎石は一边の長さが40～30mm、平均重量は86gである。碎石の物性データを表5.1.1.2-3に示す。



2号碎石

3号碎石

図 5.1.1.2-7 供試碎石

表 5.1.1.2-3 碎石の物性データ

碎石	物理試験					超音波伝搬速度測定				一軸圧縮試験	
	密度 g/cm ²	比重 (自然)	吸水 率 %	含水 率 %	飽和 度 %	P波 速度 Km/s	S波 速度 Km/s	動弾性 係数 MN/m ²	動ポア ソン比	圧縮 強さ MPa	引張 強さ MPa
試料 1	2.637	2.659	0.200	0.145	72.5	5.37	3.01	60800	0.271	301	15.90
試料 2	2.663	2.681	0.235	0.166	70.7	5.11	2.48	44100	0.346	232	4.62

5.1.1.2 (4) 攪拌方法

表 5.1.1.2-4 に攪拌に使用した機材を示す。攪拌機（ミキサー）はトンボ工業製 NGM-2.5BC を用いた。ピット内で実雷管を使用した実験を行うことも想定して、小型のものを選定した。

攪拌機は屋外に設置し近くの建屋から電源を供給した。攪拌機はアースを設備して静電気事故を予防し、また 1 時間程度連続使用することから冷却するためファンを用意した。

表 5.1.1.2-4 攪拌に使用した機材と主な仕様

機材	型番（製造元）	主な仕様
攪拌機（ミキサー）	NGM-2.5BC （トンボ工業）	容量：70 リットル 単相 100V 0.4KW 回転数：32rpm（50Hz） ドラム寸法：(口径)345×(胴径)600×(深さ)601 mm 本体寸法：704(W)×1376(L)×962(H) mm 混合羽根：3 枚
冷却ファン	HJF-300S （TRUSCO）	風量：52m ³ /min(50Hz) 寸法：347 φ×354(L)×416.5(H) mm



図 5.1.1.2-8 攪拌機と冷却ファン

包装材が混合羽根の角でダメージを受けないように、羽根は角を削った。



A(開口部) C(底部) B(中間) A(開口部) C(底部) B(中間)

図 5.1.1.2-9 角を削った後の混合羽根（左は表側 右はその裏側）

攪拌物を、表 5.1.1.2-5 に示す。

表 5.1.1.2-5 攪拌物（模擬土砂）

	2 号碎石	3 号碎石	水
1 回使用量 (kg)	25	25	10

予備実験から、混合羽根の枚数・攪拌時間および攪拌物（模擬土砂）の量を決定した。碎石は 1 回の実験（攪拌時間：1 時間）で角がすり減って丸くなった。そのため包装材への条件を等しくするため、実験毎に未使用碎石を用いた。図 5.1.1.2-9 の混合羽根は 3 枚の内 A（開口部）と B（中間）を使用し C（底部）は使用しなかった。攪拌機は、負荷がかかった状態（攪拌機内に物が入った状態）での起動は故障することが考えられるため、空の状態で起動してから水 10kg を先に入れ、そこに碎石を 4 回に分けて投入した。その後包装実験体を入れ一時間攪拌する方法とした。

5.1.1.2 (5) 計測項目

攪拌前後の包装材の損傷状況の記録、ビデオカメラによる撮影を行った。ビデオカメラにはビクター GZ-HM400（解像度 1920×1080i、画質 17Mbps VBR）を用いた。

5.1.1.2 (6) 実験条件と実験回数

雷管の種類（模擬雷管または実雷管）、雷管の製造元、包装材の種別を実験条件とした。表 5.1.1.2-6 に実験の種類と実験名の対応をまとめた。実験回数は各種類 1 回とする。

最初に、6 号雷管模擬品（1 箱 50 本）で包装材 16 種類全てについて実験を行い、その結果を検証して、ビニール袋入り KONEL 雷管模擬品（3 袋 30 本）での実験では包装材を 10 種類とした。

表 5.1.1.2-6 実験の種類と実験名

包装材（略称）	6 号雷管 模擬品	KONEL 雷管 模擬品
4746	1-4746-d-J	1-4746-d-K
TR56	1-TR56-d-J	1-TR56-d-K
AS35	1-AS35-d-J	1-AS35-d-K
HALN	1-HALN-d-J	1-HALN-d-K
DP47	1-DP47-d-J	1-DP47-d-K
RSSL	1-RSSL-d-J	1-RSSL-d-K
B781	1-B781-d-J	1-B781-d-K
5238	1-5238-d-J	1-5238-d-K
VC01	1-VC01-d-J	—
#100	1-#100-d-J	—
UK33	1-UK33-d-J	1-UK33-d-K
Ts08	1-Ts08-d-J	—
Ts10	1-Ts10-d-J	—
Ts15	1-Ts15-d-J	—
PPLN	1-PPLN-d-J	—
CV11	1-CV11-d-J	1-CV11-d-K

表中（—）は実験しなかった項目

小規模実験 1 の名前の付け方 （例）1-4746-d-J

実験 No.－品番（上 4 文字）－模擬か実雷管の区別－雷管メーカー

d：模擬 J：カヤク・ジャパン K：KONEL 雷管

5.1.1.3 実験結果

5.1.1.3 (1) 実験結果一覧を、表 5.1.1.3-1 にしめす。

攪拌実験から見られるダメージを観察して、包装材の耐久性を 5 段階に評価した。

1：変化なし 2：コーティング剥げ・擦り傷あり
3：穴が開いた 4：破れあり 5：布の形状を留めない

表 5.1.1.3-1 小規模実験 1（模擬雷管）結果一覧

包装材 (略称)	6 号雷管模擬品		KONEL 雷管模擬品	
	包装材の状態	評価	包装材の状態	評価
4746	変化なし	1	部分的に擦り傷	1
TR56	コーティングが剥がれた	2	コーティングが剥がれた	2
AS35	コーティングが剥がれた	2	コーティングが剥がれた	2
HALN	変化なし	1	変化なし	1
DP47	変化なし	1	穴が開いた (穴の寸法 10×6)	3
RSSL	変化なし	1	穴が開いた (穴の寸法 13×12)	3
B781	変化なし	1	変化なし	3
5238	変化なし	1	変化なし	1
VC01	穴が開いた (穴の寸法 25×6)	3	—	
#100	包装材が裂けて、模擬雷管が包装材の外へ出ていた。	4	—	
UK33	コーティングが剥がれた	2	コーティングが剥がれた	2
Ts08	布がぼろぼろになった	5	—	
Ts10	布がぼろぼろになった	5	—	
Ts15	穴が開いた (穴の寸法 17×11)	3	—	
PPLN	穴が開いた (穴の寸法 18×9)	3	—	
CV11	変化なし	1	穴が開いた (穴の寸法 15×20)	3

表中（—）は実験しなかった項目

穴の寸法は最も大きな穴の数値

5.1.1.3 (2) 実験結果を「7.付属資料 7.1 攪拌実験 小規模実験 1」に写真で示す。
ダメージを受けた包装材については、その状況を示した。

①攪拌前と比較して生地にダメージがほとんど見られなかったものは

4746・HALN・B781・5238

包装材が6号雷管模擬品では紙箱、KONEL 雷管模擬品では雷管のプラスチックホルダーの角に当たっていた部分がすり減ったかコーティングが剥がれたものが

TR56・AS35・UK33

6号雷管模擬品ではダメージが見られなかったが、KONEL 雷管模擬品ではプラスチックホルダーの角に当たった部分に穴が開いたのは

CV11・RSSL・DP476

であった。

②6号雷管模擬品では、すべての実験で紙箱（50本入り）は溶けて残骸もなかった。

③攪拌直後の写真で見られるように、以下の包装材は土砂（碎石と水）の色に染まらなかった。

AS35、5238、#100、UK33

④KONEL 雷管模擬品では包装材の種類・状態に関係なく、模擬雷管を入れたビニール袋に穴が開いていた(プラスチックホルダーの角に当たる部分)。図 5.1.1.3-2 の円内に穴の開いたビニール袋の状態を示す（図は実験 1-5238-d-K のもの）。

⑤各実験において模擬雷管の変形は見られなかったが、図 5.1.1.3-3 に示すように実験 1-#100-d-J で破れた包装材から外に出た模擬雷管の内 1 個だけが変形していた。



図 5.1.1.3-2 ビニール袋の状態（包装材 5238）
（実験 No. 1-5238- d -K）



図 5.1.1.3-3 唯一変形した模擬雷管
（実験 No. 1-#100- d -J）

5.1.1.4 まとめ

- ①包装材の耐久性を評価するため、模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで1時間の攪拌を行った。
- ②包装実験体は、6号雷管模擬品（50個 紙箱入り）または KONEL 雷管模擬品（30個 ビニール袋入り）を包装材で包装したものを使用した。
- ③各実験で使用した攪拌物（模擬土砂）は、2号碎石（50kg）、3号碎石（50kg）及び水（10kg）である。
- ④6号雷管模擬品による実験で16種類の包装材で検討した結果は、
変化がなかったもの：7種類、コーティングが剥がれたもの：3種類、穴が開いたもの：3種類、裂けたもの：1種類、布の形状を留めないもの：2種類であった。
- ⑤KONEL 雷管模擬品による実験で、6号雷管模擬品でダメージの大きかった6種類を除いて10種類の包装材で検討した結果は、
変化がなかったもの：4種類、コーティングが剥がれたもの：3種類、穴が開いたもの：3種類であった。
- 6号雷管模擬品では穴が開かなかったものでも KONEL 雷管模擬品を使用して穴が開いたのは、KONEL 雷管のプラスチック製ホルダーの角で包装材がダメージを受けたためと思われる。
- ⑥6号雷管の紙箱は溶解した。
- ⑦模擬雷管は、変形しないことが確認された。6号雷管の場合は紙箱内で脚線に囲まれて保護されていたためであり、KONEL 雷管の場合はビニール袋の中でホルダーによって保護されているためである。なお、包装材が裂けて外に出た模擬雷管の中で1個だけの変形していた（実験 No. 1-#100-d-J）。

5.1.1.4 予備実験（小規模実験）

5.1.1.4 (1) 目的

攪拌機の性能を試験し、攪拌機の回転時間、ドラムの中に入れる砕石量等の実験条件を決める。合わせて包装材の包装方法について検討する。

5.1.1.4 (2) 実験方法

5.1.1.4 (2) a 供試雷管

表 5.1.1.4-1 に示した、カヤクジャパン製とオリカ製を用いた。

表 5.1.1.4-1 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管模擬品	カヤクジャパン	50 個（紙箱入り）
KONEL 雷管模擬品	オリカ	10 個（ビニール袋入り） 雷管同士はプラスチックで固定されている

5.1.1.4 (2) b 供試包装材

新品の白色ウエス（仕様詳細不明）と、包装材のポプリン（略称 PPLN）を用いた。予備実験では包装材の包装方法について検討した。

5.1.1.4 (3) c 供試砕石

模擬土砂として小規模実験 1 と同じ砕石を用いた。砕石は主に砂岩であり一部砂岩に粘性岩を層状に含んでいる。大きさは 2 号砕石と 3 号砕石とした。2 号砕石は一边の長さが 60～40mm、平均重量は 187g であり、3 号砕石は一边の長さが 40～30mm、平均重量は 86g である。砕石の物性データは表 5.1.1.2-3 を参照。

5.1.1.4 (2) d 攪拌

使用機材は 2.1.2.3 を参照のこと。

5.1.1.4 (2) e 予備実験手順

表 5.1.1.4-2 に予備実験の条件一覧を示す。

- ① 予備実験 1-1 は、攪拌機を作動させてから水 10kg を入れ、次に 3 号砕石を 10kg 入れて観察した後に、KONEL 雷管模擬品をウエスで包み対角を本結びしたものを入れた。
- ② 予備実験 1-2 では、混合羽根を 1 枚に減らし、途中 3 号砕石を 5kg 追加して経過を観察した。
- ③ 予備実験 1-3 で、混合羽根を 2 枚に増やして観察した。ここで包装の結び目がほどけた。
- ④ 予備実験 1-4 で、包装を茶巾結びに変え結束バンドで留める方法にして、2 号砕石を 5kg 追加して攪拌した。
- ⑤ 予備実験 1-5 で、2 号砕石を 5kg 追加、途中さらに 2 号砕石 5kg を追加して攪拌した。
- ⑥ 予備実験 2 は、6 号雷管模擬品 50 本を箱から取り出して束の状態で、包装材ポプリンで茶巾包とし結束バンドで留めた。攪拌物は 3 号砕石 25kg と 2 号砕石 25kg と水 10kg を用いて、混合羽根 2 枚で 10 分間連続攪拌した。

- ⑦ 予備実験 3 は、6 号雷管模擬品 50 本を紙箱に入った状態で、包装材ポプリンで茶巾包とし結束バンドで留めた。攪拌物には 3 号碎石 25kg と 2 号碎石 25kg と水 10kg を用いて、混合羽根 2 枚で 60 分間連続攪拌した。

表 5.1.1.4-2 予備実験一覧

No.	模擬雷管	包装材条件		攪拌条件				
		種類	包装方法 結び方	攪拌物			攪拌 時間 分	混合 羽根
				2 号碎石 kg	3 号碎石 kg	水 kg		
予備 1-1	KONEL 雷 管 模擬品 ビニール袋 入り	ウェス	本結び	—	10	10	2	A,B,C
予備 1-2				—	15	10	4	C
予備 1-3				—	15	10	2	A,B
予備 1-4			茶巾包 結束バンド	5	15	10	2	
予備 1-5				15	15	10	4	
予備 2	ポプリン	25		25	10	10		
予備 3		25		25	10	60		

表中（－）は 2 号碎石を使用しなかった項目



予備実験 1-1～3
包装方法 本結び



予備実験 1-4・5、予備 2・3
包装方法 茶巾包、結束バンド

図 5.1.1.4-1 予備実験での包装方法

5.1.1.4 (2) f 打撃圧測定

攪拌実験において、包装材が砕石から受ける打撃圧を観察するために、感圧紙（富士フィルム(株)製 プレシート）を使用する。その予備実験として、表 5.1.1.4-3 に示す 6 種類を石の試験体に貼付けたものを攪拌機に投入して感圧紙の選定を行った。試験体は石を 50mm 角の立方体に加工し表面を研磨したものである。攪拌時間を 10 分、5 分、3 分、1 分として観察した。



感圧紙を貼る前の試験体



感圧紙を貼りつけた試験体

図 5.1.1.4-2 打撃圧測定試験体

表 5.1.1.4-3 感圧紙の感圧範囲

フィルムの種類	極高压用 HHS	高压用 HS	中圧用 MS	低圧用 LW	超低圧用 LLW	極超低圧用 LLLW
感圧範囲(MPa)	130～300	50～130	10～50	2.5～10	0.5～2.5	0.2～0.6

5.1.1.4 (3) 予備実験結果

- ①攪拌機はモーター駆動であるため、メーカーによると連続運転は無負荷でも 30 分が限度であり、ドラムに内容物がある状態での再起動は不可であるとされた。しかし予備実験によって攪拌機の動作とモーター温度を観察した結果、連続運転が 1 時間は可能であると判断した。
- ②攪拌機を無負荷で起動した後に水 10kg および 2 号と 3 号の混合砕石を 12.5kg ずつ 4 回に分けて合計 50kg をドラム内に入れてから包装実験体を投入するのが適正と思われる。
- ③過熱を避けるため攪拌中はモーターを外部から送風で冷却するとよい。
- ④混合羽根は 1 枚外して、開口部と中間の 2 枚とすることが適正と思われる。
- ⑤包装方法は、包装材を模擬雷管の寸法（6 号雷管模擬品では紙箱、KONEL 雷管模擬品ではビニール袋）よりやや長めに縫って包装実験体を挿入して、結束バンドで両側面を締めると緩む虞がない。
- ⑥包装材は生地を表が外面となるようにすると状態が見やすい。



包装材に挿入された 6 号雷管模擬品紙箱



結束バンドで留めた状況

図 5.1.1.4-3 決定した包装方法（例は帆布）

⑦ 打撃圧測定の結果

結果は「7.付属資料 7.1 攪拌実験 小規模実験 1 感圧紙予備実験データ」に示す。

攪拌時間に関係なく、超高压用・高压用の感圧紙では感応発色はなく、超低压用・極超低压用の感圧紙ではほぼ全面で発色していた。中圧用・低压用の感圧紙で発色に中間色があり、室内実験の圧力測定はこの範囲で観測できると思われる。



超低压用感圧紙



低压用感圧紙



中圧用感圧紙

5.1.1.4 (4) まとめ

①実験時間は 1 時間とした。

②攪拌物は、2 号碎石 50kg、3 号碎石 50kg 及び水 10kg、とした。

③包装方法は、筒状に縫製し生地を表を外にして両側を結束バンドで留めた。

④感圧紙は、中規模実験ではミキサーが大きくなるので小規模実験より圧力が大きくなることを想定して
高压用と中圧用を使用した。

5.1.2 小規模実験 2 (実雷管の攪拌実験)

実験期日

平成 24 年 1 月 14 日 (火) ～28 日 (火)

実験場所

産業技術総合研究所の火薬別棟付属実験場の大ピット

実験日程

日付	時間	実験 No.	使用雷管	雷管処理
1 月 14 日 (火)	午前	ミキサー移設		
	午後	実験 No.1 準備		
1 月 15 日 (水)	11:08	1-CV11-b-J	6 号雷管 50 個	
	14:10	1-TR56-b-J	6 号雷管 50 個	
	15:50	1-B781-b-J	6 号雷管 50 個	
1 月 16 日 (木)	9:45	1-UK33-b-J	6 号雷管 50 個	
	13:02	1-Ts15-b-J	6 号雷管 50 個	
	14:46	1-4746-b-J	6 号雷管 50 個	
	(16:10)			6 号雷管 10+20 個 C-4: 50+100g 起爆用 6 号雷管 1 個×2
1 月 17 日 (金)	9:56	1-4746-b-K	KONEL 雷管 30 個	
	13:33	1-TR56-b-K	KONEL 雷管 30 個	
	15:07	1-B781-b-K	KONEL 雷管 30 個	
				6 号雷管 40×2+35 個 C-4: 100×3 起爆用 6 号雷管 1 個×3
1 月 20 日 (月)	9:39	1-CV11-b-K	KONEL 雷管 30 個	
	13:04	1-UK33-b-K	KONEL 雷管 30 個	
	14:33	1-Ts15-b-K	KONEL 雷管 30 個	
1 月 21 日 (火)	午前	ミキサー搬出		
		撤収		
1 月 27 日 (月)	午後			6 号雷管 50 個×3 C-4: 120 g×3 起爆用 6 号雷管 1 個×3
1 月 28 日 (火)	午後			KONEL 雷管 28 個 +30 個×5 +2 個 (脚線が切れた物) C-4: 150g×7 起爆用 6 号雷管 1 個×7

雷管処理状況は、「7.付属資料 7.1 小規模実験 小規模実験 2 雷管処理状況」参照

5.1.2.1 目的

実雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包みモデル土砂とともに小型ミキサーで攪拌し、実雷管の起爆の可能性を調査する。合わせて包装材の摩耗状況等の耐久性を評価する。

5.1.2.2 実験方法

5.1.2.2 (1) 供試雷管

使用する雷管を表 5.1.2.2-1 に示す。

表 5.1.2.2-1 使用する雷管

名称	製造元	1 実験に使用する数量
6 号雷管	カヤクジャパン	50 個（紙箱入り）
KONEL 雷管	オリカ	30 個（ビニール袋入り、1 袋当たり 10 個） 雷管はプラスチックホルダーで固定されている



図 5.1.2.2-1 カヤクジャパン製 6 号雷管 50 個
紙箱内は 5 個単位×10



図 5.1.2.2-2 オリカ製 KONEL 雷管 30 個
ビニール袋内は 10 個

5.1.2.2 (2) 供試包装材

実験結果等から次の 6 種類を委員会で選定した。

4746、TR56、B781、UK33、Ts15、CV11

包装材は小規模実験 1 と同様 550×550mm の大きさに裁断し、縫い代を内側に、生地を表が包装の外面にくるように縫製（ピッチ：10mm）して、その中に実雷管を収納した紙箱又はビニール袋を挿入した。その後両脇を結束バンドで固定した。小規模実験 1 で結束バンドが緩んで抜け落ち模擬雷管が外に出た事例があったので、結束バンドを二重とした。

*縫製に使用した糸：ユニチカ製ビニロン畳糸#9000、

*縫製に使用した針：セール針（針先三角）

*結束バンド：引張強度：約 24kg、幅：約 4.6mm、結束内径 3～65mm

5.1.2.2 (3) 供試碎石

模擬土砂として小規模実験 1 と同じ碎石を用いた。碎石は主に砂岩であり一部砂岩に粘性岩を層状に含んでいる。大きさは 2 号碎石と 3 号碎石とした。2 号碎石は一边の長さが 60～40mm、平均重量は 187g であり、3 号碎石は一边の長さが 40～30mm、平均重量は 86g である。碎石の物性データは表 5.1.1.2-3 を参照。

5.1.2.2 (3) 攪拌方法

攪拌に使用した機材・攪拌物は、室内実験 1 で使用したものと同一。(参照 表 5.1.1.2-3、表 5.1.2.2-4、図 5.1.1.2-7) ミキサーは大ピット内に設置し、実雷管の起爆がある場合を想定してビデオカメラに防護窓を設置した。実験に実雷管を使用し包装で結束バンドを二重にした以外、室内実験 1 とおなじ実験条件とした。



図 5.1.2.2-3 小規模実験 2 の機材設置状況 (大ピット内)

小規模実験 2 の名前の付け方 例) 1-4746- b -J

実験 No.－品番（上 4 文字）－実・模擬区別（模擬： d、実雷管： b）－雷管メーカー（J、K）

表 5.1.2.2-2 室内攪拌実験一覧（実験済みの小規模実験 1 を含む）

包装材（略称）	模擬雷管 d（実験済み）		実雷管 b	
	6 号雷管 模擬品	KONEL 雷管 模擬品	6 号雷管 実雷管	KONEL 雷管 実雷管
4746	1-4746-d-J	1-4746-d-K	1-4746-b-J	1-4746-b-K
TR56	1-TR56-d-J	1-TR56-d-K	1-TR56-b-J	1-TR56-b-K
AS35	1-AS35-d-J	1-AS35-d-K	—	—
HALN	1-HALN-d-J	1-HALN-d-K	—	—
DP47	1-DP47-d-J	1-DP47-d-K	—	—
RSSL	1-RSSL-d-J	1-RSSL-d-K	—	—
B781	1-B781-d-J	1-B781-d-K	1-B781-b-J	1-B781-b-K
5238	1-5238-d-J	1-5238-d-K	—	—
VC01	1-VC01-d-J	—	—	—
#100	1-#100-d-J	—	—	—
UK33	1-UK33-d-J	1-UK33-d-K	1-UK33-b-J	1-UK33-b-K
Ts08	1-Ts08-d-J	—	—	—
Ts10	1-Ts10-d-J	—	—	—
Ts15	1-Ts15-d-J	—	1-Ts15-b-J	1-Ts15-b-K
PPLN	1-PPLN-d-J	—	—	—
CV11	1-CV11-d-J	1-CV11-d-K	1-CV11-b-J	1-CV11-b-K

表中（－）は実験しなかった項目

5.1.2.2（4）計測項目

雷管の起爆の有無と包装材の摩耗状況観察、及びビデオカメラによる攪拌状況の撮影等を行う。

5.1.2.3 実験結果

実験結果一覧を、表 5.1.2.2-3 に示す。

表 5.1.2.2-3 室内攪拌実験結果一覧

1：変化なし 2：コーティング剥げ・擦り傷あり 3：穴が開いた 4：破れあり 5：布の形状を留めない

	模擬雷管（実験済み）				実雷管			
	6号雷管模擬品		KONEL 雷管模擬品		6号雷管		KONEL 雷管	
包装材 (略称)	包装材の状態	評価	包装材の状態	評価	包装材の状態	評価	包装材の状態	評価
4746	変化無	1	擦り傷	1	変化無	1	穴が開いた(穴の寸法 10×14)	3
TR56	コーティングが剥げた	2	コーティングが剥げた	2	コーティングが剥げた	2	穴が開いた(穴の寸法 12×15)	3
AS35	コーティングが剥げた	2	コーティングが剥げた	2	—		—	
HALN	変化無	1	変化無	1	—		—	
DP47	変化無	1	穴が開いた(穴の寸法 10×6)	3	—		—	
RSSL	変化無	1	穴が開いた(穴の寸法 13×12)	3	—		—	
B781	変化無	1	変化無	1	変化無	1	穴が開いた(穴の寸法 2×3)	3
5238	変化無	1	変化無	1	—		—	
VC01	穴が開いた(穴の寸法 25×6)	3	—		—		—	
#100	裂けた	4	—		—		—	
UK33	コーティングが剥げた	2	コーティングが剥げた	2	コーティングが剥げた	2	穴が開いた(穴の寸法 3×5)	3
Ts08	布がぼろぼろになった	5	—		—		—	
Ts10	布がぼろぼろになった	5	—		—		—	
Ts15	穴が開いた(穴の寸法 17×11)	3	—		穴が開いた(穴の寸法 40×14)	3	穴が開いた(穴の寸法 130×65)	3
PPLN	穴が開いた(穴の寸法 18×9)	3	—		—		—	
CV11	変化なし	1	穴が開いた(穴の寸法 15×20)	3	変化なし	1	穴が開いた(穴の寸法 20×33)	3

表中（－）は実験しなかった項目

穴の寸法は最も大きな穴の数値

実験結果を「7.付属資料 (1) 攪拌実験 小規模実験 2」に写真で示す。
ダメージを受けた包装材については、その状況を示した。

- ①6 号雷管による実験で包装材は、模擬雷管による実験と同じ結果となった。
- ②雷管の起爆はなかった。
- ③KONEL 雷管による実験で包装材は 6 種類全てに雷管ホルダーの角で穴が開いた。これは、包装材を小さめに縫製したことで結束バンドを二重に締めたため、雷管ホルダーと包装材が同じ場所で当たり続けたことに原因があると思われる。（小規模実験 1 で結束バンドが緩んで抜け落ち、模擬雷管が外に出た事例があったので、結束バンドを二重にした）
- ④KONEL 雷管による実験で、包装材 Ts15 では雷管が全て包装材から出ていた。これは、攪拌中に生地から解れた糸がミキサーの攪拌羽根の一枚に絡んだことにより、包装材が他の攪拌羽根に強く打ち付けられてダメージを受け雷管が外に出るほどの穴が開いたためと思われる。
- ⑤包装材から出た雷管の内 2 個は変形していたが起爆はなかった。小規模実験 2 全般において雷管の変形はこの 2 個のみであった。



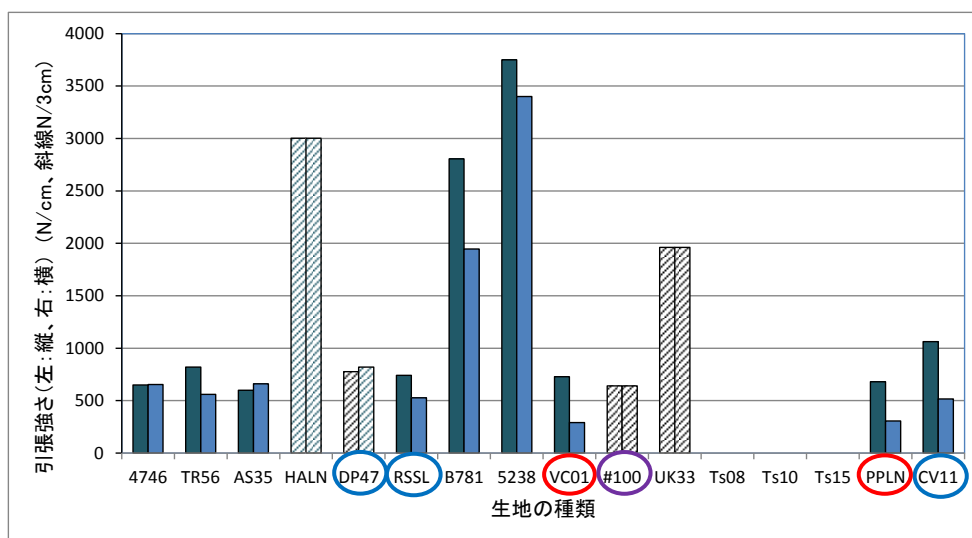
図 5.1.2.2-3 脚線が取れ、変形した KONEL 雷管（実験 No.1-Ts15-b-K）

⑥小規模実験結果を包装材の物性データのグラフで検討した。（小規模実験2における KONEL 雷管による実験ではすべての包装材に穴が開いたため、雷管が包装材の中で比較的自由であった他の実験結果と比較した。 Ts08、Ts10、Ts15 は試作品であるためデータを入手できなかった）

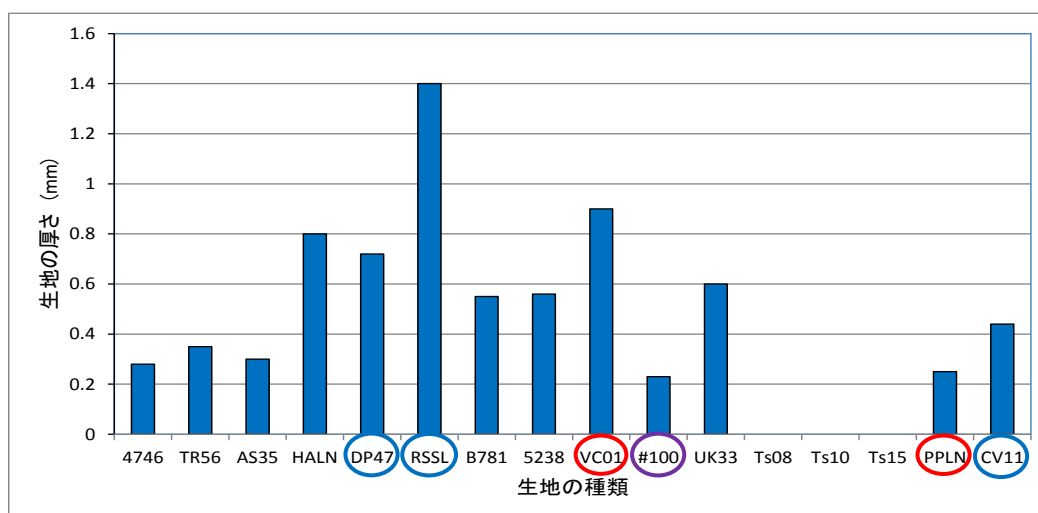
・引張強さ、生地 thickness、生地の質量、伸び率、引裂強さのグラフを以下に示す。

- 6号雷管で穴が開いた包装材
- 6号雷管で裂けた包装材
- 6号雷管では変化がなくて、KONEL 雷管で穴が開いた包装材

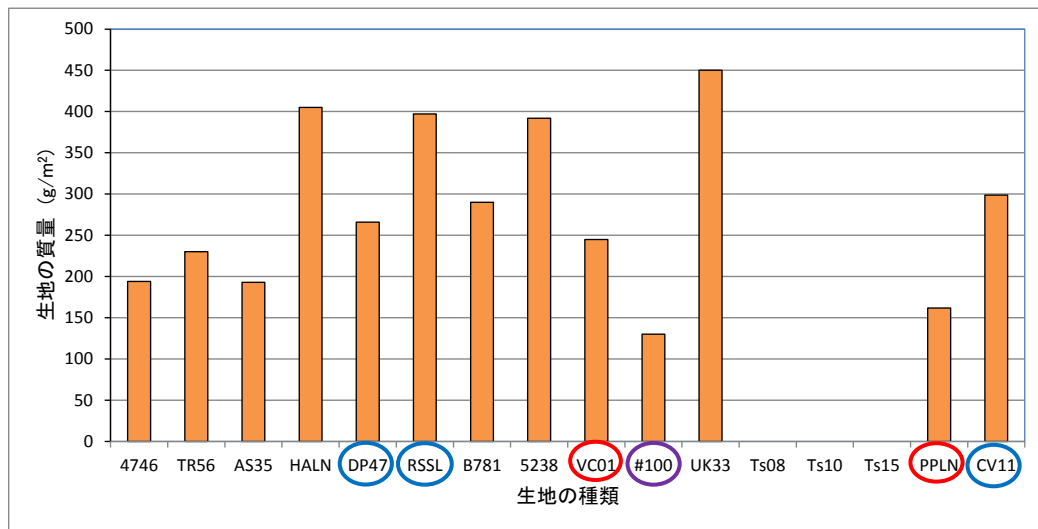
・引張強さ



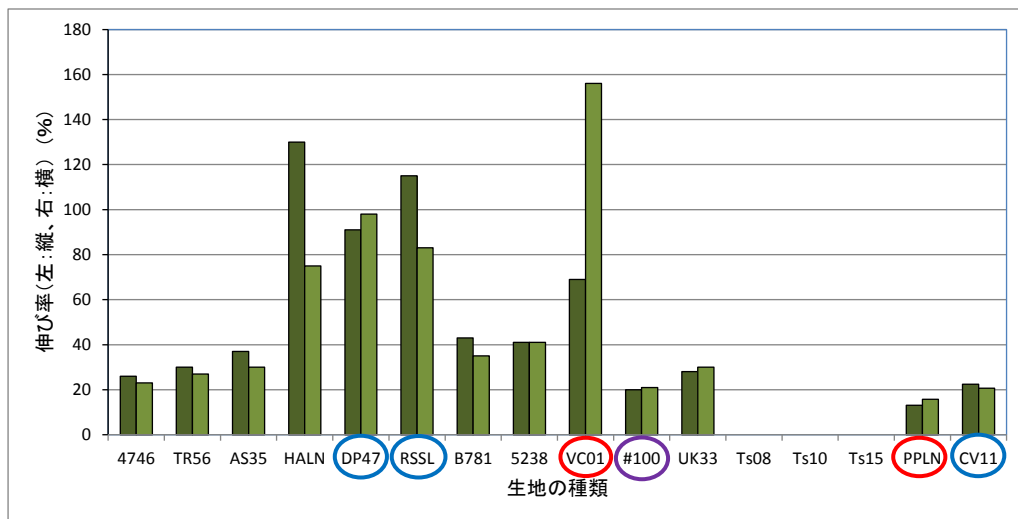
・生地の厚さ



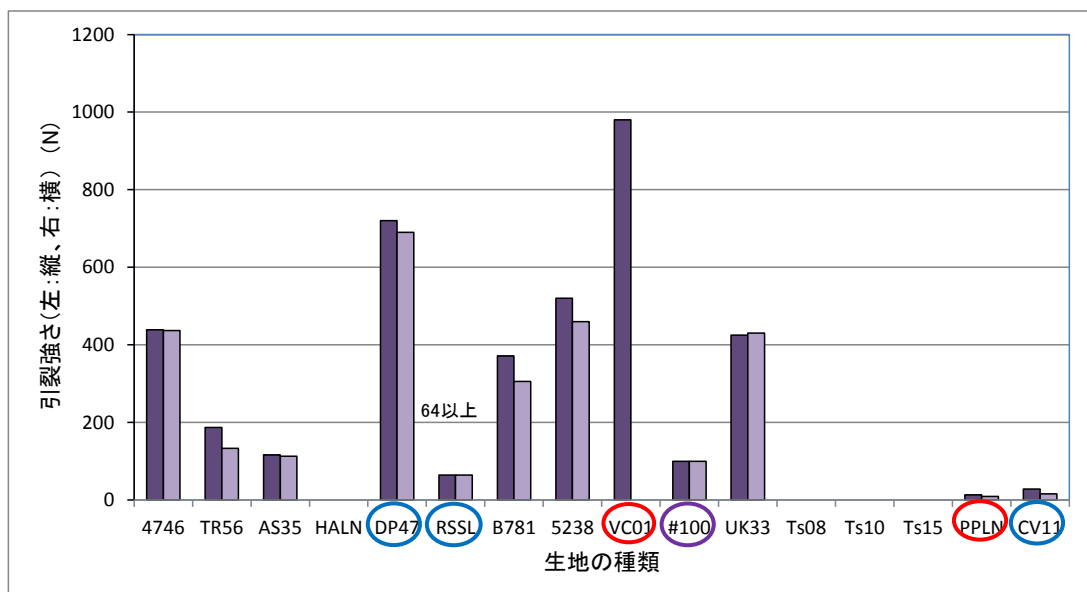
・生地 の 質 量



・伸 び 率



・引裂き強さ



5.1.2.4 まとめ

- ①包装材の耐久性を評価するため、模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで1時間の攪拌を行った。包装実験体は、実雷管である6号雷管（50個 紙箱入り）またはKONEL 雷管（30個 ビニール袋入り）を包装材で包装したものを使用した。
- ②各実験で使用了攪拌物（模擬土砂）は、2号碎石（50kg）、3号碎石（50kg）及び水（10kg）である。
- ③6号雷管とKONEL 雷管ともに6種類の包装材で検討をした結果、
6号雷管による実験では
変化がなかったもの：3種類、コーティングが剥がれたもの：2種類、穴が開いたもの：1種類であった。
KONEL 雷管による実験では、
6種類全ての包装材に穴が開いた。これは、縫製が小さめであったことと結束バンドを二重に締めたことで、雷管が包装材の中で動きが束縛されていたことが原因と思われる。よって、KONEL 雷管の包装はゆとりのある縫製であることが望ましい。
- ④生地穴が開く条件を検討するために、包装材の物性データと比較した。その結果、次のことが確認された。
 - ・生地の引張強さが516 N/cm（ヨコ）（1062 N/cm（タテ））以下であると、生地穴が開いた。したがって、引張強さが1062 N/cm以上あれば穴は開かないと考えられる。（HALN、DP47、#100、UK33の引張強さのデータは計測条件がN/3cmでありN/cmの場合の1/3と見做した）
 - ・生地の厚さ、質量（面密度）、伸び率、引き裂き強さのデータでは顕著な相関関係を見出せなかった。
- ⑤6号雷管の紙箱は、小規模実験1と同様に溶解した。
- ⑥雷管は、包装材の中では変形もなく起爆もしなかった。包装材に穴が開いて外に出た雷管の中で2個だけが変形していた（KONEL 雷管 実験 No. 1-Ts15-b-K）。

5.1.3. 中規模実験（攪拌実験）

実験期日

平成 25 年 12 月 2（月）～6 日（金）

中規模攪拌実験と落下実験を実施した。

実験場所

東京都八王子市小津町 135-5 多摩火薬機工（株）

表 5.1.3-1 実験日程

月、日	開始時刻	実験 No.	実験項目	紙箱	供試模擬雷管
12 月 2 日（月）	午前	実験準備			
	13：20	予備実験(1)	攪拌予備実験	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
	14：10	予備実験(2)	攪拌予備実験	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
12 月 3 日（火）	09：33	落下実験 1	包装材 4746	大箱	6 号雷管模擬品 500 個
			包装材なし	大箱	ダミー（土）
	10：40	落下実験 2	包装材 4746	大箱	6 号雷管模擬品 500 個
	12：38	本実験 (1)	包装材 帆布	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
12 月 4 日（水）	08：24	本実験 (2)	包装材 4746	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
	09：43	本実験 (3)	包装材 UK33	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
	12：30	本実験 (4)	包装材 Ts15	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
12 月 5 日（木）	08：11	本実験 (5)	包装材 TR56	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
	09：30	本実験 (6)	包装材 B781	中箱	6 号雷管模擬品 300 個
	12：30	本実験 (7)	包装材 4746	中箱	KONEL 雷管模擬品 60 個
12 月 6 日（金）		撤収			

5.1.3.1 目的

小規模実験結果等から包装材を選択し、中規模実験を実施して包装材の摩耗状況等の耐久性を評価する。

5.1.3.2 実験方法

5.1.3.2 (1) 供試雷管

模擬雷管を使用する。

表 5.1.3.2-2 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管模擬品	カヤク・ジャパン	300 個（紙箱入り 50 個×6 箱）
KONEL 雷管模擬品	オリカ	60 個（ビニール袋入り 10 個×6 袋） 雷管はプラスチックホルダーで固定されている

攪拌実験では大箱は攪拌機（ポットミキサー 150ℓ）内に投入するには大きすぎるため、新たに中箱（小箱 6 個分 325×325×115 厚さ 8mm（w）の段ボール箱）を作製した。



図 5.1.3.2-1 6号雷管模擬品を詰めた段ボール箱

5.1.3.2 (2) 供試包装材

包装材は、6号雷管模擬品では包装材提供メーカーから推薦された3種類に、小規模室内実験結果から2種類とblankとして帆布を合わせた6種類とした。KONEL 雷管模擬品の実験ではメーカー推薦でもあり小規模実験でも優秀な結果を出した4746を選定した。

包装材は以下の6種類。

4746, TR56, B781, UK33, Ts15, CV11(帆布)

包装材は1350×1350mmの大きさに裁断して、室内実験と同様に10mmピッチで筒状に縫い模擬雷管を詰めた段ボール箱を挿入してから両端を結束バンドで締めた。

*縫製に使用した糸：ユニチカ製ビニロン畳糸#9000、

*縫製に使用した針：セール針（針先三角）

*結束バンド：引張強度：約68kg、幅：約7.8mm、結束内径 5～105mm

5.1.3.2 (3) 供試碎石

模擬土砂として碎石を用いた。碎石は硬質砂岩であり、大きさは2号碎石と3号碎石とした。2号碎石は一边の長さが60～40mm、平均重量は242gであり、3号碎石は一边の長さが40～30mm、平均重量は89gである。碎石の物性データを表5.1.3.2-3に示す。



図 5.1.3.2-2 使用前碎石（左：2号、右：3号）



図 5.1.3.2-3 使用後の碎石

表 5.1.3.2-3 砕石の物性データ

砕石	物理試験					超音波伝搬速度測定				一軸圧縮試験	
	密度 g/cm ²	比重 (自然)	吸水 率 %	含水 率 %	飽和 度 %	P 波 速度 Km/s	S 波 速度 Km/s	動弾性 係数 MN/m ²	動ポア ソン比	圧縮 強さ MPa	引張 強さ MPa
試料 1	2.653	2.688	0.316	0.298	94.4	5.06	3.15	62300	0.184	183	8.00
試料 2	2.654	2.663	0.244	0.231	94.7	5.44	3.10	64300	0.260	116	11.9

5.1.3.2 (4) 攪拌方法

表 5.1.3.2-4 に攪拌に使用した機材を示す。攪拌機はボットミキサーPM-6 を用いた。

攪拌機は屋外に設置し、発電機から電源を供給した。攪拌機にはアースを設備して静電気事故を予防し、攪拌機は電動モーター駆動であるため冷却ファンを用意した。包装材が混合羽根の角でダメージを受けないように、羽根はあらかじめ角を削った。

小規模実験を踏まえ予備実験から、混合羽根は 4 枚のうち底部の 1 枚を取り外して実験を行うこと、および攪拌機の回転時間、攪拌物（模擬土砂）の量を決定した。

図 5.1.3.2-4 に包装実験体と砕石、水を示す。砕石は実験毎に未使用砕石を用いた。

攪拌機は、空の状態で起動してから水 20kg を先に入れ、そこに砕石を 4 回に分けて投入した。その後包装実験体を入れ一時間攪拌する方法とした。

表 5.1.3.2-4 攪拌に使用した機材と主な仕様

機材	型番（製造元）	主な仕様
攪拌機（ミキサー）	PM-6	容量：150 リットル 三相 200V 3.7KW 回転数：14rpm（60Hz） ドラム寸法：（口径）550×（胴径）850×（深さ）820 mm 混合羽根：4 枚
発電機	DCA-25ES (Denyo)	三相 200V、20KVA



図 5.1.3.2-4 ミキサーと準備された攪拌物



図 5.1.3.2-5 発電機



図 5.1.3.2-6 角を削った攪拌羽根 3 枚
攪拌物を表 5.1.3.2-5 に示す。



図 5.1.3.2-7 実験場全景

表 5.1.3.2-5 攪拌物（模擬土砂）

	2 号碎石	3 号碎石	水
1 回使用量 (kg)	50	50	20

5.1.3.2 (5) 計測項目

攪拌前後の包装材の損傷状況の記録、ビデオカメラによる撮影を行った。ビデオカメラにはビクター GZ-HM400（解像度 1920×1080i、画質 17Mbps VBR）を用いた。

5.1.3.2 (6) 実験条件と実験回数

雷管の製造元、包装材の種別を実験条件とし、実験回数は各種類 1 回とした。

実験 No.	包装材	模擬雷管
本実験 (1)	帆布	6 号雷管模擬品
本実験 (2)	4746	6 号雷管模擬品
本実験 (3)	UK33	6 号雷管模擬品
本実験 (4)	Ts15	6 号雷管模擬品
本実験 (5)	TR56	6 号雷管模擬品
本実験 (6)	B781	6 号雷管模擬品
本実験 (7)	4746	KONEL 雷管模擬品

5.1.3.3 実験結果

5.1.3.3 (1) 実験結果を、表 5.1.3.3-1 に示す。

表 5.1.3.3-1 中規模実験結果

1：変化なし 2：コーティング剥げ・擦り傷あり 3：穴が開いた 4：破れあり 5：布の形状を留めない

包装材 (略称)	中規模実験			
	6号雷管 模擬品		KONEL 雷管 模擬品	
	包装材の状態	評価	包装材の状態	評価
4746	変化無	1	変化無し	1
TR56	変化無	1	—	
B781	変化無	1	—	
UK33	コーティングが剥げた	2	—	
Ts15	穴が開いた(穴の大きさ 10×10)	3	—	
CV11	変化無	1	—	

表中（－）は実験しなかった項目

5.1.3.3 (2) 実験結果を「7.付属資料 7.1 攪拌実験 中規模実験」に写真で示す。

①6号雷管模擬品による実験で、使用した包装材6種類の内4746、TR56、B781、CV11は変化がなく、UK33はコーティングが剥げ、Ts15には穴が開いた。

②KONEL 雷管模擬品による実験は、包装材4746で行われ変化はなかった。

③模擬雷管の変形はなかった。

5.1.3.4 まとめ

①中規模実験では、小規模実験で使用したミキサーの2倍の体積で攪拌実験を行った。

②包装材の耐久性を評価するため、模擬雷管を収納した紙箱又はビニール袋を包装材で包み、モデル土砂とともに小型ミキサーで1時間の攪拌を行った。包装試験体は、6号雷管模擬品（300個＝50個入り紙箱×6）またはKONEL 雷管模擬品（60個＝10個入りビニール袋×6）を詰めた段ボール箱を包装材で包装したものを使用した。

③各実験で使用した攪拌物（模擬土砂）は、2号碎石（100kg）、3号碎石（100kg）及び水（20kg）である。これらは小規模実験で使用した攪拌物の2倍の重量である。

④小規模実験1の結果等から、6号雷管模擬品の実験では6種類の包装材を選択して検討をした。その結果、変化がなかったもの：4種類、コーティングが剥がれたもの：1種類、穴が開いたもの：1種類であった。

KONEL 雷管模擬品による実験では包装材を4746の1種類で検討し、その包装材に変化はなかった

⑤段ボール箱は、形がなくなっていた。

⑥模擬雷管の変形はなかった。

5.1.3.4 予備実験（中規模実験）

5.1.3.4 (1) 目的

中規模実験を行うに当たり、ミキサーの動作確認・攪拌物の適正確認・ミキサー内の包装実験体の動作確認等のために予備実験を実施した。

合わせて、室内実験で選択した感圧紙（中圧・高圧）で包装実験体を受ける衝撃圧を観察した。

5.1.3.4 (2) 実験方法

5.1.3.4 (2) a 供試雷管

模擬雷管を使用する。

表 5.1.3.3-2 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管模擬品	カヤク・ジャパン	300 個（紙箱入り 50 個×6 箱）

5.1.3.4 (2) b 供試包装材

包装材は、メーカー推薦でもあり室内実験でも優秀な結果を出した 4746 を選定した。

5.1.3.4 (2) c 供試碎石

模擬土砂として碎石を用いた。碎石は硬質砂岩であり、大きさは 2 号碎石と 3 号碎石とした。2 号碎石は一辺の長さが 60～40mm、平均重量は 242g であり、3 号碎石は一辺の長さが 40～30mm、平均重量は 89g である。碎石の物性データを表 5.1.3.2-3 に示す。

5.1.3.4 (2) d 攪拌方法

機材等は 5.1.3.2 (4) 攪拌方法と同じ。表 5.1.3.2-4 に攪拌に使用した機材を示す。

攪拌実験に合わせて、小規模実験 1 の予備実験を基に選択した感圧紙（中圧用、高圧用）で、包装材の内側及び攪拌物の中の打撃圧を観察した。

- ① 6 号雷管模擬品 300 個（50 本入り紙箱×6）入り段ボール箱の内側底部に、中圧用と高圧用感圧シート各 1 枚を張り付けて碎石による打撃圧を観察した。
「7.付属資料 7.1 攪拌実験 中規模実験 予備実験 1」 参照
- ② 6 号雷管模擬品 300 個（50 本入り紙箱×6）入り段ボール箱の内側底部に、中圧用と高圧用感圧シート各 1 枚を張り付け、さらに段ボール箱内の小箱の表面に中圧用と高圧用の 2 種類を 1 セットとして張り付けた。「7.付属資料 7.1 攪拌実験 中規模実験 予備実験 2」 参照
- ③ 小規模実験 1 の予備実験で使用した石の立方体（50×50×50）に、中圧用と高圧用の感圧紙を張り付け実験中のミキサー内に入れて打撃圧を観測した。

5.1.3.4 (3) 実験結果

実験結果から以下の項目を決定・確認した。

- ①攪拌羽根 4 枚では室内実験と条件が異なること、包装材が攪拌物と共に回転しその圧力を受けないので底部の 1 枚を取り除き 3 枚として実験することにした。
- ②攪拌物の量は、ミキサー内の動作を観察した結果から室内実験の 2 倍(2 号碎石:50kg、3 号碎石:50kg、水:20kg)とした。
- ③ミキサーの回転数は規格では 22rpm (60Hz) であるが、実際には約 14rpm (60Hz) であることを確認した。
- ④ 予備実験 1、2 で、包装された段ボール箱内側に張り付けた感圧紙の全てに感応発色はなかった。これにより包装材は攪拌により 100～122MPa の打撃圧を受けるが、段ボール箱内ではその打撃圧を受けないことがわかった。
- ⑤ ミキサー内に投入した石の立方体 (50□) に張り付けた感圧紙のデータを、表 5.1.3.4-1 に示す。

表 5.1.3.4-1

実験	試料名	攪拌時間	面 1 MS	面 2 MS	面 3 MS	面 4 HS	面 5 HS	面 6 HS
予備 1	混合 1	3 分	1.5	1.5	1.5	0.7	0.9	0.9
			over	over	over	100MPa	122MPa	122MPa
予備 2	砂岩 1	1 分	1.5	1.5	1.5	0.9	0.7	0.7
			over	over	over	122MPa	100MPa	100MPa
	砂岩 2	1 分	1.5	1.5	1.5	0.9	0.9	0.9
			over	over	over	122MPa	122MPa	122MPa
	砂岩 3	1 分	1.5	1.5	1.5	0.9	0.7	0.7
			over	over	over	122MPa	100MPa	100MPa

資料名は、感圧紙を張り付けた石の立方体の識別名、各列上段 (1.5～0.7) は読み取った発色レベル

下段 (over、100～122MPa) は発色レベルに対応する感圧。over は読み取り範囲外 (MS では 50MPa 以上)

5.1.3.4 (4) まとめ

- ①実験時間は 1 時間とする。
- ②攪拌物は、2 号碎石 100kg、3 号碎石 100kg 及び水 50kg、とする。
- ③ミキサーの回転数は、約 14rpm であることを確認した。
- ④包装実験体は、中箱が適当であることを確認した。
- ⑤感圧紙観察結果によると、包装実験体を受ける打撃圧は 100～122MPa であるが、段ボール箱の内部が打撃圧を受けることはない。

全ての攪拌実験の結果をまとめて、表 5.1 に示す

表 5.1 攪拌実験結果

包装材 (略称)	小規模実験								中規模実験			
	6 号雷管 模擬品		KONEL 模擬品		6 号雷管		KONEL		6 号雷管 模擬品		KONEL 模擬品	
	包装材の 状態		包装材の 状態		包装材の 状態		包装材の 状態		包装材の 状態		包装材の状 態	
4746	変化無	1	擦り傷	1	変化無	1	穴開く (10×14)	3	変化無	1	変化無	1
TR56	コーティング 剥げる	2	コーティング 剥げる	2	コーティング 剥げる	2	穴開く (12×15)	3	変化無	1	—	
AS35	コーティング 剥げる	2	コーティング 剥げる	2	—		—		—		—	
HALN	変化無	1	変化無	1	—		—		—		—	
DP47	変化無	1	穴開く (10×6)	3	—		—		—		—	
RSSL	変化無	1	穴開く (13×12)	3	—		—		—		—	
B781	変化無	1	変化無	1	変化無	1	穴開く (2×3)	1	変化無	1	—	
5238	変化無	1	変化無	1	—		—		—		—	
VC01	穴開く (25×6)	3	—		—		—		—		—	
#100	裂けた	4	—		—		—		—		—	
UK33	コーティング 剥げる	2	コーティング 剥げる	2	コーティング 剥げる	2	穴開く (3×5)	3	コーティング 剥げる	2	—	
Ts08	ぼろぼろにな った	5	—		—		—		—		—	
Ts10	ぼろぼろにな った	5	—		—		—		—		—	
Ts15	穴開く (17×11)	3	—		穴開く (40×14)	3	穴開く (130×65)	3	穴開く (10×10)	3	—	
PPLN	穴開く (18×9)	3	—		—		—		—		—	
CV11	変化無	1	穴開く (15×20)	3	変化無	1	穴開く (20×33)	3	変化無	1	—	

表中（—）は実験しなかった項目

穴の寸法は最も大きな穴の数値

(2) 落下実験

実験期日・実験場所・日程は 5.1.3 中規模実験を参照

5.2.1 目的

土砂の落下による包装材への影響を観察する。

5.2.2 実験方法

落下実験 1 採石場の斜面を利用して、上部から模擬土砂とともに包装実験体をブルトーザで押して落下させ、その結果を観察した。

落下実験 2 落下実験 1 と同じ斜面の中間に包装材をロープで固定して、落下する土砂の圧力を受けた場合の状況を観察した。

5.2.2.1 供試雷管

模擬雷管を使用する。

表 5.2.2-1 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量	
6 号雷管 模擬品	カヤク・ジャパン	落下実験 1	500 個（紙箱入り 50 個×10 箱） ダミー（模擬雷管 500 個と同重量の土）
		落下実験 2	500 個（紙箱入り 50 個×10 箱）

包装実験体として、模擬雷管を詰めた大箱（6 号雷管模擬品 50 個入りの小箱 10 個を収容する 560×335×125 厚さ 8mm(W)の段ボール箱）を使用した。

5.2.2.2 供試包装材

包装材は、包装材提供メーカーから推薦され、かつ小規模実験 1 で優秀な結果を出した 4746 を選定した。包装材は 1530×1530mm の大きさに裁断して、室内実験と同様に 10mm ピッチで筒状に縫い模擬雷管を詰めた段ボール箱（大箱）を挿入してから両端を結束バンドで締めた。縫製に使用した糸、針、結束バンドは中規模実験と同じもの。

5.2.2.3 使用機材と模擬土砂

5.2.2.3 (1) 使用機材

模擬土砂を押し出すブルトーザには、コマツの D155AX を使用した。

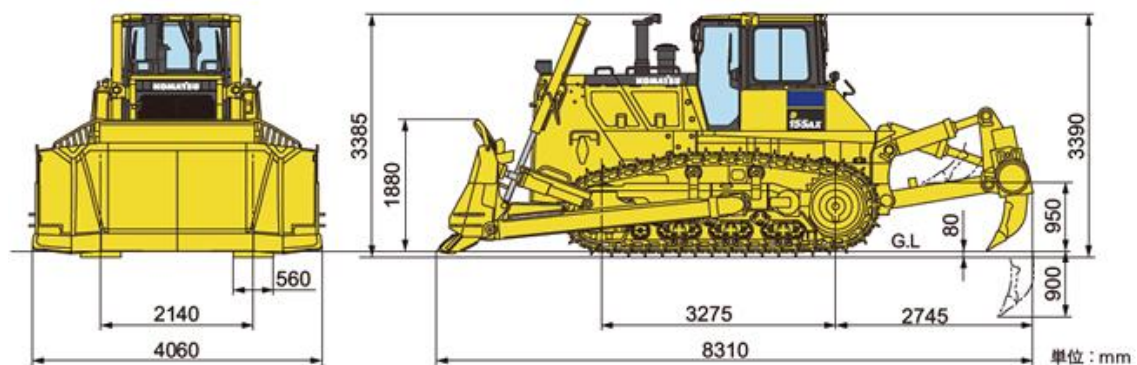


図 5.2.2-1 コマツ D155AX

表 5.2.2-2 D155AX 仕様

接地圧	定格出力 (PS/rpm)	ブレード幅 (mm)	ブレード高 (mm)	油圧圧力 max (MPa)	走行速度 (Km/h)
110KPa	359/1900	4060	1880	27.5	前進 0～11.6 後進 0～14.0

5.2.2.3 (2) 斜面

実験斜面を図 5.2.2-2 に示す

高さ：約 13.5m、傾斜：約 40 度、斜面長：約 21m



斜面向かって左 90° 方向から

正面

図面 5.2.2-2 実験斜面

5.2.2.3 (3) 模擬土砂

質量 420g～1.2kg（大きさ：115.7×70×49.6～151.0×104.0×59.6）のズリ石



図 5.2.2-3 模擬土砂（ずり石）

5.2.2.3 (4) 距離測定ロープ（距離マーカー）

斜面の距離計測の目安として、2m 間隔に目印（発泡スチロール玉）を取り付けたロープを用意した。

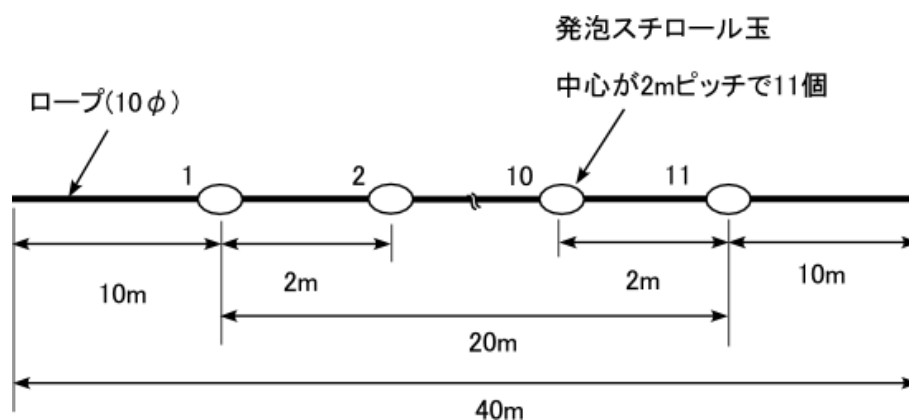


図 5.2.2-4 斜面測定ロープ

5.2.2.4 実験場配置図

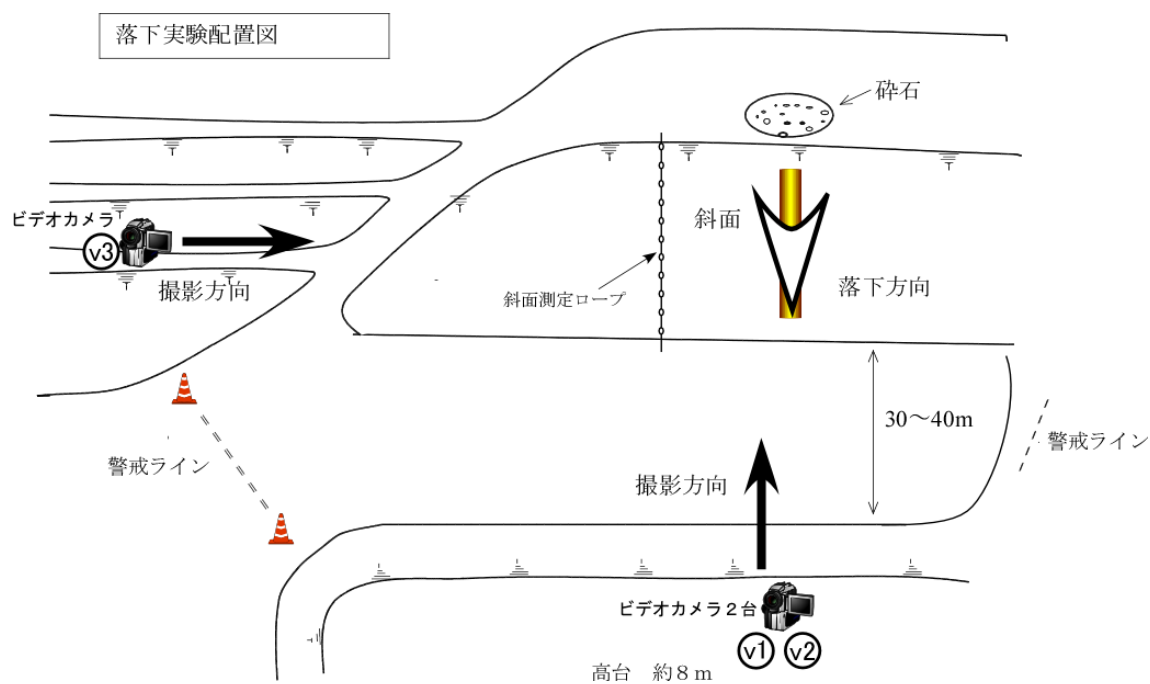


図 5.2.2-5 実験場配置図

ビデオカメラによる撮影は、斜面正面から 2 台（v1、v2）、斜面向かって左 90 度方向から 1 台（v3）で行った。正面の 2 台の内 1 台は落下実験 2 で包装実験体の状態を拡大して撮影するために設置した。

5.2.2.5 落下実験 概念図

5.2.2.5 (1) 落下実験 1

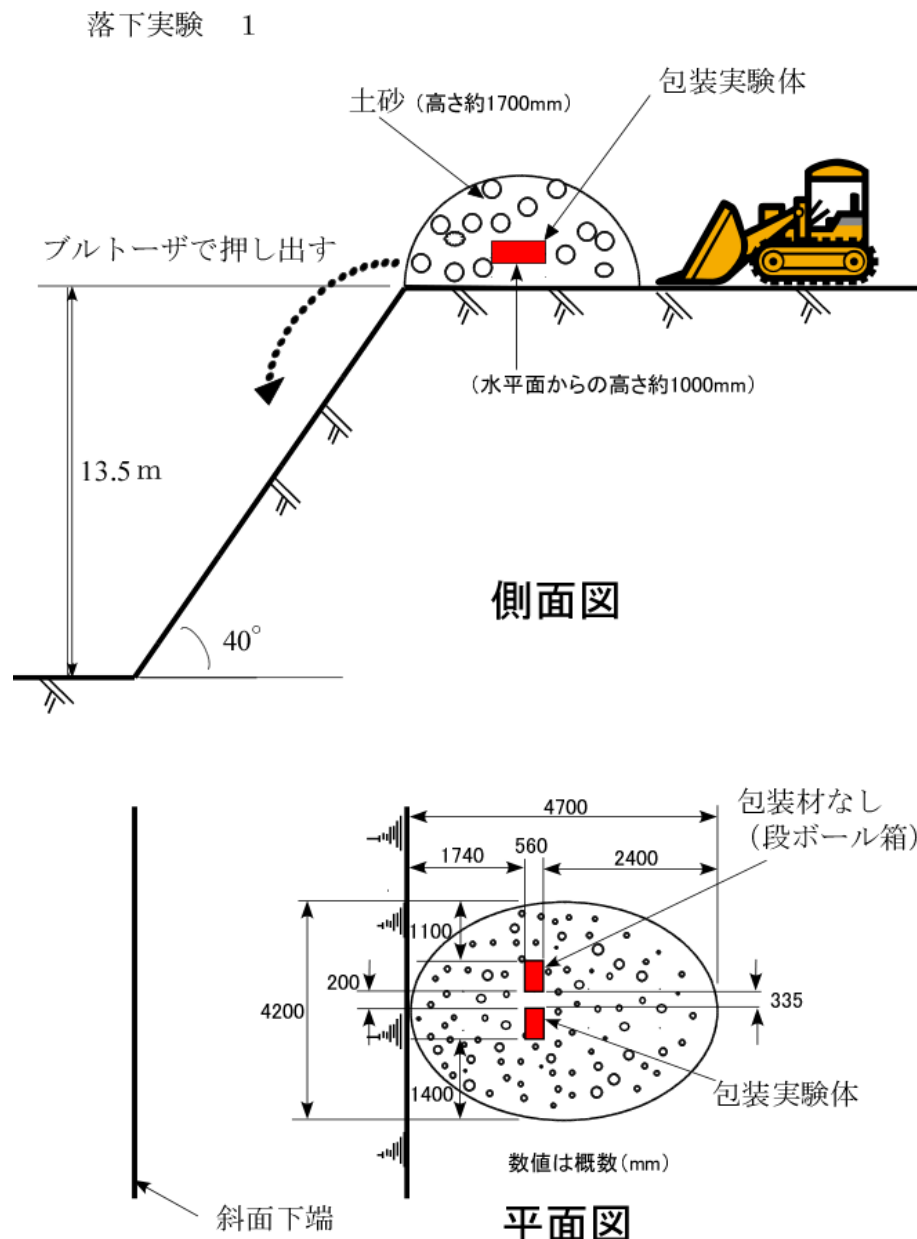


図 5.2.2-6 落下実験 1 概念図

模擬土砂の量は 6m^3 とした。包装実験体は実験当日の朝、水に 10 分間つけて濡らした。包装実験体の外部及び内部に感圧紙を設置した。

「7.付属資料 7.2 落下実験 落下実験 1 感圧紙設置状況」参照

5.2.2.5 (2) 落下実験 2

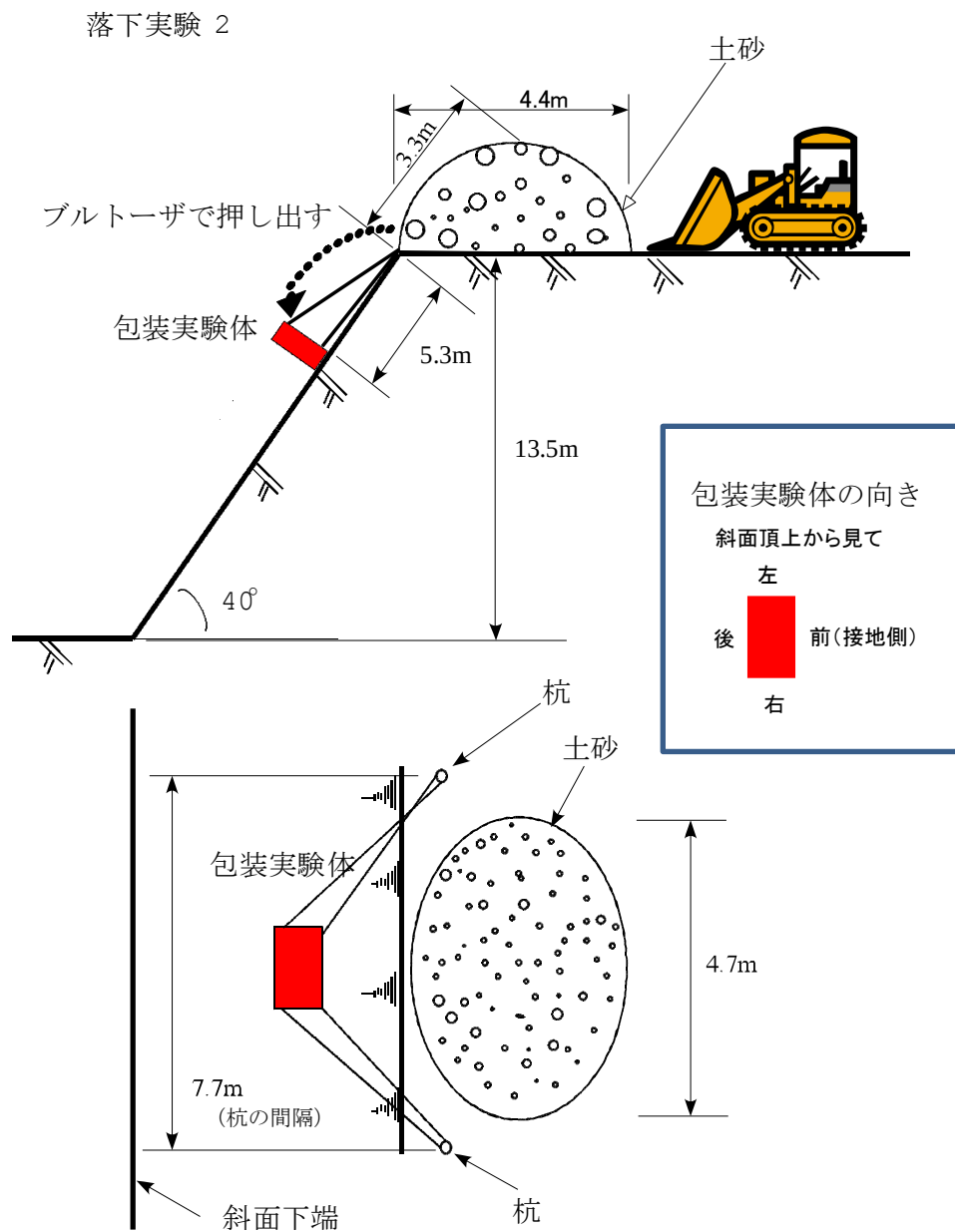


図 5.2.2-7 落下実験 2 概念図

模擬土砂の量は 6m^3

包装実験体の外部及び内部に感圧紙を設置した。

「7.付属資料 7.2 落下実験 落下実験 1 感圧紙設置状況」参照

5.2.3 実験結果

5.2.3.1 落下実験 1

ブルトーズで模擬土砂を押し出し、包装実験体が落下を始めた時間を基準とした連続写真を図 5.2.3-1 に示す。模擬土砂・包装実験体の落下速度を表 5.2.3-1 に示す。

緑矢印：段ボール箱 赤矢印：包装実験体 黄色○：最速落下先端の石

緑横線：模擬土砂群先端

横線（黄色、赤）は斜面に沿った距離間隔 2mを示す

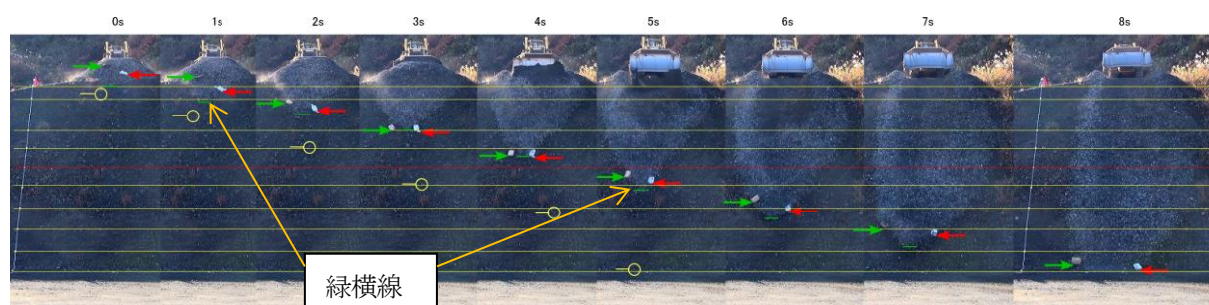


図 5.2.3-1 落下実験 1

(連続写真拡大図及び側面からの図は「7.付属資料 7.2 落下実験 落下実験 1」を参照)

表 5.2.3-1 落下速度

時間 秒	段ボール箱		包装実験体		落下最先端の石		模擬土砂群先端	
	絶対位置 m	速度 m/s	絶対位置 m	速度 m/s	絶対位置 m	速度 m/s	絶対位置 m	速度 m/s
0			-0.92		0.55		0.00	
1	-0.75		0.42	1.33	4.04	3.49	2.17	2.17
2	2.27	3.01	2.73	2.32	6.92	2.88	4.00	1.83
3	6.00	3.73	6.12	3.38	12.71	5.79	6.00	2.00
4	8.39	2.39	8.50	2.38	14.23	1.52	8.42	2.42
5	10.53	2.14	10.88	2.38	18.87	4.64	12.21	3.79
6	12.73	2.20	14.15	3.27			14.48	2.27
7	16.05	3.32	16.29	2.14			16.79	2.31
8	18.68	2.64	18.95	2.66				

0 秒時の模擬土砂群先端を絶対位置の基準として計算した

実験前後の段ボール箱・包装実験体の状態を図 5.2.3-2 に示す。



実験前 段ボール箱



実験後 段ボール箱



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の包装材 4746 と包装されていた大箱



実験後の大箱内の 6 号雷管模擬品

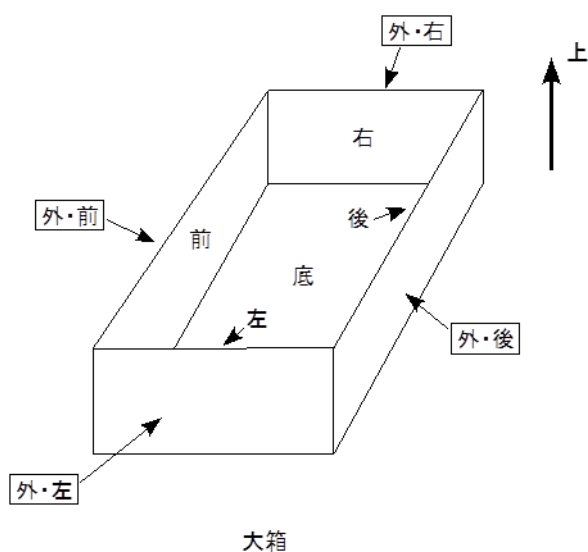
図 5.2.3-2 実験前後の包装実験体

- ① 包装実験体は包装内で段ボール箱の角が小さくつぶれていたが、内部の小箱に損傷はなかった。
- ② 包装されなかった段ボール箱は大きくつぶれていた。
- ③ 包装実験体に詰められた小箱入り 6 号雷管模擬品に変形はなかった。
- ④ 感圧紙データ

表 5.2.3-2 感圧紙データ

No.	種別	設置実験	位置	感応	発色濃度	圧力(MPa)
アルミ台座 0.2t						
17	HS	落下No.1	上、右			
18	HS	落下No.1	前、右			
19	HS	落下No.1	前、左			
20	HS	落下No.1	上、中			
21	HS	落下No.1	前、中			
22	HS	落下No.1	上、左			
23	HS	落下No.1	前、左			
24	HS	落下No.1	外上、左			
25	HS	落下No.1	外上、右	○	0.7	118
47	MS	落下No.1	上、右			
48	MS	落下No.1	前、右	○	0.9	35
49	MS	落下No.1	前、左			
50	MS	落下No.1	上、中			
51	MS	落下No.1	前、中	○	0.7	28
52	MS	落下No.1	上、左	○	0.7	28
53	MS	落下No.1	前、左			
54	MS	落下No.1	外上、左	○	0.9	35
55	MS	落下No.1	外上、右	○	0.9	35
アルミ 台座1t						
109	HS	落下No.1	外、左、前			
110	HS	落下No.1	外、左、後			
111	HS	落下No.1	外、前、左			
112	HS	落下No.1	外、前、右	○	0.7	118
209	MS	落下No.1	外、左、前	○	1.1	44
210	MS	落下No.1	外、左、後	○	0.9	35
211	MS	落下No.1	外、前、左	○	1.3	55以上
212	MS	落下No.1	外、前、右	○	1.3	55以上

(外：ダンボール箱の外側を指す、 外の表示がないものは箱の内部)



5.2.3.2 落下実験 2



設置された包装実験体（斜面上から）

設置された包装実験体（斜面左から）

図 5.2.3-4 包装実験体設置状況

ブルトーザで模擬土砂を押し出し、模擬土砂群先端が距離マーカーの 0 点を通過した時を基準とした、0.5 秒おきの連続写真を図 5.2.3-3 に示す。

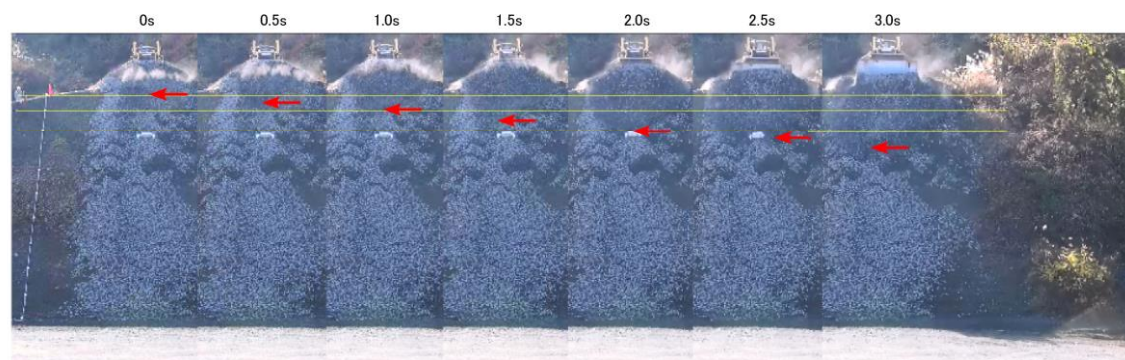


図 5.2.3-3 落下連続写真（赤矢印：模擬土砂群先端）

（連続写真拡大図及び側面からの図は「7.付属資料 7.2 落下実験 落下実験 2」を参照）

模擬土砂落下速度を表 5.2.3-3 に示す。

表 5.2.3-3 模擬土砂落下速度

区間	距離 (m)	所要時間 (秒)	落下速度 (m/秒)
1 (0～2m地点)	2	0.53	3.77
2 (2～4m地点)	2	0.87	2.30

ここでは、包装は 4m 地点に設置されているとみなした。包装実験体の斜面設置位置は頂上から 5.3m であるが、距離マーカーの 0 点はそれより 1.3m 下がった位置にある。



包装実験体の設置作業状況



模擬土砂落下前の包装実験体

図 5.2.3-4 包装実験体設置状況



包装実験体に到達した模擬土砂群



模擬土砂群落下後の包装実験体

図 5.2.3-5 実験状況



実験後の包装実験体



実験後の包装材 4746 と段ボール箱

図 5.2.3-6 実験後の包装実験体の状況

- ① 斜面に固定された包装実験体は、段ボール箱の角が小さくつぶれていたが内部の小箱に損傷はなかった。
- ② 段ボール箱に詰められた小箱入り 6 号雷管模擬品に変形はなかった。
- ③ 感圧紙データ

表 5.2.3-2 感圧紙データ

No.	種別	設置実験	位置	感応	発色濃度	圧力(MPa)
アルミ台座 0.2t						
37	MS	落下No.2	上、右			
38	MS	落下No.2	前、右	○	0.7	28
39	MS	落下No.2	右			
40	MS	落下No.2	上、中			
41	MS	落下No.2	前、中			
42	MS	落下No.2	上、左	○	0.9	35
43	MS	落下No.2	前、左			
44	MS	落下No.2	外前、左	○	0.9	35
45	MS	落下No.2	外前、中	○	0.5	22
46	MS	落下No.2	外前、右	○	0.3	15
アルミ台座 1t						
101	HS	落下No.2	外上前、右	○	0.7	118
102	HS	落下No.2	外上前、右内	○	0.7	118
103	HS	落下No.2	外上前、左内	○	0.7	118
104	HS	落下No.2	外上前、左	○	0.7	118
105	HS	落下No.2	外上後、右	○	0.7	118
106	HS	落下No.2	外上後、右内	○	0.7	118
107	HS	落下No.2	外上後、左内			
108	HS	落下No.2	外上後、左	○	0.7	118
201	MS	落下No.2	外上前、右	○	0.9	35
202	MS	落下No.2	外上前、右内	○	0.9	35
203	MS	落下No.2	外上前、左内	○	0.7	28
204	MS	落下No.2	外上前、左	○	0.7	28
205	MS	落下No.2	外上後、右	○	1.1	44
206	MS	落下No.2	外上後、右内	○	0.9	35
207	MS	落下No.2	外上後、左内	○	0.9	35
208	MS	落下No.2	外上後、左	○	0.9	35

(外：ダンボール箱の外側を指す、 外の表示がないものは箱の内部)

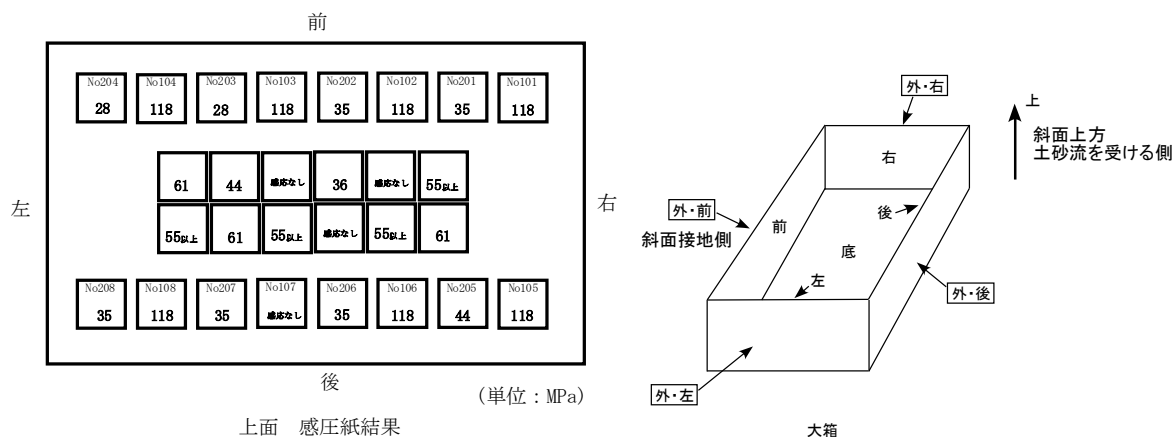


図 5.2.3-7 感圧紙配置図と大箱の向き

5.2.4 まとめ

- ①高低差：約 13.5m、傾斜：約 40 度、斜面長：約 21m の斜面を利用して落下実験を実施した。
- ②ズリ石約 6m² を模擬土砂としてブルトーザで押し出し落下させた
- ③落下実験 1 では、包装実験体（模擬雷管を収納したダンボール大箱を包装したもの）と、包装しないダンボール大箱（模擬雷管と同重量の土を収納）を模擬土砂とともに落下させて、土石流から受ける影響を調査して以下の結果を得た。
 - ・包装実験体で、包装材に変化はなかった。ダンボール大箱は角が小さくつぶれていた。
 - ・包装実験体に収納された模擬雷管に変形等はなかった。
 - ・ダンボール大箱単体では、角が大きくつぶれていた。
 - ・感圧紙データによると、包装実験体内のダンボール大箱外側では 35～118MPa、内部では 28～35 MPa の圧力を部分的に受けていた。
 - ・落下実験 1 で、落下した実験体の落下速度は
包装実験体：平均 2.48m/s (最大 3.38m/s) ダンボール箱：平均 2.76m/s (最大 3.73m/s)
模擬土砂群：平均 2.40m/s (最大 3.79m/s)であった。
- ④落下実験 2 では、斜面上面から 5.3m の位置に包装実験体を固定して模擬土砂の圧力を正面に受けさせて、その影響を調査した。
 - ・包装材に変化はなかった。ダンボール大箱は角が小さくつぶれていた。
 - ・包装実験体に収納された模擬雷管に変形等はなかった。
 - ・感圧紙データによると、包装実験体内のダンボール大箱外側では 28～118MPa、内部では 28～35 MPa の圧力を部分的に受けていた。
 - ・落下実験 2 で、落下した模擬土砂群の落下速度は、初速 3.77m/s、包装実験体に当たる時は 2.3m/s であった。

(3) 爆破実験

実験期日

実験期日は、1月21日（火）～31日（金）

実験場所

実験場所は、産業技術総合研究所の火薬別棟付属実験場の大ピット（一部は小ピット）

実験日程

(S.Off : スタンド・オフ)

日付	時間	実験 No.	使用雷管	S.Off	向き
1月21日 (火)	14:24	4-CV11-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	14:54	4-CV11-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	16:16	4-CV11-50-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	16:44	4-CV11-50-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
1月22日 (水)	9:50	4-4746-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	10:13	4-4746-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	10:39	4-TR56-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	10:54	4-TR56-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	11:17	4-B781-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	11:37	4-B781-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	13:32	4-UK33-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	13:45	4-UK33-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	14:03	4-Ts15-0-1V-J	6号雷管 1個	0	垂直
	14:24	4-Ts15-0-1H-J	6号雷管 1個	0	水平
	14:59	4-CV11-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	15:43	4-CV11-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	16:03	4-4746-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	16:25	4-4746-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	16:45	4-TR56-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
1月23日 (木)	10:35	4-TR56-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	11:01	4-B781-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	11:20	4-B781-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	13:12	4-UK33-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	13:32	4-UK33-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	13:52	4-Ts15-0-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	14:16	4-Ts15-0-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	14:40	4-CV11-50-1V-K	KONEL 雷管 1個	0	垂直
1月24日 (金)	15:12	4-CV11-50-1H-K	KONEL 雷管 1個	0	水平
	16:08	4-CV11-0-10V-J	6号雷管 10個	0	垂直
1月27日	16:30	4-CV11-0-10H-J	6号雷管 10個	0	水平
	10:15	4-CV11-50-10V-J	6号雷管 10個	0	垂直

(月)	10:30	4-CV11-50-10H-J	6号雷管 10個	0	水平
	10:42	4-CV11-0-10V-K	KONEL 雷管 10個	0	垂直
	11:08	4-CV11-0-10H-K	KONEL 雷管 10個	0	水平
	11:25	4-CV11-50-10V-K	KONEL 雷管 10個	0	垂直
	11:42	4-CV11-50-10H-K	KONEL 雷管 10個	0	水平
	15:00	5-None-1-V-RP-1	RP-501 1個	0	垂直
	15:37	5-None-1-V-RP-2	RP-501 1個	0	垂直
	16:55	5-None-1-V-RP-3	RP-501 1個	0	垂直
1月28日 (火)	10:09	5-None-1-V-J-1	6号雷管 1個	0	垂直
	10:51	5-None-1-V-J-2	6号雷管 1個	0	垂直
	11:30	5-None-1-V-J-3	6号雷管 1個	0	垂直
	13:20	5-None-1-V-K-1	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	14:30	5-None-1-V-K-2	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	14:59	5-None-1-V-K-3	KONEL 雷管 1個	0	垂直
	17:00	5-CV11-0-V-J	6号雷管 1個	0	垂直
1月29日 (水)	10:40	5-CV11-0-H-J	6号雷管 1個	0	水平
	11:20	5-CV11-50-V-J	6号雷管 1個	50	垂直
	13:17	5-CV11-50-H-J	6号雷管 1個	50	水平
	14:22	5-4746-50-V-J	6号雷管 1個	50	垂直
	13:51	5-4746-50-H-J	6号雷管 1個	50	水平
	16:05	5-CV11-50-V-K	KONEL 雷管 1個	50	垂直
	16:48	5-CV11-50-H-K	KONEL 雷管 1個	50	水平

5.3.1 爆破実験1

5.3.1.1 目的

水平に置いた包装材の近くで雷管を爆発させ、包装材の挙動を観察した。

5.3.1.2 実験方法

大ピット内で、内径 240mm、厚さ 14mm の塩ビ管に砂を詰め、その上に包装材を水平に置きその上方に雷管を設置する。包装材毎に、雷管の種類（6 号雷管、KONEL 雷管）、個数、設置方向（垂直、水平）およびスタンドオフをパラメータとして実験を行なった。

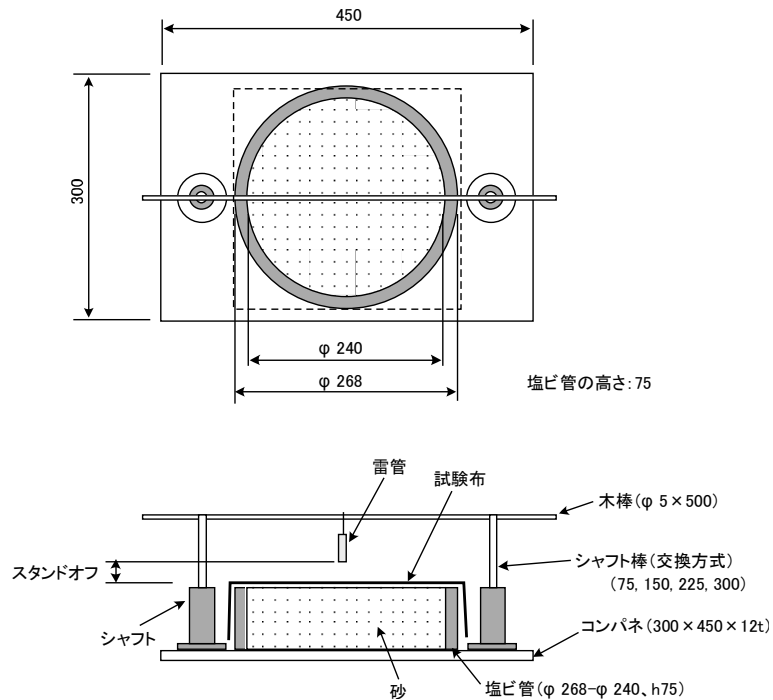
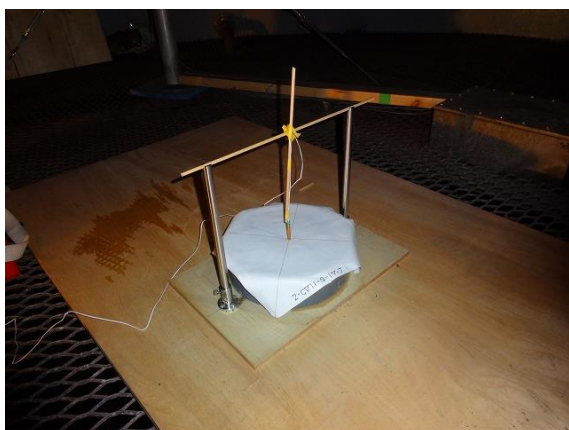
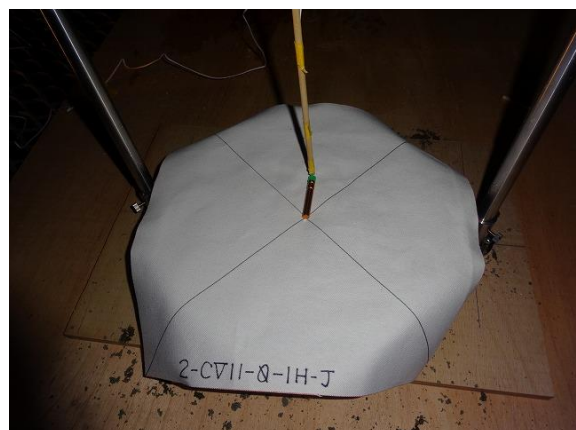


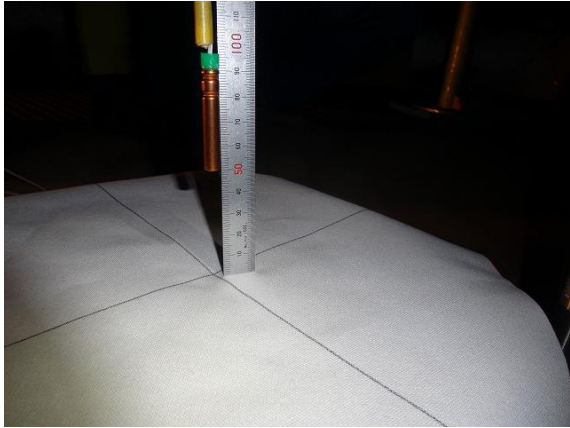
図 5.3.1.2-1 設置図



垂直方向・スタンドオフ：0mm



水平方向・スタンドオフ：0mm



垂直方向・スタンドオフ：50mm



水平方向・スタンドオフ：50mm

図 5.3.1.2-2 設置状況（包装材：帆布 CV11）

5.3.1.2 (1) 供試雷管

表 5.3.1.2-1 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管	カヤクジャパン	1 個 または 10 個
KONEL 雷管	オリカ	1 個 または 10 個

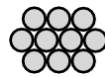
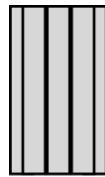


図 5.3.1.2-3 雷管 10 個の束ね方



6 号雷管



KONEL 雷管

図 5.3.1.2-4 10 個束ねた雷管

5.3.1.2 (2) 供試包装材

中規模実験に供した 4746、TR56、B781、UK33、Ts15、CV11 の 6 種類とした。

爆破実験 1 の名前の付け方 例) 4-4746-0-1V-J

実験 No.－品番 (上 4 文字)－スタンドオフ－雷管個数・雷管の向き－メーカー

表 5.3.1.2-2 爆破実験 1 パラメーター一覧 1 (カヤクジャパン製 6 号雷管使用)

	カヤクジャパン製 6 号雷管							
	雷管個数 1				雷管個数 (10)			
	スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)		スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)	
包装材	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
4746	4-4746 -0-1V-J	4-4746 -0-1H-J	—	—	—	—	—	—
TR56	4-TR56 -0-1V-J	4-TR56 -0-1H-J	—	—	—	—	—	—
B781	4-B781 -0-1V-J	4-B781 -0-1H-J	—	—	—	—	—	—
UK33	4-UK33 -0-1V-J	4-UK33 -0-1H-J	—	—	—	—	—	—
Ts15	4-Ts15 -0-1V-J	4-Ts15 -0-1H-J	—	—	—	—	—	—
CV11	4-CV11 -0-1V-J	4-CV11 -0-1H-J	4-CV11 -50-1V-J	4-CV11 -50-1H-J	4-CV11 -0-10V-J	4-CV11 -0-10H-J	4-CV11 -50-10V-J	4-CV11 -50-10H-J

表 5.3.1.2-3 爆発実験 1 パラメーター一覧 2 (オリカ製 KONEL 雷管使用)

	オリカ製 KONEL 雷管							
	雷管個数 1				雷管個数 (10)			
	スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)		スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)	
包装材	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
4746	4-4746 -0-1V-K	4-4746 -0-1H-K	—	—	—	—	—	—
TR56	4-TR56 -0-1V-K	4-TR56 -0-1H-K	—	—	—	—	—	—
B781	4-B781 -0-1V-K	4-B781 -0-1H-K	—	—	—	—	—	—
UK33	4-UK33 -0-1V-K	4-UK33 -0-1H-K	—	—	—	—	—	—
Ts15	4-Ts15 -0-1V-K	4-Ts15 -0-1H-K	—	—	—	—	—	—
CV11	4-CV11 -0-1V-K	4-CV11 -0-1H-K	4-CV11 -50-1V-K	4-CV11 -50-1H-K	4-CV11 -0-10V-K	4-CV11 -0-10H-K	4-CV11 -50-10V-K	4-CV11 -50-10H-K

表中 (—) は実験しなかった項目

5.3.1.2 (3) 計測項目

実験後の包装材の破壊状況を観察する。

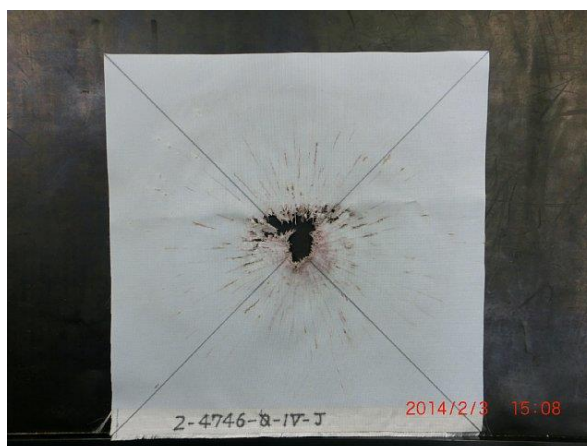
注意、雷管の向きと包装材の位置関係は爆破実験 2 と異なり、雷管が水平の時包装材と平行となり、雷管が垂直の時雷管の軸は包装材と直角に交わる。（雷管の向きは、先端が鉛直方向を向いたときを垂直という）

5.3.1.3 実験結果 実験結果詳細を「7.付属資料 7.3 爆破実験 爆破実験 1」に写真で示す。

包装材 4746 雷管 1 個、SO=0



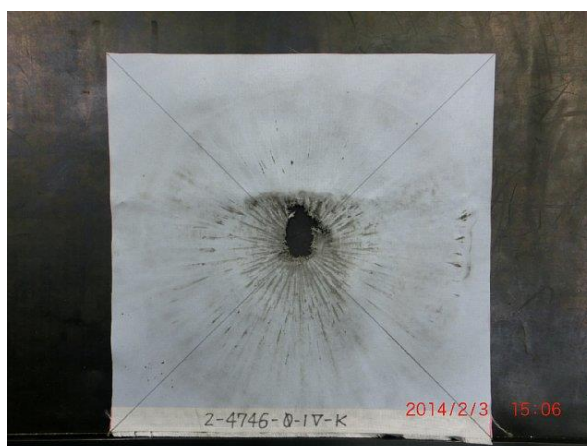
6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-4746-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-4746-0-1V-J)



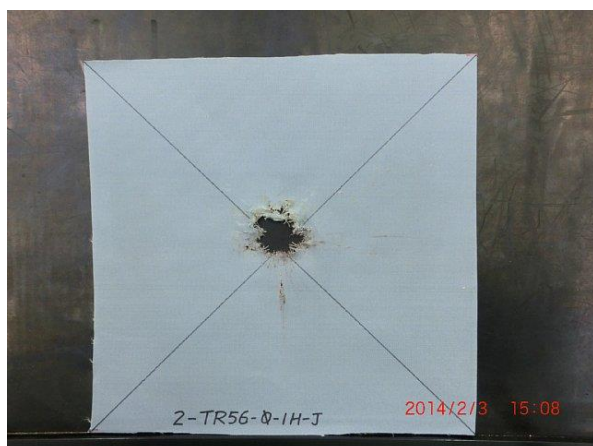
KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-4746-0-1H-K)



KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-4746-0-1V-K)

図 5.3.1.3-1 包装材 4746

包装材：TR56 雷管 1 個、SO=0



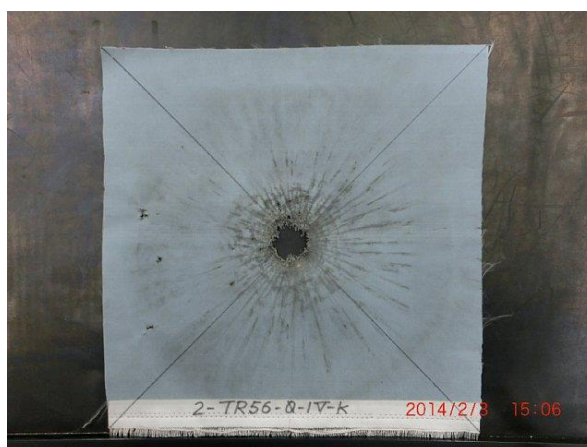
6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-TR56-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-TR56-0-1V-J)



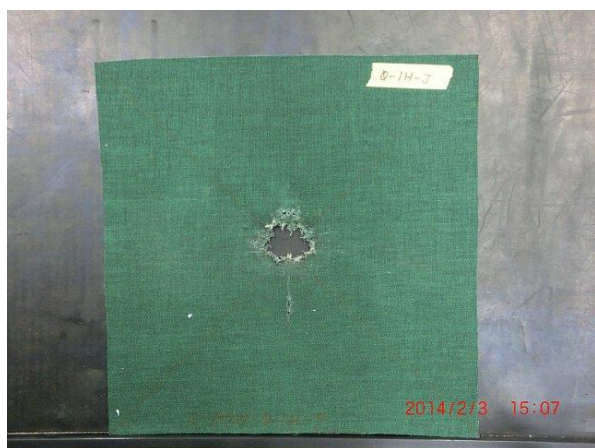
KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-TR56-0-1H-K)



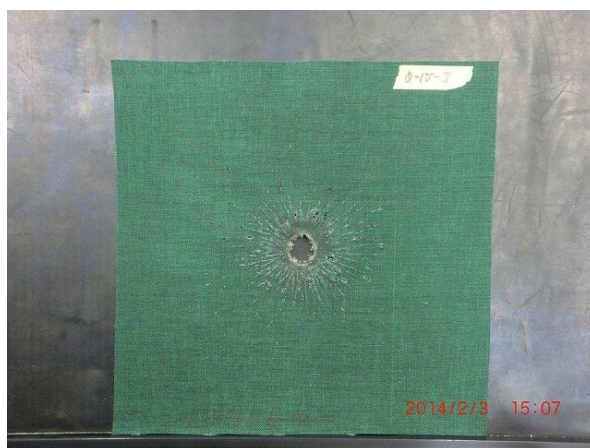
KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-TR56-0-1V-K)

図 5.3.1.3-2 包装材 TR56

包装材 : B781 雷管 1 個、SO=0



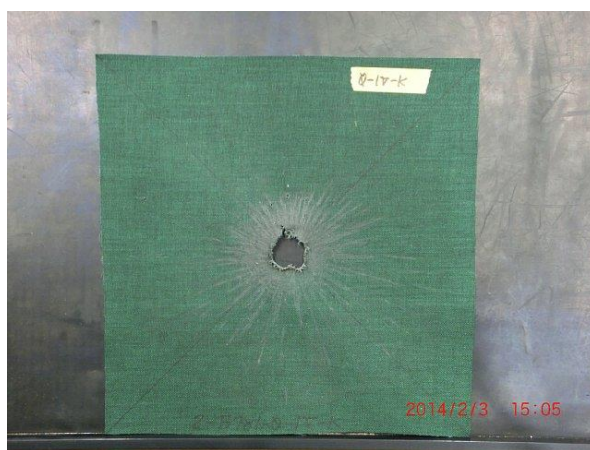
6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-B781-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-B781-0-1V-J)



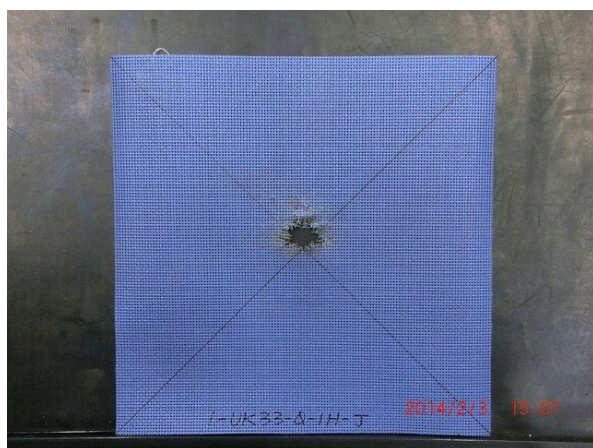
KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-B781-0-1H-K)



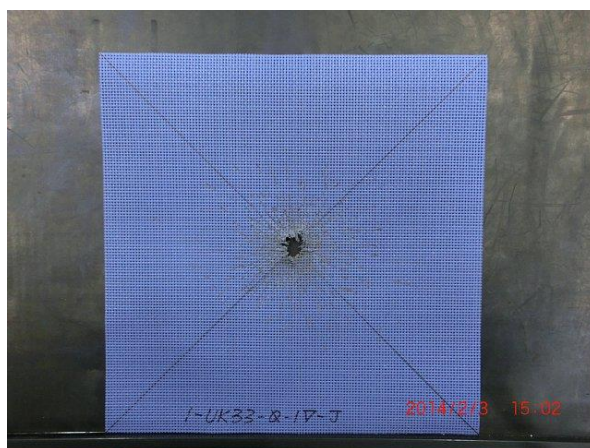
KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-B781-0-1V-J)

図 5.3.1.3-3 包装材 B781

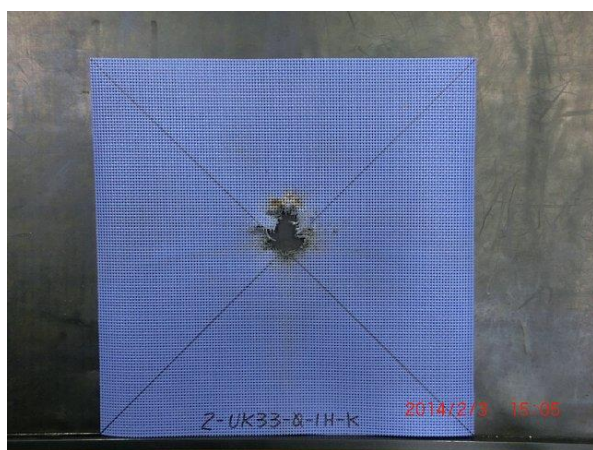
包装材：UK33 雷管 1 個、SO=0



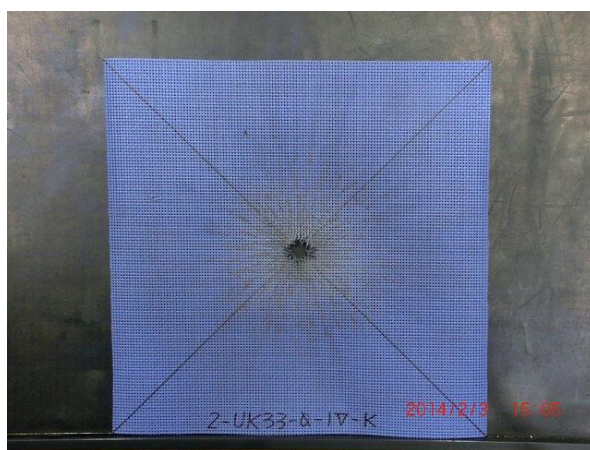
6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-UK33-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-UK33-0-1V-J)



KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-UK33-0-1H-K)



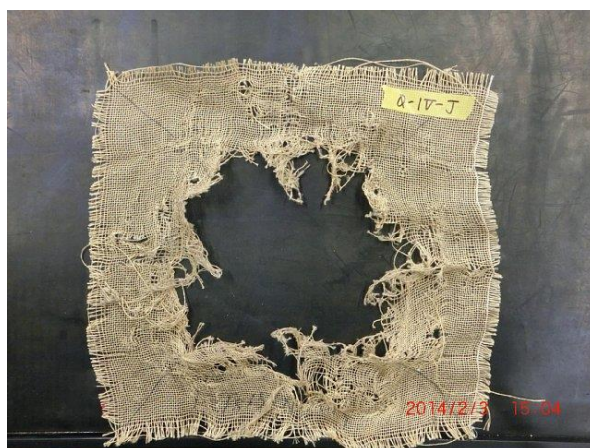
KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-UK33-0-1V-K)

図 5.3.1.3-4 包装材 UK33

包装材：Ts15 雷管 1 個、SO=0



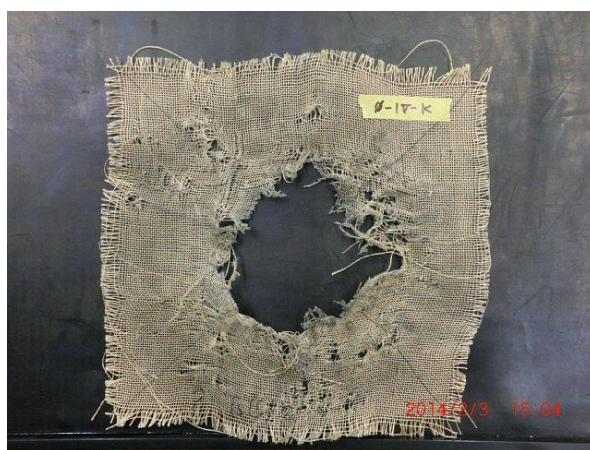
6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-Ts15-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-Ts15-0-1V-J)



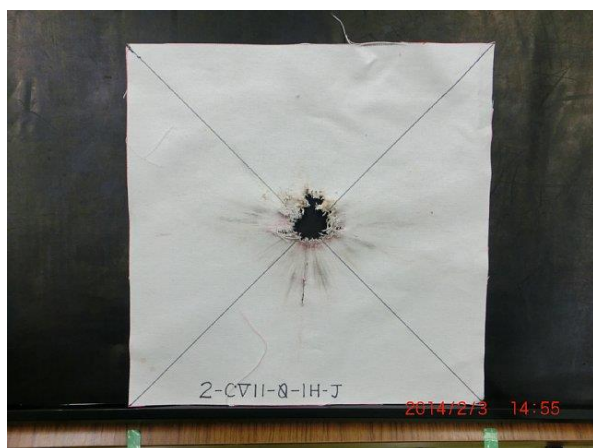
KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-Ts15-0-1H-K)



KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-Ts15-0-1V-K)

図 5.3.1.3-5 包装材 Ts15

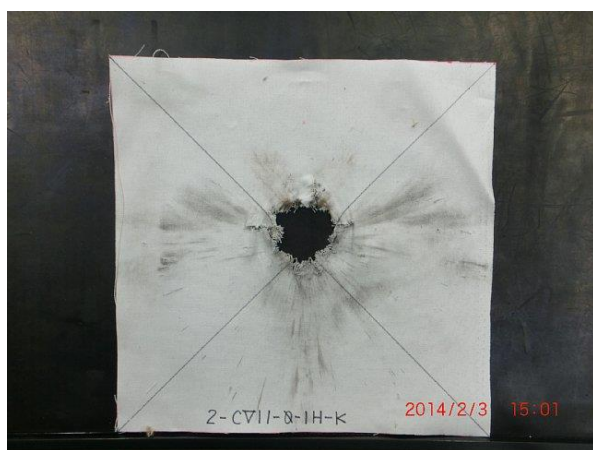
包装材 : CV11 雷管 1 個、SO=0



6 号雷管 1 個、SO=0、水平
(4-CV11-0-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-CV11-0-1V-J)



KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平
(4-CV11-0-1H-K)



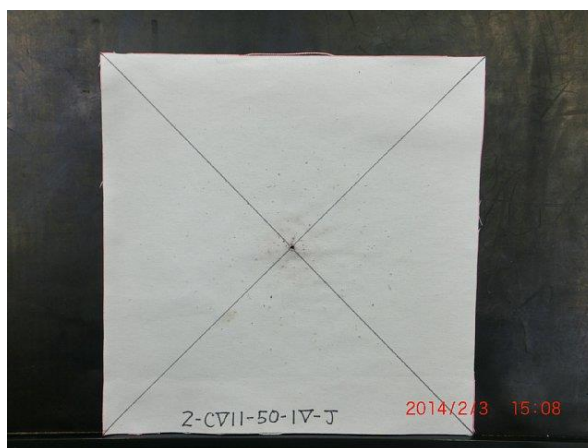
KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直
(4-CV11-0-1V-K)

図 5.3.1.3-6 包装材 CV11

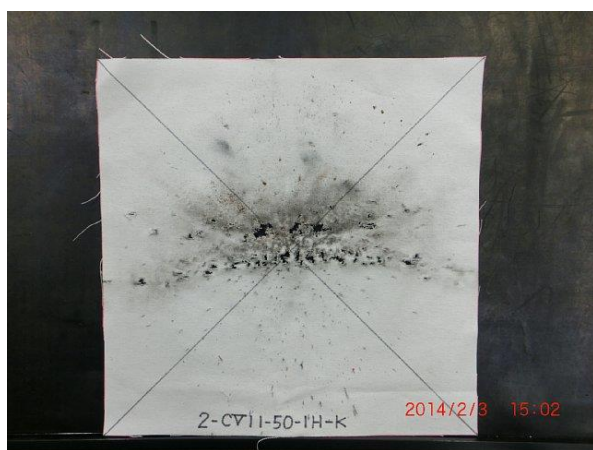
包装材 CV11 雷管 1 個、SO=50



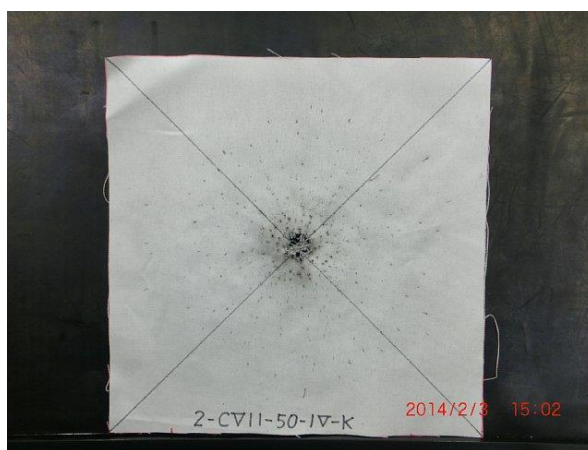
6 号雷管 1 個、SO=50、水平
(4-CV11-50-1H-J)



6 号雷管 1 個、SO=50、垂直
(4-CV11-50-1V-J)



KONEL 雷管 1 個、SO=50、水平
(4-CV11-50-1H-K)



KONEL 雷管 1 個、SO=50、垂直
(4-CV11-50-1V-K)

図 5.3.1.3-7 包装材 CV11 (雷管 1 個、SO=50)

包装材 CV11 雷管 10 個、SO=0



6 号雷管 10 個、SO=0、水平
(4-CV11-0-10H-J)



6 号雷管 10 個、SO=0、垂直
(4-CV11-0-10V-J)



KONEL 雷管 10 個、SO=0、水平
(4-CV11-0-10H-K)



KONEL 雷管 10 個、SO=0、垂直
(4-CV11-0-10V-K)

図 5.3.1.3-8 包装材 CV11 (雷管 10 個、SO=0)

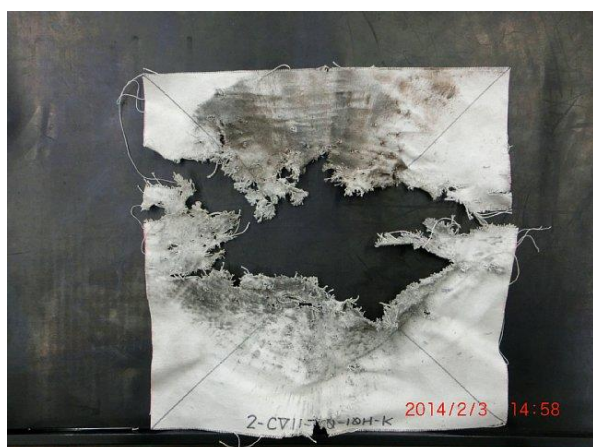
包装材 CV11 雷管 10 個、SO=50



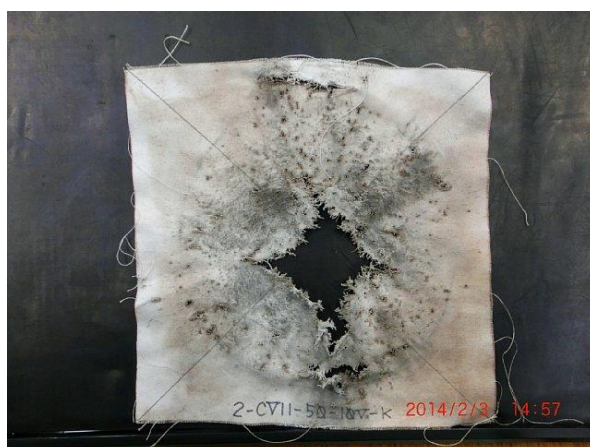
6 号雷管 10 個、SO=50、水平
(4-CV11-50-10H-J)



6 号雷管 10 個、SO=50、垂直
(4-CV11-50-10V-J)



KONEL 雷管 10 個、SO=50、水平
(4-CV11-50-10H-K)



KONEL 雷管 10 個、SO=50、垂直
(4-CV11-50-10V-K)

図 5.3.1.3-9 包装材 CV11 (雷管 10 個、SO=50)

包装材に開いた穴の寸法（上段：中心付近に開いた穴、下段：破片で開いた穴の広がり（円形に広がったものはその直径、円形にならなかったものは最も離れた穴までの中心からの距離））

砂を詰めた塩ビ管の直径は 268mm であるから、これを超えた値は測定範囲外であるため over とした

	カヤクジャパン製 6号雷管							
包装材	雷管個数 (1)				雷管個数 (10)			
	スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)		スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)	
	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
4746	40×43 240 φ	35×24 140L	—	—	—	—	—	—
TR56	20×20 200 φ	35×25 53L	—	—	—	—	—	—
B781	20×25 140 φ	38×27 55L	—	—	—	—	—	—
UK33	15×15 120 φ	25×19 42L	—	—	—	—	—	—
Ts15	210×205 260 φ	113×156 112L	—	—	—	—	—	—
CV11	30×28 200 φ	33×35 64L	3×3 170 φ	1×3 横に裂けた	90×80 242 φ	85×75 108L	45×70 254 φ	78×140 縦に裂けた

	オリカ製 KONEL 雷管							
包装材	雷管個数 1				雷管個数 (10)			
	スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)		スタンドオフ(0)		スタンドオフ(50)	
	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
4746	25×45 265 φ	35×33 245 φ	—	—	—	—	—	—
TR56	27×30 242 φ	40×40 245 φ	—	—	—	—	—	—
B781	25×27 45L	35×40 85 φ	—	—	—	—	—	—
UK33	18×15 122L	26×33 40 φ	—	—	—	—	—	—
Ts15	140×130 235 φ	103×90 202 φ	—	—	—	—	—	—
CV11	29×45 185 φ	43×45 90 φ	15×19 65 φ	10×10 横に裂けた	70×80 130L	125×90 横に裂けた	110×130 over	180×90 横に裂けた

5.3.1.4 まとめ

①包装材を水平に設置した上方で雷管を爆発して、包装材が受ける影響を観察した。

②各包装材において、雷管の爆発によって穴が開いた。

雷管 1 個の爆発で開いた穴の包装材による違いは、以下であった。

(小) UK33<B781<TR56<4746<CV11<Ts15 (大) Ts15 はほかの 5 種類と比較して 4~7 倍

③雷管 1 個の爆発による穴よりも、雷管 10 個の爆発による穴のほうが大きかった。

④ 雷管を包装材と平行に爆発した方が穴は大きく開いた

⑤ スタンドオフ 50mm では、スタンドオフ 0mm より穴は小さいが破片は広く飛散していた

5.3.2 爆破実験 2

5.3.2.1 目的

空間に吊り下げた包装材の近くで雷管を爆発させ、高速度カメラで包装材の挙動を観察する。

5.3.2.2 実験方法

大ピット内で、外径 16mm のステンレスパイプを組み包装材を垂直に維持して、その横で雷管を爆発させて、包装材への影響を観察する。雷管の種類（6 号雷管、KONEL 雷管）、設置方向（垂直、水平）およびスタンドオフをパラメータとして実験（包装材爆破実験）を行った。

予備実験として、雷管（6 号雷管、KONEL 雷管、RP-501）のみで起爆して状況を観察した。（雷管単体爆破実験）

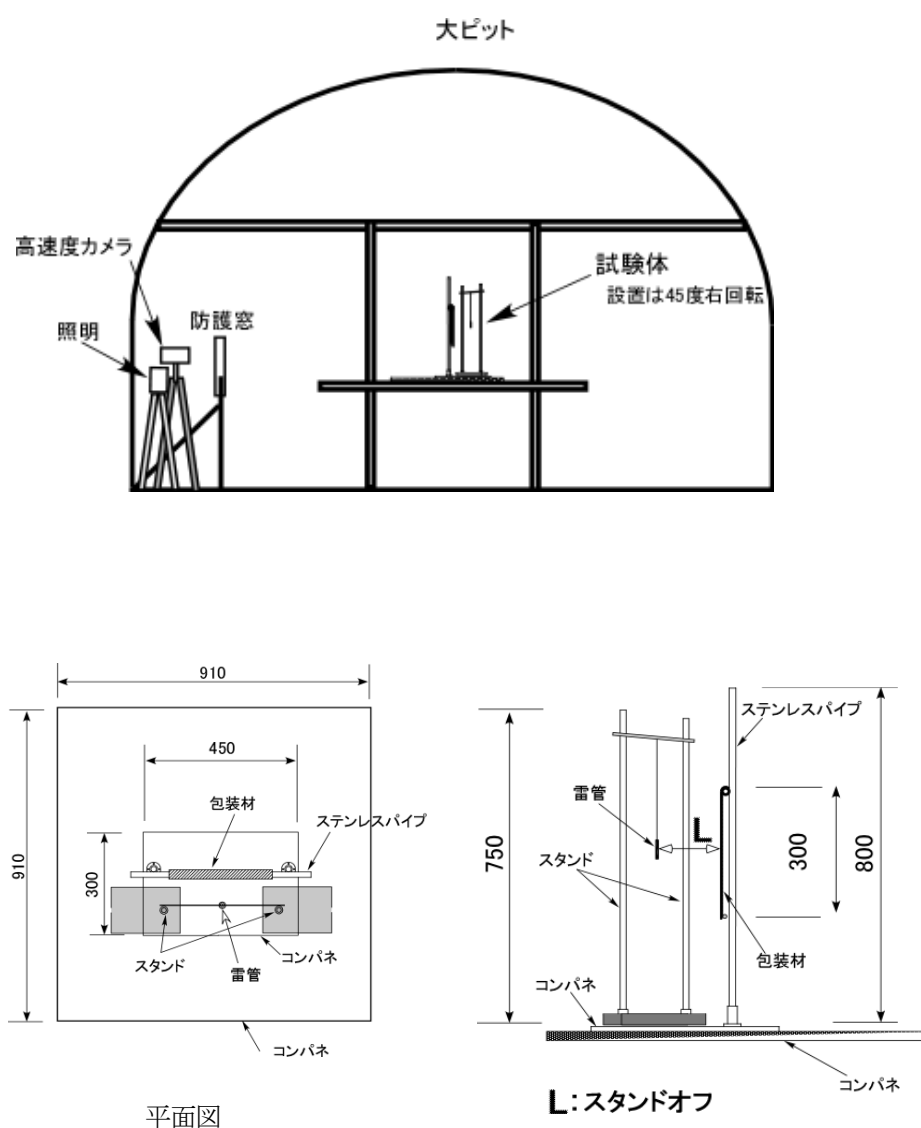


図 5.3.2.2-1 設置図

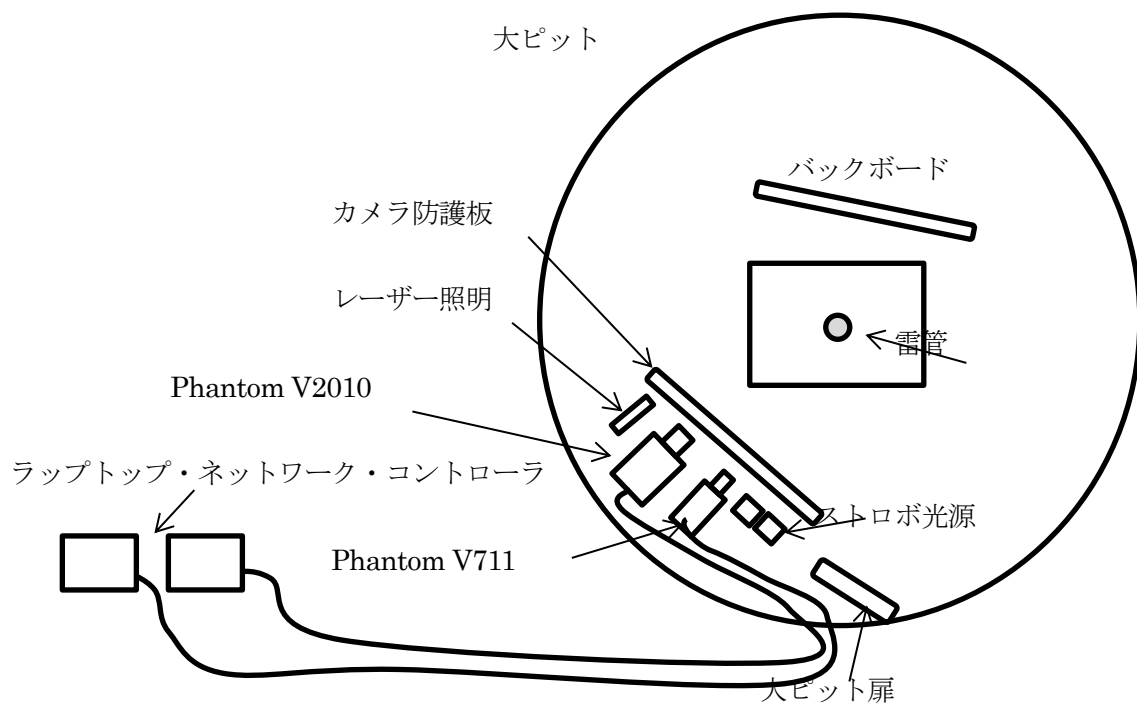


図 5.3.2.2-2 大ピット内撮影レイアウト（雷管単体爆破実験）

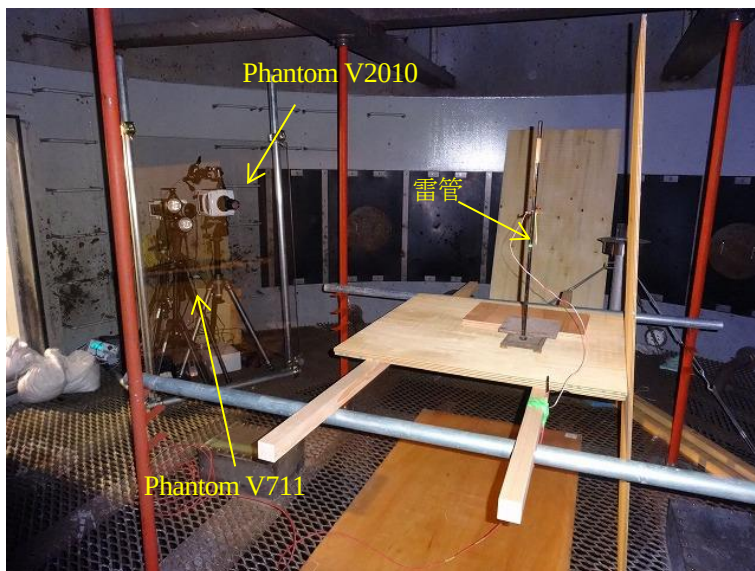


図 5.3.2.2-3 試験体と高速度カメラ・照明設置状況（雷管単体爆破実験）

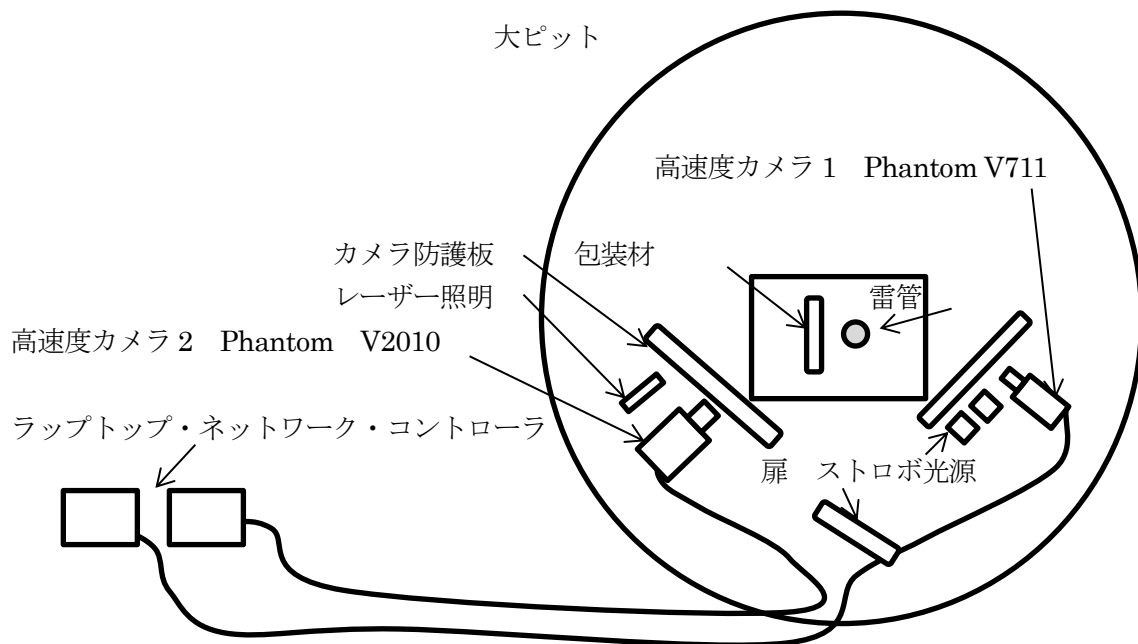
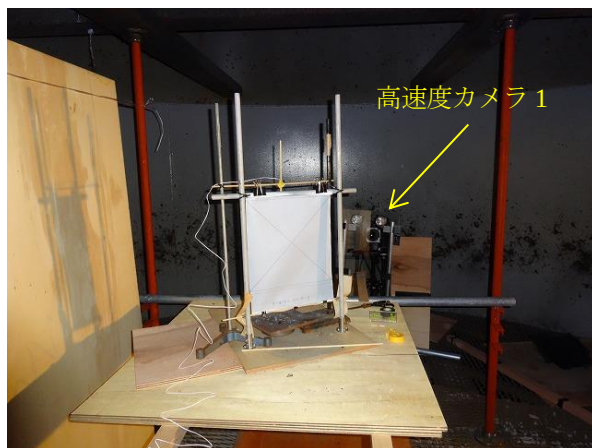
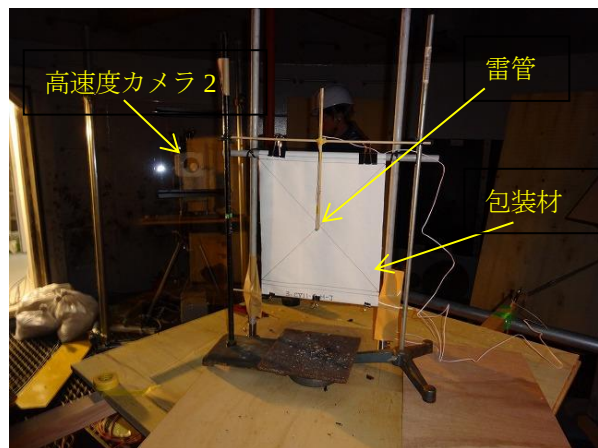


図 5.3.2.2-4 大ピット内撮影レイアウト（包装材爆破実験）



試験体と高速度カメラ 1



試験体と高速度カメラ 2

図 5.3.2.2-5 試験体と高速度カメラ・照明設備（包装材爆破実験）

高速度カメラ 1 で雷管側（表）から雷管爆発の包装材への影響を観察し、高速度カメラ 2 で包装材を抜けてくる雷管の爆風・破片を撮影した。

5.3.2.2 (1) 供試雷管

表 5.3.2.2-1 使用した雷管

名称	製造元	1 実験に使用した数量
6 号雷管	カヤクジャパン	1 個
KONEL 雷管	オリカ	1 個
RP-501		1 個

5.3.2.2 (2) 供試包装材

CV11 および 4746 を使用した。

実験 No.5 の名前の付け方 例) 5-4746-0-V-J

実験 No.－品番（上 4 文字）－スタンドオフ－雷管の向き－メーカー

表 5.3.2.2-2 包装材爆破実験のパラメーター一覧

	カヤクジャパン製 6 号雷管				オリカ製 KONEL 雷管	
	スタンドオフ 0		スタンドオフ 50		スタンドオフ 0	
包装材	垂直	水平	垂直	水平	垂直	水平
4746	—	—	5-4746 -50-V-J	5-4746 -50-H-J	—	—
CV11	5-CV11 -0-V-J	5-CV11 -0-H-J	5-CV11 -50-V-J	5-CV11 -50-H-J	5-CV11 -50-V-K	5-CV11 -50-H-K

表中（－）は実験しなかった項目

5.3.2.2 (3) 撮影機材

雷管単体爆破撮影に使用した機材と撮影条件を表 5.3.2.2-3 及び表 5.3.2.2-4 に示す。

表 5.3.2.2-3 撮影条件（高速度カメラ）

設定項目	高速度カメラ Phantom V2010	高速度カメラ Phantom V711
画素数	384×384 ピクセル	320×240 ピクセル
撮影速度	100,000 コマ/秒	64,030 コマ/秒
露光時間	1 マイクロ秒	2 マイクロ秒
レンズ焦点距離	85mm	50mm
レンズ絞り	F5.6	F5.6
備考	レーザー照明用の 810nm の バンドパスフィルタ着用	

表 5.3.2.2-4 撮影条件（照明装置）

設定項目	レーザー照明 CAVILUX HF	ストロボ光源
発光時間	10s	2ms
パルス幅	190ns	—
波長	810nm	—
備考	Phantom V2010 と同期して 使用	Phantom V711 用として使用

包装材爆破実験に使用した機材と撮影条件を表 5.3.2.2-5 に示す。

照明装置の撮影条件は、表 5.3.2.2-3 撮影条件（照明装置）に同じ。

表 5.3.2.2-5 撮影条件（高速度カメラ）

設定項目	高速度カメラ Phantom V2010	高速度カメラ Phantom V711
画素数	384×384 ピクセル	320×240 ピクセル
撮影速度	100,000 コマ/秒	64,030 コマ/秒
露光時間	1 マイクロ秒	2 マイクロ秒
レンズ焦点距離	65mm	28mm
レンズ絞り	F3.5	F4
備考	レーザー照明用の 810nm の バンドパスフィルタ着用	

5.3.2.2 (3) 計測項目

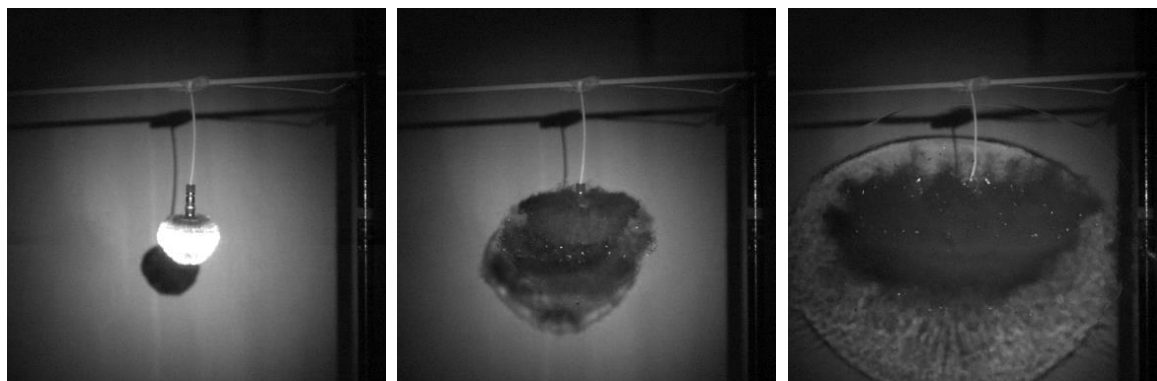
高速度ビデオカメラにより爆発状況を撮影し、合わせて包装材の挙動を観察する。

注意、雷管の向きと包装材の位置関係は爆破実験 1 と異なり、雷管が水平の時雷管の軸は包装材と直角となり、雷管が垂直の時包装材と平行になる。（雷管の向きは、先端が鉛直方向を向いたときを垂直という）

5.3.2.3 実験結果

実験結果の詳細は、「7. 付属資料 7.3 爆破実験 爆破実験 2」に示す。

雷管単体爆発状況 ($\angle t \mu\text{s}$: 起爆からの経過時間)



トリガ後 102.38 μs ($\angle 10\mu\text{s}$)

122.38 μs ($\angle 30\mu\text{s}$)

202.38 μs ($\angle 100\mu\text{s}$)

図 5.3.2.3-1 6号雷管爆発状況

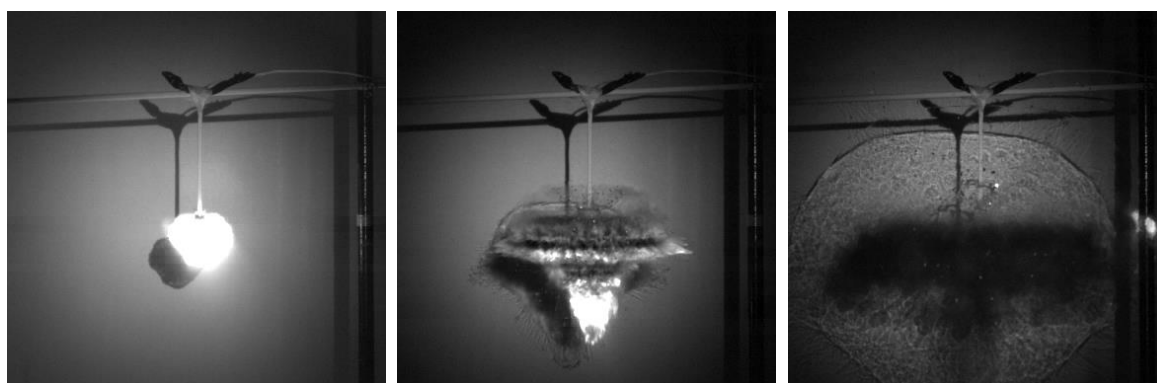


トリガ後 413,704.32 μs ($\angle 10\mu\text{s}$)

413,724.32 μs ($\angle 30\mu\text{s}$)

413,844.32 μs ($\angle 150\mu\text{s}$)

図 5.3.2.3-2 KONEL 雷管爆発状況



トリガ後 1.55 μs ($\angle 10\mu\text{s}$)

21.55 μs ($\angle 30\mu\text{s}$)

101.55 μs ($\angle 110\mu\text{s}$)

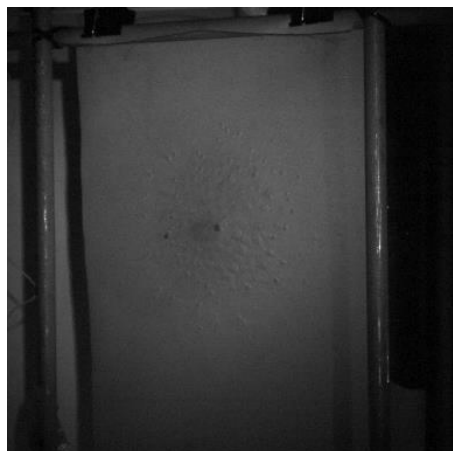
図 5.3.2.3-3 RP-501 爆発状況

包装材爆破実験

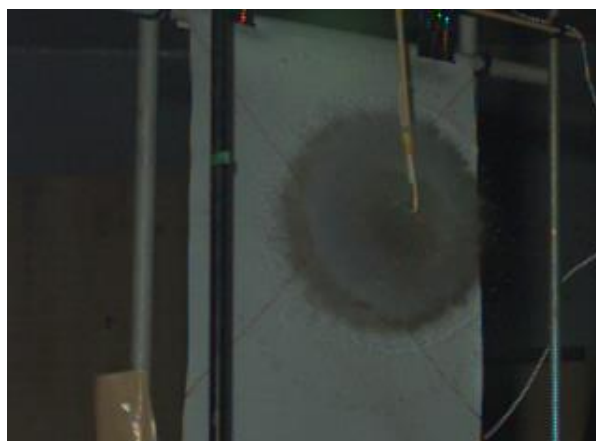
右：雷管側カメラ 1 (Phantom V711)、左：裏側カメラ 2 (Phantom V2010) の画像

時間は点火トリガーからの経過時間 ($\angle t \mu s$: 起爆からの経過時間)

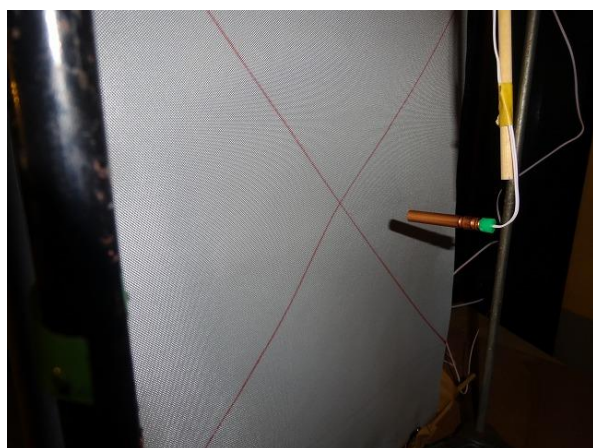
5-4746-50-H-J (6号雷管、SO=50、水平) 包装材：4746



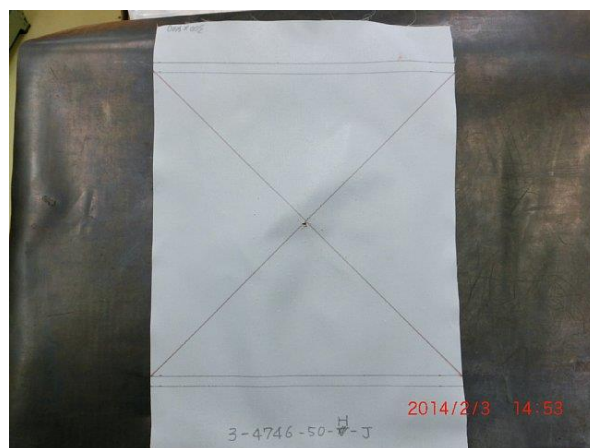
161.05 μs ($\angle 80 \mu s$)



161.17 μs ($\angle 78.10 \mu s$)



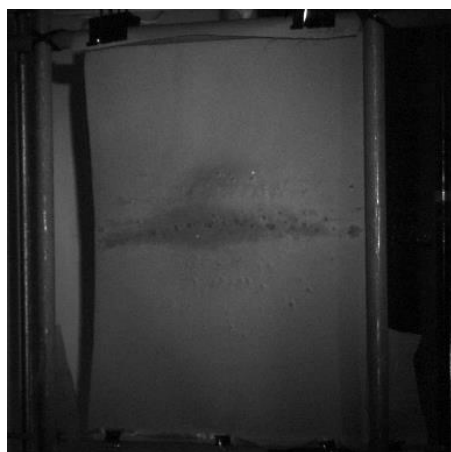
雷管設置状況



実験後の包装材 4746 (雷管側)

図 5.3.2.3-4 包装材 4746 6号雷管、SO=50、水平

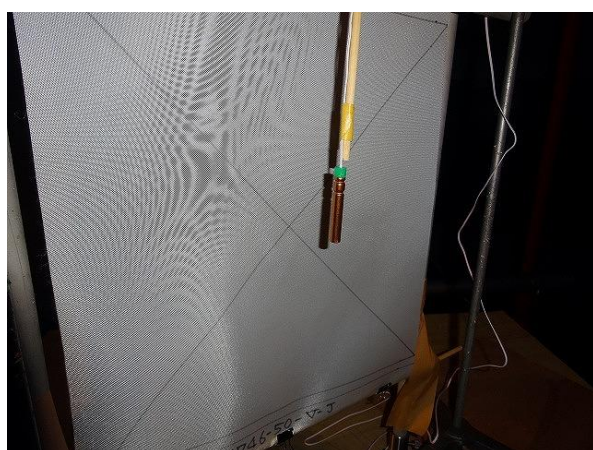
5-4746-50-V-J (6号雷管、SO=50、垂直)



153.68 μ s ($\angle$ 70 μ s)



155.29 μ s ($\angle$ 72.48 μ s)



雷管設置状況

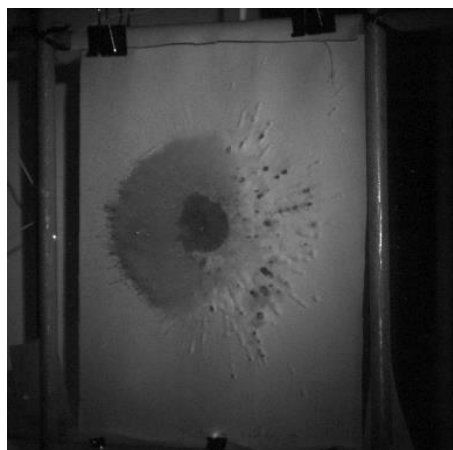


実験後の包装材 4746 (雷管側)

図 5.3.2.3-5 包装材 4746 6号雷管、SO=50、垂直

包装材 : CV11

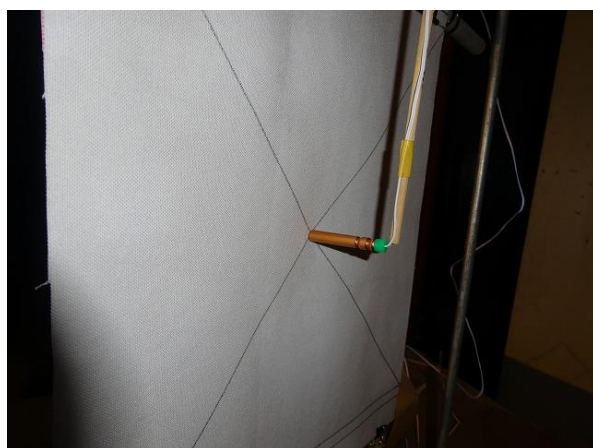
5-CV11-0-H-J (6号雷管、SO=0、水平)



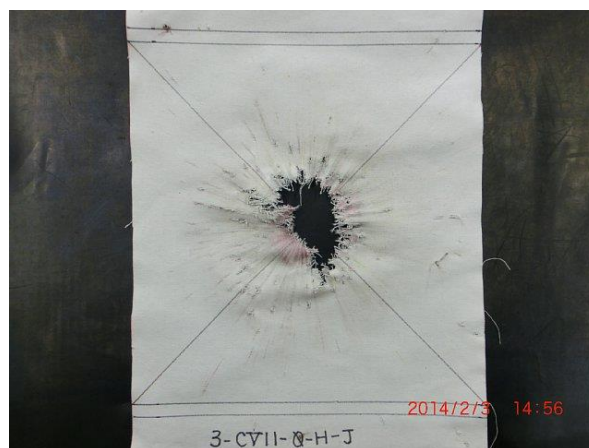
164.75 μs ($\angle 110 \mu\text{s}$)



161.79 μs ($\angle 109.34 \mu\text{s}$)



雷管設置状況



実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-6 包装材 CV11 6号雷管、SO=0、水平

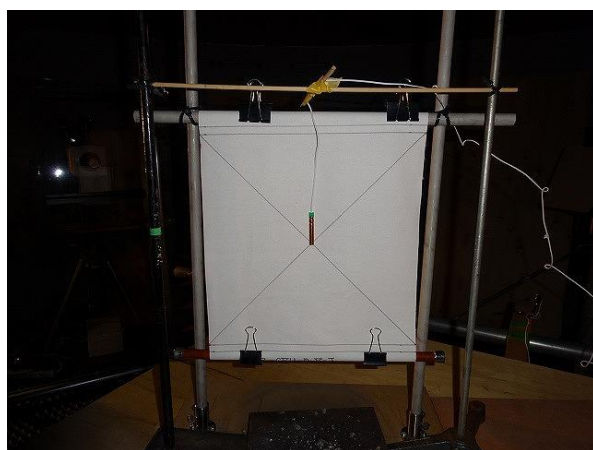
5-CV11-0-V-J (6号雷管、SO=0、垂直)



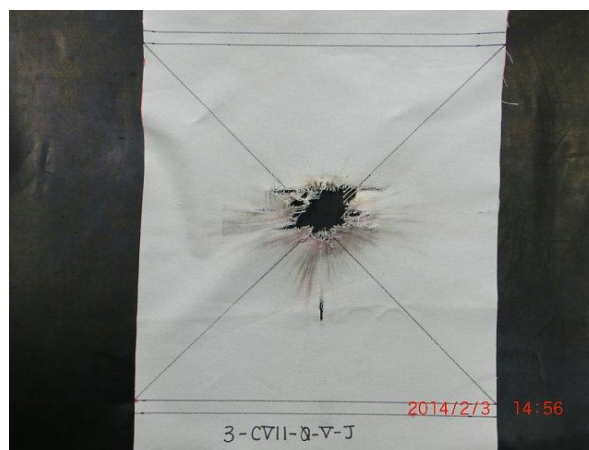
215.66 μs ($\angle 140 \mu\text{s}$)



213.33 μs ($\angle 140.58 \mu\text{s}$)



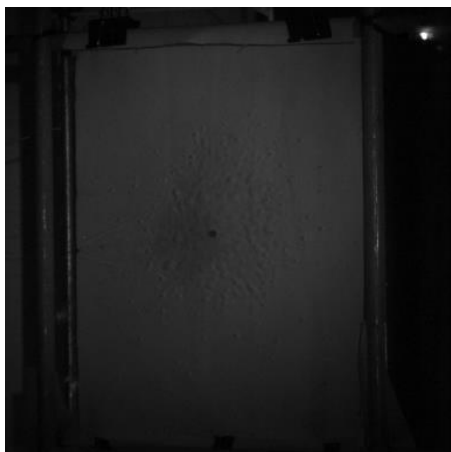
雷管設置状況



実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-7 包装材 CV11 6号雷管、SO=0、垂直

5-CV11-50-H-J (6号雷管、SO=50、水平)



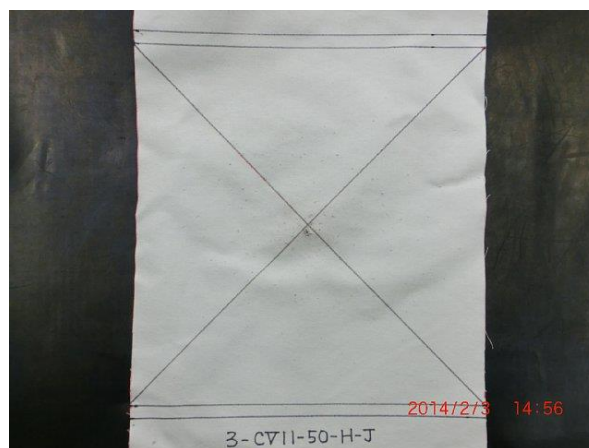
212.13 μs ($\angle 130 \mu\text{s}$)



215.56 μs ($\angle 134.96 \mu\text{s}$)



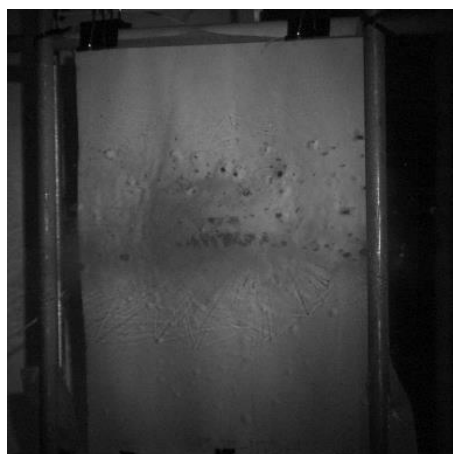
雷管設置状況



実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-8 包装材 CV11 6号雷管、SO=50、水平

5-CV11-50-V-J (6号雷管、SO=50、垂直)



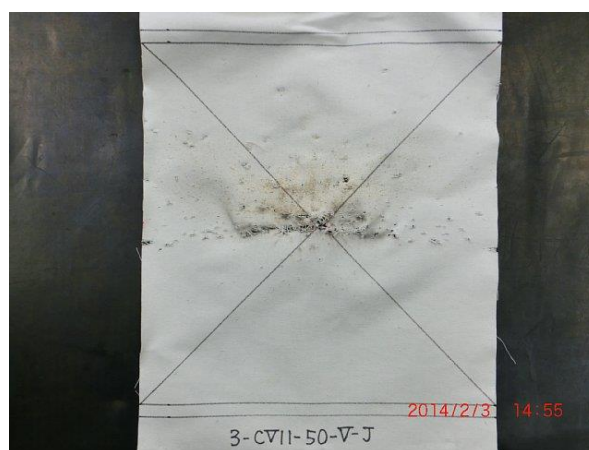
308.30 μ s ($\angle$ 240 μ s)



308.40 μ s ($\angle$ 218.68 μ s)



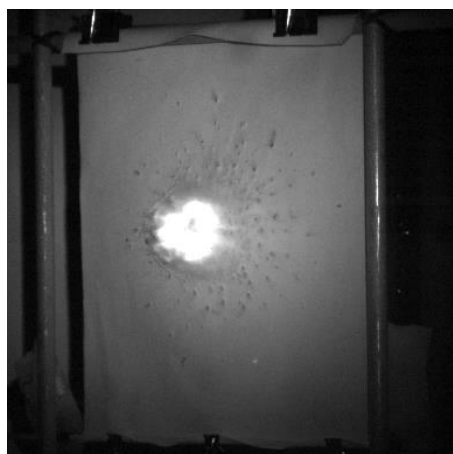
雷管設置状況



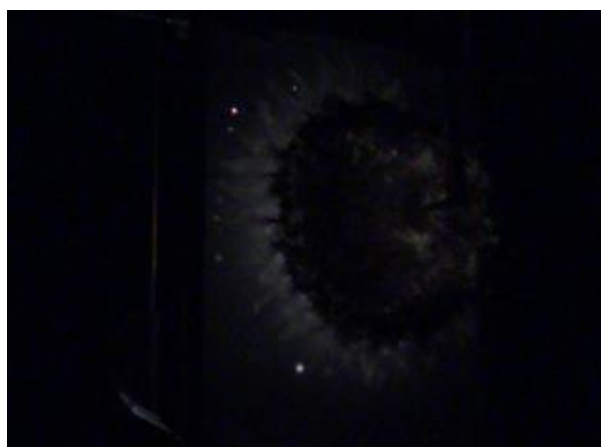
実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-9 包装材 CV11 6号雷管、SO=50、垂直

5-CV11-50-H-K (KONEL 雷管、SO=50、水平)



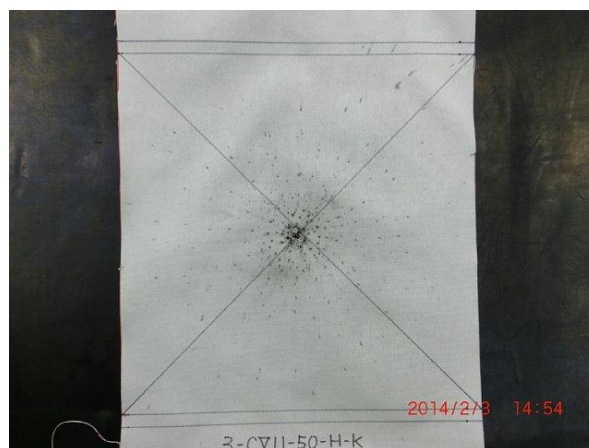
413,202.39 μs ($\angle 80 \mu\text{s}$)



413,205.36 μs ($\angle 82.48 \mu\text{s}$)



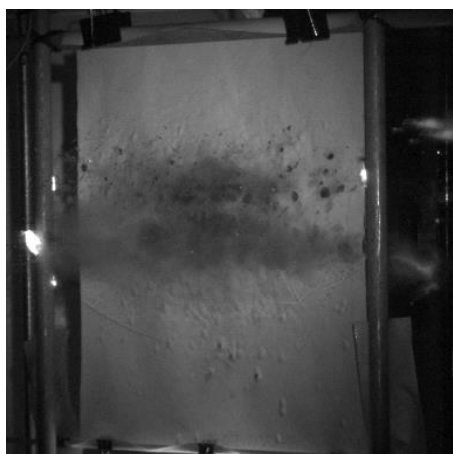
雷管設置状況



実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-10 包装材 CV11 KONEL 雷管、SO=50、水平

5-CV11-50-V-K (KONEL 雷管、SO=50、垂直)



411,393.86 μ s ($\angle$ 180 μ s)



411,388.65 μ s ($\angle$ 181.82 μ s)



雷管設置状況



実験後の包装材 CV11 (雷管側)

図 5.3.2.3-11 包装材 CV11 KONEL 雷管、SO=50、垂直

膨張速度

撮影した画像から爆発生成ガスの膨張速度を解析した（単位 m/s）。

時間は速度計測した時の起爆初めからの時間（単位 μ s）。

実験 No.	上方向	下方向	右方向	左方向	時間
5-None-1-V-RP-1	1149	2777	1953	1896	40
5-None-1-V-RP-2	1187	2816	1934	1992	40
5-None-1-V-RP-3	1226	3160	2086	1972	40
5-None-1-V-J-1	997	1599	1673	1598	40
5-None-1-V-J-2	1090	1862	1786	1710	40
5-None-1-V-J-3	1072	1635	1654	1598	40
5-None-1-V-k-1	1110	2838	1767	1805	40
5-None-1-V-k-2	1072	2970	1786	1842	40
5-None-1-V-k-3	1015	2857	1824	1673	40

平均値を示す。（単位：m/s）

雷管名	上方向	下方向	右方向	左方向
6 号雷管	1053	1699	1704	1635
KONEL 雷管	1066	2888	1792	1773
RP-501	1187	2918	1991	1953

（垂直方向で起爆（先端：下））

破片速度

撮影した画像から管体破片の速度を解析した（単位 m/s）。

時間は速度計測した時の起爆初めからの時間（単位 μ s）。

実験 No.	20 μ s 後	30 μ s 後	40 μ s 後	50 μ s 後
5-CV11-0-V-J	1582	1644	1735	—
5-CV11-0-H-J	1697	1777	2065	1919
5-CV11-50-V-J	—	2097	2080	2098
5-CV11-50-H-J	—	2202	2005	2030
5-4746-50-H-J	—	2044	1633	1850
5-4746-50-V-J	—	2167	2191	2136
5-CV11-50-V-K	—	1993	2052	1961
5-CV11-50-H-K	2590	2592	2363	2310

5.3.2.4 まとめ

①雷管単体の爆発状況を高速撮影した。使用した雷管は、6号雷管、KONEL 雷管及び RP-501 雷管であり、雷管の先端を下に向けて起爆し、爆発生成ガスの膨張と金属破片の飛散状況を撮影した。

②空間に吊り下げた包装材の近くで雷管を爆発させ、包装材の挙動を高速カメラで撮影した。包装材の大きさはヨコ 295×タテ 300 であった。その結果、以下のことが確認された。

- ・包装材 4746 の方が CV11 よりダメージが小さい (6号雷管、スタンドオフ 50mm)
- ・雷管の中心軸が包装材に平行の場合、包装材のダメージが大きかった。
- ・雷管を包装材に直角方向に向けた場合、スタンドオフがない方が包装材のダメージが大きかった。

(4) 数値解析

解析概要

自然災害により土砂崩れが発生した場合の岩石に作用する荷重を解析した。そのため実験条件または実際の土砂崩れを想定した計算モデルを作成し、粒子流動解析コードにより実験結果を再現する数値解析を実施し、実験データを十分な精度で再現できる解析手法を検討した。ここではITASCA 社製個別要素法コードPFC3D Version4.0を用いた。

解析手法 個別要素法 (DEM) は、有限要素法のような連続体モデルではなく、各要素が独立に運動し、運動に伴って生じる要素間の接触点を通じて要素間の力の伝達が行われ、時間領域を前進的に解いて個々の要素の運動を追跡する手法である。基本要素は剛体の球であるが、複数粒子の結合 (クランプ要素) により様々な形状が表現できる。

個別要素法DEM 解析では対象物を剛体の粒子でモデル化し、バネ、ダッシュポット、スライダー、ボンディングを用いて粒子間の接触を考慮した。

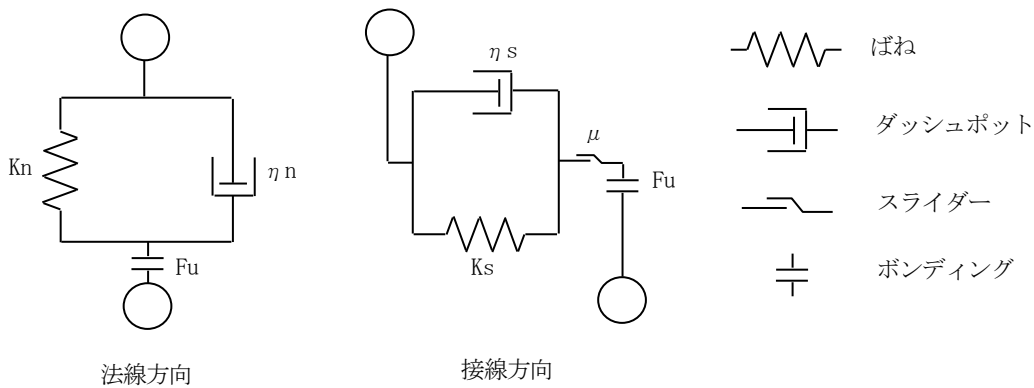


図4-1 DEM解析の接触

DEM 解析で用いるパラメータ以下の通りである。

- ・密度
- ・粒子間ばね定数
- ・粘性減衰定数
- ・粒子間摩擦角度
- ・粒子間ボンディング力

これらのパラメータ設定に関しては、一般的な碎石データおよび実験結果を参考にして以下のように設定した。

表4-1 DEM による解析用物性値

項目	値
密度	実験データにより換算
粒子間ばね定数 (法線方向)	10 MN/m
粒子間ばね定数 (せん断方向)	10 MN/m
法線粘性減衰定数 (臨界減衰に対する比)	20%
せん断方向粘性減衰定数 (臨界減衰に対する比)	20%
摩擦係数	1.0

4.1 攪拌シミュレーション

4.1.1 解析方法

攪拌シミュレーション ミキサーの攪拌実験に対応した解析モデルを作成した。モデル詳細は以下に示す。モデル構成要素はドラム（壁）、荷重評価対象の段ボール（球粒子のクランプ）、および碎石（球粒子のクランプ）である。

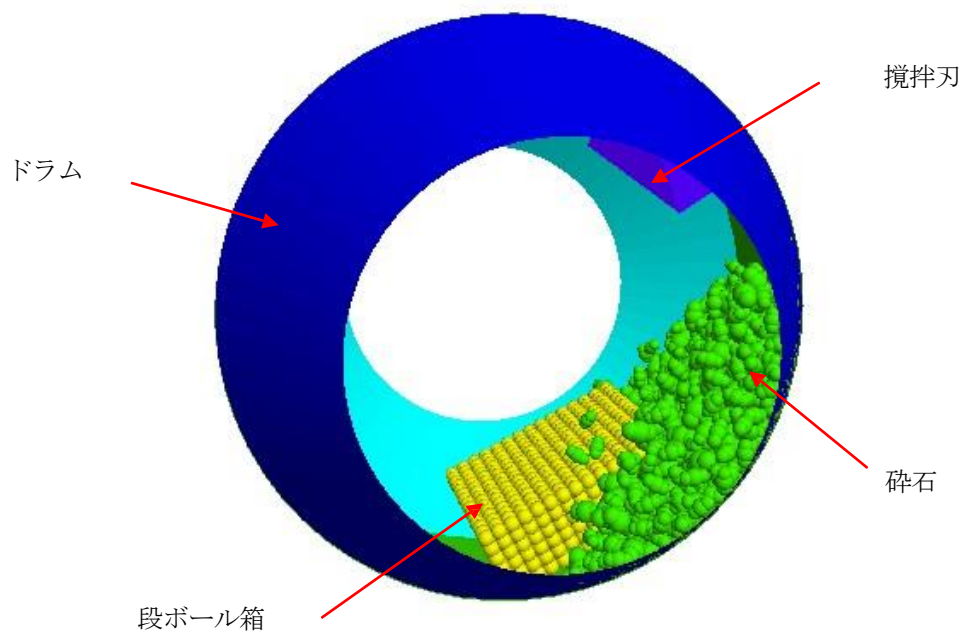


図4. 1-1

攪拌モデル

4.1.1.1 トラムモデル（ミキサーの形状）

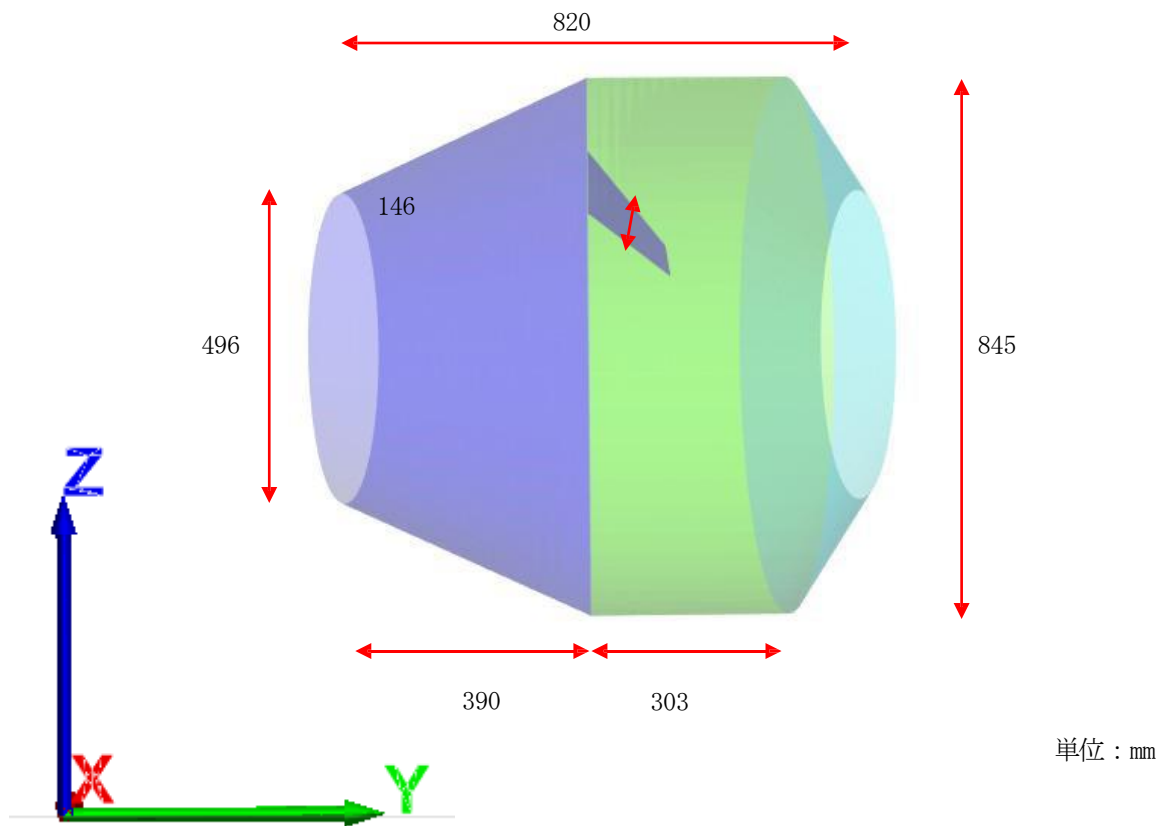


図 4.1-2 トラムモデル

4.1.1.2 段ボール

重量：

5.5 kg

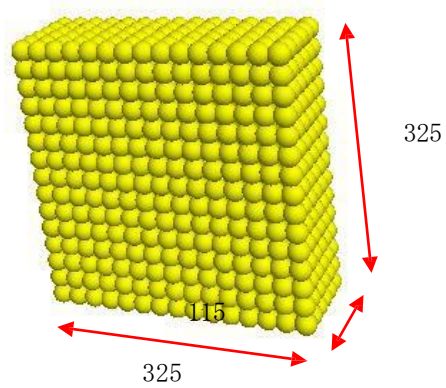


図4.1-3 段ボール条件

4.1.1.3 碎石

碎石は、2 号碎石（60～40mm）と3 号碎石（40～30mm）を基に平均粒径を用いた。

表 4.1-1 モデル碎石

	2 号碎石	3 号碎石
使用量 (kg)	50	50
大きさ平均 (L) (mm)	50	35
質量平均 (g)	241.6	68.7

碎石形状の条件 $H : L = 1 : 1.5$

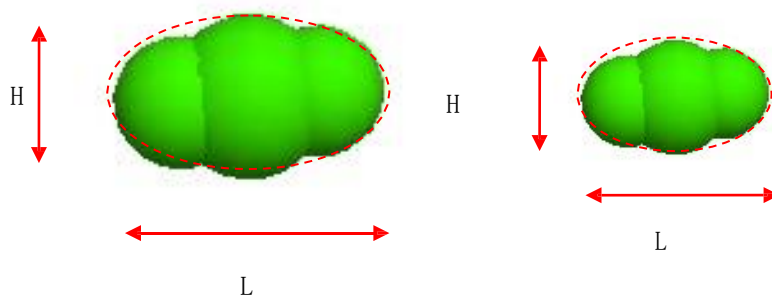


図4.1-4 碎石条件

4. 1. 2 解析結果

回転速度を2通り(14rpm、28rpm)に設定してそれぞれについて解析した。

4. 1. 2. 1 攪拌シミュレーション・ケース1 (14rpm) の解析結果

回転速度14rpm の解析結果を以下に示す。図4. 1-5 は包装実験体にかかる荷重の履歴、図4. 1-6 は力積(Σ (荷重 $\times$ 時間))を示す。また、図4. 1-7 に示した大きい石と小さい石を選び、その速度および包装実験体の速度を図4. 1-8～図4. 1-10 に示す。さらに、10 秒ごとの攪拌形状を図4. 1-11 に示す。

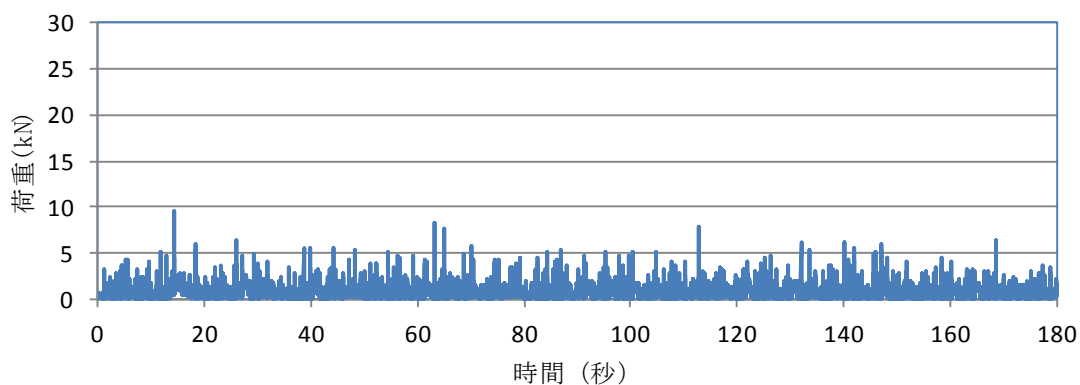


図4. 1-5 包装実験体にかかる荷重の履歴

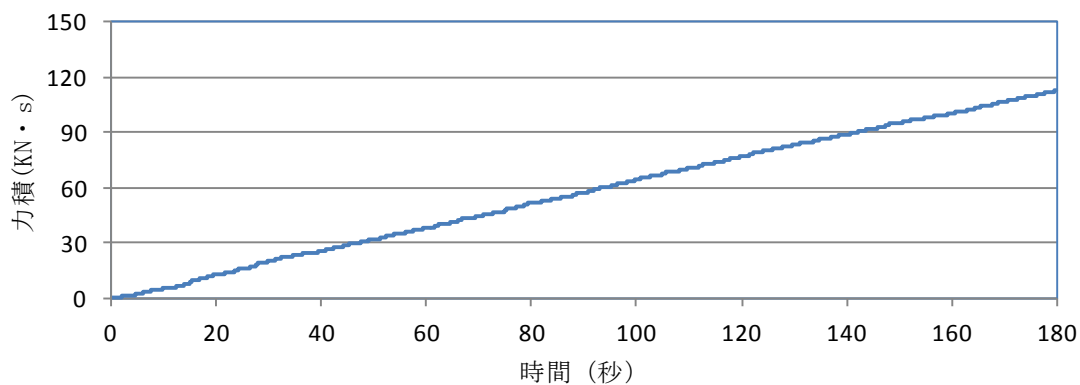
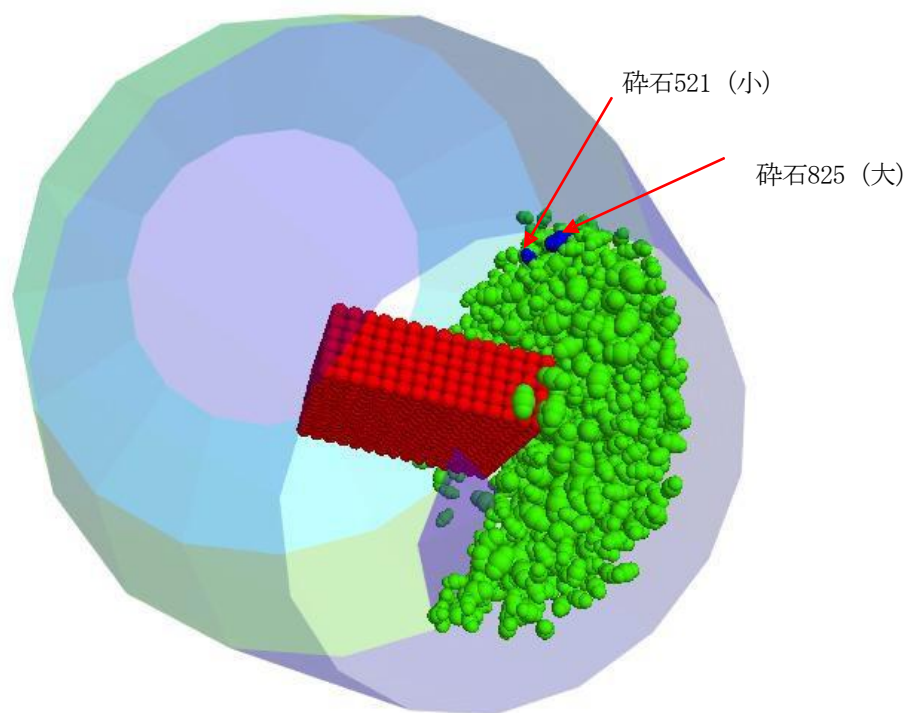
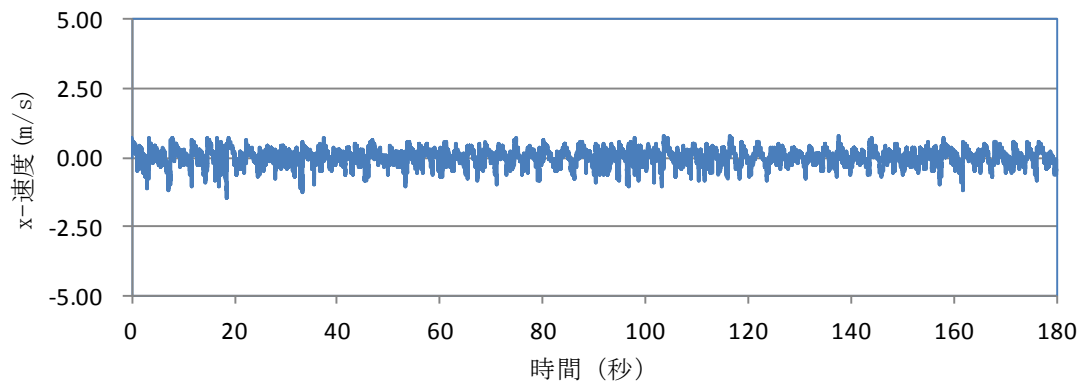


図4. 1-6 包装実験体にかかる荷重の力積

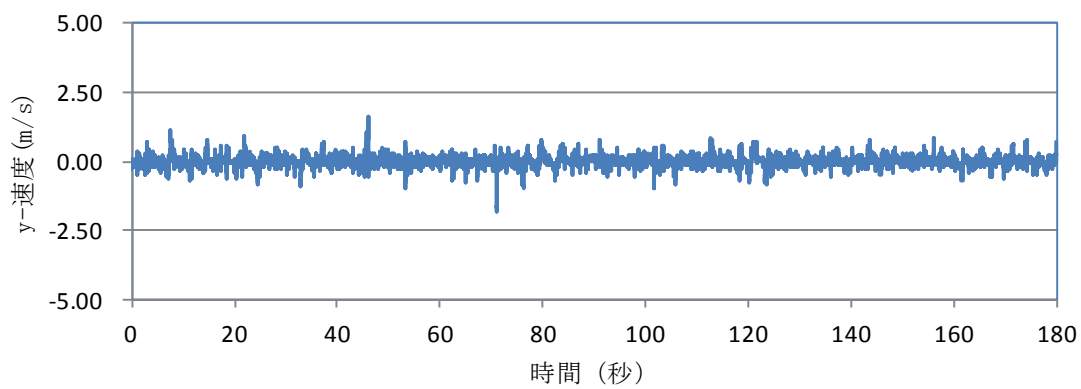


10.67s

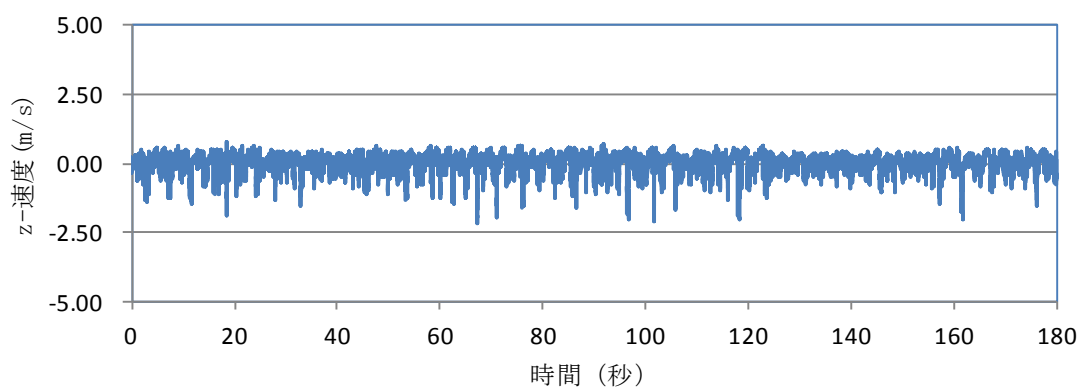
図4.1-7 速度を評価する大きいと小さい碎石



(a) 水平方向速度

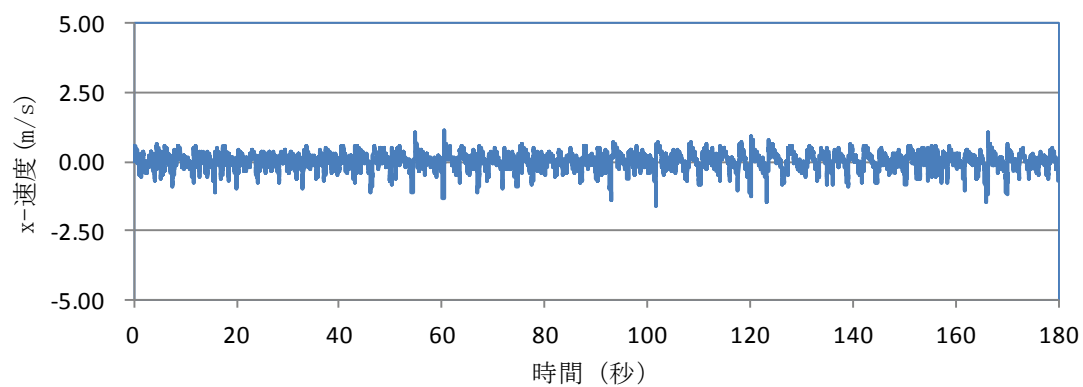


(b) 奥行方向速度

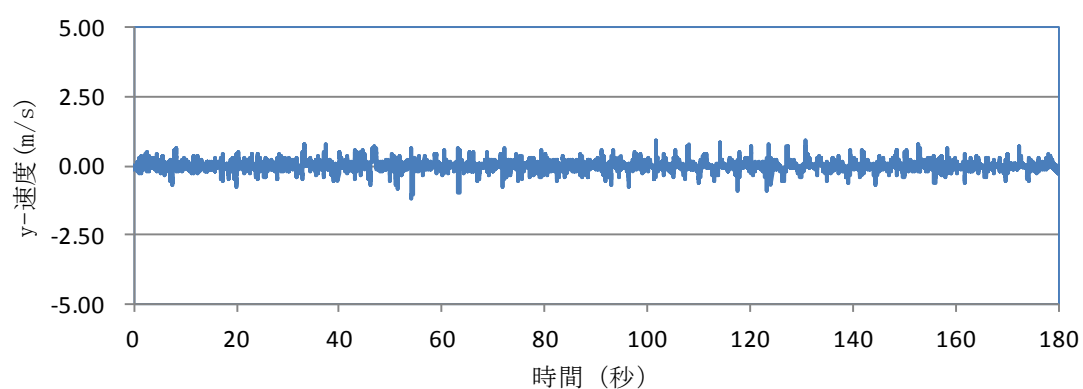


(c) 鉛直方向速度

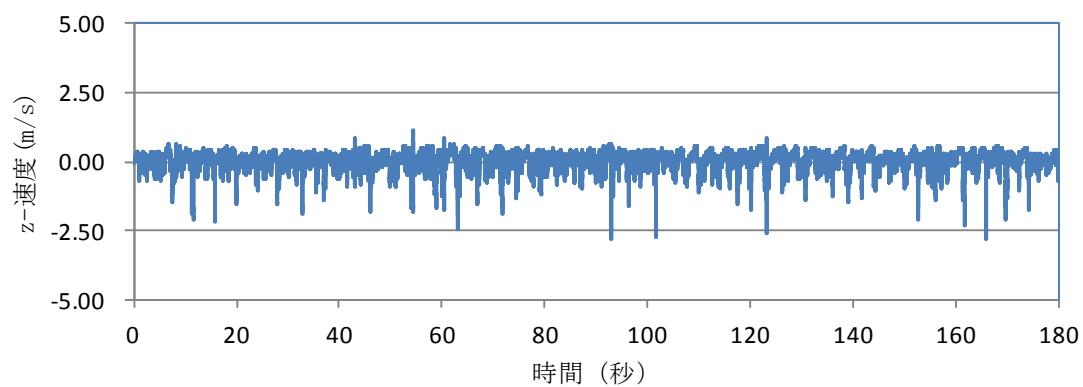
図 4.1-8 碎石（小）の速度



(a) 水平方向速度

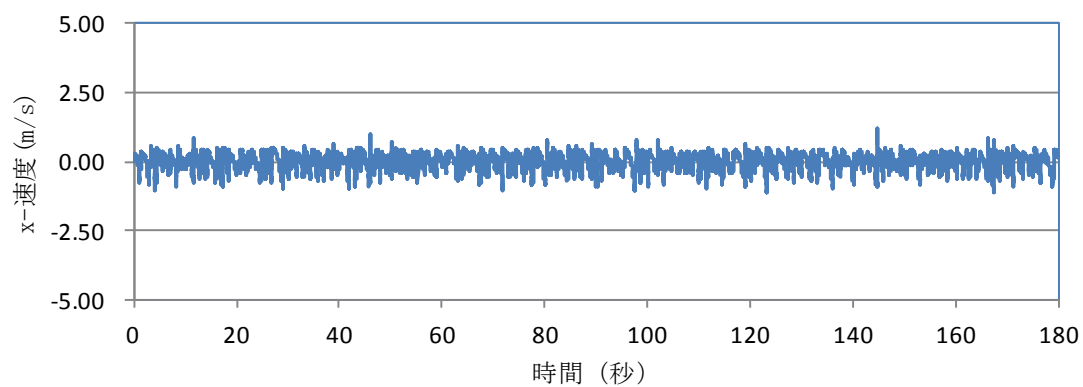


(b) 奥行方向速度

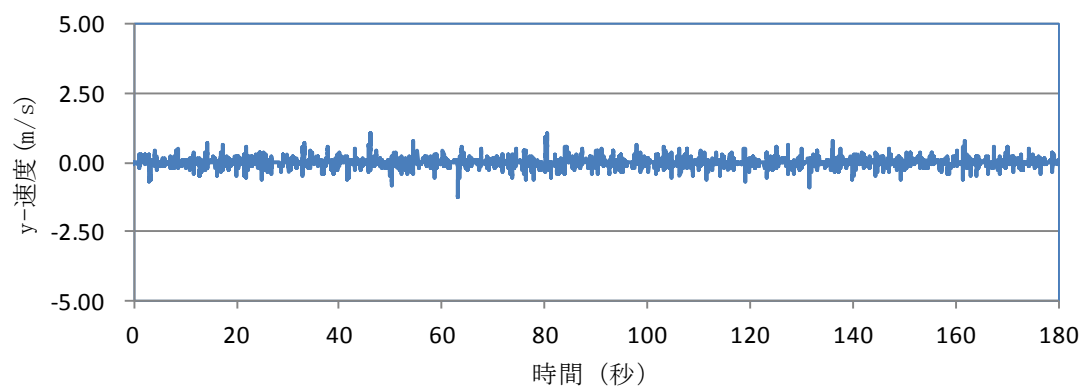


(c) 鉛直方向速度

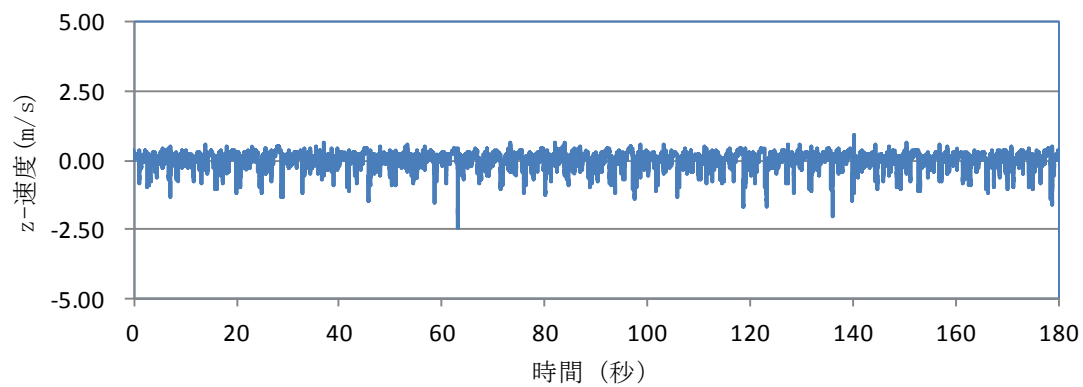
図 4.1-9 碎石（大）の速度



(a) 水平方向速度



(b) 奥行方向速度

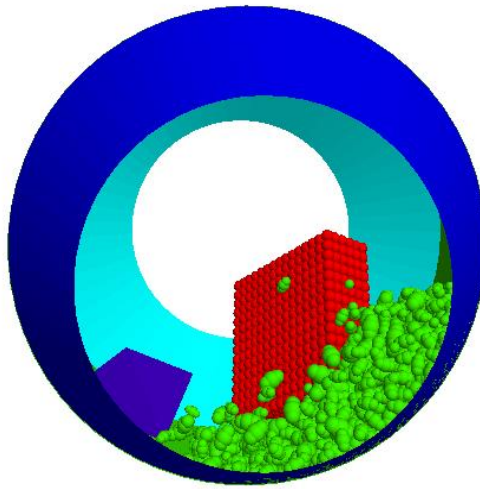


(c) 鉛直方向速度

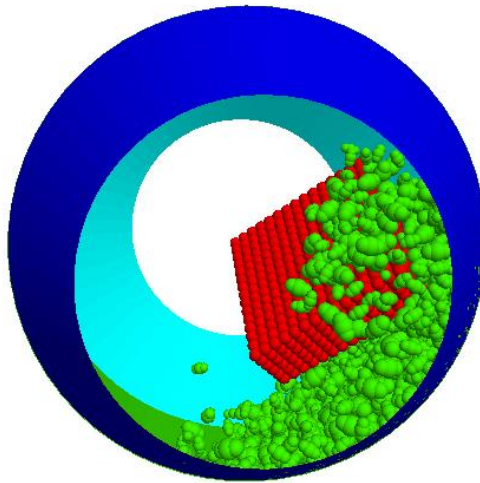
図 4.1-10 段ボール箱の速度

攪拌形状図（ケース 1 14rpm）

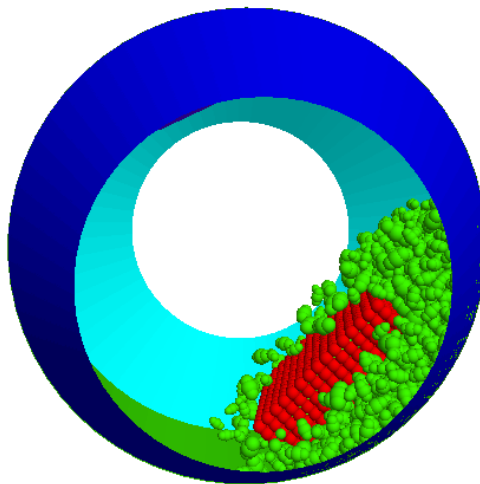
10 秒



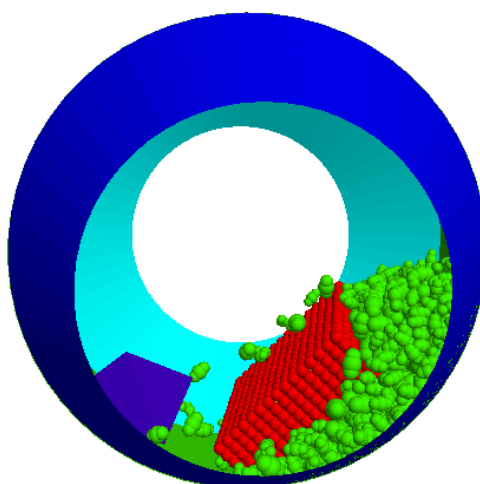
20 秒



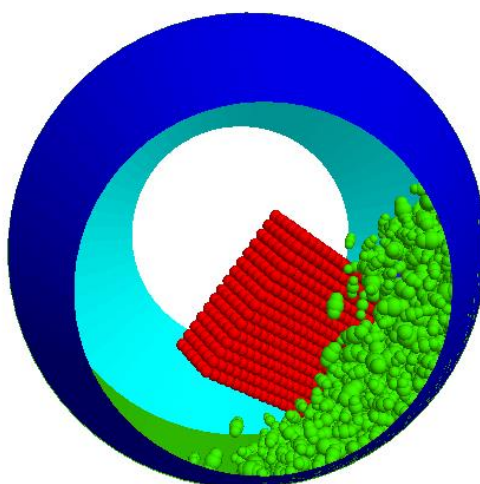
30 秒



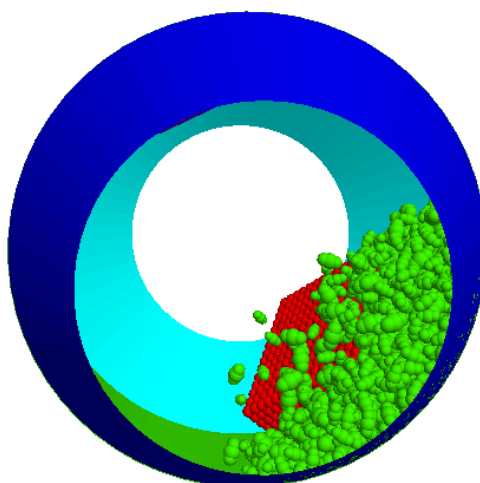
40 秒



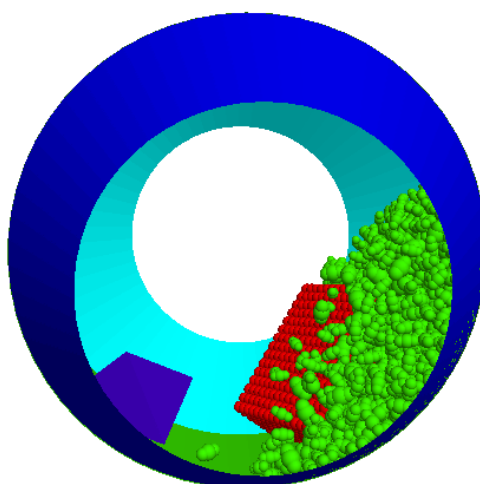
50 秒



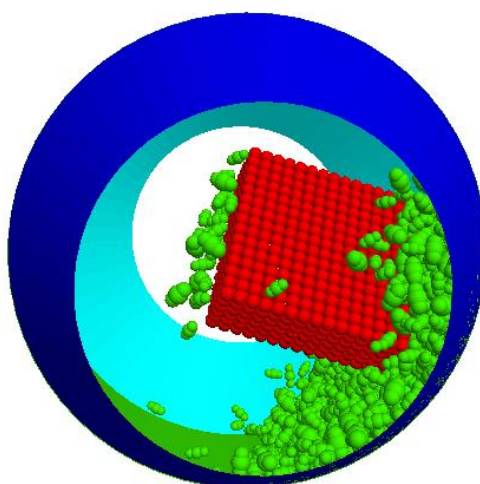
60 秒



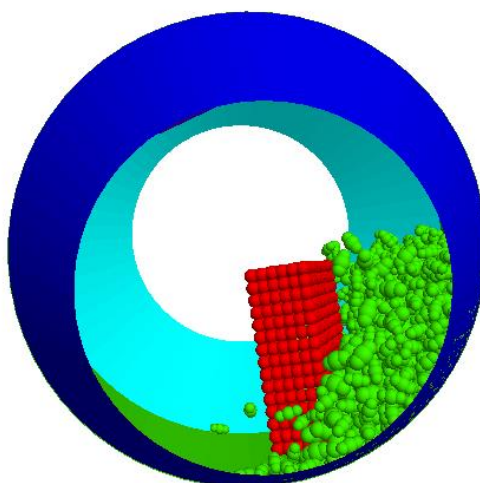
70 秒



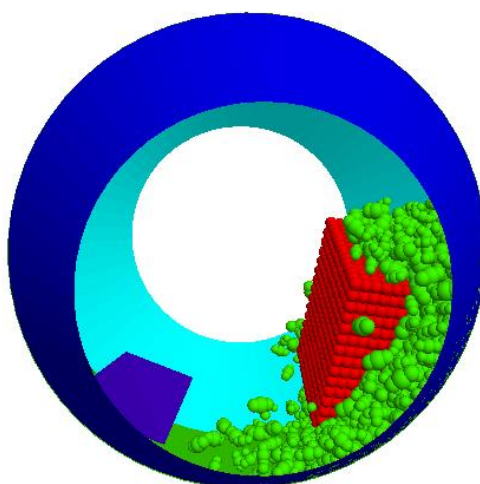
80 秒



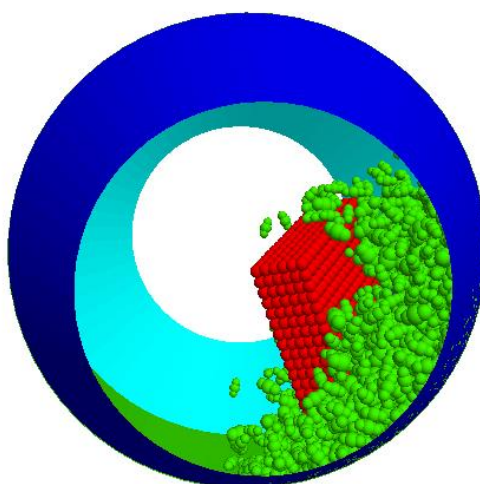
90 秒



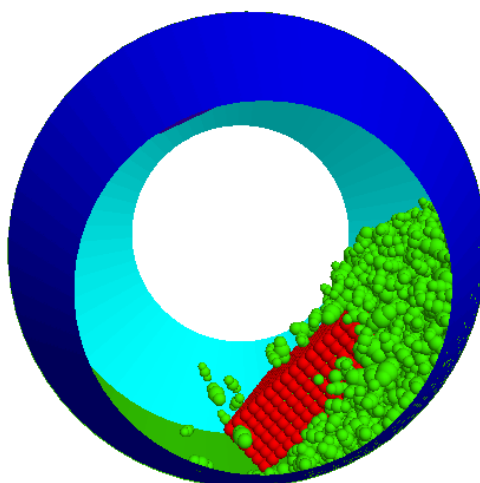
100 秒



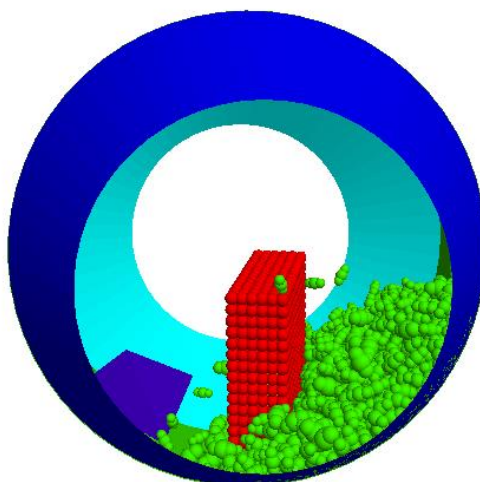
110 秒



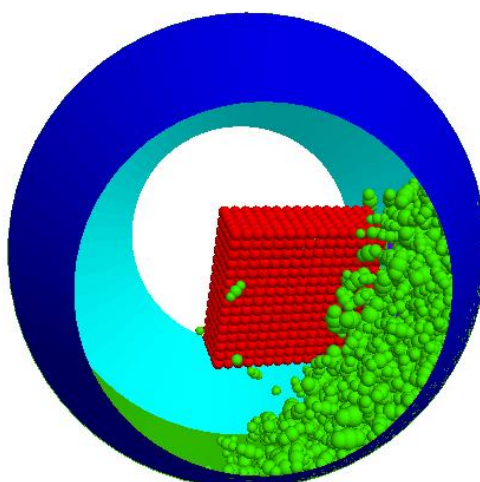
120 秒



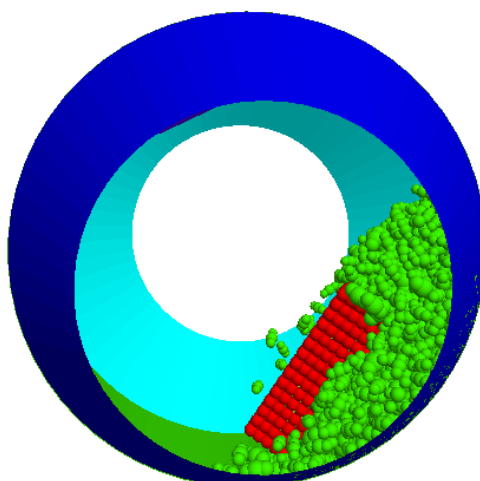
130 秒



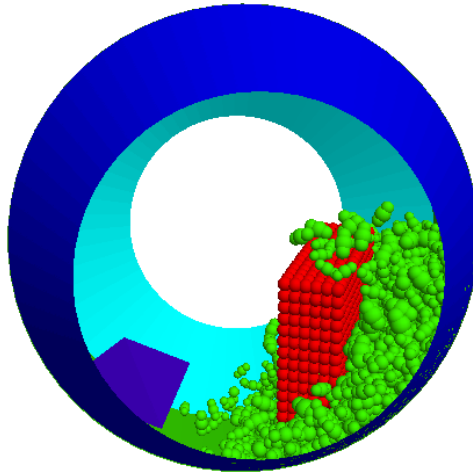
140 秒



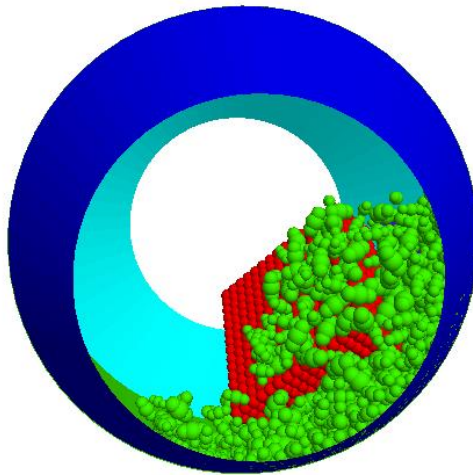
150 秒



160 秒



170 秒



180 秒

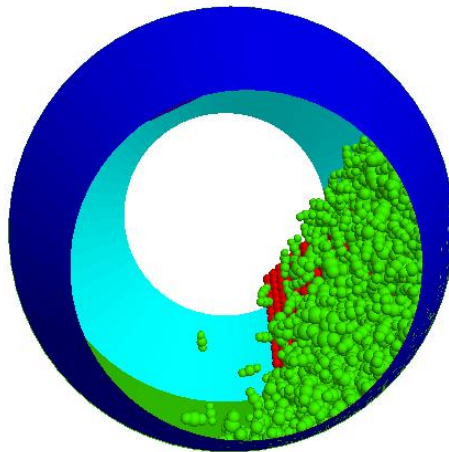


図 4. 1-11 攪拌形状図 (ケース 1 14rpm)

4. 1. 2. 2 攪拌シミュレーション・ケース2 (28rpm) の解析結果

回転速度28rpm の解析結果を以下に示す。図 4. 1-12 は包装実験体にかかる荷重の履歴、図 4. 1-13 は力積 (Σ (荷重 $\times$ 時間)) を示す。また、図 4. 1-7 に示した大きい石と小さい石の速度および包装実験体の速度を図 4. 1-14～図4. 1-16 に示す。図4. 1-17 は10 秒ごとの攪拌形状を示す。

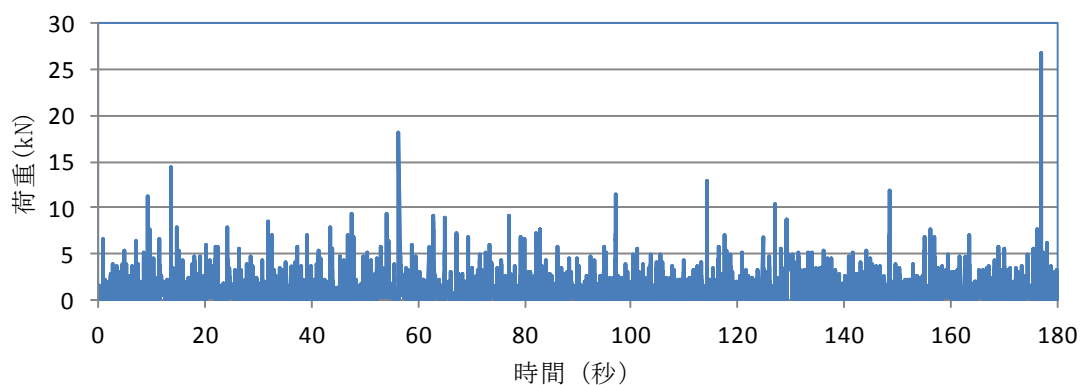


図 3.12 包装実験体にかかる荷重の履歴

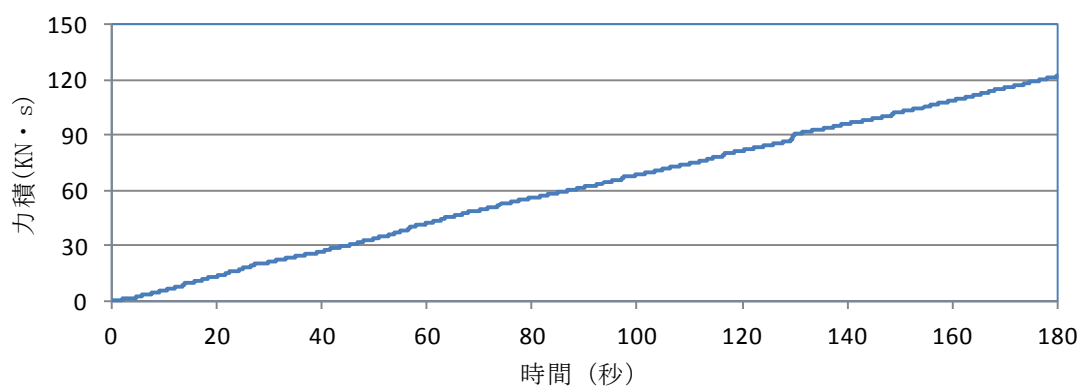
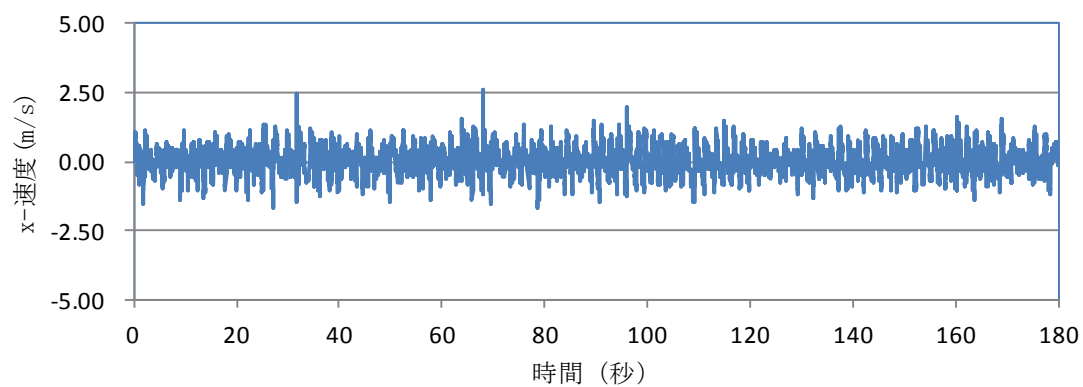
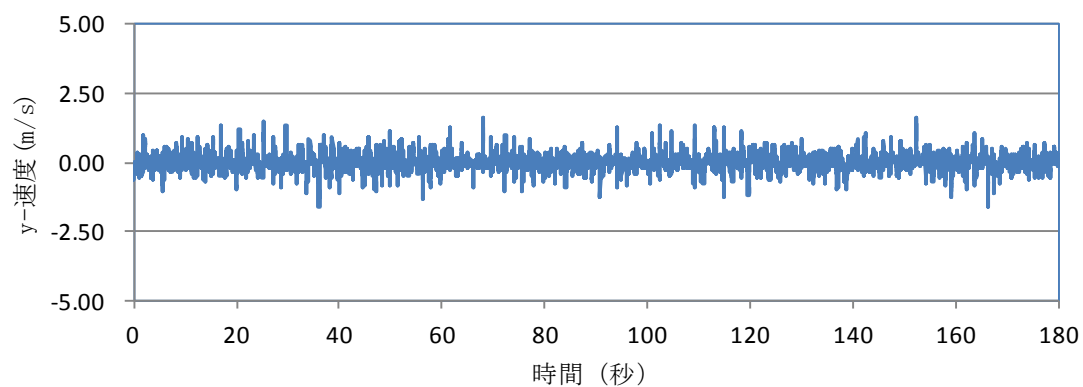


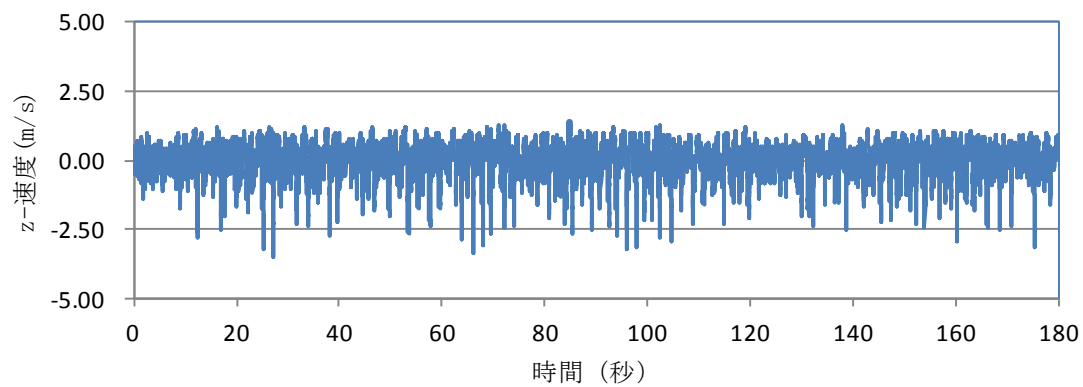
図 4. 1-13 包装実験体にかかる荷重の力積



(a) 水平方向速度

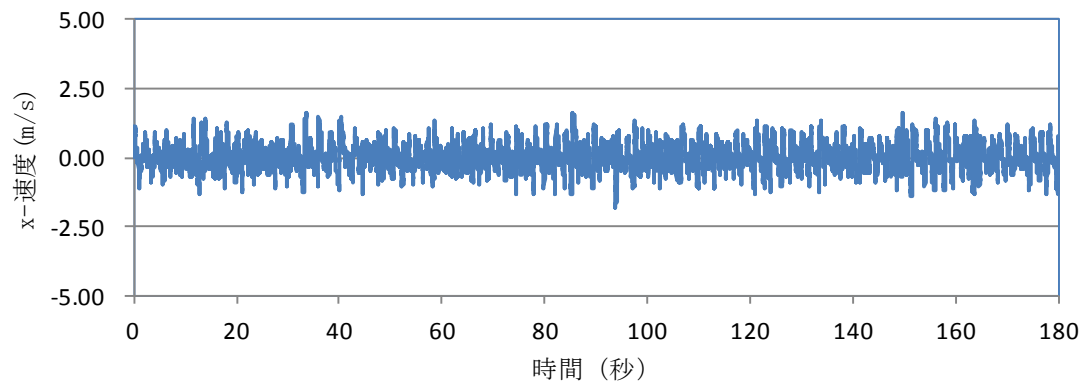


(b) 奥行方向速度

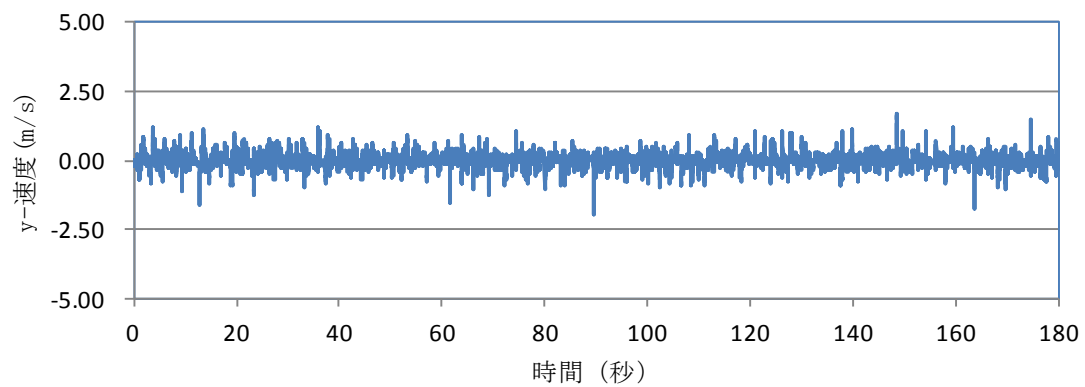


(c) 鉛直方向速度

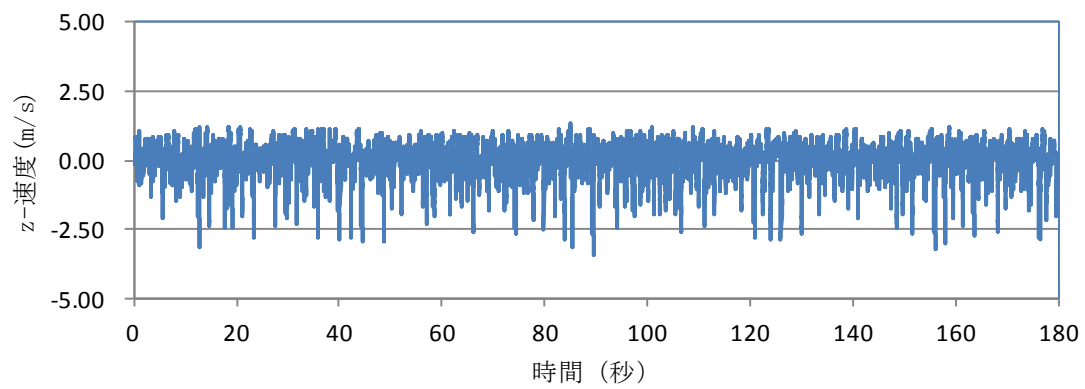
図 4.1-14 碎石（小）の速度



(a) 水平方向速度

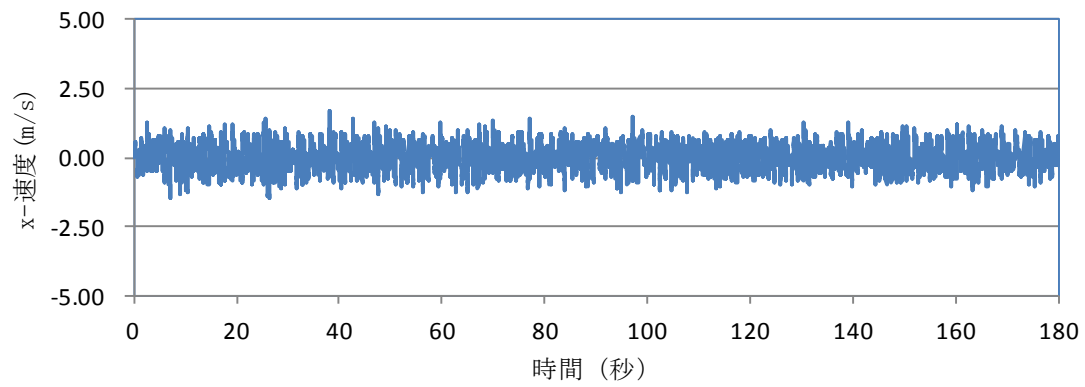


(b) 奥行方向速度

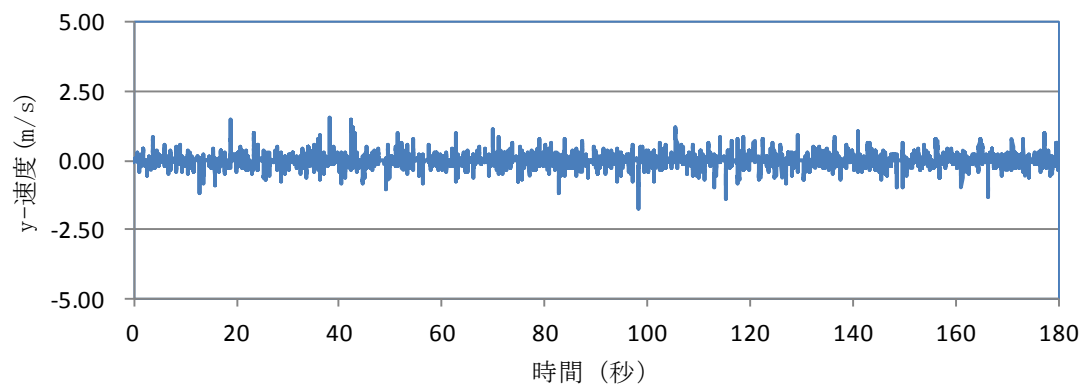


(c) 鉛直方向速度

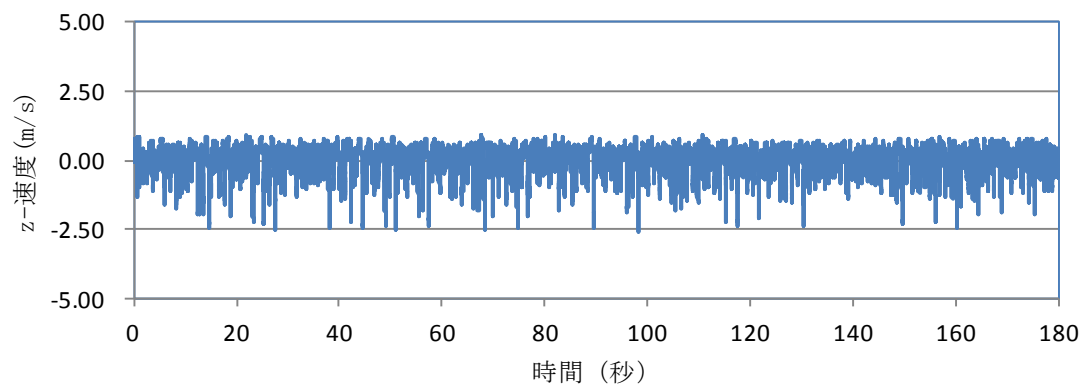
図 4. 1-15 砕石（大）の速度



(a) 水平方向速度



(b) 奥行方向速度

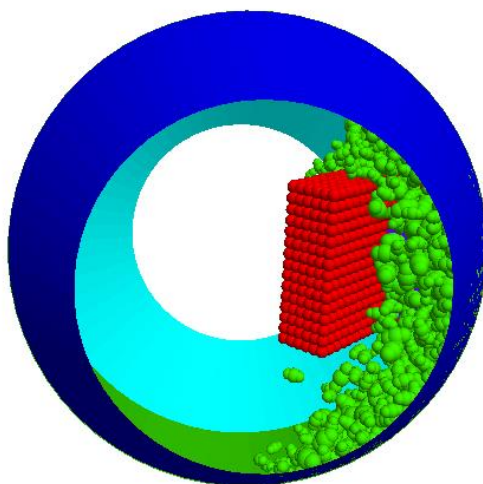


(c) 鉛直方向速度

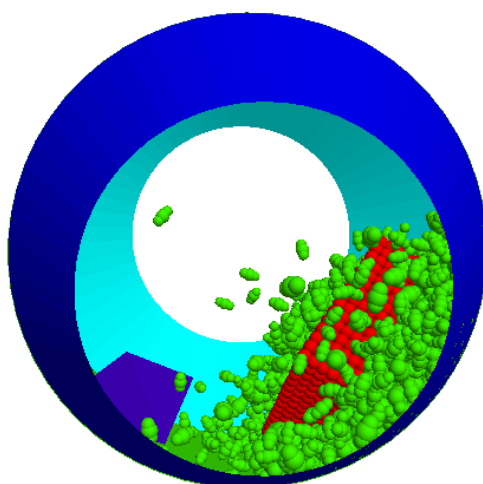
図 4. 1-16 包装実験体の速度

攪拌形状図（ケース 2 28rpm）

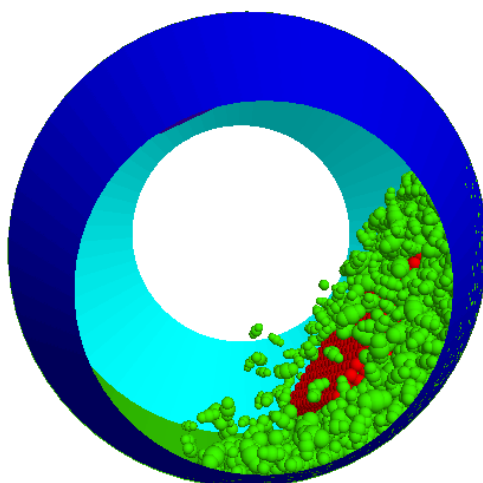
10 秒



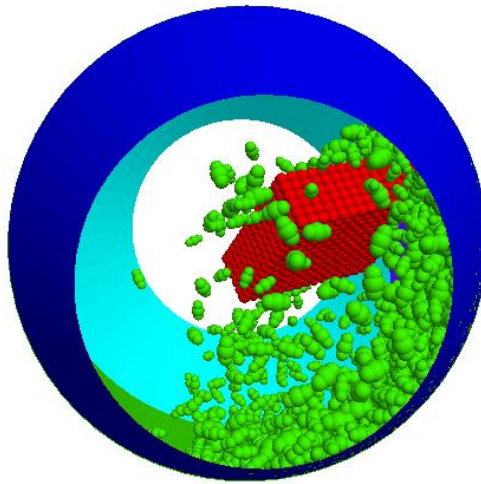
20 秒



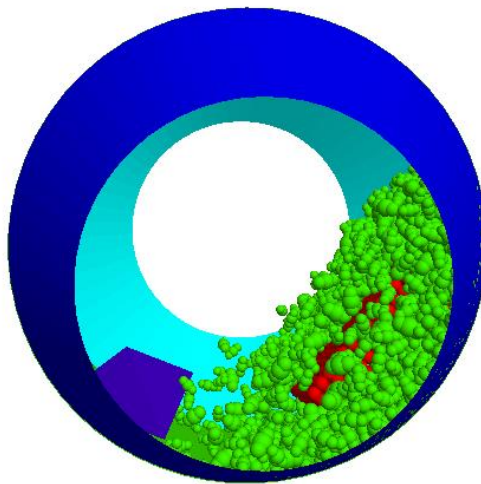
30 秒



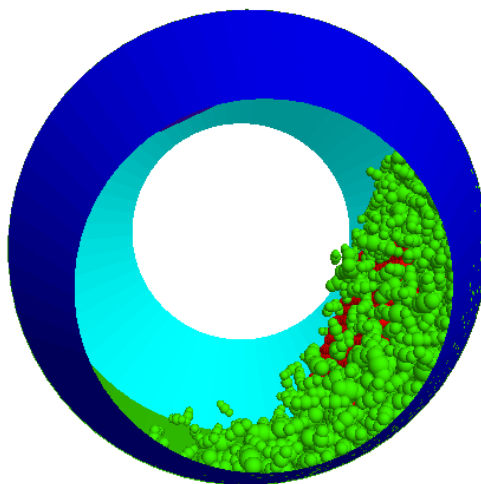
40 秒



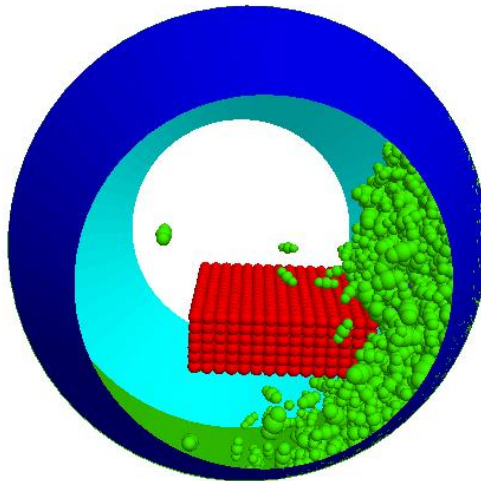
50 秒



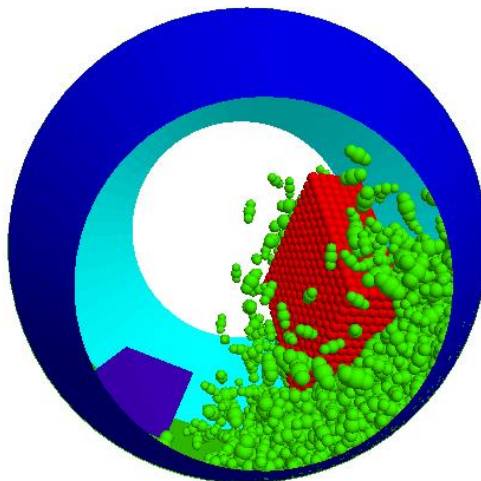
60 秒



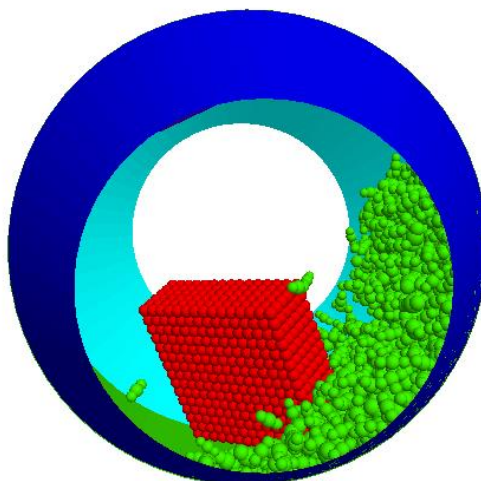
70 秒



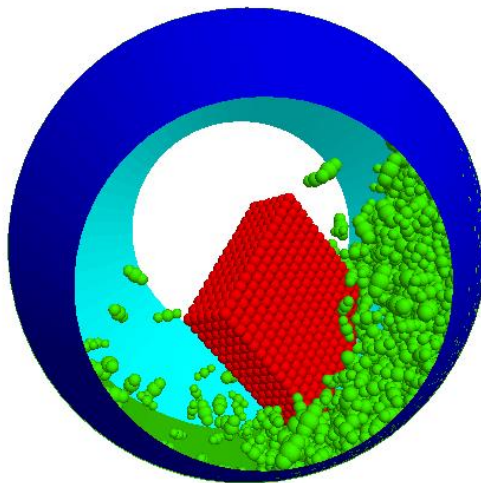
80 秒



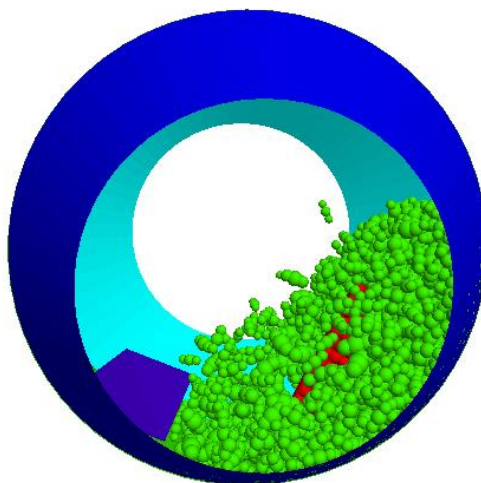
90 秒



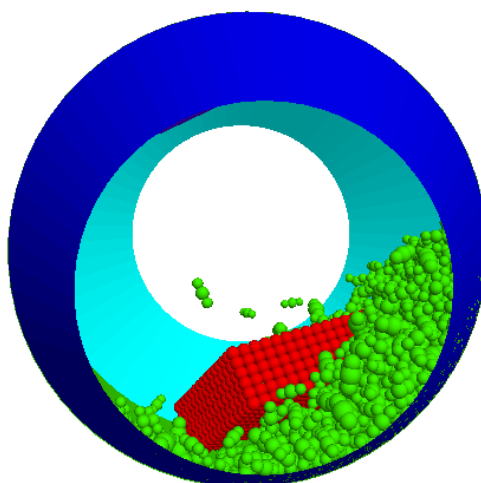
100 秒



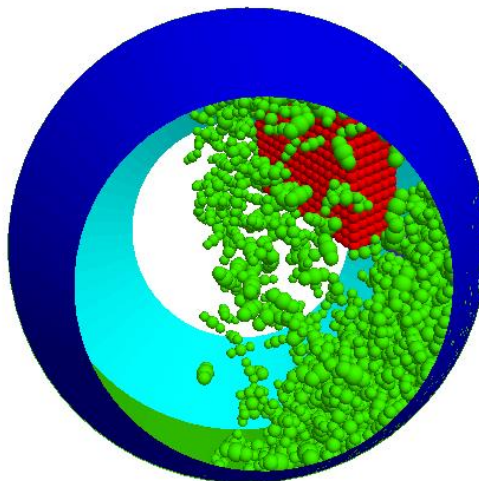
110 秒



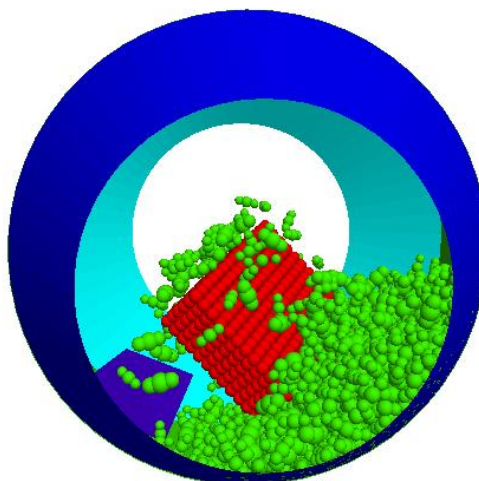
120 秒



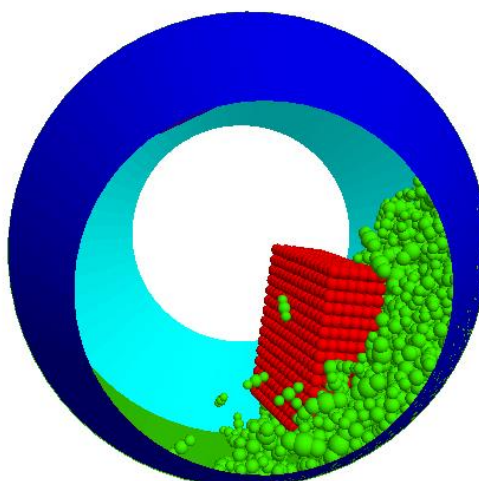
130 秒



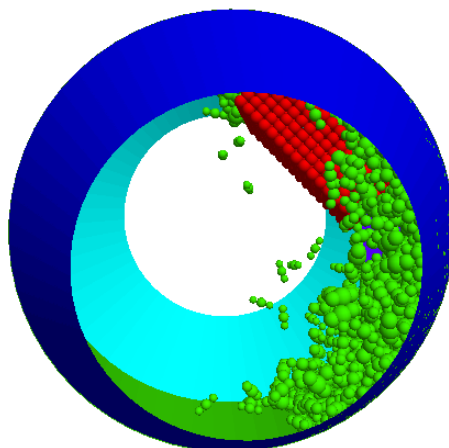
140 秒



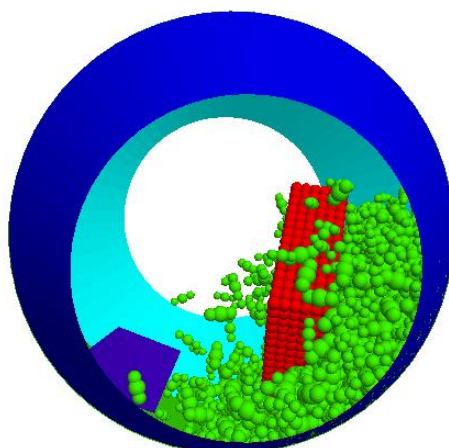
150 秒



160 秒



170 秒



180 秒

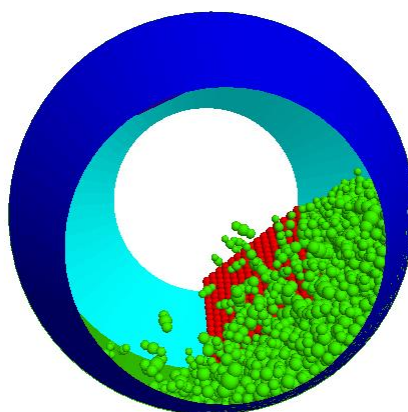


図 4.1-17 攪拌形状図（ケース 2 28rpm）

4.2 土砂崩れシミュレーション

4.2.1 解析方法

土砂崩れ実験では約6 立米の土砂(ずり石:質量420g～1.2kg (大きさ:115.7×70×49.6
～151.0×104.0×59.6) に包装実験体を埋め、全体をブルトーザで押し出し落下させた。モデル詳細は以下に示す。モデル構成要素は斜面(壁) 荷重評価対象の包装実験体(球粒子のクランプ) および土砂(球粒子のクランプ) である。

落下実験 NO. 1

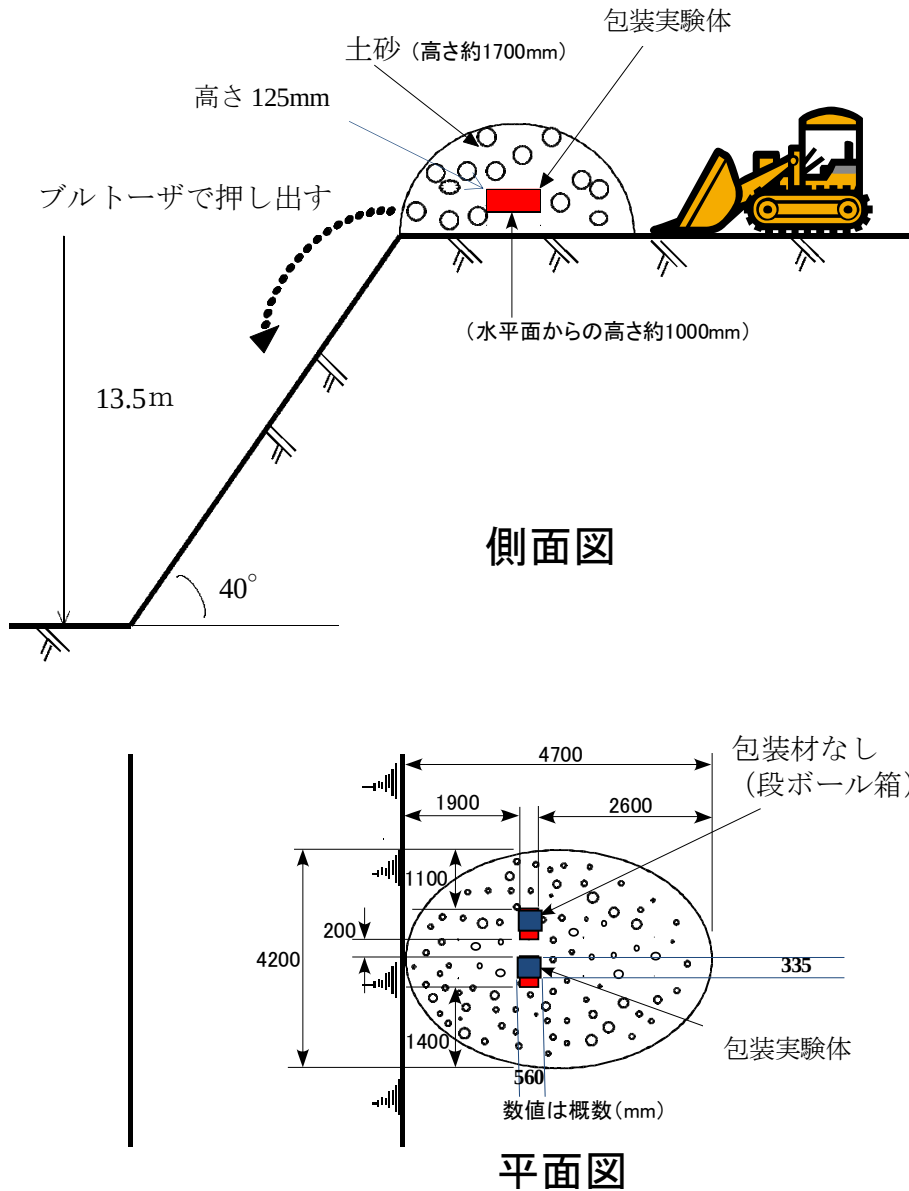


図 4. 2-1 土砂崩れ実験モデル

4. 2. 1. 2 斜面モデル

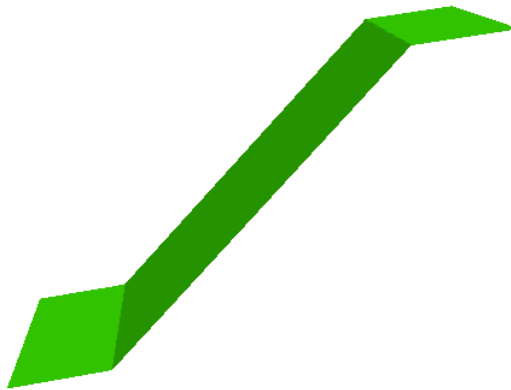


図 4. 2-2 斜面の壁モデル

4. 2. 1. 3 土砂崩れ実験モデル（包装実験体と段ボール箱）

重さ 9.17kg
寸法 560mm×335mm×125mm

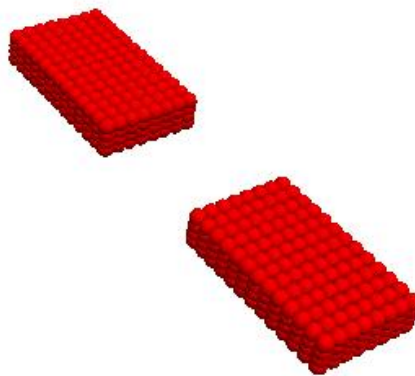


図 4. 2-3 土砂崩れ実験モデル

4.2.1.4 土砂モデル

土砂は大きいずり石を基準に作成した。粒子石の大きさを1.5倍とし、約3万個粒子のモデルを作成した。なお、解析物性は表4-1に示す通りであり、粒子の密度は 2650kg/m^3 とした。

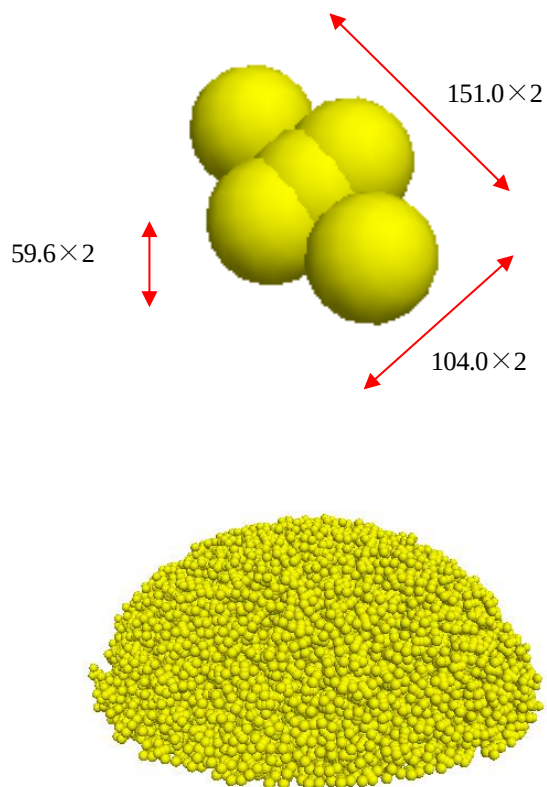


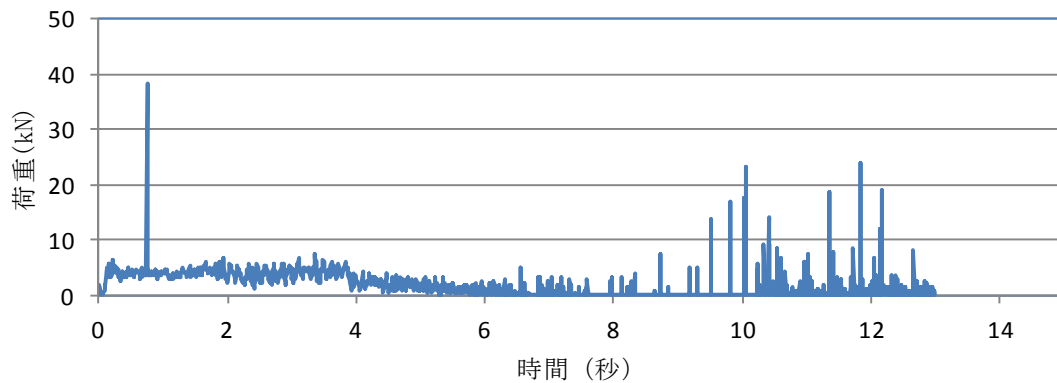
図 4.2-4 土砂の粒子モデル

4.2.2 解析条件

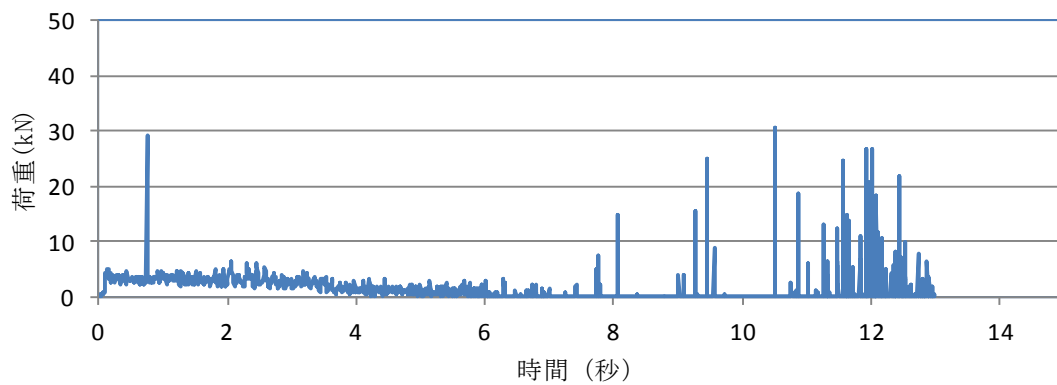
解析条件を、土砂の押し出し速度とした場合と落下速度とした場合の2通りで解析した。

4.2.2.1 土砂崩れシミュレーション・ケース1（押し出し速度0.4 m/s）解析条件と結果

押し出し速度0.4 m/sの解析結果を以下に示す。図4.2-5 は包装実験体（包装材あり）と段ボール箱（包装材なし）の実験体にかかる荷重の履歴、図4.2-6 は力積（ Σ （荷重 $\times$ 時間））の結果を示す。包装実験体と段ボール箱の速度について図4.2-7 に示す。また、図4.2-8 に示す落下土砂の先頭石について、その速度を図4.2-9、図4.2-10 に示す。最後に、1秒ごとの落下形状を図4.2-11 に示す。

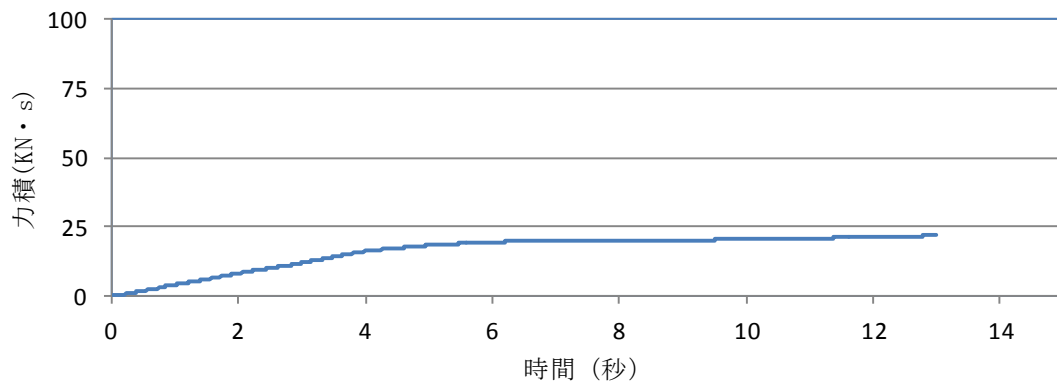


a) 包装実験体

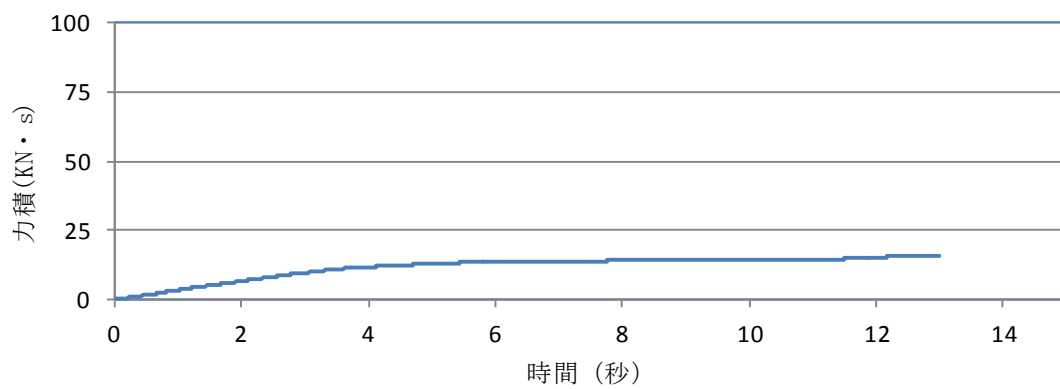


b) 段ボール箱

図 4.2-5 実験体にかかる荷重の履歴

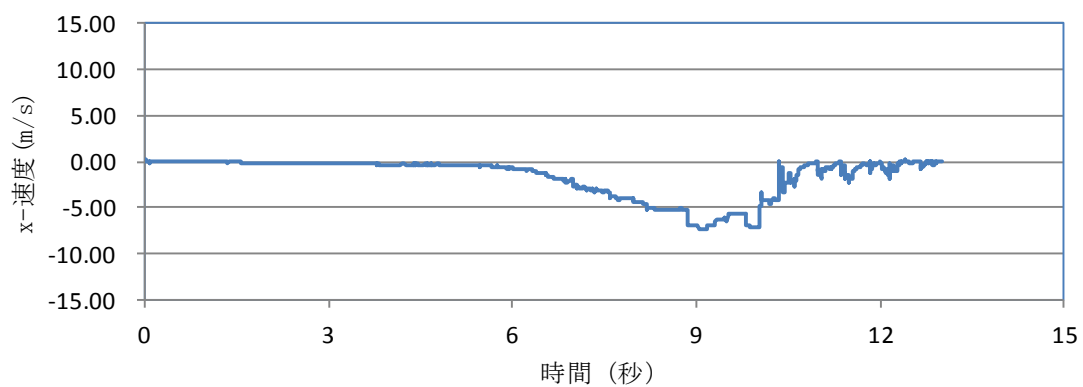


a) 包装実験体

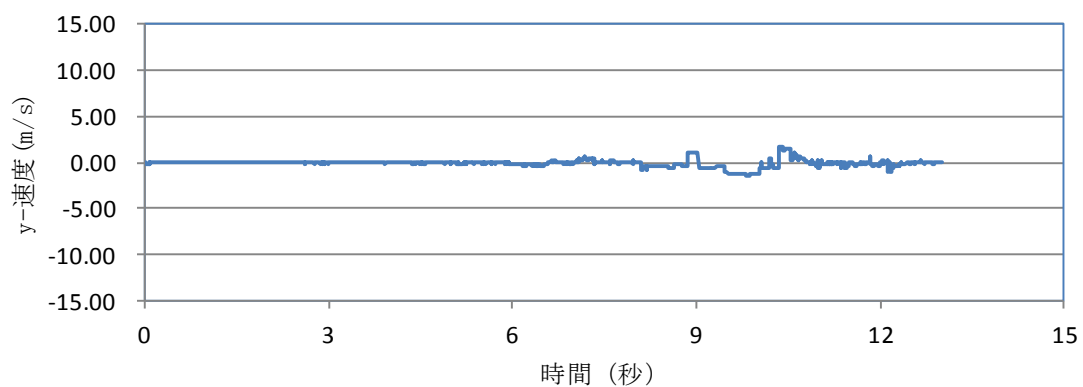


b) 段ボール箱

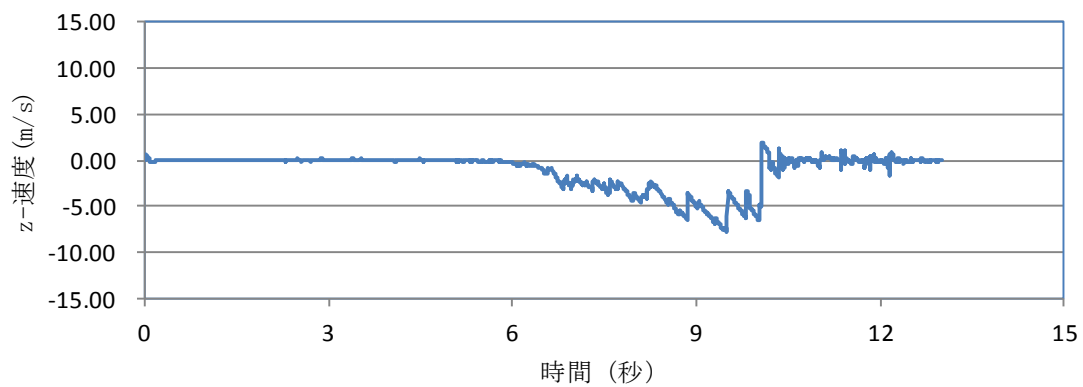
図 4.2-6 実験体にかかる荷重の力積



水平方向速度

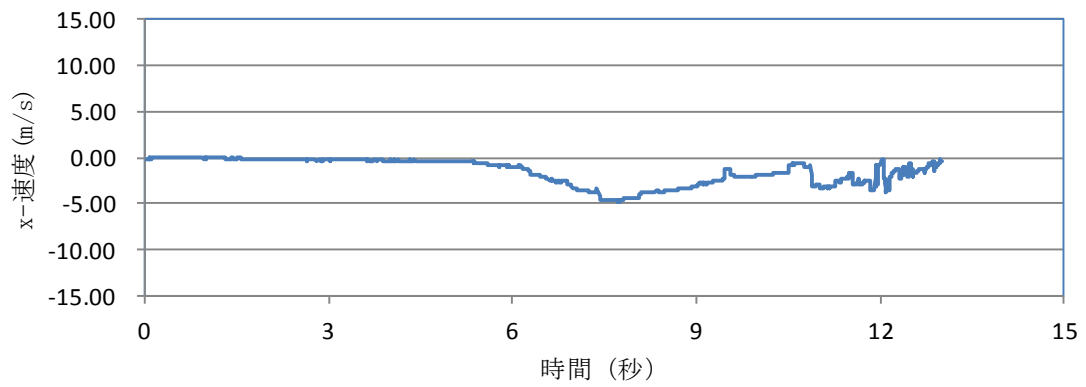


横方向速度

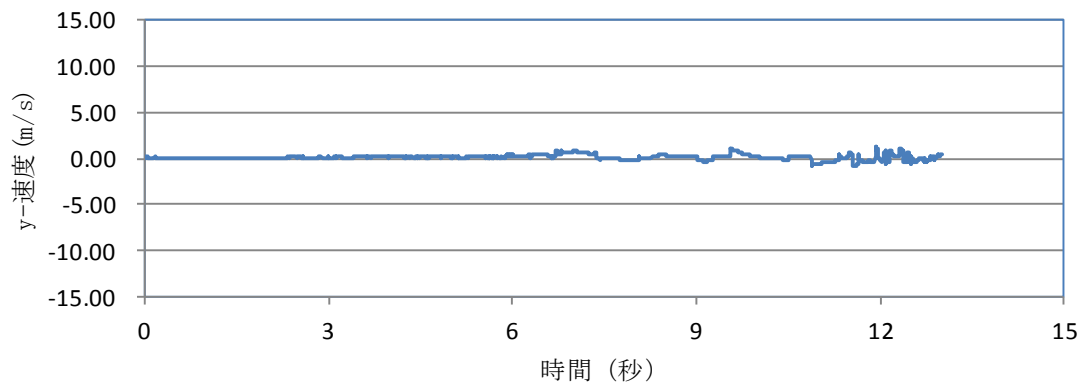


鉛直方向速度

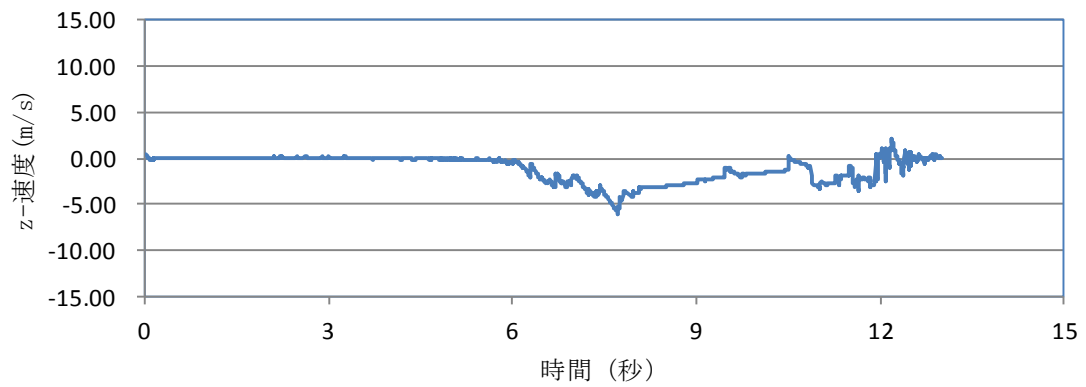
a) 包装実験体



水平方向速度



横方向速度



鉛直方向速度

b) 段ボール箱

図 4. 2-7 段ボール箱の速度

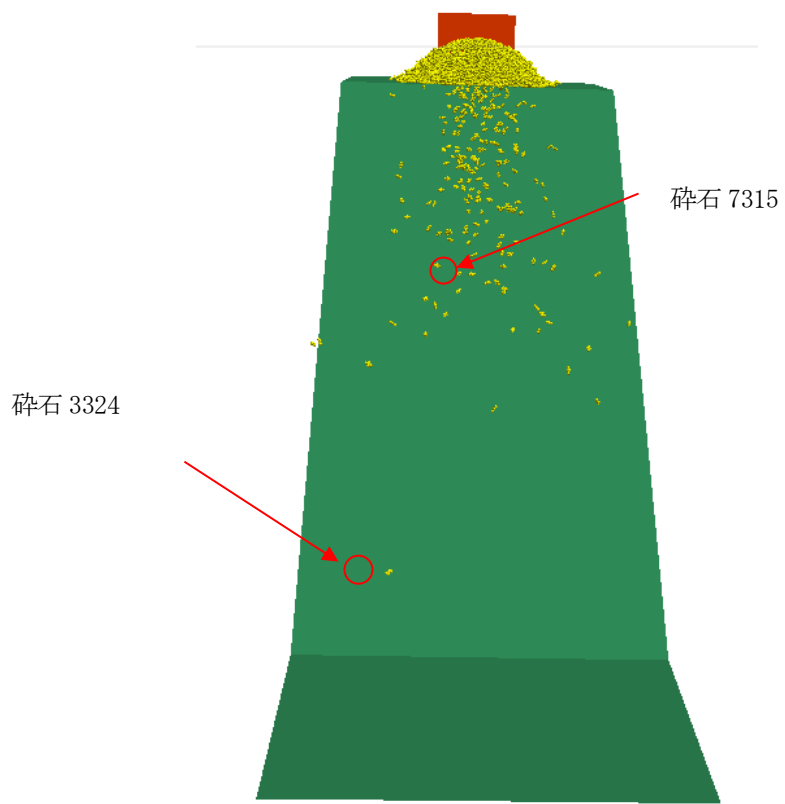
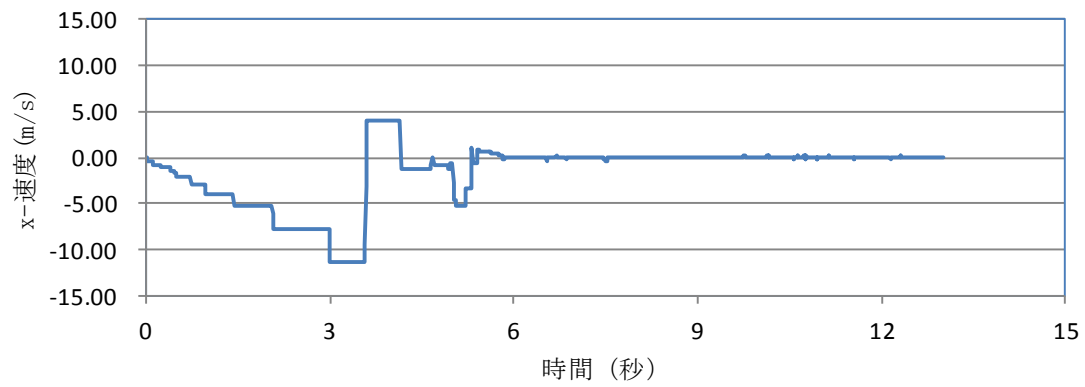
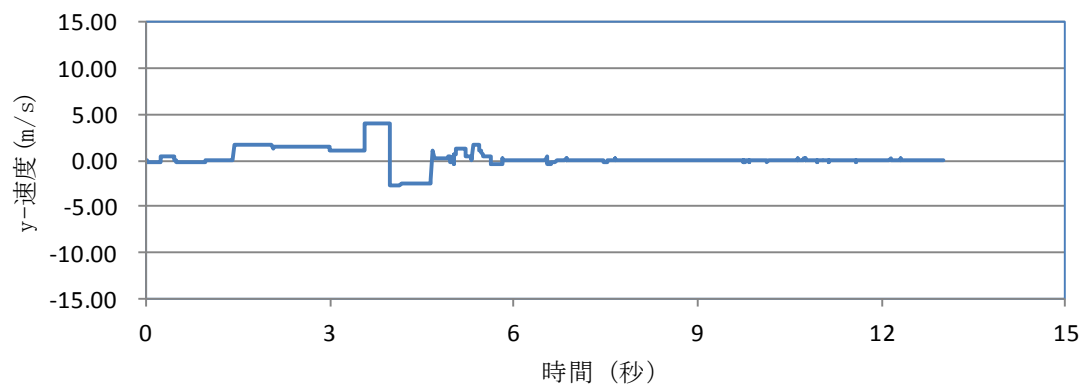


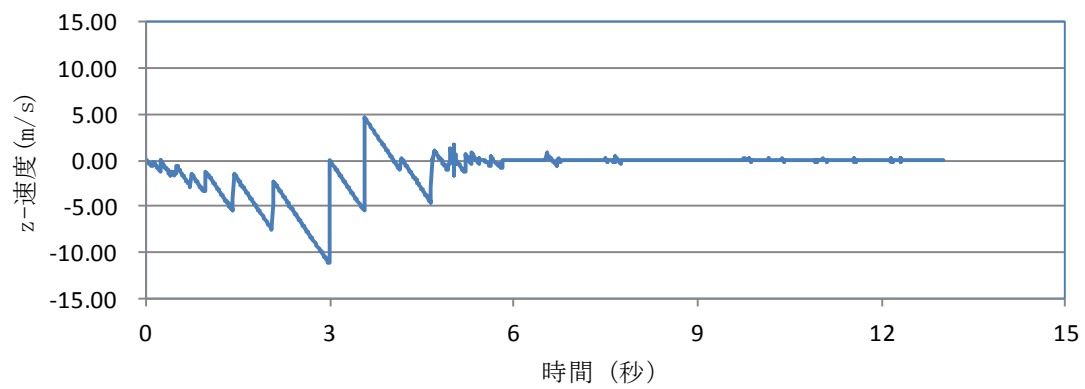
図 4.2-8 速度を評価する石



(a) 水平方向速度

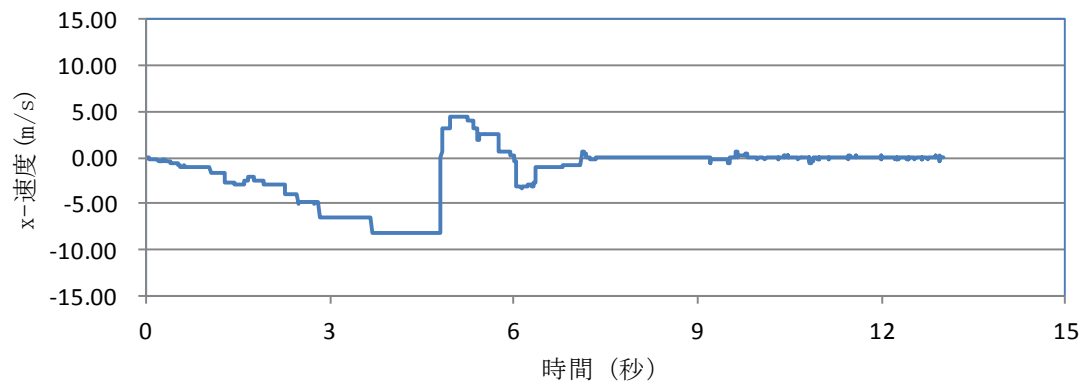


(b) 横方向速度

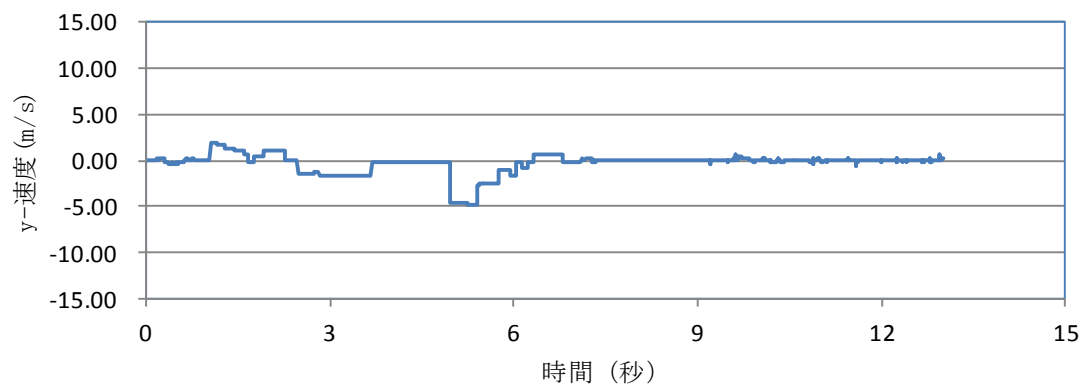


(c) 鉛直方向速度

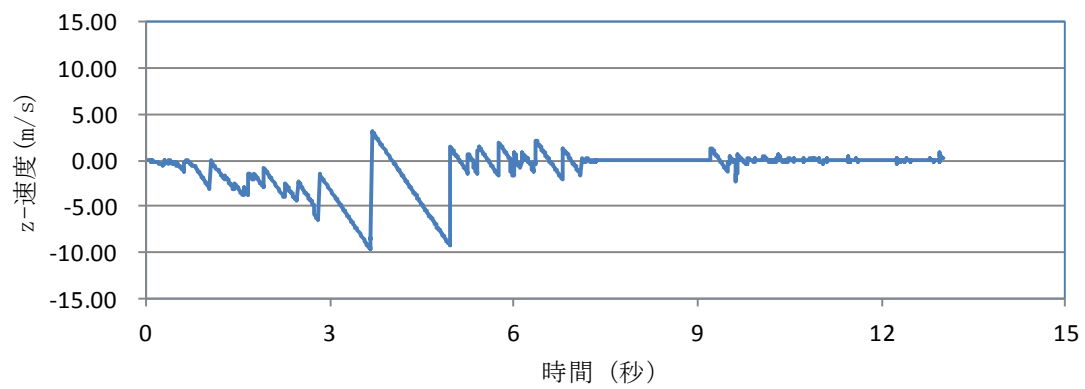
図 4.2-9 碎石 (3324) の速度



(a) 水平方向速度



(b) 横方向速度

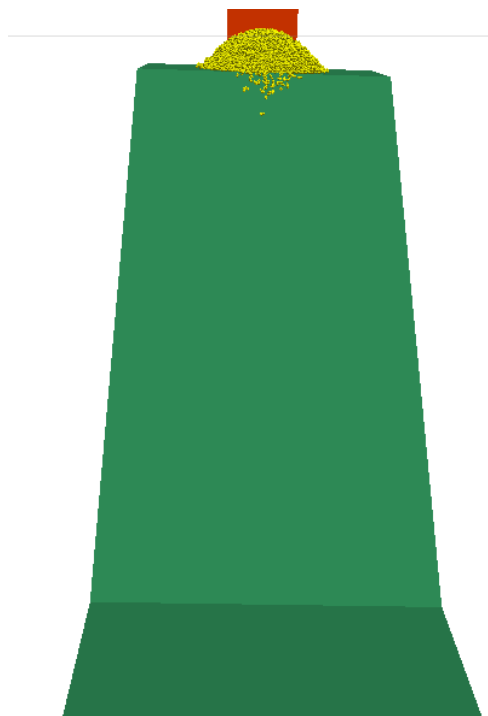


(c) 鉛直方向速度

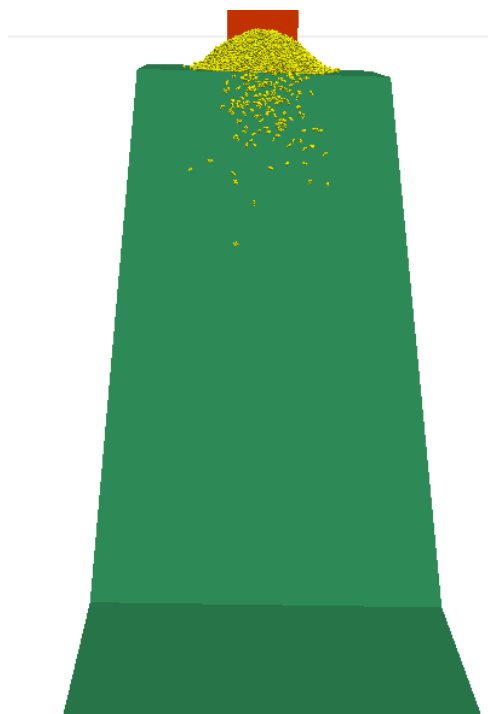
図 4. 2-10 碎石 (7315) の速度

土砂崩れシミュレーション・ケース 1（押し出し速度0.4 m/s） 形状図

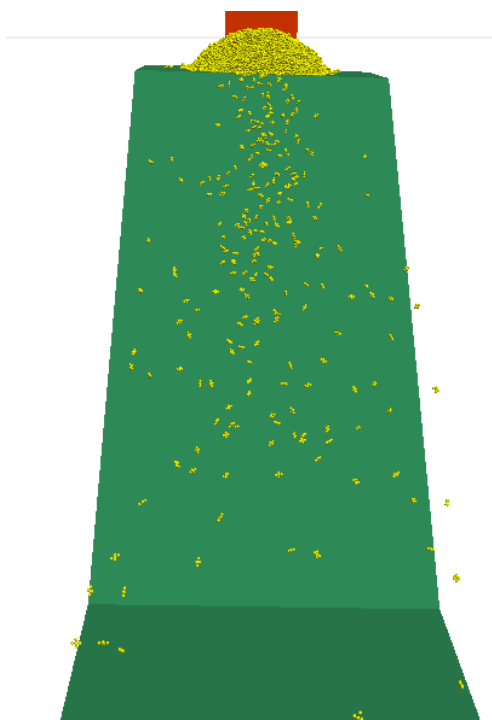
1 秒



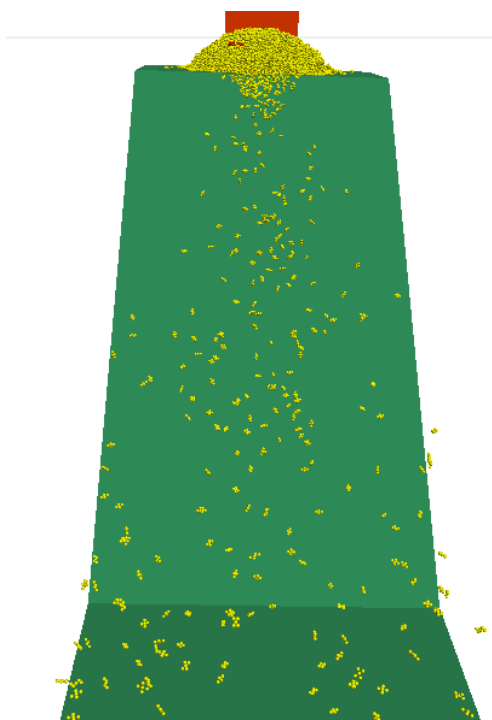
2 秒



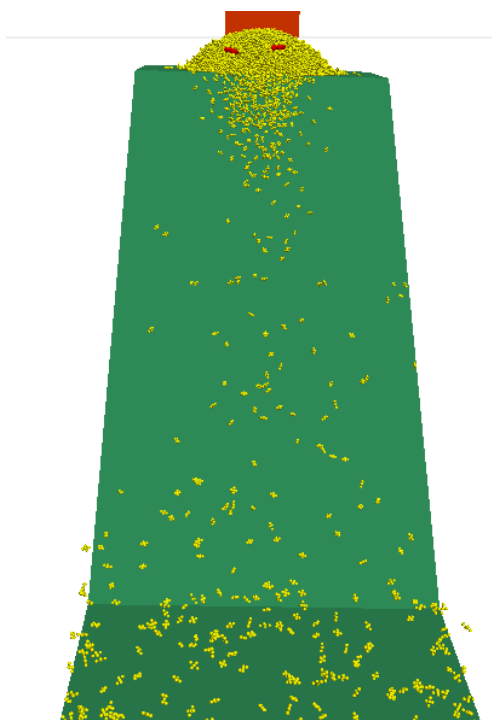
3 秒



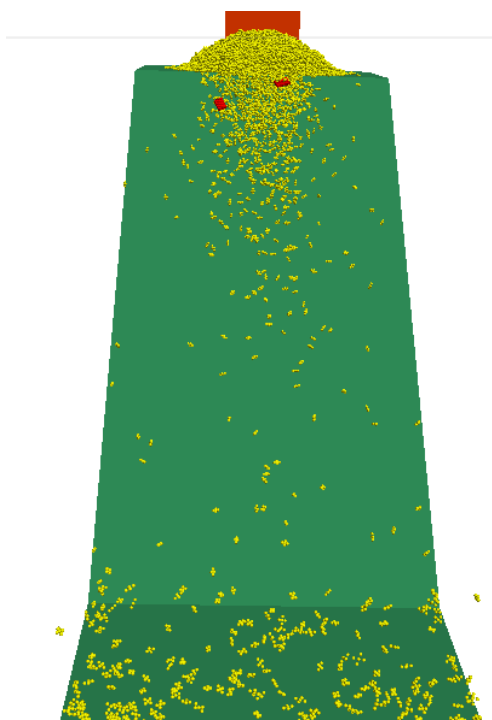
4 秒



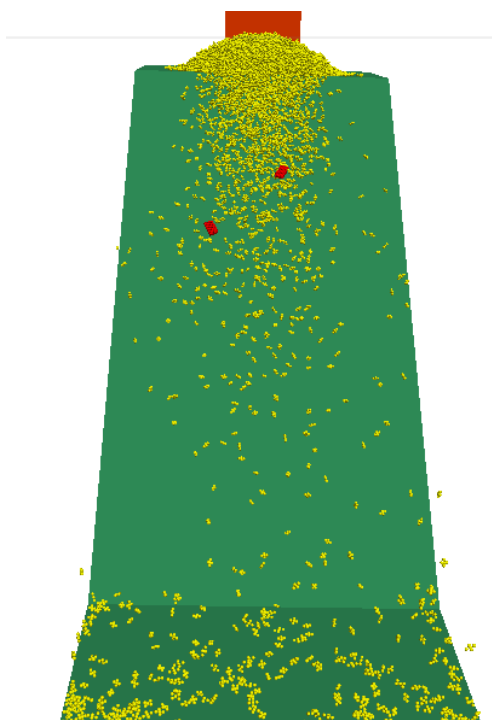
5 秒



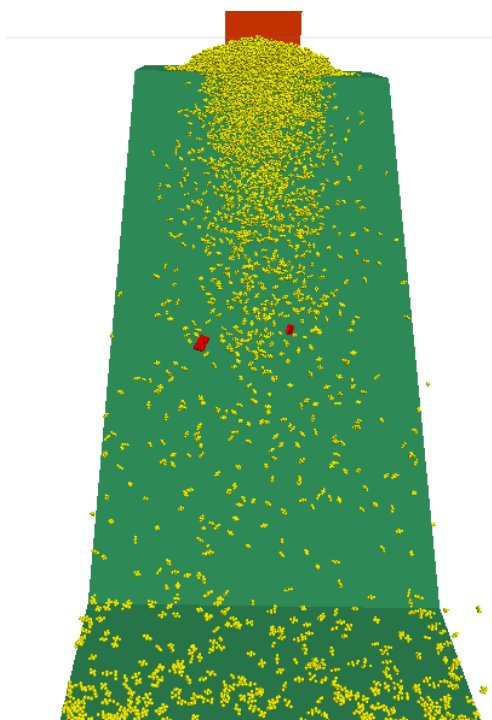
6 秒



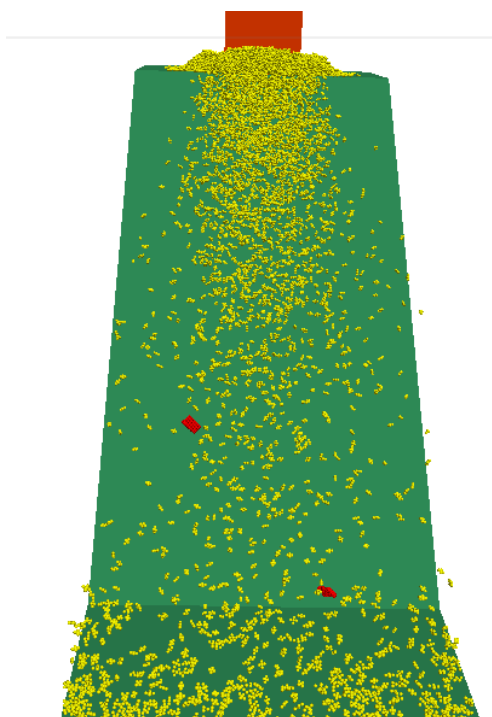
7 秒



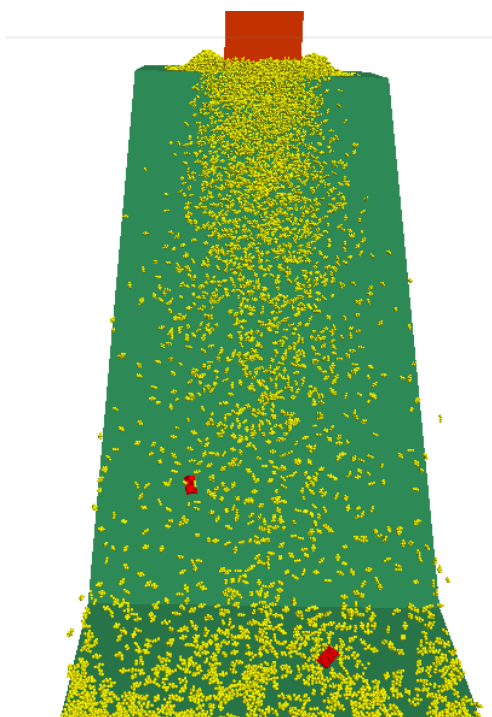
8 秒



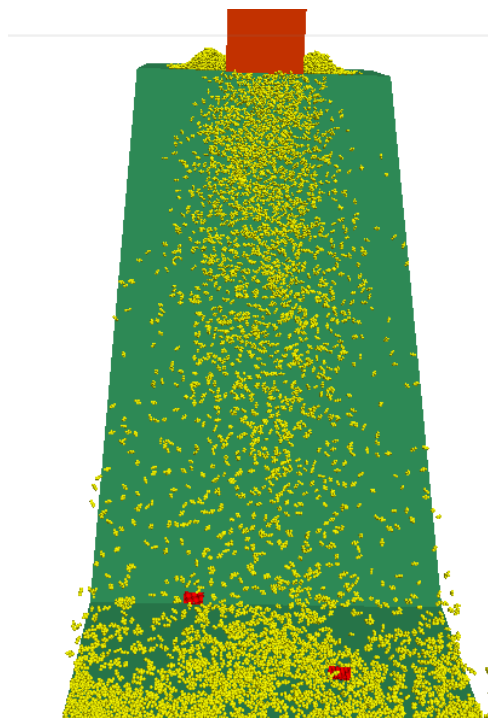
9 秒



1 0 秒



1 1 秒



1 2 秒

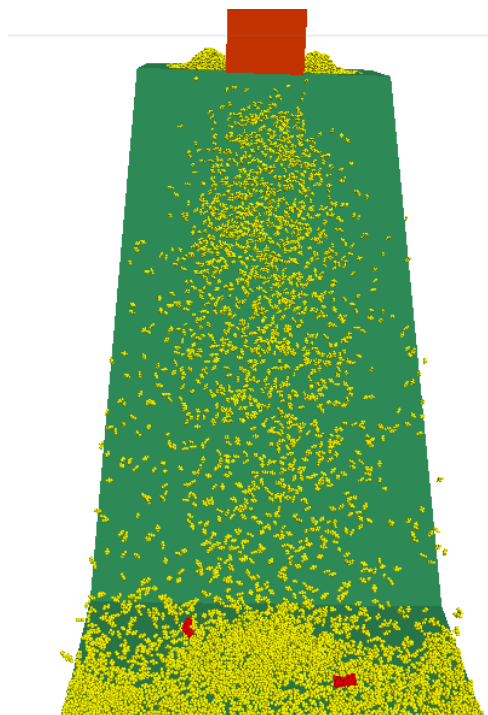
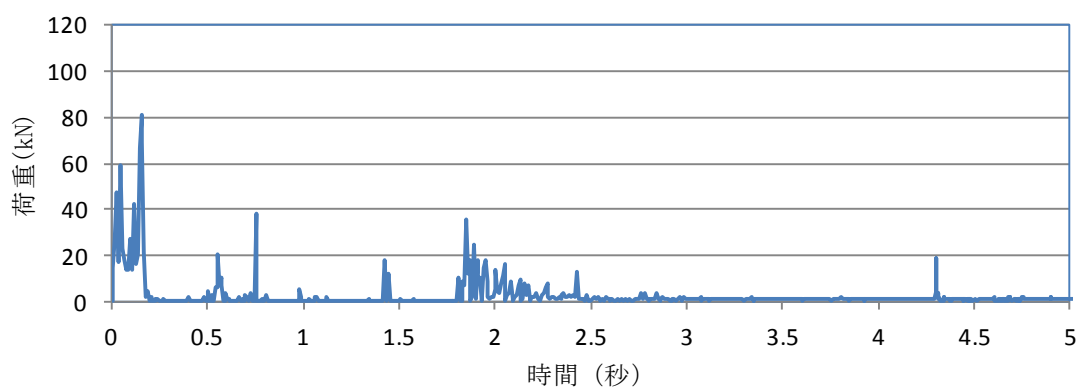


図 4. 2-11 土砂崩れシミュレーション・ケース 1 形状図

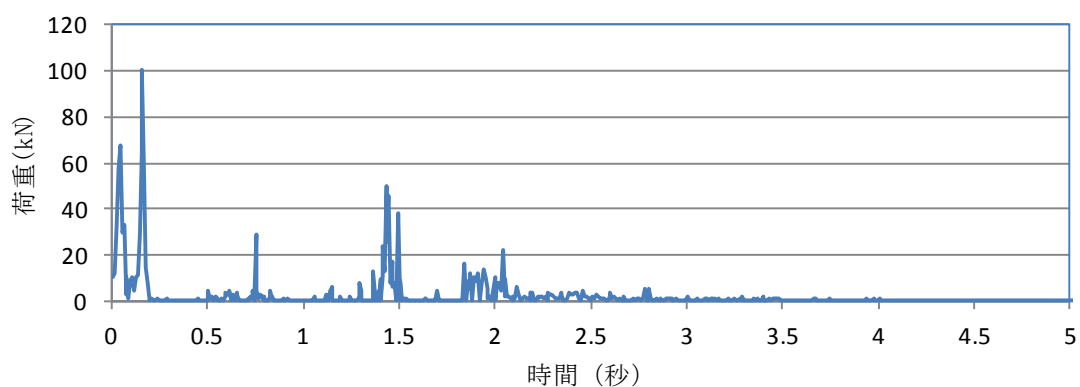
4.2.2.2 土砂崩れシミュレーション・ケース2（落下速度15 m/s）解析条件と結果

土砂落下速度15 m/sを仮定し、土砂に初期速度を与えて解析を行った。それらの解析結果を以下に示す。

図4.2-12 は包装実験体と段ボール箱にかかる荷重の履歴、図4.2-13 は力積（ Σ （荷重×時間））の結果を示す。包装実験体と段ボール箱の速度について図4.2-14 に示す。また、図4.2-15 に示す落下土砂の先頭石について、その速度を図4.2-16、図4.2-17 に示す。最後に、0.5 秒ごとの落下形状を図4.2-18 に示す。

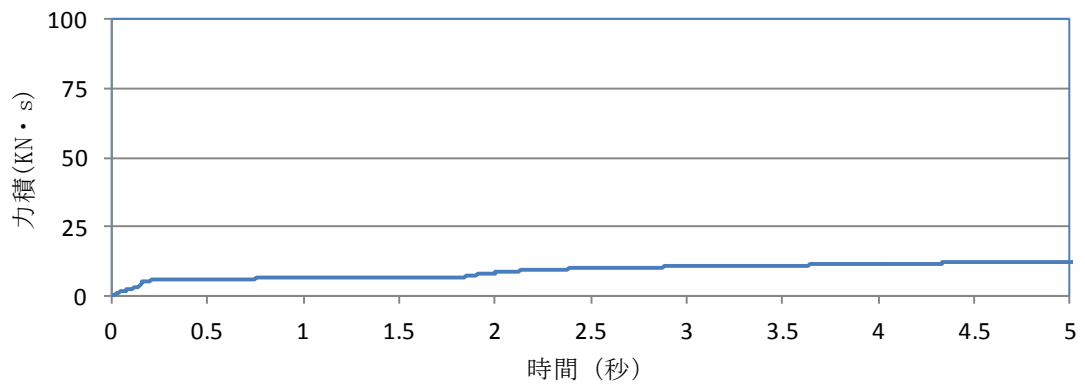


包装実験体

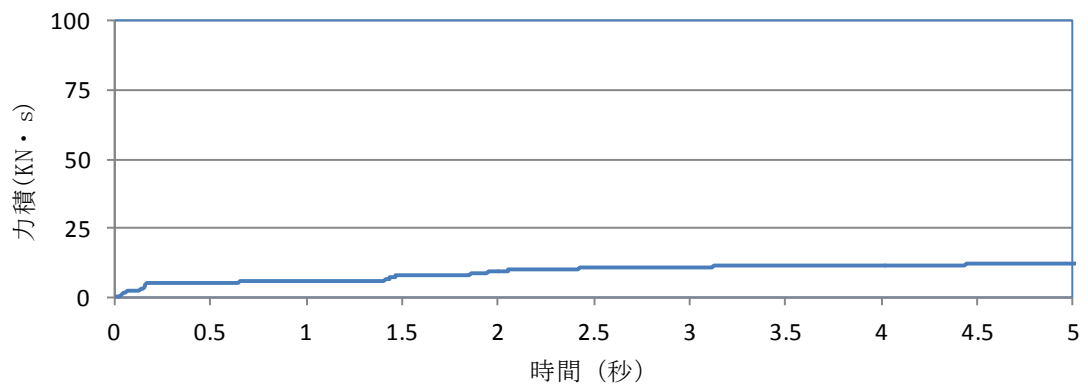


段ボール箱

図 4.2-12 実験体にかかる荷重の履歴

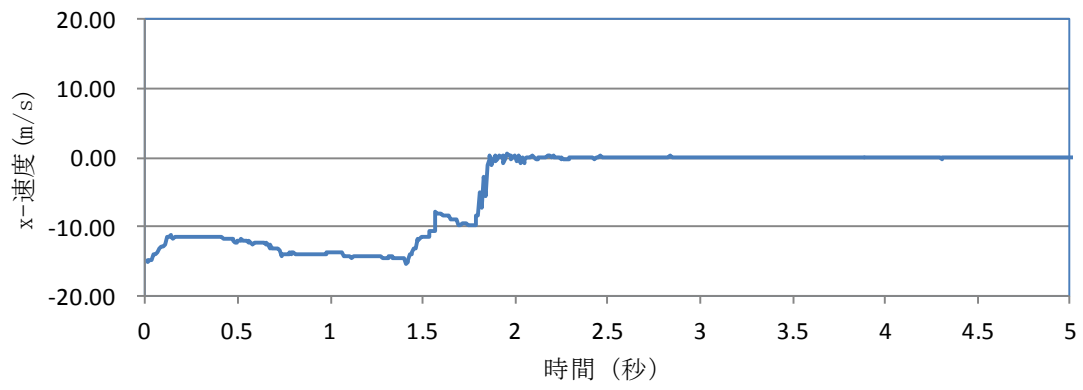


a) 包装実験体

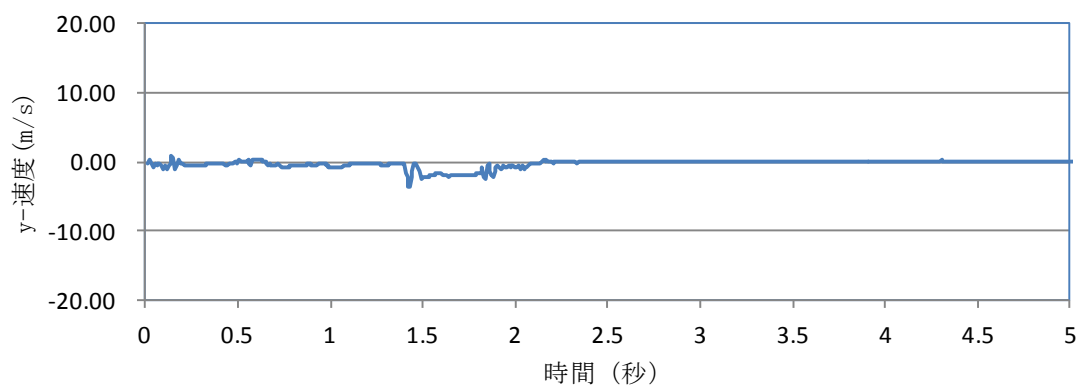


b) 段ボール箱

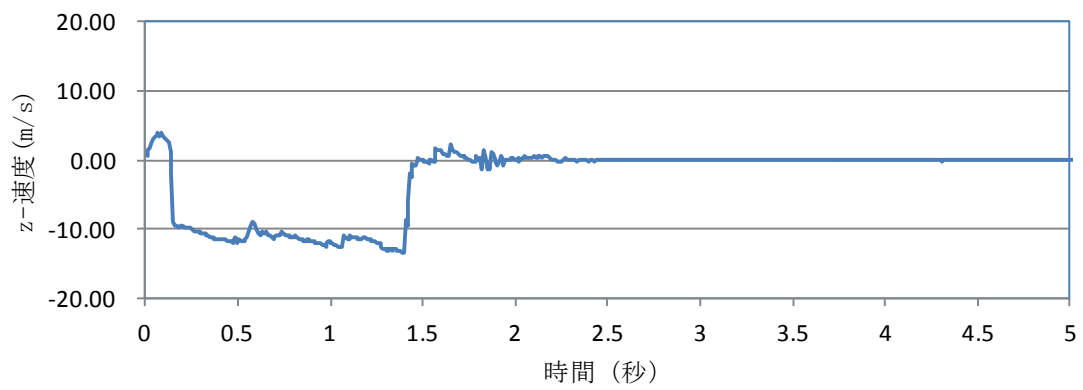
図 4.2-13 実験体にかかる荷重の力積



水平方向速度

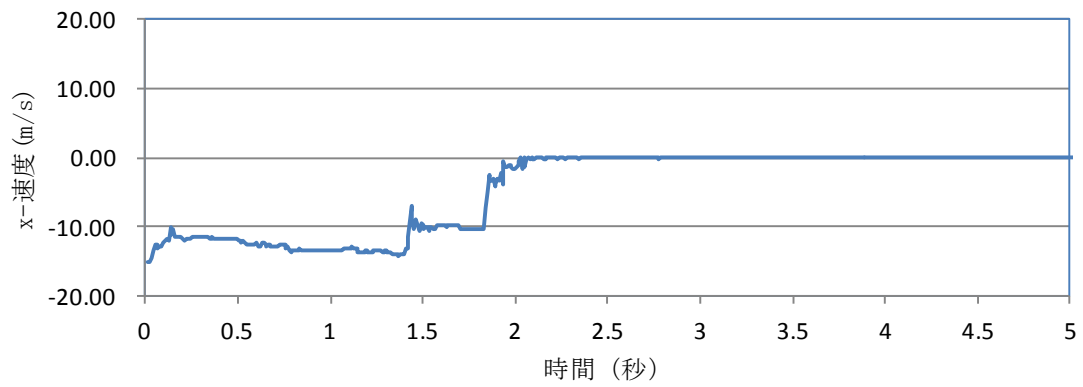


横方向速度

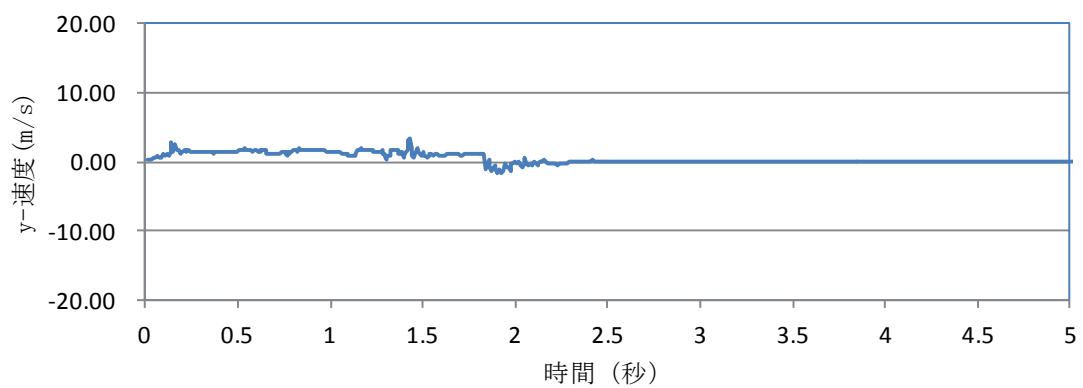


鉛直方向速度

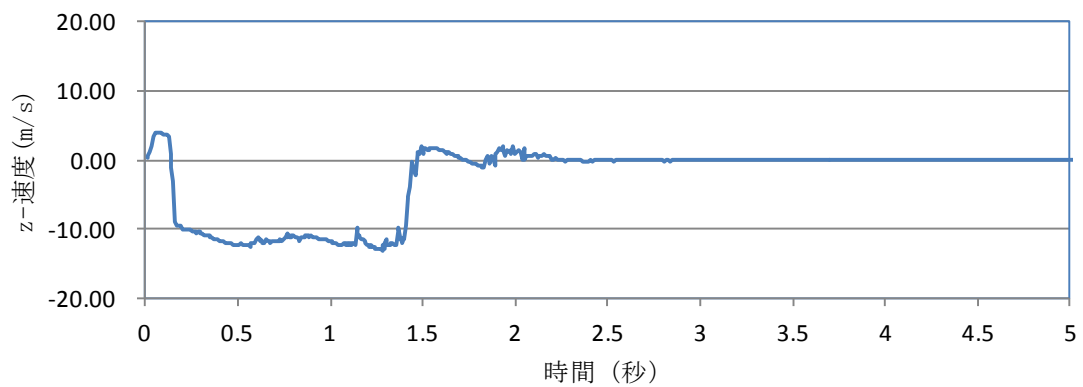
a) 包装実験体



水平方向速度



横方向速度



鉛直方向速度

b) 段ボール箱

図 4. 2-14 実験体の速度

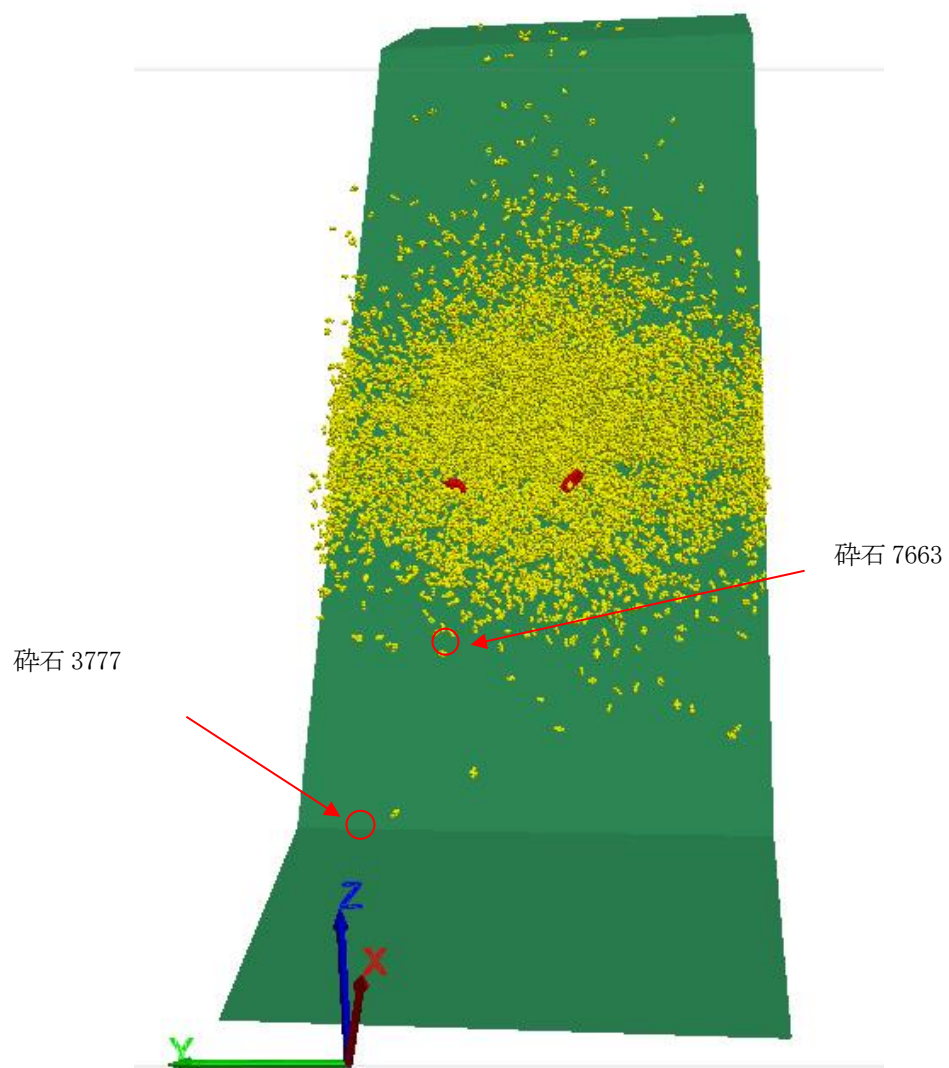
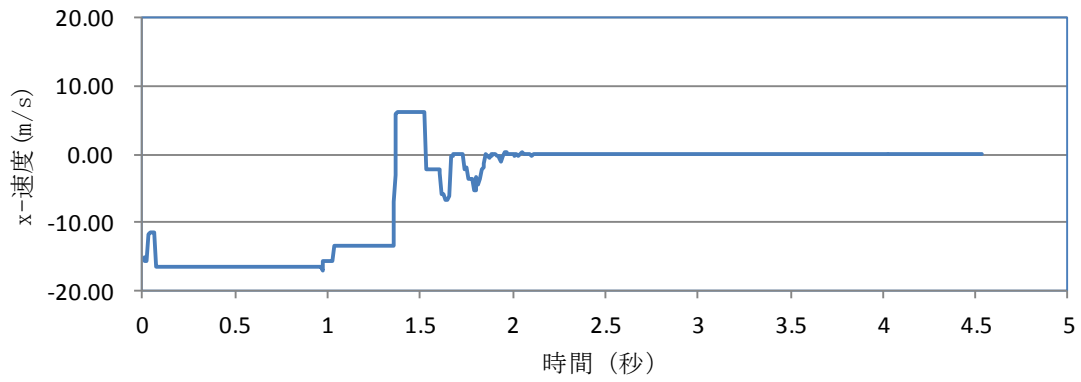
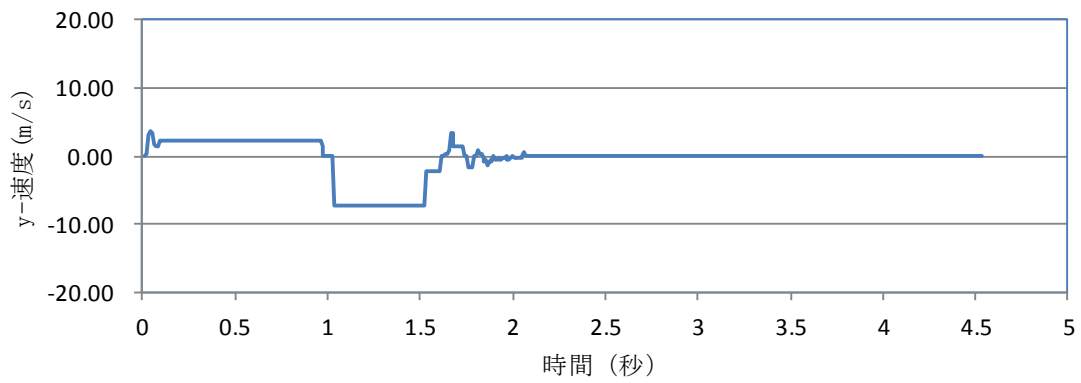


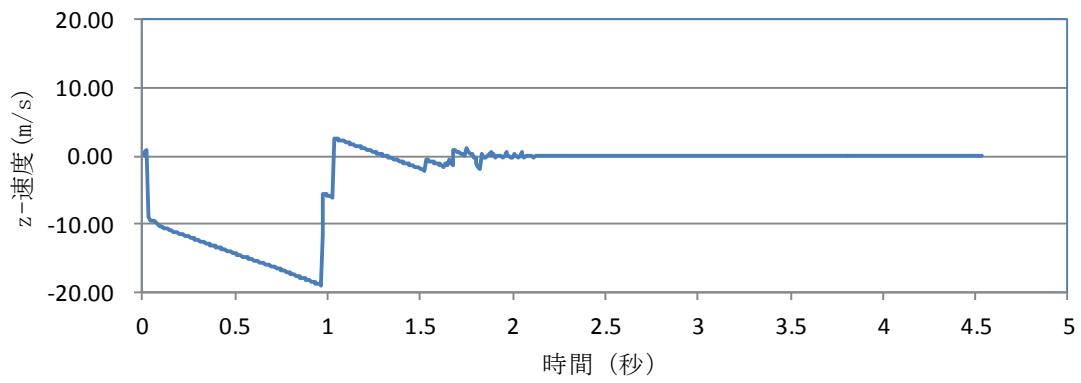
図 4.2-15 速度を評価する石



(a) 水平方向速度

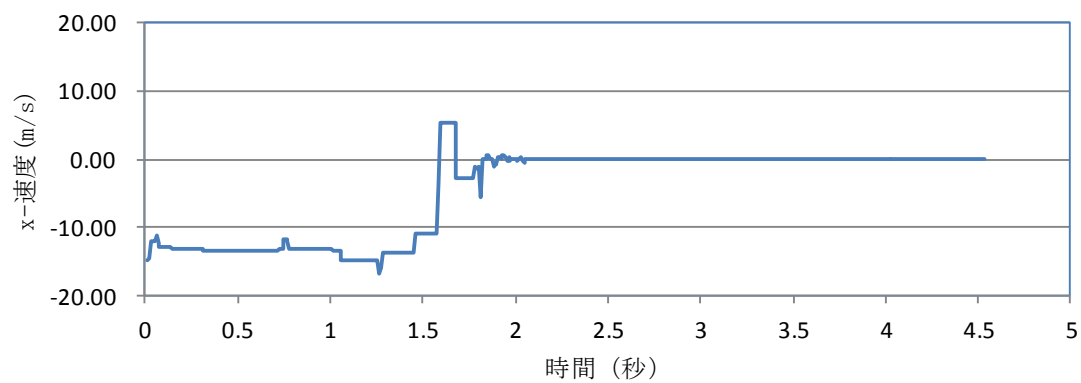


(b) 横方向速度

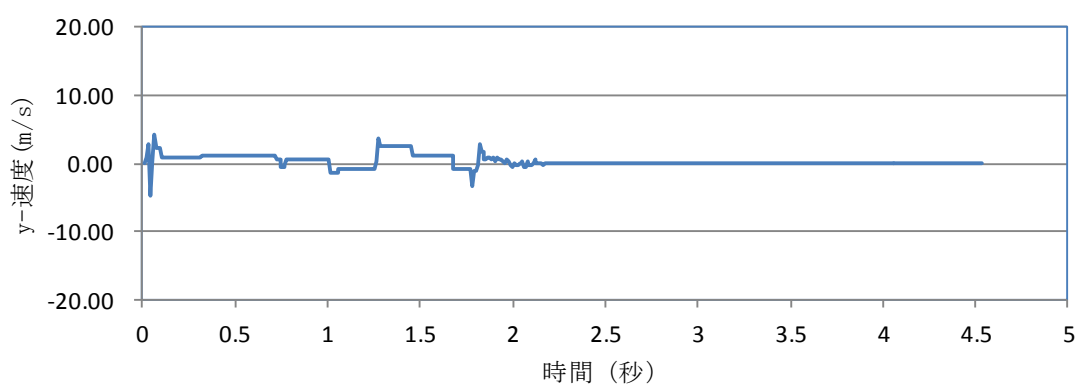


(c) 鉛直方向速度

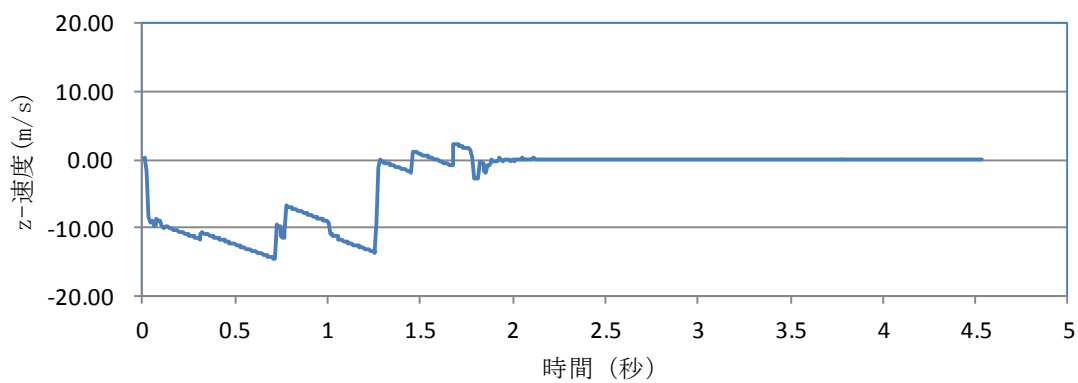
図 4.2-16 碎石 (3777) の速度



(a) 水平方向速度



(b) 横方向速度

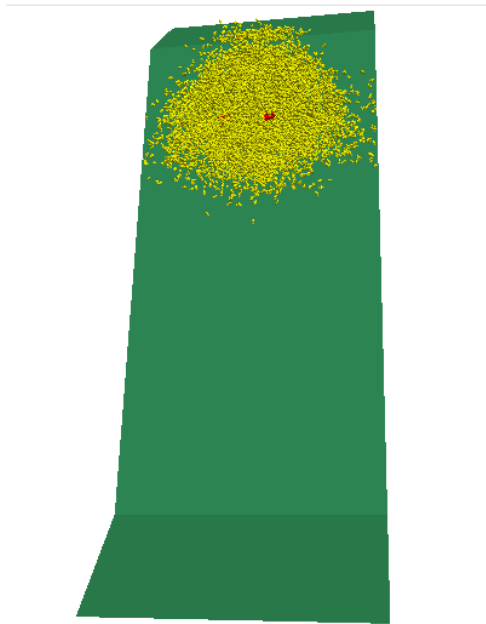


(c) 鉛直方向速度

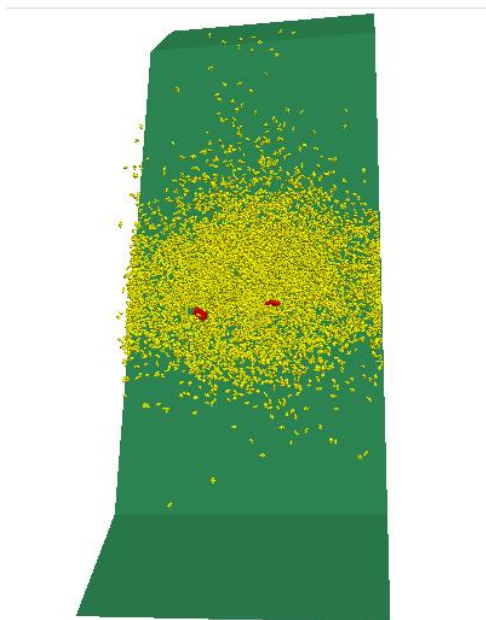
図 4. 2-17 碎石（7663）の速度

土砂崩れシミュレーション・ケース 2 （落下速度15 m/s）形状図

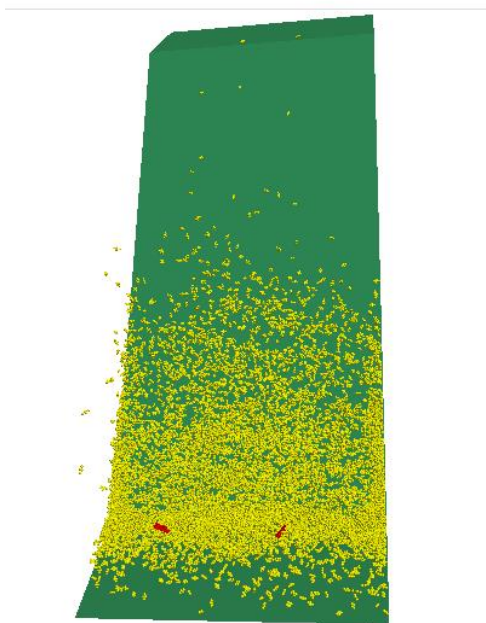
0.5 秒



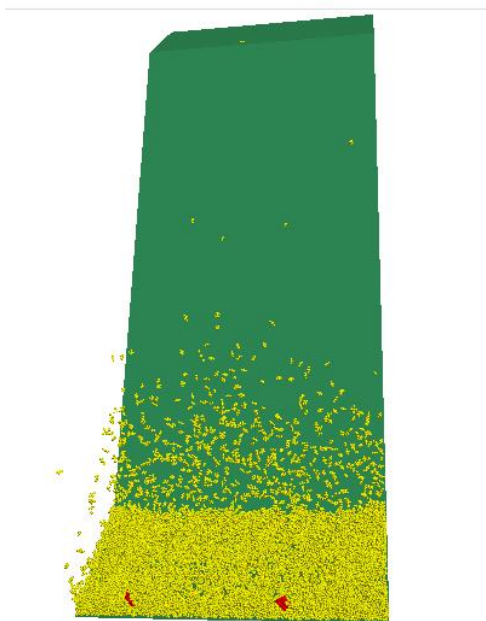
1.0 秒



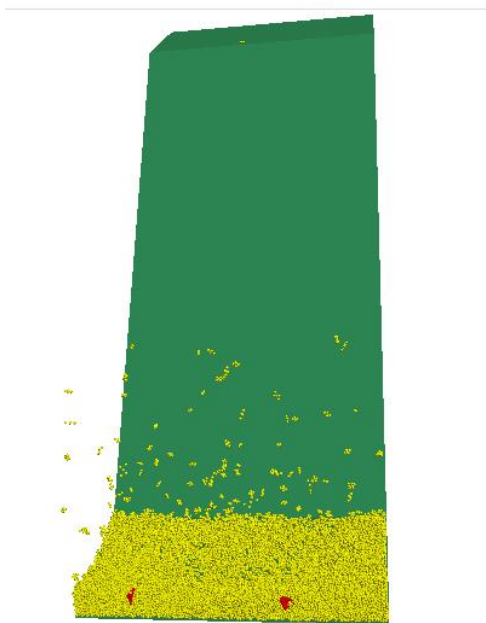
1.5 秒



2.0 秒



2.5 秒



3.0 秒

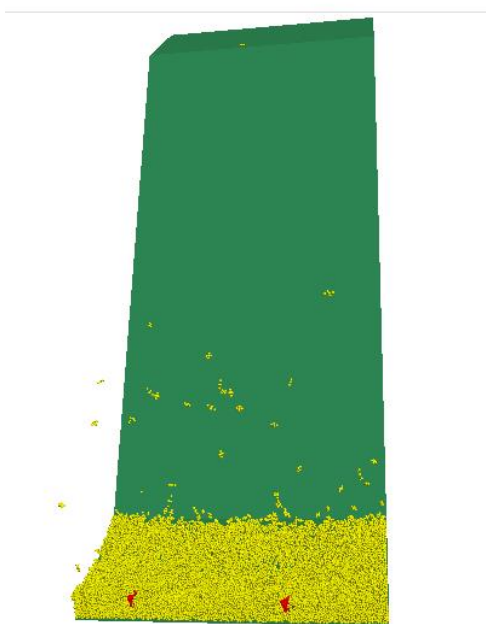


図 4.2-18 土砂崩れシミュレーション・ケース 2 形状図

4.3 まとめ

ミキサーによる攪拌実験（中規模室外実験）に対応した解析モデルを作成し、個別要素法により数値解析を実施した。碎石の挙動について実験結果をほぼ再現できた。ミキサーの回転数が毎分14回で攪拌時間が3分間の場合、包装実験体にかかる最大荷重は10 kN、その力積は110 kN・s 程度であること、落下速度は小さい碎石では約2.2 m/s、大きい碎石は約2.8 m/s、および段ボールは約2.4 m/s であることなどが明らかになった。

ミキサーの攪拌速度を2倍にした場合は、包装実験体にかかる荷重、包装実験体と碎石の速度は増加した。最大荷重は約1倍、力積は約10%増加した。落下速度については、包装実験体はほとんど変わらなかったが、碎石は3.5 m/s となり約1.6倍増加した。解析で得られた結果の詳細は表4.3-1にまとめる。

表 4.3-1 ミキサーの攪拌実験モデルの解析結果

	回転速度 14rpm	回転速度 28rpm
包装実験体にかかる最大荷重	10 kN	18 kN
包装実験体にかかる力積	110 kN・s	120 kN・s
包装実験体落下速度	2.4 m/s	2.6 m/s
碎石（小）落下速度	2.2 m/s	3.5 m/s
碎石（大）落下速度	2.8 m/s	3.4 m/s

斜面を落下する包装材の落下実験に対応した解析モデルを作成し、個別要素法により数値解析を実施した。勾配40度、落差13.5 mの実斜面モデルの解析でも、土砂の挙動の実験結果がほぼ再現できた。約12秒で試験体は斜面底面に到達した。包装実験体と段ボール箱にかかる荷重は31～38 kN、力積は16～22 kN・s 程度である、試験体落下の最大速度は約10 m/s であり、先頭石の落下最大速度は約14 m/s であることなどが明らかになった。

土砂崩れが発生した場合の平均的な土砂の落下速度の文献値を参考にして、土砂の初期落下速度を15m/s と設定した解析も実施した。その結果、試験体は約1.5秒で斜面底面に到達した。試験体にかかる最大荷重は約3倍増加したが、力積はあまり大きく変わらなかった。また、初期速度を大きく設定しているため、先頭石の落下最大速度は大きくなり、約20 m/s となった。解析で得られた結果の詳細は表4.3-2にまとめる。

表 4.3-2 斜面実験モデルの解析結果

	押し出し速度 0.4m/s	初期速度 15m/s
包装実験体にかかる最大荷重	38 kN	81 kN
段ボール箱にかかる最大荷重	31 kN	100 kN
包装実験体にかかる力積	22 kN・s	17 kN・s
段ボール箱にかかる力積	16 kN・s	15 kN・s
包装実験体の落下速度	10 m/s	20 m/s
段ボール箱の落下速度	8 m/s	19 m/s
土石（3324）落下速度	14 m/s	
土石（3777）落下速度		25 m/s
土石（7315）落下速度	12 m/s	
土石（7663）落下速度		20 m/s

最後に、攪拌シミュレーションと落下シミュレーションを比較する。

攪拌シミュレーションでは包装実験体にかかる最大荷重は 10 kN、その力積は 110 kN・s 程度であった。一方、落下シミュレーション（初期落下速度 15m/s）では最大荷重は 81 kN、その力積は 17 kN・s 程度であった。最大荷重は落下、力積は攪拌の場合が大きくなったが、シミュレーションと実験ないし実際の現象では継続時間が異なるので、その効果を含めて考察するべきである。

攪拌実験は 1 時間実施したことから、作用した力積は $110 \text{ kN} \cdot \text{s} \times (60 \text{ 分} / 3 \text{ 分}) = 2200 \text{ kN} \cdot \text{s}$ と推定される。一方、土砂崩れの長さを 1km とした場合、現象の継続時間は土砂崩れの長さを速度で割った値 $1000 / 15 = 67$ 秒になるので、この時間に作用した力積は、 $17 \text{ kN} \cdot \text{s} \times 67 = 1139 \text{ kN} \cdot \text{s}$ と推定される。すなわち、攪拌実験を 1 時間行った場合に包装材に作用する力積は、流速 15m 毎秒で 1km の長さで土砂崩れが発生した場合に包装材に作用する力積の 2 倍程度大きいことが確認される。

以上より、1 時間の攪拌実験は、非常に大規模な土砂崩れ時に包装材に与える損傷を模擬する実験として適当である。

6. 包装材料の調査報告

『包装材料の調査報告書』

包装材料	タイプ	材料/構成	リストナンバー
繊維材料	織物 建築土木用の織物としては、コンクリート補強用、土木用メッシュ・ネットなどがある。	バラ系アラミド繊維	17, 18, 19, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
		66ナイロン織物	1, 2, 3, 5, 16
		6ナイロン織物	15
		PET繊維メッシュ・ネット (土木用メッシュ材など)	4, 12, 13, 14
		その他 (ビニロン/綿)	32
	重布・帆布 ポリエステル短繊維にPVCベアストレジンを含浸したエステル帆布が一般的。ターポリンと比較しコストは高いが、樹脂接着力が強く、引裂き、耐摩耗性、耐候性に優れる。そのほか、ビニロン繊維や綿、ガラス繊維を使用したものもある。	不燃膜材料 (ガラス繊維基布/塩ビ)	24, 87, 88, 89
		(ポリエステル繊維/塩ビ)	27, 90
		テント地 (ポリエステル繊維)	20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 53, 54, 55, 57, 58, 59, 60
		帆布 (エステル帆布)	33, 34, 35, 36, 37, 38, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 120
		(ビニロン帆布)	56
	ターポリン フィラメント糸にフィルム貼りしたもの。帆布と比較し、コストが安く、色数豊富であるが、樹脂の接着力が弱く、引裂き、耐摩耗性、耐候性が弱い。	(ポリエステル繊維/塩ビ、オレフィン)	61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74,
		(ビニロン繊維/塩ビ)	62
クロス	糸入り透明シート フィルムの中に糸を挿入したもの。ターポリンより基布が疎。	(ナイロン・アラミド・ポリエステル繊維/合成ゴム)	75, 76, 77, 78, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
	不織布	(ポリエステル繊維/塩ビ)	91, 92, 93, 94, 95
		(ポリエステル繊維/オレフィン系樹脂)	96, 97
		ポリエステル長繊維	6, 7, 8, 9, 10, 11
クロス	ヤンクロス いわゆるブルーシート。安く、軽い反面、耐久性は悪い。	ポリプロピレン長繊維	48, 49, 50, 51, 52
	不織布 (ワリフ)	ポリエチレン製 (フィルムラミネート)	115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123
	織物・交点融着 (ソフ)	ポリプロピレン製 (フィルムラミネート)	124, 125, 126, 127
	ワリフ、ソフともにヤンクロスの類似品。	ポリエチレン不織布	128
フィルム		ポリエチレン	129, 130, 131, 132, 133, 134
	ポリエステル、ポリプロピレン、ポリエチレンなどのプラスチックフィルムは包装材料として様々な形で利用されている。実際には、各種素材のフィルムをラミネート (共押出) したものが使用されている。	ポリエステル	135, 136
	(代表例)	PEN	137, 138
	<u>OPP/PE (EVA)</u>	ポリカーボネート	154, 155, 156
	-安価な包装材料。酸素透過度が大きいので、砂糖、塩、菓子などの含気包装に使われる。	ポリブチレンテレフタレート	157
	<u>OPP/ CPP</u>	変性PPE	158
	-透明性、腰の強さに優れ、乾燥食品、雑貨などに広く使用されている。	ポリエーテルイミド	159
	<u>PET/PE (EVA), CPP</u>	6ナイロン	164
	-耐熱性、耐寒性、保香性を有し、薬品、真空包装、冷凍食などに多く使用されるほか、液体小袋などにも採用されている。	超高分子量ポリエチレン	165
	<u>ナイロン (ONV) /PE, CPP</u>	フッ素系	166
	-耐寒性、耐熱性、耐衝撃性、耐ピンホール性に特長があり、冷凍食	バラ系アラミド	167, 168
		環状オレフィン・コポリマー	172, 173, 174
		ポリウレタン	175, 176, 177
		塩ビ	139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 151, 152, 153
		ポリプロピレン (OPP)	160
		ポリプロピレン (CPP)	161
		オレフィン系樹脂 (PE)	147, 148, 149, 162, 163, 178, 179, 180
		ポリスチレン	169, 170, 171

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
No.	繊維材料(織物/重布・帆布/ターポリン/不織布)										
1	A社	66ナイロン織物 #55	66ナイロン繊維	0.32	216	725/751 (N/cm)	32/25	235/228	-		高強力、耐熱性、低通気性。 織度470dtex、ノンコート布。
2		ナイロン織物 #46	66ナイロン繊維	0.28	194	650/653 (N/cm)	26/23	439/437	○		高強力、耐熱性、低通気性。 織度470dtex、低通気性付与のコート布。 コーティング層に色付け可能。
3		ナイロン織物 #46TS	66ナイロン繊維	0.29	189	623/639 (N/cm)	26/23	466/471	○		高強度、耐熱性、低通気性。シリコンコート。 コーティング層に色付け可能。
4		TR560	ポリエステル繊維、ポリウレタン樹脂	0.35	230	820/560 (N/cm)	30/27	187/133	○	-	高強力ポリエステル系使い布帛。補強布用途。
5		AS350	ナイロン66、ポリウレタン樹脂	0.3	193	600/660 (N/cm)	37/30	116/113	○	-	高強力ナイロン66系使い布帛。テントシート用途。
6		アクスター M1020-8T	ポリエステル長繊維不織布	0.14	20	85/20 (N/5cm)	23/25	14/29	○	10~100円/m ² *目付けによる (400円/kg)	高剛度・高密度、寸法安定性、高強度、耐摩擦性、耐久性、透水性。ハウスラップ用基布、ルーフィング用表皮材、スーツカバー材、農業資材(植樹用ポット)。
7		アクスター M2080-3T	ポリエステル長繊維不織布	0.36	80	290/165 (N/5cm)	20/25	69/83	○		
8		アクスター H1020-8T	ポリエステル長繊維不織布	0.1	20	70/20 (N/5cm)	17/17	9/21	○		

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
9		アクスター H2070-1S	ポリエステル長 繊維不織布	0.27	70	260/100 (N/5cm)	20/18	68/107	○	10～100円/m ² *目付けによる (400円/kg)	高剛度・高密度、寸法安定性、高強度、耐摩 擦性、耐久性、透水性。ハウスラップ用基布、 ルーフィング用表皮材、スーツカバー材、農業 資材(植樹用ポット)。
10		アクスター G2040-2S	ポリエステル長 繊維不織布	0.16	45	220/100 (N/5cm)	35/35	55/72	○		
11		アクスター G2260-1S	ポリエステル長 繊維不織布	0.62	260	1265/730 (N/5cm)	41/37	200/265	○		
12		#120	難燃ポリエステ ル繊維	0.8	405	3000/3000 (N/3cm)	130/75	構造上 測定不能	○ (原着)	-	脱塩ビ難燃ネット。建築用途。
13		DP476F	ポリエステル織 維	0.72	266	775/820 (N/3cm)	91/98	720/690	○	-	高強力ポリエステル系使いネット(ストレッチ素 材)。テントシート用途。
14		ラッセルメッシュ	ポリエステル織 維	1.4	397	741/526 (N/cm)	115/83	64以上/64以上 (測定機限界)	○	-	高強力PET系使いラッセルメッシュ。収納ネット 用途。
15		B781N	6ナイロン繊維	0.55	290	2805/1945 (N/cm)	43/35	371/306	○	-	高強度6ナイロン系使い布帛。カバン地用途。
16		5238STX	66ナイロン繊維	0.56	392	3750/3400 (N/cm)	41/41	520/460	○	-	高強度66ナイロン系使い布帛。カバン地用途。
17	B社	トワロンファブリック (CT511)	パラ系アラミド織 維	0.16	110	4500/5000 (N/5cm)	-	-	-	-	LD(420dtex/500dtex), Threads(糸入り数、 125/125 per 10cm)。
18		トワロンファブリック (CT716)	パラ系アラミド織 維	0.4	280	10100/11100 (N/5cm)	-	-	-	-	LD(1100dtex/1000dtex), Threads(糸入り数、 122/122 per 10cm)。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
19		GTN321	パラ系アラミド繊維	0.46	80	2150/2160 (N/inch)	-	-	-	-	テクノラメッシュ織物。
20		シャガール	再生PET繊維	0.5	370	1176/735 (N/3cm)	44/22	68/39	○ (原着)	6425円/m ² (生地価格)	テント地。撥水加工。
21		サハラCSソフテル	難燃ポリエステル繊維	0.41	300	833/784 (N/3cm)	20/22	49/49	○	5417円/m ² (生地価格)	テント地(屋内用)。後染め加工。
22		テイジンテロンテン ト	ポリエステル繊維	0.38	430	755/667 (N/3cm)	25/29	147/98	○	4372円/m ² (生地価格)	テント地。フッ素コート加工。
23		アクベス	ポリエステル繊維	0.38	430	755/696 (N/3cm)	20/25	157/118	○	6287円/m ² (生地価格)	テント地。スーパーフッ素樹脂加工。
24		ストライク(不燃)	ガラス繊維	0.42	570	2400/1800 (N/3cm)	4.2/3.8	90/80	○	5882円/m ² (生地価格)	テント地。屋外オーニング用。フッ素樹脂加工。
25		ファイタス TK15C	ポリエステル繊維	0.65	770	1617/1470 (N/3cm)	19/25	177/177	○	4702円/m ² (生地価格)	強力150kg膜材料。大型施設や倉庫などの屋根に適したつや有りタイプの生地。耐水・防炎性に優れており、特設大型テントや大型施設のルーフ、ドーム型天井、テント倉庫などで利用されている。
26		F-キャンテント TH-1000A	ポリエステル繊維	0.59	690	2156/1960 (N/3cm)	22/28	294/226	○	5417円/m ² (生地価格)	強力200kg膜材料で安全性が高く、大規模な外部・内部のルーフトームに適した生地。
27		FG-8F (不燃材料)	ポリエステル繊維	0.57	840	3735/3154 (N/3cm)	4.9/7.4	182/173	○	7788円/m ² (生地価格)	膜構造物用の不燃膜材料。
28		ハリケーン	ポリエステル繊維	0.47	560	1568/1372 (N/3cm)	20/29	88/108	○	-	テント倉庫、トラック幌、開閉式テント、各種シート、カバー類などの産業用途資材。
29		タイフーン ON-4000	ポリエステル繊維	0.67	595	1911/1519 (N/3cm)	23/27	147/176	○	-	トラック幌や野積シートなどの各種シート用途資材。

No.	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
30	C社	防災メッシュ #UK333	ポリエステル 塩ビ樹脂コート	0.6(参考地)	450	1960/1960 (N/3cm)	28/30	425/430	○	-	建築工事、落下防止、塗料飛散防止用防災メッシュ。防災規格JIS A-8952 一類適合品。
31		防災メッシュ #1000	ポリエステル 塩ビ樹脂コート	0.23(参考地)	130	640/640 (N/3cm)	20/21	100/100	○	-	建築工事、落下防止、塗料飛散防止用防災メッシュ。防災規格JIS A-8952 一類適合品。
32		難燃ビニロン トリコット	難燃ビニロン (70%)、綿(30%)	0.9	245	729/291 (N/3cm)	69/156	980以上	染色可	-	ユニフォーム用、衣料用難燃規格適合品。
33		ライティ E2	エステル帆布	0.75	743	2410/2185 (N/3cm)	33.7/26.6	184/174	○	-	船舶用ハッチカバー。
34		ライティ E3	エステル帆布	0.69	653	2018/1813 (N/3cm)	31.3/32.7	135/146	○		トラックシート(6t超)、トラック幌(6t超)。
35		ライティ E40	エステル帆布	0.66	590	1920/1470 (N/3cm)	29.3/31.9	131/140	○		トラックシート(6t超)、トラック幌(6t超)。
36		ライティ E50	エステル帆布	0.63	550	1617/1244 (N/3cm)	27.9/34.4	98/112	○		トラックシート(2~6t)、トラック幌(2~6t)。
37		ライティ E5203	エステル帆布	0.65	558	1587/1136 (N/3cm)	25.1/25.6	122/102	○		トラックシート。
38		ネオライティ E4050	エステル帆布	0.56	450	1754/1323 (N/3cm)	24.0/25.0	95/107	○		トラックシート(2t超)。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
39	D社	FFシート AW40	パラ系アラミド繊維	0.193	280	2060以上 (N/mm ²)	-	-	×	5700円/m ² (設計価格)	コンクリート補修・補強用繊維シート。強靱・柔軟。化学的安定性に優れるほか、非導電・非磁性。保証耐力:40t/m。
40		FFシート AW60	パラ系アラミド繊維	0.286	415	2060以上 (N/mm ²)	-	-	×	8500円/m ² (設計価格)	保証耐力:60t/m。
41		FFシート AW90	パラ系アラミド繊維	0.43	623	2060以上 (N/mm ²)	-	-	×	10000円/m ² (設計価格)	保証耐力:90t/m。
42		FFシート AW120	パラ系アラミド繊維	0.572	830	2060以上 (N/mm ²)	-	-	×	13000円/m ² (設計価格)	保証耐力:120t/m。
43		FFシート AW5/5 (2方向)	パラ系アラミド繊維	0.031	90	2060以上 (N/mm ²)	-	-	×	3700円/m ² (設計価格)	構造:グリッド。保証耐力(t/m):5/5
44		FFシート CT714	パラ系アラミド繊維	0.062	180	2060以上 (N/mm2)	-	-	×	5500円/m ² (設計価格)	構造:平織り。保証耐力(t/m):10/10
45		FFシート AW20/20	パラ系アラミド繊維	0.095	330	2060以上 (N/mm2)	-	-	×	6600円/m ² (設計価格)	構造:平織り。保証耐力(t/m):20/20
46		FFシート AW30/30	パラ系アラミド繊維	0.146	490	2060以上 (N/mm2)	-	-	×	9000円/m ² (設計価格)	構造:平織り。保証耐力(t/m):30/30
47		FFシート AW40/40	パラ系アラミド繊維	0.193	650	2060以上 (N/mm2)	-	-	×	12000円/m ² (設計価格)	構造:平織り。保証耐力(t/m):40/40

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
48		スプリット SP-1040E	スパンボンド不織布 ポリプロピレン長繊維	0.29	40	69/49 (N/5cm)	75/80	20/19	○	10～60円/m ² *目付けによる (300円/kg)	崇高性や保温性、軽量性、耐薬品性、抗菌性、熱加工性。衣料、寝装、寝具、家具、インテリア用材、車両内装材、衛生材、一般包装材。難燃性付与も可能。
49		スプリット SP-1060E	スパンボンド不織布 ポリプロピレン長繊維	0.37	60	132/88 (N/5cm)	85/100	26/25	○		
50		スプリット SP-1080E	スパンボンド不織布 ポリプロピレン長繊維	0.45	80	172/123 (N/5cm)	80/100	33/29	○		
51		スプリット SP-1100E	スパンボンド不織布 ポリプロピレン長繊維	0.52	100	206/167 (N/5cm)	60/80	33/34	○		
52		スプリット SP-1200E	スパンボンド不織布 ポリプロピレン長繊維	0.74	200	265/245 (N/5cm)	50/80	108/88	○		
53	E社	テント素材 装飾テント アートシルキー	ポリエステル 100%	0.55	380	1274/1470 (N/3cm)	50/40	245/363	○	6300円/m (940mm巾)	リサイクルPET使用。表面は撥水加工。防炎。
54		テント素材 装飾テント パロニイFCテント	ポリエステル 100%	0.39	456	849/805 (N/3cm)	19/23	192/132	○	3000円/m (940mm巾)	表面はフッ素系樹脂コート。吸水防止加工も可。防炎。
55		テント素材 中・大型テント シムカ	ポリエステル 100%	0.68	780	1570/1490 (N/3cm)	14/24	539/480	○	6500～7000円 /m (1040mm巾)	表面はアクリル樹脂コート。防炎。
56		パワロン-EC	軽量幌布 高強カビニロン 使用	0.47	390	1655/1645 (N/3cm)	16/27	77/98	○	3000円/m (940mm巾)	トラック平シート。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
57		フレッシュナー (防汚タイプ) SR-F	帆布 ポリエステル繊維	0.6	660	1500/1270 (N/3cm)	25/30	98/88	○	-	フッ素防汚処理加工。
58		フレッシュナー(防汚 タイプ) SR-T	帆布 ポリエステル繊維	0.47	530	1470/1170 (N/3cm)	25/30	98/88	○		ターボセットベース+フッ素防汚処理加工。
59		フレッシュナー(防汚 タイプ) SR-K	帆布 ポリエステル繊維	0.6	660	1470/1170 (N/3cm)	26/32	98/88	○		特殊塩ビフィルム+フッ素防汚処理加工。
60		フレッシュナー(防汚 タイプ) SR-T	帆布 ポリエステル繊維	0.44	450	1520/1370 (N/3cm)	32/36	98/88	○		軽量帆布(E100)のフッ素防汚処理加工。
61		クラスター 一般(K-500)	ターポリン ポリエステル 560dtex	0.3	277	339/334 (N/3cm)	14/22	53/75	○	35～45円/m ²	野積みシート、工具袋、軽トラックシート幌、簡易ガレージ。
62		クラスター 一般(SW-T)	ターポリン ビニロン20番手	0.35	291	296/246 (N/3cm)	8月10日	72/73	○		
63		クラスター 一般(TW-5000F)	ターポリン ポリエステル 560dtex	0.5	515	1080/968 (N/3cm)	23.1/29.5	242.2/263.4	○		
64		クラスター カラーシリーズ (KE-350)	ターポリン ポリエステル 280dtex	0.35	389	529/514 (N/3cm)	25/27	88/98	○		宣伝旗、簡易ガレージ、垂れ幕、横断幕、袋物、各種カバー、パイプテント、フロアシート。
65	F社	コスモスベーカー TH-3500	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.35	430	520/490 (N/3cm)	22/25	80/70	○	35～40円/m ²	防災物品/防災製品。耐水圧1500mm以上。テント、野積みシート、垂れ幕、間仕切り、各種カバー類、そのほか。
66		コスモスベーカー TH-5000	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.5	650	1060/850 (N/3cm)	25/25	150/150	○	35～40円/m ²	
67		コスモスベーカー ストロングタイプ D-85	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.85	1000	1300/1200 (N/3cm)	20/25	250/250	○	45円/m ²	防災物品。耐水圧1500mm以上。ダンブカーシート、厚手フロアマット、遮音シートなど。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/㎡)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
68		コスモスベアーサー オレフィンタイプ OEV-3500	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.35	335	490/490 (N/3cm)	22/25	80/70	○	50円/㎡	塩ビではなく、特殊オレフィン樹脂を使用。耐水圧1500mm以上。熱融着、高周波ウェルダー縫製可能。野積シート、各種カバー類。
69		コスモスベアーサー 帯電防止タイプ DT-3500	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.35	430	520/490 (N/3cm)	22/25	80/70	○	50～60円/㎡	防災製品。耐水圧1500mm以上。静電気の発生を防止。間仕切り、各種カバー類。
70		マルチプルターポリン シートⅠ NH200	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.42	540	1058/850 (N/3cm)	25/25	147/147	○	35～40円/㎡	防災製品/防災物品。高強力ポリエステル繊維の基布に塩ビ樹脂で完全防水加工。建築資材シート、垂れ幕、間仕切り、横断幕、テント、野積みシート。
71		マルチプルターポリン シートⅡ NH500	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.34	430	510/510 (N/3cm)	22/25	80/70	○		
72		マルチプルターポリン シートⅡ NH500RN	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.3	400	510/510 (N/3cm)	17/20	74/72	○		
73		マルチプルターポリン シートⅡ DH500	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.34	430	510/510 (N/3cm)	22/25	60/50	○		
74		マルチプルターポリン シートⅡ DH500NR	ターポリン 高強力ポリエステル繊維	0.28	370	510/510 (N/3cm)	22/25	60/50	○		
75		合成ゴムターポリン シリーズ NE351	ナイロン繊維 /CR	0.58	760	1372/1372 (N/3cm)	30/30	147/147	○	-	耐久性、耐寒性、耐熱性、防水性。機械カバー、ジャバラ、配管ダクトなどで使用。 (CR:クロロブレンゴム、耐候性、耐オゾン性、耐熱性、耐薬品性など)
76		合成ゴムターポリン シリーズ NE401	ナイロン繊維 /CR	0.48	600	1176/1176 (N/3cm)	30/30	147/147	○		
77		合成ゴムターポリン シリーズ NE507A	ナイロン繊維 /NBR	0.38	480	588/588 (N/3cm)	27/25	39/39	○		耐久性、耐寒性、耐熱性、防水性。作業用前掛けで使用。 (NBR:ニトリルゴム、耐油性、耐摩耗性)
78		合成ゴムターポリン シリーズ NE8000	ナイロン繊維 /CSM(ハイパロン)	0.55	530	2548/2058 (N/3cm)	20/25	294/343	○		耐久性、耐寒性、耐熱性、防水性。コンクリート蒸気養生シートハウスなどで使用。 (CSM:クロロスルホン化ポリエチレンゴム、耐劣化性、耐オゾン性、耐候性、耐薬品性、耐摩耗性)

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/㎡)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
79		トレダック #2	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.8	750	2250/1810 (N/3cm)	35/20	125/145	○	75～80円/㎡	耐水性1500mm以上、耐寒性-25℃異常なし。
80		トレダック #3	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.8	700	2150/1810 (N/3cm)	35/20	135/135	○	70円/㎡	
81		トレダック #4	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.68	605	1750/1620 (N/3cm)	25/30	105/125	○	65円/㎡	
82		トレダック #5	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.62	585	1610/1470 (N/3cm)	25/25	85/125	○	50円/㎡	
83		トレダック #650	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.54	530	1520/1220 (N/3cm)	20/25	75/98	○	50円/㎡	
84		トレダック #4H	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.56	450	1650/1350 (N/3cm)	30/25	98/98	○	65～70円/㎡	軽量タイプ。耐水性1500mm以上、耐寒性-32℃異常なし。
85		トレダック #400L	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.46	400	1650/1120 (N/3cm)	25/25	85/65	○	60～65円/㎡	
86		トレダック #U5 カラー品	帆布 高強力ポリエステル繊維	0.45	540	1520/1220 (N/3cm)	25/25	75/98	○	65～70円/㎡	防汚タイプ(アクリル樹脂コート)。耐水性1500mm以上、耐寒性-34℃異常なし。
87		ダンクリア	不燃膜材料 ガラス繊維基布/ テフロン加工	0.35	510	360/360 (N/3cm)	3/3	14/14	○	350～375円/㎡	製造は日東紡。間仕切りシート資材。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
88		ヒット100(クリア)	不燃膜材料 ガラス繊維基布/ 塩ビ樹脂コート	0.55	780	2940/2940 (N/3cm)	5/9	140/140	○	6900円/m (1040mm巾)	製造は丸山工業。フッ素樹脂コーティングによる防汚。間仕切りシート資材。
89		ヒット100F	不燃膜材料 ガラス繊維基布/ 塩ビ樹脂コート	0.42	640	2940/2940 (N/3cm)	5/9	140/140	○	8000円/m (1040mm巾)	
90		T-7070-VF (ホワイト)	透明膜材料 ポリエステル基 布/塩ビ樹脂コー ト	0.75	740	630/630 (N/3cm)	18/21	150/190	○	6900円/m (1850mm巾)	フッ素樹脂コーティングによる防汚。間仕切りシート資材。
91	G社	ヒラオカ クリスタ ルターボ CT-1020-1	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ 塩ビ	0.25	350	196/196 (N/3cm)	18/24	186/186	○	100円/m前後	防災透明シート。物流・工場資材。
92		ヒラオカ クリスタ ルターボ CT-1205 (透明耐候)	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ 塩ビ	0.46	380	588/500 (N/3cm)	17/27	441/441	○		
93		ヒラオカ クリスタ ルターボ CT-1030-1	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ 塩ビ	0.3	395	196/196 (N/3cm)	18/24	186/186	○		
94		ヒラオカ クリスタ ルターボ CT-1030-4 (帯電防止)	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ 塩ビ	0.3	395	196/196 (N/3cm)	18/24	186/186	○		
95		ヒラオカ クリスタ ルターボ CT-1108	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ 塩ビ	0.48	400	353/333 (N/3cm)	18/24	186/186	○		
96		エコターボ H202	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ オレフィン系樹脂	0.25	250	178/167 (N/3cm)	18/28	127/127	○	100円/m前後	非塩ビ、非防災。物流・工場資材。
97		エコターボ H-303	糸入り透明シー ト ポリエステル糸/ オレフィン系樹脂	0.38	220	363/363 (N/3cm)	17/28	127/127	○		非塩ビ、非防災。物流・工場資材。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
98	H社	ゴム引布 (ターボリン) SA-650	CR/ナイロン繊維/CR	0.65	800	60/55 (kN/m)	-	350/350	○	-	ナイロン繊維:924dtex(23×23)。巾:130cm。 耐水圧:0.294MPa×1min(JIS-K6404)。 耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-25℃(JIS-K6404)。 CRゴム両面トップピングの為、耐熱性、耐寒性、耐油性、耐候性、接着加工性等にバランス良い物性を示す。中型ジャバラ、流通倉庫シェルターなど。
99		ゴム引布 SA-1000	CR/ナイロン繊維/CR	1.00	1300	90/80 (kN/m)	-	700/700	○	-	ナイロン繊維:1386dtex(18×18)。巾:110cm。 耐水圧:0.294MPa×1min(JIS-K6404)。 耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-25℃(JIS-K6404)。 高強カタイプ、CRゴム両面トップピングの為、耐熱性、耐寒性、耐油性、耐候性、接着加工性等にバランス良い物性を示す。大型ジャバラ、流通倉庫シェルターなど。
100		ゴム引布 EP-650	EPDM/ナイロン繊維/EPDM	0.65	760	60/50 (kN/m)	-	350/350	○	-	ナイロン繊維:924dtex(23×23)。巾:130cm。 耐水圧:0.294MPa×1min(JIS-K6404)。 耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-25℃(JIS-K6404)。 非フタル酸エステル・ノンハロゲン、耐候性・耐オゾン性に優れる。中型ジャバラ、流通倉庫シェルターなど。
101		ゴム引布 Y-500	CSM難燃/ナイロン繊維/CSM難燃	0.50	650	50/50 (kN/m)	-	120/115	○	-	ナイロン繊維:462dtex(37×37)。巾:120cm。 耐水圧:0.294MPa×3min(JIS-K6404)。 耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-30℃(JIS-K6404)。 JISA1322 防災2級、生布両面に難燃性CSMゴム配合を使用。両面ゴムの為、CR系接着剤による接着が可能。難燃シート、難燃ジャバラ。
102		ゴム引布 SI-450	シリコンゴム/アラミド繊維	0.45	490	25/20 (kN/m)	-	80/80	○	-	アラミド繊維:コーネックス #30(60×42)。巾:110cm。耐水圧:0.294MPa×3min(JIS-K6404)。 耐熱温度:200℃×48h、耐寒温度:-60℃(JIS-K6404)。 耐候性・耐オゾン性・難燃性に優れる。耐熱ジャバラ、耐寒氷結防止シート・カバーなど。

	社名	品名	主成分 (繊維・樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
103		ゴム引布 AF-300	フッ素ゴム/アラミド繊維/フッ素ゴム	0.30	450	15/9 (kN/m)	-	20/20	○	-	アラミド繊維：コーネックス #40(70×70)。巾：100cm。耐水圧：0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度：230℃×48h、耐寒温度：-30℃(JIS-K6404)。耐候性・耐オゾン性・難燃性に優れる。耐熱ジャバラ、ダクト、薬品槽カバーなど。
104		ゴム引布 AF-1000	フッ素ゴム/アラミド繊維/フッ素ゴム	1.00	1230	35/20 (kN/m)	-	65/65	○	-	アラミド繊維：コーネックス #20(32×32)。巾：95cm。耐水圧：0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度：250℃×48h、耐寒温度：-30℃(JIS-K6404)。耐候性・耐オゾン性・難燃性に優れる。耐熱ジャバラ、ダクト、薬品槽カバーなど。
105		シャミーデラックス (ナイロンタイプ)	ナイロン繊維 /CSM	0.15	150	12/10 (kN/m)	-	10/10	○	-	ナイロン繊維：77dtex(110×80)。巾：120cm。耐水圧：0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度：130℃×1h、耐寒温度：-30℃(JIS-K6404)。耐候性、耐オゾン性に優れる。レインウェア、袋物。
106		シャミーデラックス (ポリエステルタイプ)	ポリエステル繊維 /CSM	0.15	150	13/11 (kN/m)	-	10/10	○	-	ポリエステル繊維：82dtex(99×89)。巾：120cm。耐水圧：0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度：130℃×1h、耐寒温度：-30℃(JIS-K6404)。耐候性、耐オゾン性に優れる。レインウェア、袋物。
107		NP-300N・W	NBR/ナイロン繊維 /NBR	0.40	510	15/13 (kN/m)	-	40/40	○	-	ナイロン繊維：231dtex(40×40)。巾：95～120cm。耐水圧：0.294MPa×5min(JIS-K6404)。耐熱温度：130℃×1h、耐寒温度：-25℃(JIS-K6404)。抗菌・防カビ対応、非フタル酸エステル・ノンハロゲン。前掛け用。
108		KE-75	CSM/ポリエステル繊維	0.20	220	13/11 (kN/m)	-	10/10	○	-	ポリエステル繊維：82dtex(99×87)。巾：120cm。耐水圧：0.294MPa×5min(JIS-K6404)。耐熱温度：130℃×1h、耐寒温度：-25℃(JIS-K6404)。軽量片面引き、静電防止加工、抗菌・防カビ対応。前掛け用。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
109		NP-75	NBR/ポリエステル繊維	0.20	220	13/11 (kN/m)	-	10/10	○	-	ポリエステル繊維:82dtex(99×87)。巾:120cm。耐水圧:0.294MPa×5min(JIS-K6404)。耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-25℃(JIS-K6404)。軽量片面引き、非フタル酸エステル・ノンハロゲン、抗菌・防カビ対応。前掛け用。
110		PU-75	TPU/ポリエステル繊維	0.22	220	13/11 (kN/m)	-	10/10	○	-	ポリエステル繊維:82dtex(99×87)。巾:120cm。耐水圧:0.294MPa×5min(JIS-K6404)。耐熱温度:-40℃(JIS-K6404)。耐摩耗性、耐寒性、耐油性が良好、防水性に優れる。熱可塑性ポリウレタン製のためPU面同士の熱融着やウエルダー加工での接着が可能。前掛け用。
111		U-350	ナイロン繊維/TPU	0.35	350	22/20 (kN/m)	-	35/40	○	-	ナイロン繊維:231dtex(64×52)。巾:127cm。耐水圧:0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐寒温度:-40℃(JIS-K6404)。TPUの為、熱融着やウエルダー加工での接着が可能。耐油性・耐寒性・耐摩耗性が良好。エアークロム体、ライフジャケット、耐油前掛けなど。
112		CSM-840(2Py)	CSM/ナイロン繊維/ナイロン繊維/CR・CSMブレンド	1.20	1730	170/150 (kN/m)	-	650/700	○	-	ナイロン繊維:924dtex(32×32)、2層。巾:120cm。耐水圧:0.3MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-30℃(JIS-K6404)。オイルフェンス材。
113		T-210STD	CSM/ナイロン繊維/CSM	0.28	310	25/25 (kN/m)	-	50/50	○	-	ナイロン繊維:231dtex(64×52)。巾:110cm。耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-40℃(JIS-K6404)。JIS A1322 防災2級 難燃CSMゴム配合使用、抗菌・防カビ対応、耐候性・耐オゾン性に優れる。軽量テント天幕、エアータント天幕、耐候性難燃保護シートなど。
114		SEP-650	SEP/ポリエステル繊維/SEP	0.65	840	60/75 (kN/m)	-	300/500	○	-	ポリエステル繊維:1100dtex(24×26)。巾:110cm、耐水圧:0.294MPa×3min(JIS-K6404)。耐熱温度:130℃×1h、耐寒温度:-60℃(JIS-K6404)。耐寒、耐熱に優れる。冷蔵庫間仕切りシート、氷結防止シートなど。
*ゴム NR(天然ゴム)、SBR(スチレン・ブタジエンゴム)、NBR(ニトリルゴム)、Q(シリコーンゴム)、SEP(シリコーン変性EPDMゴム)、CSM(クロロスルホン化ポリエチレンゴム)、CR(クロロプレンゴム)、EPDM(エチレン・プロピレン・ジエンゴム)、TPU(ポリウレタンエラストマー)、TFE-P(フッ素ゴム)											

(参考情報)											
	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強度 cN/dtex	破断伸度 (%)	弾性率 cN/dtex	着色/染色性	価格 (円/kg)	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
	繊維										
-	I社	コーネックス SF reg.	メタ系アラミド繊維		1.38	4.4~4.9	35~45	57~71	-	2000	高強度・高弾性率、耐熱性、耐薬品性、耐摩耗性 LOI: 25~29
-		コーネックス SF HT	メタ系アラミド繊維	-	1.38	5.3~6.2	20~30	83~88	-		高強度・高弾性率、耐熱性、耐薬品性、耐摩耗性 LOI: 25~29
-		テクノーラ	パラ系アラミド繊維	-	1.39	24.7	4.5	520	-	3000~6000	高強度・高弾性率、耐熱性、耐薬品性、耐摩耗性 LOI: 25
-	J社	ザイロン AS	PBO繊維	-	1.54	37	3.5	1150	-	15000~25000	高強度・高弾性率、高耐熱性、高難焼性、耐摩耗性、耐衝撃性、耐クリープ性、低吸湿性 LOI: 68
-		ザイロン HM	PBO繊維	-	1.56	37	2.5	1720	-		高強度・高弾性率、高耐熱性、高難焼性、耐摩耗性、耐衝撃性、耐クリープ性、低吸湿性 LOI: 68
-		ダイニーマ SK60	超高分子量ポリエチレン繊維	-	0.97	26以上	3~5	790以上	-	5000~7000	高強度・高弾性率、低比重、耐摩耗性、耐薬品性、耐摩耗性、耐衝撃性、耐候性
-		ダイニーマ SK71	超高分子量ポリエチレン繊維	-	0.97	35以上	3~5	1230以上	-		高強度・高弾性率、低比重、耐摩耗性、耐薬品性、耐摩耗性、耐衝撃性、耐候性
-		P84	ポリイミド繊維		1.41	3.7	30	-	-	3000~4000	耐熱性、難燃性、ループ強度、濾過特性、260℃機械的性質不変、500℃以上で炭化。 LOI: 38
-	K社	ベクトラン HT	ポリアリレート繊維	-	1.41	22.9	3.8	530	-	4000~5000	高強度・高弾性率、耐熱性、耐摩耗性、耐酸性、低伸度、低クリープ性、非吸湿性、振動減衰性。LOI: 28
-		ベクトラン UM	ポリアリレート繊維	-	1.41	20.3	2.7	740	-		高強度・高弾性率、耐熱性、耐摩耗性、耐酸性、低伸度、低クリープ性、非吸湿性、振動減衰性。LOI: 28
-	L社	トルコン	PPS繊維	-	1.34	3~5	30~60	-	-	1200	耐熱性、耐薬品性、耐加水分解性、難燃性、絶縁性、LOI: 34。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
	クロス										
115	M社	タービークロス #3000	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.25	153	665/575 (N/5cm)	21/17	150/100	○	30～35 円/m ²	PE、PPのフィルムを短冊状にカット(スリット)し、延伸したフラットヤーンを織布。フィルムなどラミネートした製品。建築資材として汎用的に使用される“ブルーシート”を中心に梱包資材やテープ基材、カバー類などで利用されている。ヤーンの入り数は8×8、10×10、12×12、14×14が中心。12×12、14×14などが建築・土木で使用される。
116		OSクロス	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.2	126	620/440 (N/5cm)	22/16	175/95	○		
117		タービーUVクロス #4000	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.36	212	1150/1100 (N/5cm)	16/16	150/150	○		
118		タービーUVクロス #5000	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.47	269	1770/1620 (N/5cm)	20/17	310/300	○		
119		難燃シート	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.12	94	450/275 (N/5cm)	21/14	135/78	○		
120		防災シート	ポリエステル繊維に塩ビコーティング	0.3	330	440/450 (N/5cm)	16/18	90/100	○		
121		PE防災シート	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.3	188	645/639 (N/5cm)	16/16	230/205	○		
122		ライト防災シート	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.19	129	270/475 (N/5cm)	20/13	150/200	○		
123		スーパーライト防災シート	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.15	112	190/425 (N/5cm)	20/13	70/180	○		

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
124		ターピー耐候性大型土のう(ブラック) J-BAG-300KT	ポリプロピレン製 ヤーンクロス	-	-	(初期) 380N/cm以上 (耐候性) 240N/cm以上	35/30未満	-	○	1,500~2,000 円/枚	長期仮設(3年)対応。「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル(国土交通省)に準拠した仕様。
125		ターピー耐候性大型土のう(ブラック) J-BAG-100KT	ポリプロピレン製 ヤーンクロス	-	-	(初期) 380N/cm以上 (耐候性) 240N/cm以上	35/30未満	-	○		短期仮設(1年)対応。「耐候性大型土のう積層工法」設計・施工マニュアル(国土交通省)に準拠した仕様。
126		Jバッグ 土木用フレコン J-Bag 301	ポリプロピレン製 ヤーンクロス	-	-	1764以上/1666以上 (N/5cm)	15~35/15~35	294以上/2294以上	○		原反規格:PP1670dt, 15×15, ラミネートなし。
127		Jバッグ 丸型カバー	ポリエチレン製 ヤーンクロス	0.18	121	480/360 (N/5cm)	20/16	130/85	○	25~30 円/m ²	汎用の土のう袋
128	N社	ワリフ	ポリエチレン製不織布	-	18~48	85~290 (N/5cm)	-	-	○	20~25 円/m ²	農業資材、ハウ斯拉ップ、防湿梱包材などで利用されているほか、フィルム用補強材としても採用。
129	O社	ソフシート	LLDPE/PE/KZ56 /PE/LLDPE	220μ	182	670/670 (N/5cm)	20/20	-	○	-	ソフ使用のラミネート品。通い箱のフタ、製造工程のコンテナカバー、棚などの防塵用カーテン
130		ソフ NA66	PE、PP	80μ	20	200/200 (N/5cm)	23/23	-	○	30~50 円/m ²	2軸ホットメルトタイプ
131		ソフ HM66	PE、PP	60μ	38	450/450 (N/5cm)	25/25	-	○		2軸融着タイプ
132		ソフ XM66	PE、PP	60μ	39	460/450 (N/5cm)	25/25	-	○		2軸融着タイプ
133		ソフ TS305	PE、PP	120μ	22	165/50 (N/5cm)	20/20	-	○		3軸タイプ
134		ソフ TS605	PE、PP	175μ	46	300/150 (N/5cm)	25/25	-	○		3軸タイプ

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	密度 (g/cm ³)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	破断伸び (%)	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
	フィルム/シート										
135	P社	ルミラー(包装用) P60	二軸延伸ポリエ ステルフィルム	12μ m	1.4	250/230 (MPa)	110/125	-	○	500～600円/㎡	包装全般。
136		ルミラー(難燃) ZV21	二軸延伸ポリエ ステルフィルム	141μ m	1.4	145/150 (MPa)	105/100	-	○	700～800円/㎡	UL-94、V-0。電気絶縁、粘着テープ、ラベル、 FPC、FFC等。
137	Q社	テオネックス(標準) Q51	PENフィルム	12μ m	1.36	310/310 (MPa)	85/85	-	○	2500円/㎡～	高剛性、高耐熱、電気絶縁性、熱的安定性、耐 薬品性。、FPC、有機半導体、ICカード、被覆絶 縁等の電気電子材料、電子ペーパー、有機EL デバイス等の光学関連用途、太陽電池、燃料 電池、高記録密度磁気テープなどに使用。
138		テオネックス(標準) Q51	PENフィルム	100μ m	1.36	270/270 (MPa)	100/100	-	○		
139	R社	一般用PVC 透明	塩ビフィルム	0.2mm	1.4	66.1/51.8 (N/cm)	300/310	19.3/19.9	○	300円前後/kg	硬度#360。
140		一般用PVC 梨地クリア	塩ビフィルム	0.3mm	1.4	81.7/72.5 (N/cm)	280/290	25.6/26.2	○		硬度#360。
141		ニューセレブ 透明	塩ビフィルム	0.2mm	1.4	64.7/30.5 (N/cm)	310/330	18.9/17.8	○		硬度#360。非フタル酸系であるテレフタル酸系 可塑剤を使用した軟質塩ビフィルム。
142		ニューセレブ 梨地クリア	塩ビフィルム	0.3mm	1.4	103.7/88.9 (N/cm)	290/300	30.7/32.4	○		硬度#360。非フタル酸系であるテレフタル酸系 可塑剤を使用した軟質塩ビフィルム。
143		ナンネン タイプ100 (塩ビ難燃フィルム)	塩ビフィルム	0.1～0.5mm	1.4	70.6/66.6 (N/cm)	320/320	20.6/19.6	○	400～500円/kg	自動車・工業用シート・テント、家庭用品などで 幅広く使用。 自己消化性(MVSS-302)。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm.N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
144	S社	ナンネン タイプ200 (塩ビ難燃フィルム)	塩ビフィルム	0.1～0.5mm	1.4	70.4/67.6 (N/cm)	320/320	21.6/20.6	○	400～500円/kg	ASTM-D-568適合
145		ナンネン タイプ300 (塩ビ難燃フィルム)	塩ビフィルム	0.1～0.5mm	1.4	70.6/67.6 (N/cm)	320/330	21.6/20.4	○		JIS A-1322(防災2級)
146		ナンネン タイプ400 (塩ビ難燃フィルム)	塩ビフィルム	0.1～0.5mm	1.4	70.7/66.5 (N/cm)	321/330	22.5/21.6	○		消防法(適合)
147		エマソフト3C 透明	PE系 (EMMA樹脂)	0.2mm	0.9	32.0/30.8 (N/cm)	630/680	14.4/15.4	○	400円/kg	軟質塩ビフィルム代替のPO系フィルム。文具、農業資材等で幅広く使用。
148		エマソフト3C 梨地クリア	PE系 (EMMA樹脂)	0.3mm	0.9	44.1/31.4 (N/cm)	700/590	23.5/22.6	○		
149		エマソフト3C カラーシリーズ(ブルー)	PE系 (EMMA樹脂)	0.2mm	0.9	41.7/38.4 (N/cm)	670/730	16.2/17.0	○		
150	T社	アルトロン 防災100	塩ビフィルム	0.1	1.4	26.5/22.5 (N/cm ²)	305/335	7.0/6.5	○	400～500円/kg	間仕切り用/建築工事養生用。
151		アルトロン 防災200	塩ビフィルム	0.3	1.4	79.5/67.5 (N/cm ²)	305/335	20.5/19	○		
152		アルトロン 防災300	塩ビフィルム	0.1	1.4	33.3/29.5 (N/cm ²)	310/350	8.0/7.5	○		機器保護カバー/間仕切り用/建築工事養生用。
153		アルトロン 防災400	塩ビフィルム	0.35	1.4	93.0/80.5 (N/cm ²)	325/325	24/24	○		防災性を有した透明フィルム。溶接用カーテン/間仕切り用/建築工事養生用。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
154	U社	パンライトシート	ポリカーボネート フィルム	0.2、0.3mm	1.2	98 (MPa)	140	－	○	500～600円/kg	耐衝撃性、透明性。銘板が主な用途。
155	V社	Lexan FR700 Film	ポリカーボネート フィルム	0.254mm	1.2	70/60 (MPa)	100-155	－	○	600～800円/kg	難燃フィルム(UL-94、VTM-0)。絶縁フィルム、電気機器ラベルなどで使用。
156		Lexan FR700 Film	ポリカーボネート フィルム	0.38	1.2	70/60 (MPa)	100-155	－	○	600～800円/kg	難燃フィルム(UL-94、V-0)
157		Valox FR1 Film	ポリブチレンテレ フタレート(PBT)	0.075～0.75mm	1.335	49.7/41.1 (MPa)	57	－	○	800～1000 円/kg	
158		EFR735-BK1005 Film	変性PPE	0.152～0.75mm	1.08	62/54.6 (MPa)	12	－	○	800～1000 円/kg	
159		Ultem 1000B Film	ポリエーテルイミ ド	75～500μ m	1.27	100/95 (MPa)	6.5/60	360 (75μ m)	○	数万円/kg	
160	W社	二軸延伸(OPP) 一般グレード (U-20)	ポリプロピレン フィルム	20μ m	0.9	130/265 (MPa)	170/45	－	○	8.5円/m ² (470円/kg)	優れた強度、腰の強さ、透明度と光沢、高度の防湿性、耐水性、耐低温脆化性の特性を備える。
161		無延伸(CPP) 一般グレード (S)	ポリプロピレン フィルム	20μ m	0.9	78/39 (MPa)	650/780	－	○	8円/m ² (450円/kg)	適度な腰、ヒートシール性、良好な機械適性を持ち、防湿性、耐摩耗性。菓子、パン、繊維品の包装。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
162	X社	LLフィルム	L-LDPEフィルム	50μ m	0.9	48/29 (MPa)	720/820	-	○	240～280円/kg	夾雑物シール性、ホットタック性、耐寒性、耐破袋性。
163	Y社	リックスフィルム L4182	L-LDPEフィルム (帯電防止)	30～80μ m	0.92	33/32 (MPa)	550～600/610	150/160	○		夾雑物シール性、ホットタック性、耐寒性、耐破袋性。
164	Z社	ハーデンフィルム- NS N7150(帯電防止タイプ)	二軸延伸6ナイロ ンフィルム	15μ	1.15	216/275 (MPa)	105/70	-	○	400～500円/kg	米袋、原料袋等の重量袋、粉物包装。
165	AA社	ウルトラポリマーフ ィルム・シート	超高分子量ポリ エチレンフィルム	0.05～1mm	0.94	44 (MPa)	450	-	○	-	耐摩耗性、耐衝撃性、自己潤滑性、電気絶縁性、耐薬品性。建築・土木・農業関係、食品機械・電子部品等の耐久材として使用。
166	AB社	ネオフロン PCTFE フィルム DF-0050C1	フッ素樹脂フ ィルム	15μ m～75μ m	2.12	49.8/49.5 (MPa)	199/279	-	○	400～500円/m ² ～	水蒸気バリア性、透明性、耐薬品性、電気絶縁性。ディスプレイ照明、医薬品錠剤の包装用フィルム。
167	AC社	ミクトロン GQタイプ	パラ系アラミ ドフィルム	2μ m～25μ m	-	480 (MPa)	80	-	-	-	高剛性、高耐熱、低吸湿性、平滑性、ガスバリア性に優れる。磁気記録媒体、回路基板、振動板、包装材料、離型フィルムなどで使用。
168		ミクトロン MLタイプ	パラ系アラミ ドフィルム	2μ m～25μ m	-	600 (MPa)	50	-	-		高剛性、高耐熱、低吸湿性、平滑性、ガスバリア性に優れる。磁気記録媒体、回路基板、振動板、包装材料、離型フィルムなどで使用。
169	AD社	OPSフィルム GM(25μ m) 一般透明タイプ	ポリスチレンフ ィルム	14μ m～50μ m	1.05	68/76 (MPa)	66/84	41/32 (mN)	○	500円/kg	コシ、透明性、光沢に優れる。封筒、熱成形ラミ、テープ・ラベルのほか、青果の包装にも使用。
170		OPSフィルム WO(20μ m) 滑り性付与タイプ	ポリスチレンフ ィルム	14μ m～50μ m	1.05	70/71 (MPa)	5/4	28/32 (mN)	○		コシ、透明性、光沢に優れる。封筒、熱成形ラミ、テープ・ラベルのほか、青果の包装にも使用。
171		OPSフィルム MI(30μ m) 半透明タイプ	ポリスチレンフ ィルム	14μ m～50μ m	1.05	95/72 (MPa)	41/80	37/52 (mN)	○		コシ、透明性、光沢に優れる。封筒、熱成形ラミ、テープ・ラベルのほか、青果の包装にも使用。

	社名	品名	主成分 (繊維、樹脂)	厚み (mm)	質量 (g/m ²)	引張強さ (N/cm,N/5cm) タテ/ヨコ	伸び率(%) タテ/ヨコ	引裂強さ(N) タテ/ヨコ	着色/染色性	価格	その他 (伸縮性、耐摩耗性、耐水性、内容物の保護性能、耐静電性、耐熱性、使用実績)
172	AE社	TOPASフィルム 9506F-04	環状オレフィン・ コポリマー (COC)	70μ m	1.01	55/55 (MPa)	2.9/3.6	-	○	-	標準の押出成型用樹脂グレードを使用。Tダイ、インフレの両方が可能。
173		TOPASフィルム 5013F-04	環状オレフィン・ コポリマー (COC)	70μ m	1.02	35/25 (MPa)	1.4/1.1	-	○		透明性、耐熱性に優れた押出グレードを使用。
174		TOPASフィルム 6013F-04	環状オレフィン・ コポリマー (COC)	70μ m	1.02	55/45 (MPa)	2.4/2.2	-	○		透明性、耐熱性に優れた押出グレードを使用。
175	AF社	タフグレイス TG88K	ポリウレタン	100μ m	1.03~1.50	73.3/72.0 (MPa)	864/864	破れず	○	2000円/kg	ポリエステルポリオールタイプ。引張強度、引裂性に優れる。主な用途は梱包資材。
176		タフグレイス MG90	ポリウレタン	25μ m	1.03~1.50	102/94.4 (MPa)	689/637	523/481	○	2000円/kg	ポリエーテルポリオールタイプ。加水分解しにくく、透明性良好。主な用途は梱包資材。
177		タフグレイス MG90	ポリウレタン	100μ m	1.03~1.50	87.4/88.9 (MPa)	1010/993	506/526	○	2000円/kg	
178	AG社	ニポンシートSS	メタロセン系ポリ エチレン	1.5	0.9	3950 (N/cm ³)	828	1068 (N/cm)	○	2990円/㎡	ポリエチレン製遮水シート。高強度でありながら柔軟な性質、優れた耐候性、耐薬品性等に優れ、厳しい性能が要求される廃棄処分場などで使用されている。
179		ニポンシートH	高密度ポリエチ レン	1.5	0.9	3577 (N/cm ³)	840	1666	○	2930円/㎡	
180		ニポンシートTP	TPO、TPE	1.5	0.9	2352 (N/cm ³)	860	931	○	2990円/㎡	

(補足)	
綿帆布	通気性があるために青果物を商いとされている方や、化学繊維と比べて熱に強いといったことから、合材(アスファルト)を運ぶシートとして重宝
ビニロン帆布	綿帆布と比べて軽い、強いほか、反物どうしの巾たしでウエルダーやライスター加工が出来るようになり、ミシン目の無いシートが可能。しかし、冬場硬くなるほか、縮みも大きいといった欠点がある。
エステル帆布	ポリエステル短繊維にPVCペーストレジンを含浸したもの。ビニロン帆布の欠点である耐候性、寸法安定性をカバー。ターポリンと比較しコストは高いが、樹脂接着力が強く、引裂き、耐摩耗性、耐候性に優れる。最近はカラーバリエーションも豊富になっている。
ターポリン	フィラメント糸にフィルム貼りしたもの。帆布と比較し、コストが安く、色数豊富であるが、樹脂の接着力が弱く、引裂き、耐摩耗性、耐候性が弱い。フラッターリング(バタツキにより塩ビが剥離しやすい)。
ポリエチレンシート	いわゆるブルーシート。安く、軽い反面、耐久性は悪い。
透明ビニールシート	フィルムの中に糸を挿入し強度を高めたもの。
オレフィン系シート	非塩ビを目的に開発されたもの。特殊なウエルダーが必要なほか、独特の型さがあり、加工に多少の難点。

7. 付属資料

7.1 攪拌実験

7.1.1 小規模実験 1

包装材

碎石データ 小規模実験 1・2

小規模実験 1 結果

カヤク・ジャパン製 6号雷管模擬品

オリカ製 KONEL 雷管模擬品

感圧紙予備実験データ

7.1.2 小規模実験 2

小規模実験 2 結果

カヤク・ジャパン製 6号雷管

オリカ製 KONEL 雷管

雷管処理状況

7.1.3 中規模実験

碎石データ

中規模実験 結果

6号雷管模擬品

KONEL 雷管模擬品

予備実験 1

感圧紙設置状況

感圧紙発色状況

予備実験 2

感圧紙設置状況

7.2 落下実験

落下実験 No.1 感圧紙設置状況

落下実験 No.1

落下実験 No.2 感圧紙設置状況

落下実験 No.2

7.3 爆破実験

KONEL 雷管収納箱

雷管 10 個束の準備

爆破実験 1

爆破実験 1 結果

6号雷管

KONEL 雷管

爆破実験 2

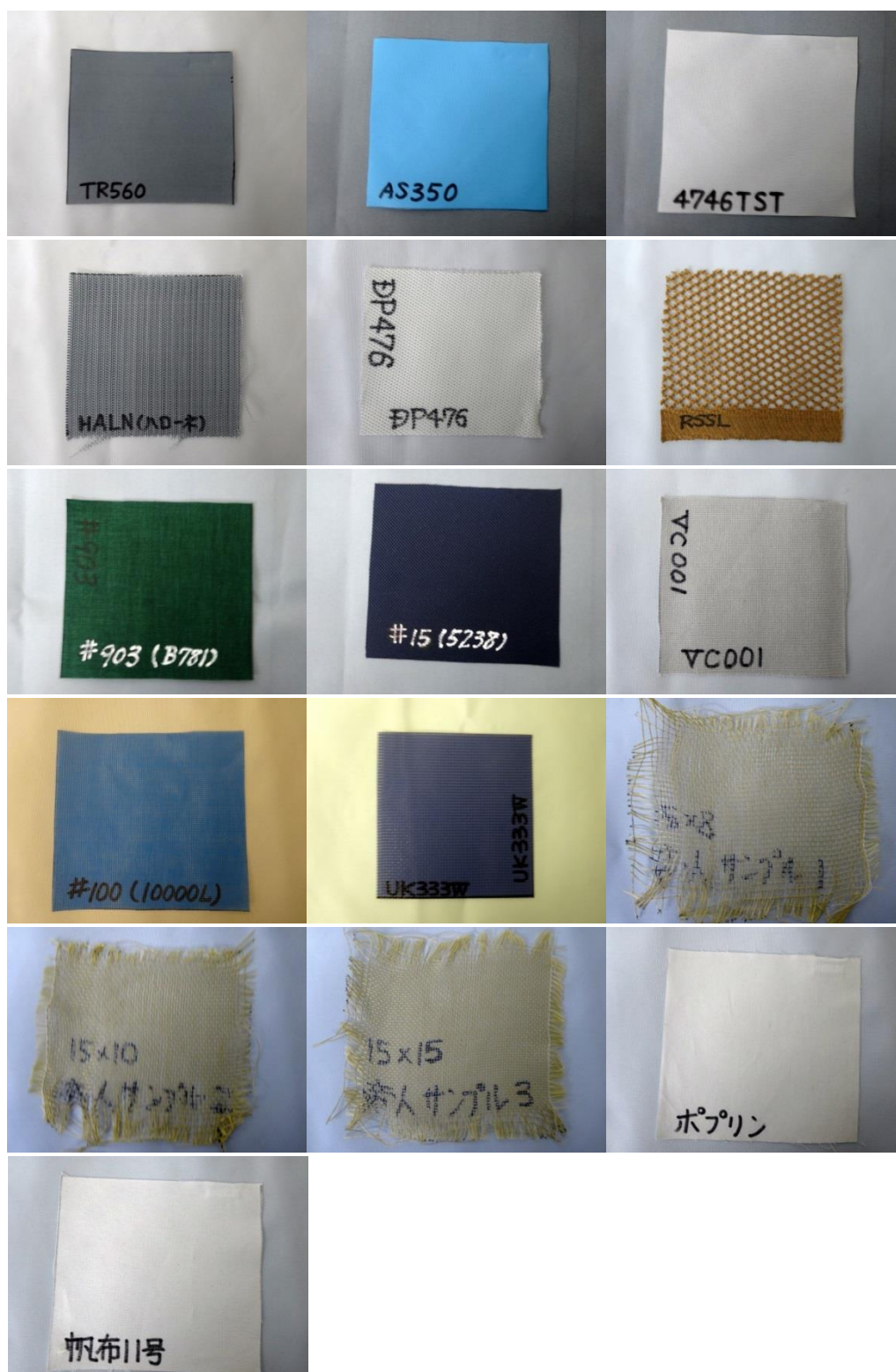
雷管単体爆破実験結果

包装材爆破実験結果

7.1 攪拌実験

7.1.1 小規模実験 1

包装材



砕石データ（小規模実験 1・2）

	岩石の物理試験	報告用紙
--	---------	------

調査名 岩石試験

試験日 25 年 11 月 6 日

位置 Br.No.

試験者 中村 敏明

供試体番号	岩石名	自然質量 W ₁	水中質量 W ₃	見掛比重 または密度 (g/cm ³) (三 状 態)		吸 水	飽 和	体 積 W ₂ -W ₃ (cm ³)	
		強制湿潤 質量 W ₂	強制乾燥 質量 W ₄			有効間隙率	度 比		
						含 水	含 水		
									(%)
No. 砕石 1 m ～ m	砂岩	200.11	124.95	自然	2.659	0.200	72.5	75.27	
			強湿	2.660	0.531				
			200.22	199.82	強乾	2.655	0.385		0.145
No. 砕石 2 m ～ m	粘板岩と砂岩の混合	174.86	109.77	自然	2.681	0.235	70.7	65.21	
			強湿	2.683	0.629				
			174.98	174.57	強乾	2.677	0.445		0.166
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				
No. m ～ m				自然					
					強湿				
					強乾				

	岩石の密度試験（ノギス法）	報告用紙
--	---------------	------

調査名 岩石試験 試験日 25 年 11 月 6 日

位置 Br.No. 試験者 中村 敏明

一軸圧縮試験試料

供 試 体 番 号	No. 砕石 1	No. 砕石 2	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名	砂岩	粘板岩と砂岩の混合		
平 均 高 さ cm	10.043	9.963		
上 部 平 均 直 径	5.105	5.110		
cm 中 部 平 均 直	5.108	5.093		
径 cm 下 部 平 均	5.120	5.105		
直 径 cm	5.111	5.103		
断 面 積	20.52	20.45		
体 積	206.08	203.74		
質 量 g	543.52	542.66		
密 度	2.637	2.663		

供 試 体 番 号	No.	No.	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm				
上 部 平 均 直 径 cm				
中 部 平 均 直 径 cm				
下 部 平 均 直 径 cm				
全 平 均 直 径 cm				
断 面 積 cm ²				
体 積 cm ³				
質 量 g				
密 度 g/cm ³				

	岩石の密度試験（ノギス法）	報告用紙
--	---------------	------

調査名 岩石試験 試験日 25 年 11 月 6 日

位置 Br.No. 試験者 中村 敏明

圧裂引張強度試験試料

供 試 体 番 号	No. 砕石 1	No. 砕石 2	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名	砂岩	粘板岩と砂岩の混合		
平 均 高 さ cm	5.040	5.020		
上 部 平 均 直 径	5.095	5.095		
cm 中 部 平 均 直	5.103	5.103		
径 cm 下 部 平 均	5.103	5.105		
直 径 cm	5.100	5.101		
断 面 積	20.43	20.44		
体 積	102.97	102.61		
質 量 g	272.97	273.57		
密 度	2.651	2.666		

供 試 体 番 号	No.	No.	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm				
上 部 平 均 直 径 cm				
中 部 平 均 直 径 cm				
下 部 平 均 直 径 cm				
全 平 均 直 径 cm				
断 面 積 cm ²				
体 積 cm ³				
質 量 g				
密 度 g/cm ³				

	超 音 波 伝 播 速 度 測 定	報告用紙
--	-------------------	------

調査名 岩石試験 試験日 25 年 11 月 6 日

位置 Br.No. 試験者 中村 敏明

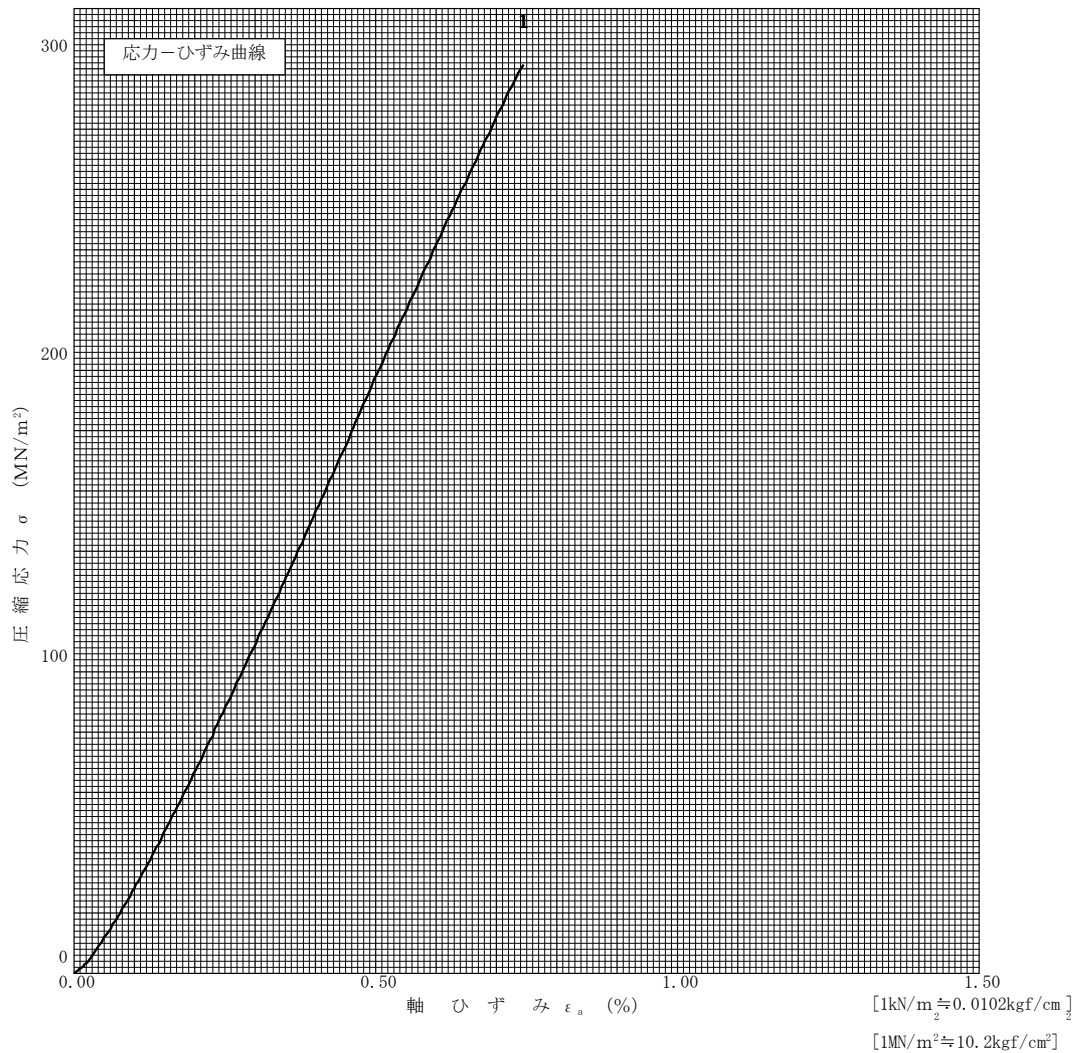
試料番号	岩石名	試料長 cm	P波		S波		動ポアソン比	備考
		試料直径 cm	伝播時間 μ sec	速度 km/sec	伝播時間 μ sec	速度 km/sec	動弾性係数 MN/m^2	
	測定条件	密度 g/cm^3					動せん断弾性係数 MN/m^2	
No. 砕石 1	砂岩	10.043	18.7	5.37	33.5	3.01	0.271	
m		5.111	18.7		33.3		60800	
～ m		自然状態	2.637		18.7		33.4	
No. 砕石 2	粘板岩と砂岩の混合	9.963	19.5	5.11	40.5	2.48	0.346	
m		5.103	19.5		40.0		44100	
～ m		自然状態	2.663		19.5		40.2	
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								
No.								
m								
～ m								

J I S M 0302-2000 J G S 2521-2000	岩石の一軸圧縮試験 (強度・変形特性)	
--------------------------------------	---------------------	--

調査件名 岩石試験 試験年月日 2013 年 10 月 31 日

試料番号 (深さ) 砕石 1 試験者 中村 敏明

				破壊状況			
岩 石 名	砂岩	試 料 の 状 態	自然				
		初 期 高 さ H_0 cm	10.043				
ひずみ速度 %/min		初 期 直 径 D_0 cm	5.111				
荷重計容量 kN	1000	質 量 m_0 g	543.52				
特記事項		密 度 ρ_0 g/cm ³	2.637				
		初期含水比 w_0 %					
		一軸圧縮強さ q_u MN/m ²	301				
		破壊ひずみ ε_{af} %	0.75				
		変形係数(割) $DE_{s,50}$ MN/m ²	3.81x10 ⁴	変形係数(割) $E_{s,50}$ MN/m ²			
		変形係数(接) $DE_{t,50}$ MN/m ²	4.79x10 ⁴	変形係数(接) $E_{t,50}$ MN/m ²			
						静ポアソン比 ν	



DIA CONSULTANTS 不許複製

J I S M 0302-2000 J G S 2521-2000	岩石の一軸圧縮試験 (強度・変形特性)	
--------------------------------------	---------------------	--

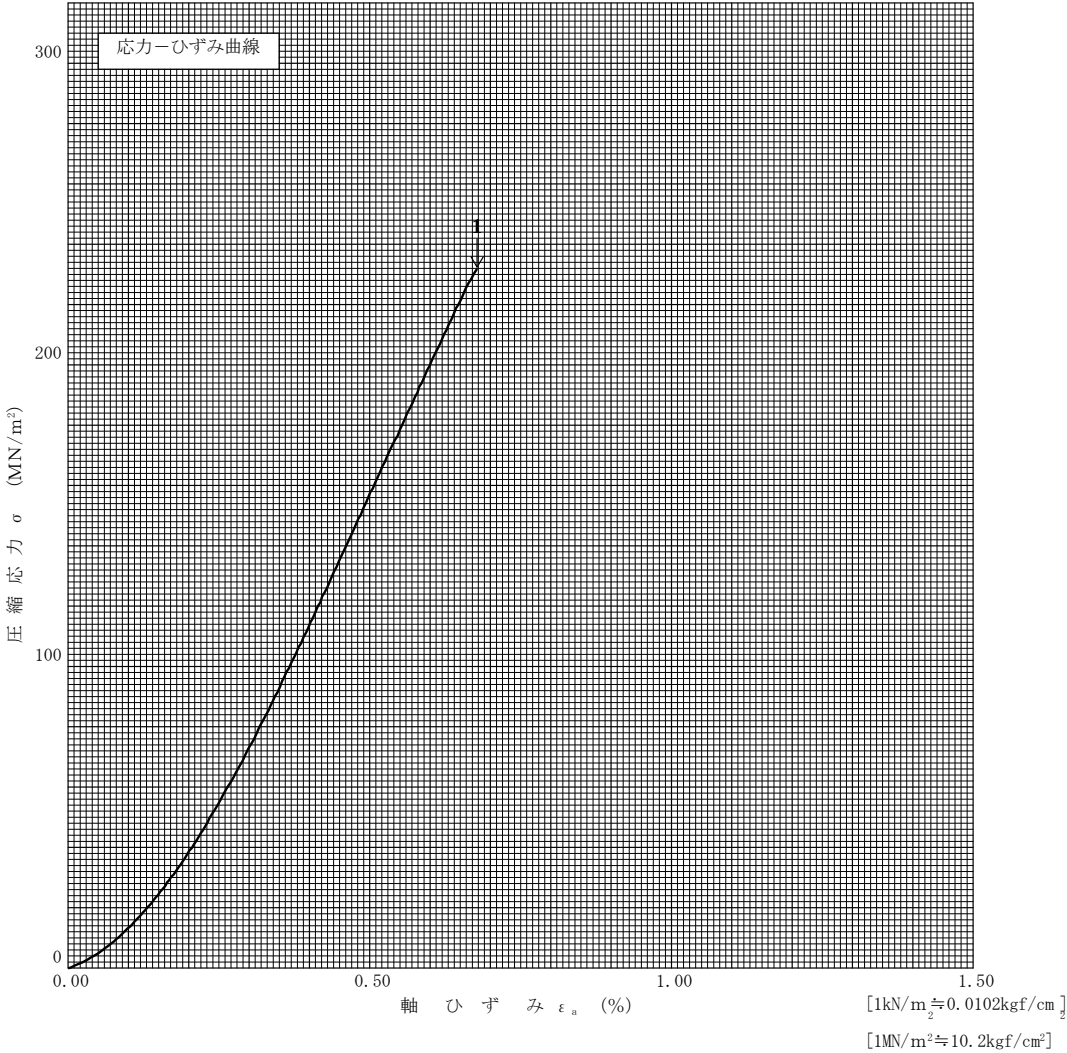
調査件名

岩石試験

試験年月日

2013 年 10 月 31 日

				破壊状況		
岩 石 名	粘板岩と砂岩	試 料 の 態	自然			
	の混合	初 期 高 さ H_0 cm	9.963			
ひずみ速度 %/min		初 期 直 径 D cm	5.103			
荷重計容量 kN	1000	質 量 m g	542.66			
		密 度 ρ_0 g/cm ³	2.663			
		初期含水比 w_0 %				
		一軸圧縮強さ q_u MN/m ²	232			
		破壊ひずみ ε_{af} %	0.68			
		変形係数(割) $DE_{\varepsilon_{50}}$ MN/m ²	2.86x10 ⁴	変形係数(割) $E_{\varepsilon_{50}}$ MN/m ²		
		変形係数(接) $DE_{\varepsilon_{50}}$ MN/m ²	4.17x10 ⁴	変形係数(接) $E_{\varepsilon_{50}}$ MN/m ²		
				静ポアソン比 ν		



	岩石の引張（圧裂）試験	報告用紙
--	-------------	------

調査名 岩石試験

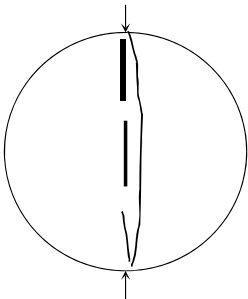
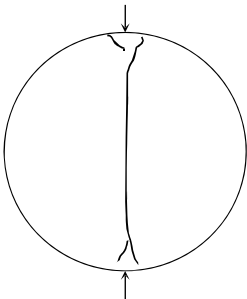
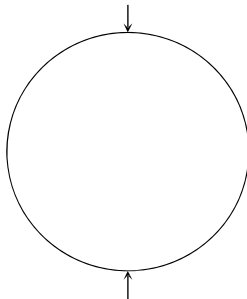
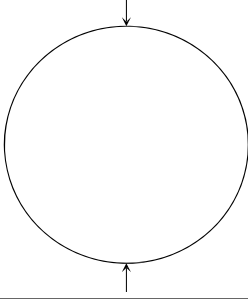
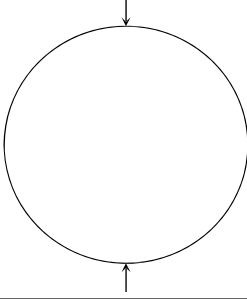
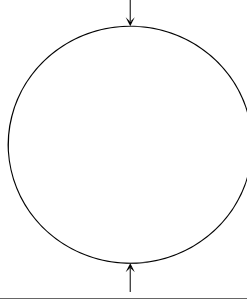
試験日 25 年 11 月 6 日

位置 Br.No.

試験者 中村 敏明

試料番号	岩石名	試料長 cm	試料直径 cm	密度 g/cm ³	破壊荷重 kN	引張り強さ MN/m ²	一軸圧縮強さ MN/m ²	ぜい性度
No. 砕石 1 ~ m	砂岩	5.040	5.100	2.651	64.2	15.9		
No. 砕石 2 ~ m	粘板岩と砂岩の混合	5.020	5.101	2.666	18.6	4.62		
No. ~ m								
No. ~ m								
No. ~ m								
No. ~ m								

破壊後スケッチ

No. 砕石 1	No. 砕石 2	
		
		

岩石の物性試験および圧力検査用試験体作製

試料 No.	縦 (mm)		横 (mm)		高 (mm)	体積 (cm ³)	重量 (g)	単位体積重量 (g/cm ³)	面取部分 体積補正值 (cm ³)	補正後 単位 体積重量 (g/cm ³)
混合-1	54.87	54.49	51.53	51.32	51.26	143.1	374.5	2.616	140.3	2.669
	54.51		51.27		51.21					
	54.08		51.17		51.10					
混合-2	50.39	50.40	51.03	51.07	50.56	130.6	340.9	2.611	127.8	2.667
	50.37		51.05		50.73					
	50.43		51.14		50.89					
混合-3	50.01	50.23	50.89	50.97	53.30	135.5	355.9	2.626	132.8	2.681
	50.23		50.88		52.96					
	50.44		51.15		52.56					
混合-4	52.99	52.96	51.63	51.56	51.21	140.2	364.8	2.603	137.4	2.656
	52.97		51.67		51.48					
	52.93		51.39		51.28					
混合-5	50.86	50.98	50.49	50.50	51.75	133.4	347.1	2.603	130.6	2.658
	50.98		50.54		51.76					
	51.11		50.47		51.87					
混合-6	51.34	51.23	50.88	50.86	50.24	131.2	345.2	2.631	128.4	2.688
	51.20		50.87		50.36					
	51.15		50.84		50.43					
混合-7	51.25	51.27	50.38	50.41	51.57	133.5	346.4	2.595	130.7	2.650
	51.25		50.38		51.75					
	51.30		50.46		51.64					
混合-8	51.10	51.07	51.22	51.24	52.86	137.4	357.9	2.605	134.6	2.659
	51.09		51.24		52.48					
	51.01		51.25		52.16					
混合-9	51.66	51.16	49.52	49.80	51.13	130.3	338.7	2.599	127.6	2.654
	51.16		49.84		51.20					
	50.66		50.04		51.15					
混合-10	50.90	50.87	50.66	50.59	50.79	130.3	340.7	2.614	127.6	2.670
	50.84		50.53		50.57					
	50.86		50.59		50.58					
混合-11	50.94	50.90	51.07	51.03	51.28	133.2	348.5	2.617	130.4	2.672
	50.87		51.03		51.27					
	50.89		50.98		51.29					
砂岩-1	51.99	52.11	52.30	52.02	52.61	142.7	367.0	2.571	139.9	2.623
	52.14		52.00		52.64					
	52.20		51.77		52.69					
砂岩-2	52.46	52.12	50.64	50.66	52.61	139.2	363.4	2.611	136.4	2.664
	52.07		50.68		52.69					
	51.82		50.66		52.87					
砂岩-3	51.36	51.28	51.39	51.36	52.46	138.4	361.2	2.610	135.6	2.664
	51.28		51.28		52.54					
	51.21		51.41		52.62					
砂岩-4	51.96	52.01	50.63	50.68	51.14	135.6	350.2	2.583	132.8	2.637
	51.99		50.66		51.42					
	52.08		50.76		51.75					
砂岩-5	52.48	52.32	51.79	51.91	52.74	143.5	371.6	2.590	140.7	2.642
	52.31		51.92		52.85					
	52.16		52.03		52.90					
砂岩-6	51.54	51.46	50.99	51.23	52.40	138.0	357.5	2.591	135.2	2.644
	51.45		51.34		52.28					
	51.39		51.35		52.37					
砂岩-7	50.40	50.30	51.37	51.32	52.50	135.4	351.8	2.598	132.6	2.652
	50.27		51.31		52.46					
	50.23		51.27		52.42					

小規模実験1 結果

カヤク・ジャパン製 6号雷管模擬品

実験 No.1-4746-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況

実験 No.1-TR56-d-J



実験後の包装材



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-AS35-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-HALN-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-DP47-d-J

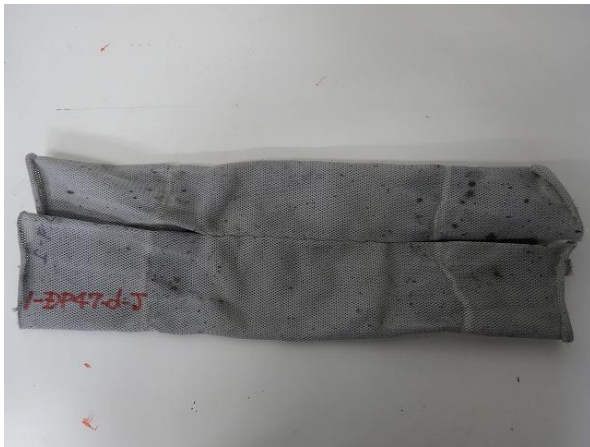


実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-RSSL-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-B781-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-5238-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-VC01-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



実験で開いた穴の状況 1



実験で開いた穴の状況 2

実験 No.1-#100-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



実験で裂けた箇所の状況 1



実験で裂けた箇所の状況 2

実験 No.1-UK33-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材

実験 No.1-Ts08-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



攪拌でぼろぼろになった箇所状況 1



攪拌でぼろぼろになった箇所状況 2

実験 No.1-Ts10-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



攪拌でぼろぼろになった箇所状況 1



攪拌でぼろぼろになった箇所状況 2

実験 No.1-Ts15-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



攪拌で開いた穴の状況 1



攪拌で開いた穴の状況 2

実験 No.1-PPLN-d-J



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



模擬雷管状況



実験後の包装材



攪拌で開いた穴の状況 1



攪拌で開いた穴の状況 2

実験 No.1-CV11-d-J



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



模擬雷管状況



攪拌実験後の包装材

オリカ製 KONEL 雷管模倣品
実験 No.1-4746-d-K



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



攪拌実験後の包装材 1



攪拌実験後の包装材 2

実験 No 1-TR56-d-K



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



攪拌実験後の包装材 1



攪拌実験後の包装材 2

実験 No 1-AS35-d-K



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



攪拌実験後の包装材 1



攪拌実験後の包装材 2

実験 No 1-HALN-d-K





実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1

実験後の模擬雷管 2

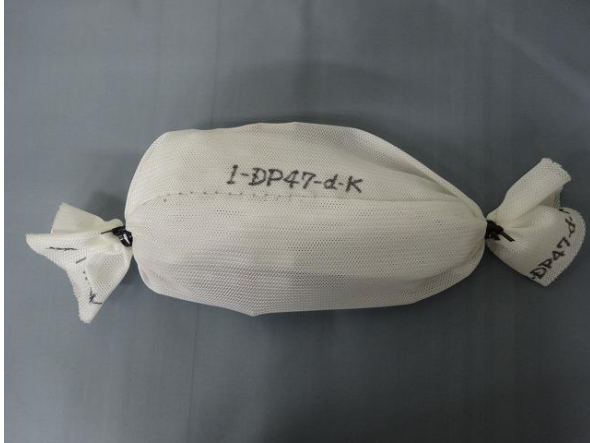


実験後の包装材 1



実験後の包装材 2

実験 No 1-DP47-d-K



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



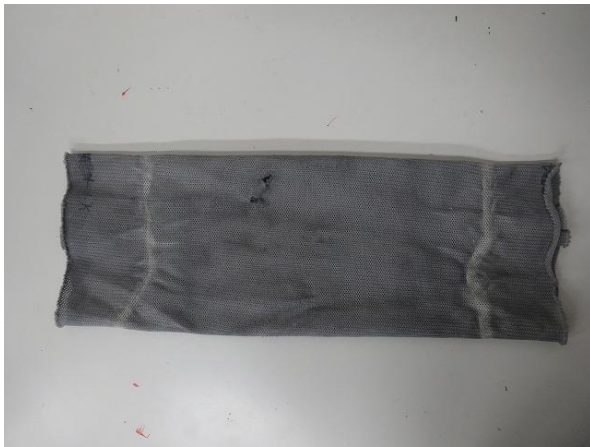
実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



実験後の包装材 1



実験後の包装材 2



実験後の包装材 3



実験後の包装材 4

実験 No 1-RSSL-d-K



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



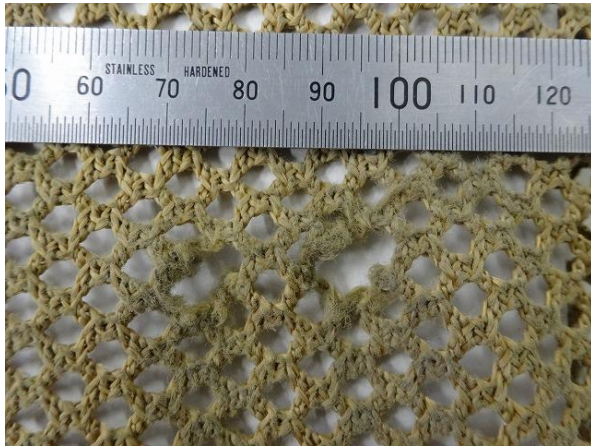
実験後の模擬雷管 2



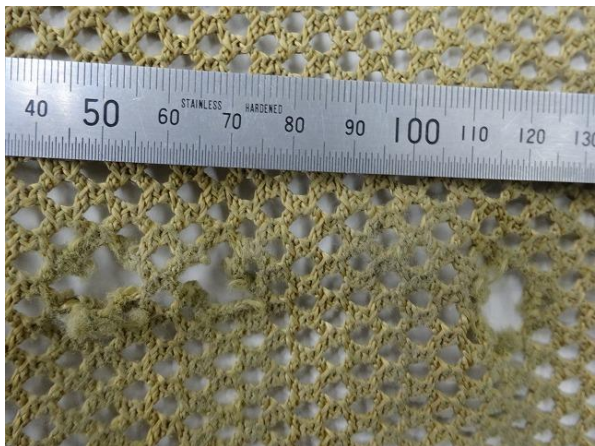
実験後の包装材 1



実験後の包装材 2



実験後の包装材 3



実験後の包装材 4

実験 No 1-B781-d-K





実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



実験後の包装材 1



実験後の包装材 2

実験 No 1-5238-d-K



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1



実験後の模擬雷管 2



実験後の包装材 1



実験後の包装材 2

実験 No 1-UK33-d-K





実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1

実験後の模擬雷管 2



実験後の包装材 1



実験後の包装材 2

実験 No 1-CV11-d-K





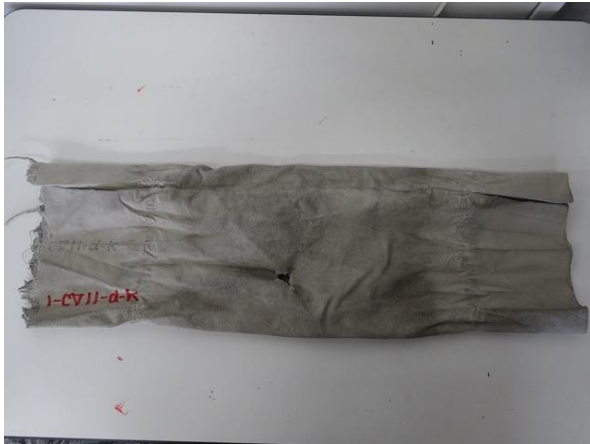
実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管 1

実験後の模擬雷管 2



実験後の包装材 1



実験後の包装材 2



実験後の包装材 3



実験後の包装材 4

感圧紙予備実験データ

フィルムの	極高圧用	高圧用	中圧用	低圧用	超低圧用	極超低圧用
-------	------	-----	-----	-----	------	-------

種類	HHS	HS	MS	LW	LLW	LLLW
感圧範囲(MPa)	130～300	50～130	10～50	2.5～10	0.5～2.5	0.2～0.6

極高压用

高压用

中压用

低压用

超低压用

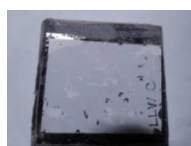
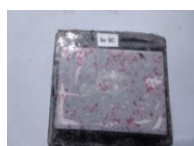
極超低压用



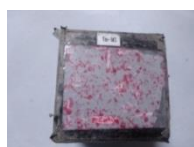
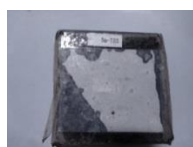
攪拌 1 分



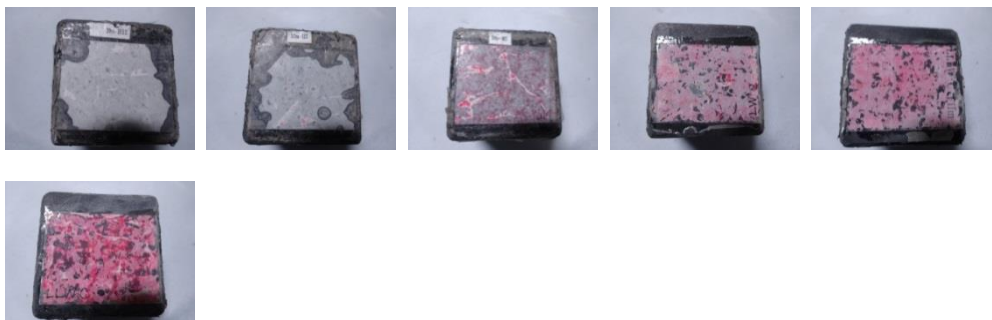
攪拌 3 分



攪拌 5 分



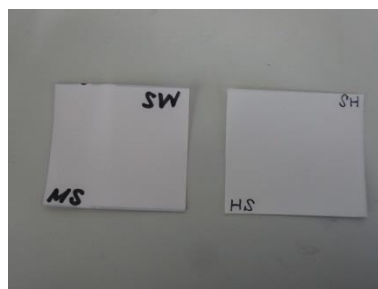
攪拌 10 分



実験後の圧力測定フィルム（最上段は実験前）



打撃圧試験体(50mm 角)



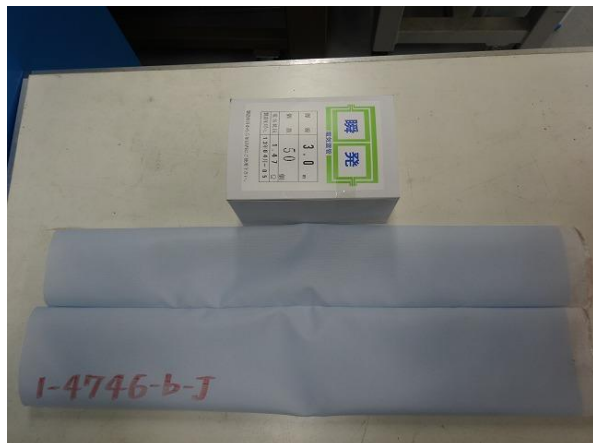
圧力測定フィルム(40×45)

7.1.2 小規模実験 2

小規模実験 2 結果

カヤク・ジャパン製 6号雷管

実験 No.1-4746-b-J



包装材 4746 と 6 号雷管



包装状況



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側

実験 No.1-TR56-b-J



包装材 TR56 と 6 号雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側

実験 No.1-B781-b-J



包装材 B781 と 6 号雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側

実験 No.1-UK33-b-J



包装材 UK33 と 6 号雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側

実験 No.1-Ts15-b-J



包装材 Ts15 と 6 号雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



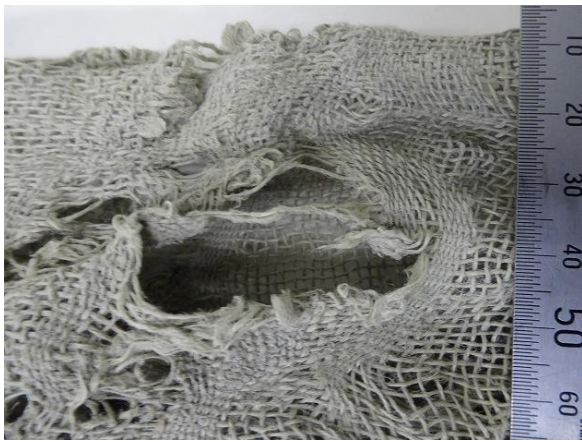
実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の Ts15 穴の状況 1



実験後の Ts15 穴の状況 2

実験 No.1-CV11-b-J



6号雷管を挿入した包装材 CV11



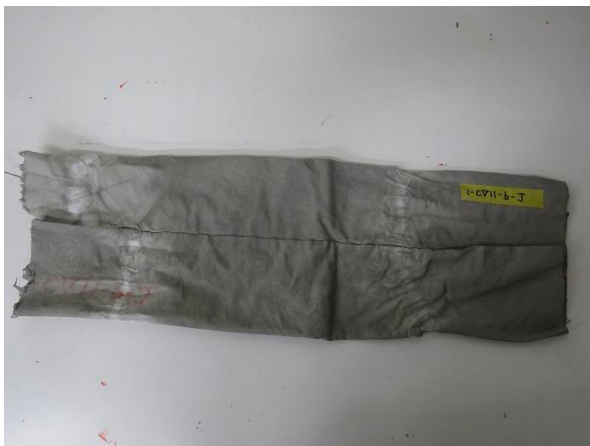
包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側

オリカ製 KONEL 雷管
実験 No.1-4746-b-K



包装材 4746 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



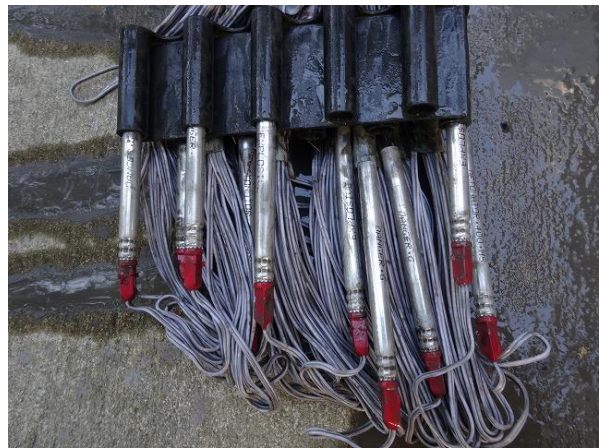
実験後の 4746 穴の状況 1



実験後の 4746 穴の状況 2



実験後の KONEL 雷管の状況 1



実験後の KONEL 雷管の状況 2 (変形なし)

実験 No.1-TR56-b-K



包装材 TR56 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



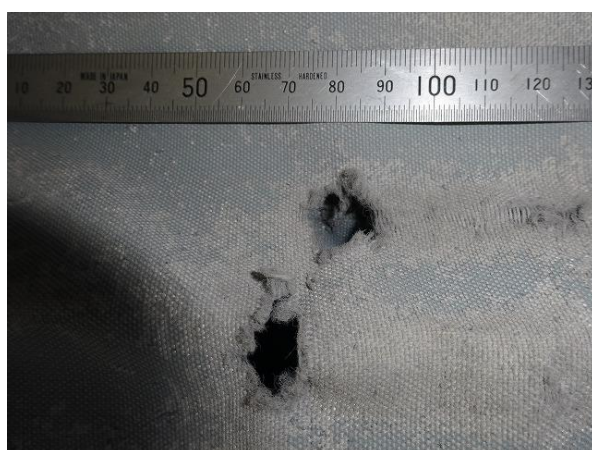
実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の TR56 穴の状況 1



実験後の TR56 穴の状況 2

実験 No.1-B781-b-K



包装材 B781 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の B781 穴の状況

実験 No.1-UK33-b-K



包装材 UK33 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の UK33 穴の状況 1



実験後の UK33 コーティングの状況

実験 No.1-Ts15-b-K



包装材 Ts15 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の Ts15 穴の状況 1



実験後の Ts15 穴の状況 2

実験 No.1-CV11-b-K



包装材 CV11 と KONEL 雷管



包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の雷管



実験後の包装材縫製側



実験後の包装材裏側



実験後の CV11 穴の状況 1



実験後の CV11 穴の状況 2



実験後の CV11 穴の状況 3



実験後の CV11 穴の状況 4

雷管処理状況

6号雷管

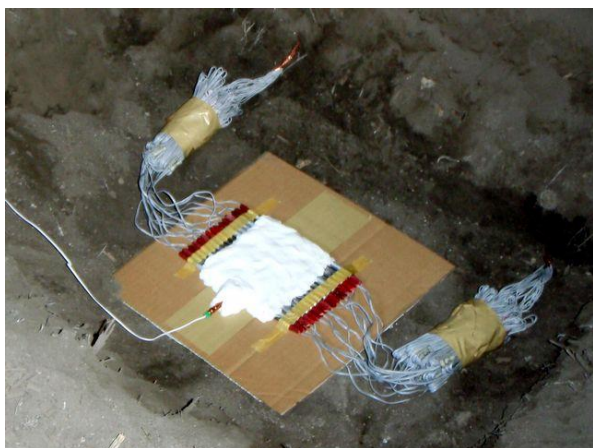


6号雷管 50個（C-4 120g）処理前の状況



6号雷管 50個（C-4 120g）処理後の状況

KONEL 雷管



KONEL 雷管 30個（C-4 150g）処理前の状況



KONEL 雷管 30個（C-4 150g）処理後の状況



脚線のとれた KONEL 雷管 2個（C-4 150g）処理前の状況

7.1.3 中規模実験

砕石データ（中規模実験）

	岩石の物理試験	報告用紙
--	---------	------

調査名 岩石試験

試験日 26 年 1 月 9 日

位置 Br.No.

試験者 中村 敏明

供 試 体 番 号	岩 石 名	自然質量 W ₁	水中質量 W ₃	見 掛 比 重 または 密 度(g/cm ³) (二 試 一 試)		吸 水	飽 和	体 積 W ₂ -W ₃
		強制湿潤 質量 W	強制乾燥 質量 W			有効間隙率		
						含 水	含 水	
				(g)		(%)		
No. 硬質砂岩 A m		114.36	71.83	自然	2.688	0.316	94.4	42.55
		114.38	114.02	強湿	2.688	0.846	0.298	
				強乾	2.680	0.799		
No. 硬質砂岩 B m		156.26	97.60	自然	2.663	0.244	94.7	58.68
		156.28	155.90	強湿	2.663	0.648	0.231	
				強乾	2.657	0.613		
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				
No. m				自然				
				強湿				
				強乾				

	岩石の密度試験（ノギス法）	報告用紙
--	---------------	------

調査名 岩石試験

試験日 26 年 1 月 8 日

位置 Br.No.

試験者 中村 敏明

一軸圧縮試験試料

供 試 体 番 号	No. 硬質砂岩 A	No. 硬質砂岩 B	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm	10.068	4.620		
上 部 平 均 直 径 cm	5.025	2.545		
中 部 平 均 直 径 cm	5.025	2.540		
下 部 平 均 直 径 cm	5.025	2.540		
直 径 cm	5.025	2.542		
断 面 積 cm ²	19.83	5.08		
体 積 cm ³	199.65	23.47		
質 量 g	529.72	62.28		
密 度 g/cm ³	2.653	2.654		

供 試 体 番 号	No.	No.	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm				
上 部 平 均 直 径 cm				
中 部 平 均 直 径 cm				
下 部 平 均 直 径 cm				
全 平 均 直 径 cm				
断 面 積 cm ²				
体 積 cm ³				
質 量 g				
密 度 g/cm ³				

	岩石の密度試験（ノギス法）	報告用紙
--	---------------	------

調査名 岩石試験 試験日 26 年 1 月 8 日

圧裂引張強度試験試料

供 試 体 番 号	No. 硬質砂岩 A	No. 硬質砂岩 B	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm	4.195	2.083		
上 部 平 均 直 径 cm	5.035	2.540		
中 部 平 均 直 径 cm	5.030	2.540		
下 部 平 均 直 径 cm	5.035	2.540		
断 面 積	19.89	5.07		
体 積	83.44	10.56		
質 量 g	221.38	28.03		
密 度	2.653	2.654		

供 試 体 番 号	No.	No.	No.	No.
深 度	m ～ m	m ～ m	m ～ m	m ～ m
岩 石 名				
平 均 高 さ cm				
上 部 平 均 径 cm				
中 部 平 均 径 cm				
下 部 平 均 径 cm				
全 平 均 径 cm				
断 面 積 cm ²				
体 積 cm ³				
質 量 g				
密 度 g/cm ³				

	超音波伝播速度測定	報告用紙
--	-----------	------

調査名 岩石試験

試験日 26 年 1 月 8 日

試料番号	岩石名	試料長 cm	P 波		S 波		動ポアソン比	備考
		試料直径 cm					動弾性係数 MN/m ²	
	測定条件	密度 g/cm ³	伝播時間 μ sec	速度 km/sec	伝播時間 μ sec	速度 km/sec	動せん断弾性係数 MN/m ²	
No. 硬質砂岩 A m		10.068	19.9	5.06	32.7	3.15	0.184	
		5.025	19.9		31.3		62300	
	自然状態	2.653	19.9		32.0		26300	
No. 硬質砂岩 B m		4.620	8.5	5.44	14.9	3.10	0.260	
		2.542	8.5		15.0		64300	
	自然状態	2.654	8.5		14.9		25500	
No. m ~ m								
No. m ~ m								
No. m ~ m								
No. m ~ m								
No. m ~ m								
No. m ~ m								
No. m ~ m								

.....

J I S M 0302-2000 J G S 2521-2009	岩石の一軸圧縮試験 (強度・変形特性)	
--------------------------------------	---------------------	--

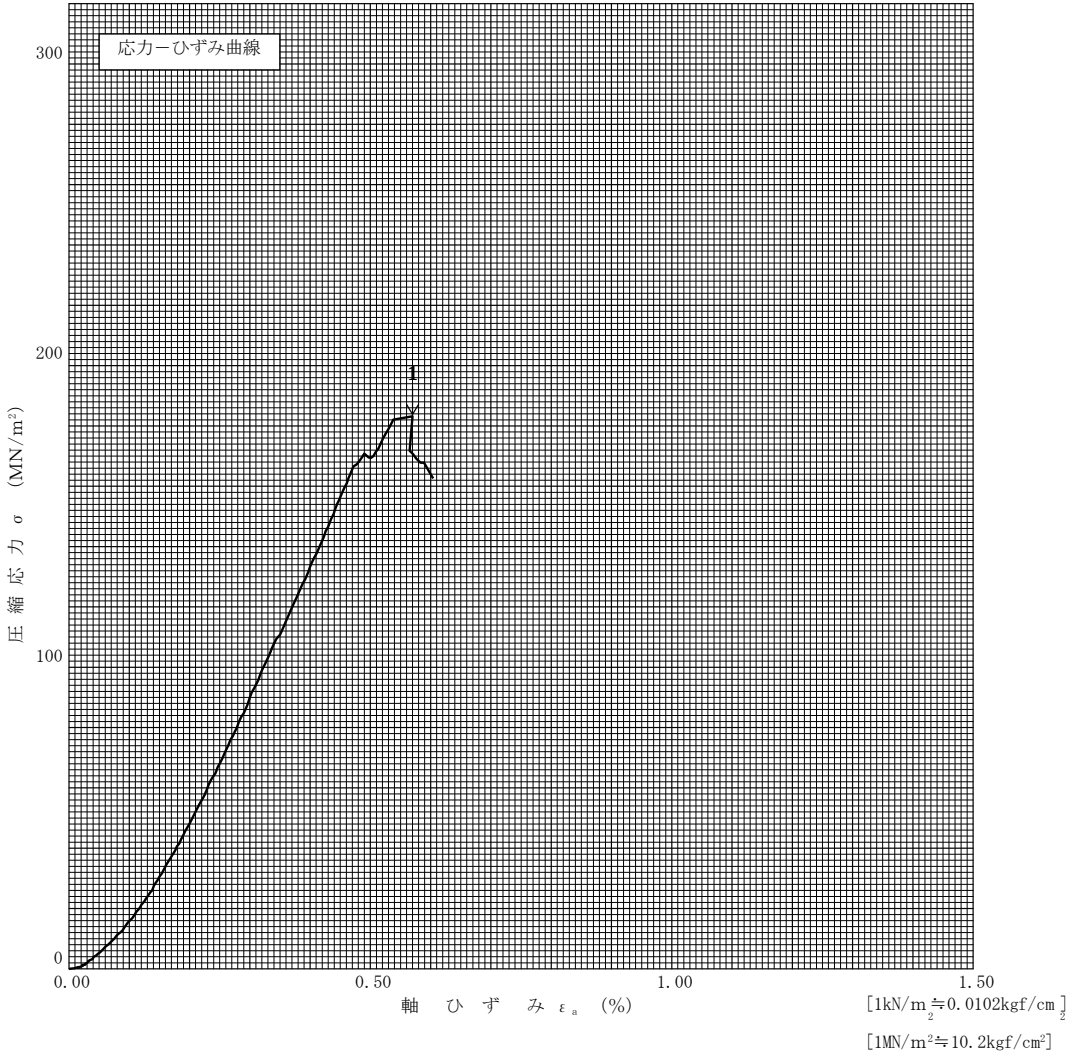
調査件名

岩石試験

試験年月日

2014 年 01 月 08 日

		試 料 の 状 態	自然	破壊状況		
岩 石 名		初 期 高 さ H_0 cm	10.068			
ひずみ速度 %/min		初 期 直 径 D_0 cm	5.025			
荷重計容量 kN	1000.0	質 量 m_0 g	529.72			
		密 度 ρ_0 g/cm ³	2.653			
		初期含水比 w_n %				
		一軸圧縮強さ σ_n MN/m ²	183			
		破壊ひずみ ε_{af} %	0.57			
		変形係数(割) $DE_{\sigma,50}$ MN/m ²	3.02x10 ⁴	変形係数(割) $E_{\sigma,50}$ MN/m ²		
		変形係数(接) $DE_{\tau,50}$ MN/m ²	4.88x10 ⁴	変形係数(接) $E_{\tau,50}$ MN/m ²		
				静ポアソン比 ν		

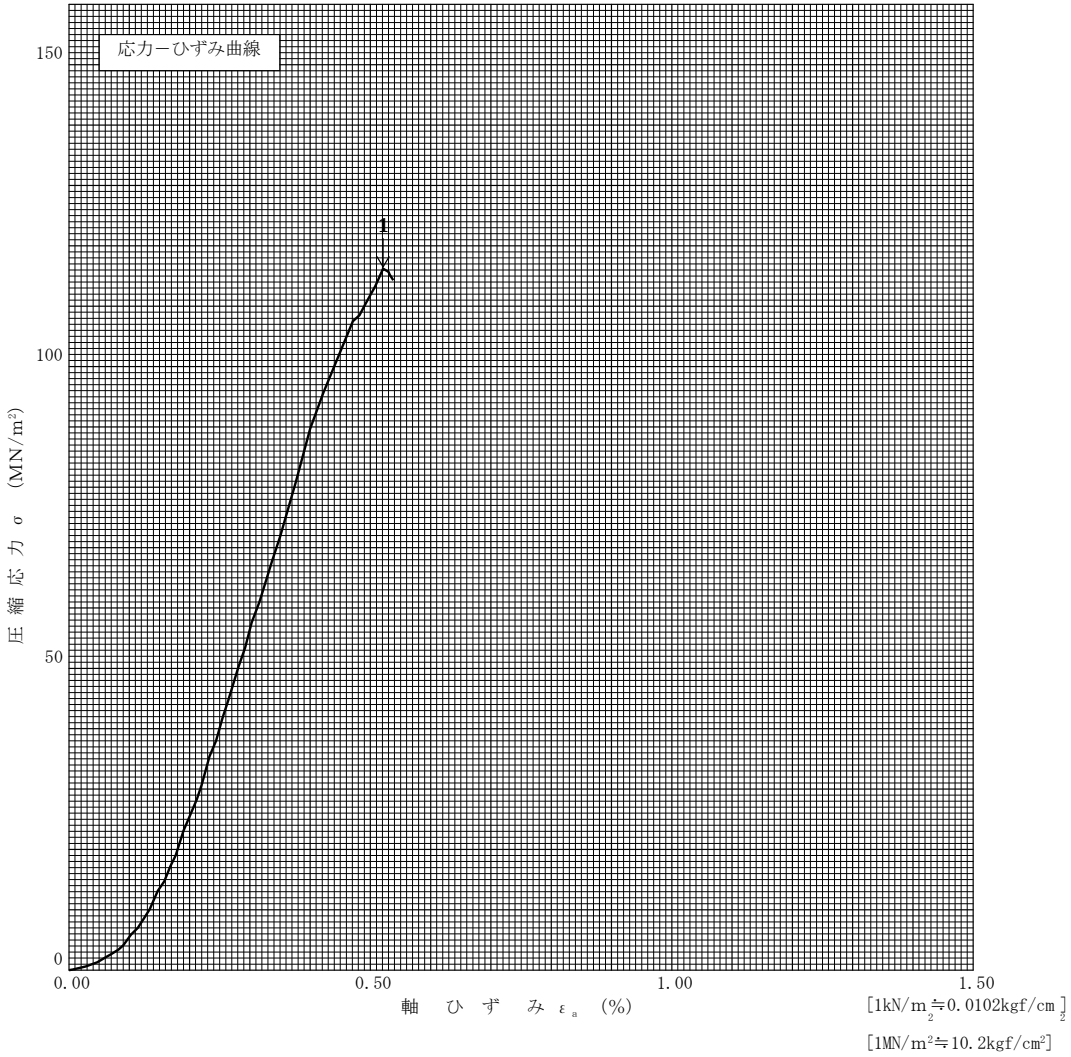


DIA CONSULTANTS 不許複製

J I S M 0302-2000 J G S 2521-2009	岩石の一軸圧縮試験 (強度・変形特性)	
--------------------------------------	---------------------	--

調査件名 岩石試験 試験年月日 2014 年 01 月 08 日

岩石名		試料の状態	自然	破壊状況		
		初期高さ H_0 cm	4.620			
ひずみ速度 %/min		初期直径 D_0 cm	2.542			
荷重計容量 kN	100.0	質量 m_0 g	62.28			
		密度 ρ_0 g/cm ³	2.654			
		初期含水比 w_0 %				
		一軸圧縮強さ q_u MN/m ²	116			
		破壊ひずみ ε_{uf} %	0.52			
		変形係数(割) $DE_{0.50}$ MN/m ²	1.91x10 ⁴	変形係数(割) $E_{0.50}$ MN/m ²		
		変形係数(接) $DE_{0.50}$ MN/m ²	3.18x10 ⁴	変形係数(接) $E_{1.50}$ MN/m ²		
				静ポアソン比 ν		



DIA CONSULTANTS 不許複製

	岩石の引張（圧裂）試験	報告用紙
--	-------------	------

調査名 岩石試験

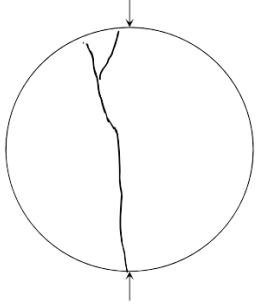
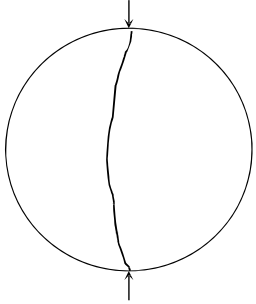
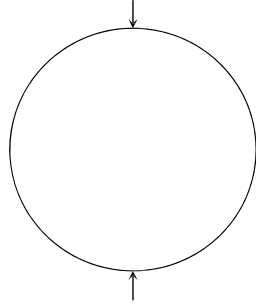
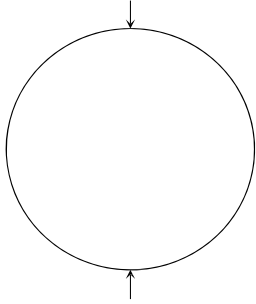
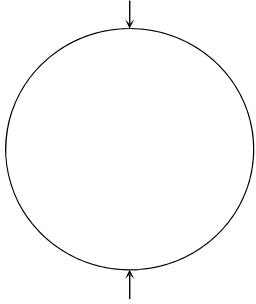
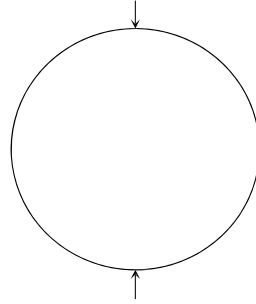
試験日 26 年 1 月 8 日

位置 Br.No.

試験者 中村 敏明

試料番号	岩石名	試料長 cm	試料直径 cm	密度 g/cm ³	破壊荷重 kN	引張り強さ MN/m ²	一軸圧縮強さ MN/m ²	ぜい性度
No. 硬質砂岩 A m		4.195	5.033	2.653	26.5	8.00		
No. 硬質砂岩 B m		2.083	2.540	2.654	11.9	14.3		
No. ~ m m								
No. ~ m m								
No. ~ m m								
No. ~ m m								

破壊後スケッチ

No. 硬質砂岩 A 	No. 硬質砂岩 B 	No. _____ 
No. _____ 	No. _____ 	No. _____ 

中規模実験 結果

6号雷管模擬品

本実験 (1) 帆布 (CV11)



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管

実験後の包装材

本実験 (2) 4746



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管



実験後の包装材

本実験 (3) UK333



実験前の包装実験体

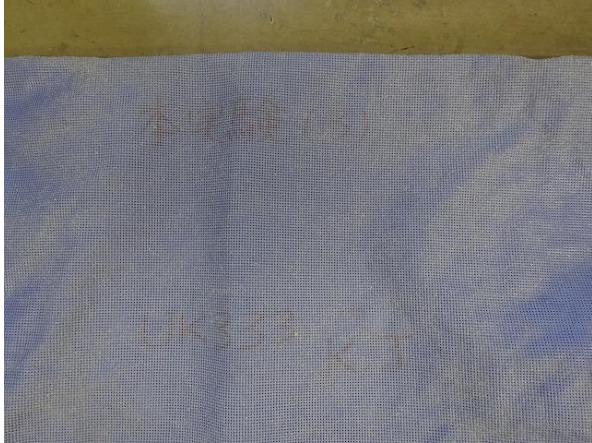


実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管

実験後の包装材

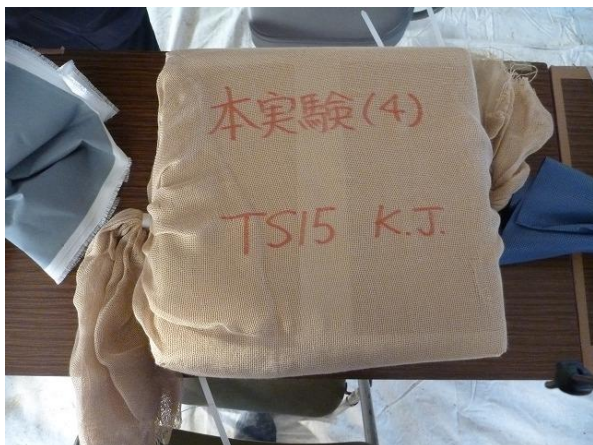


実験後の UK33 コーティングの状況 1



実験後の UK33 コーティングの状況 2

本実験 (4) Ts15



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管



実験後の包装実験体材 1



実験後の包装材 2



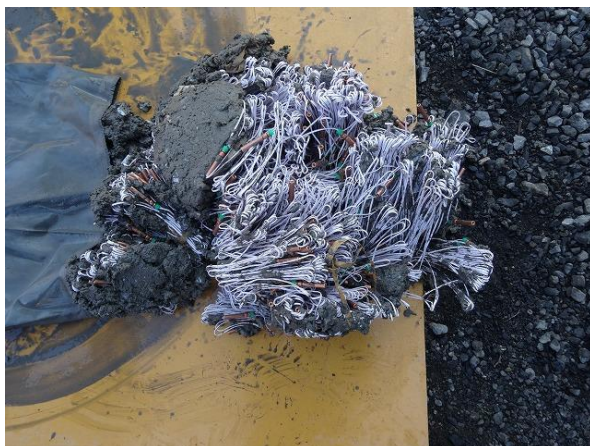
実験後の包装材 3

本実験 (5) TR560

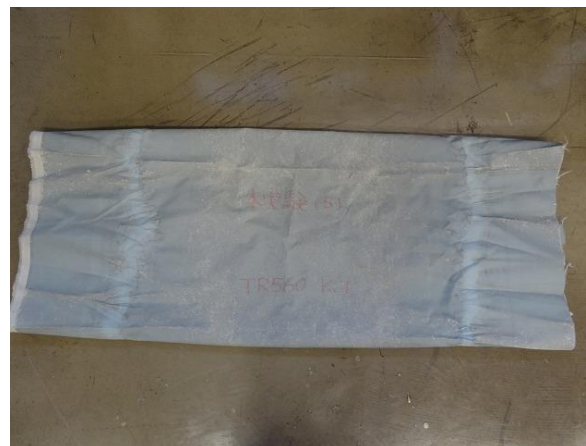


実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管



実験後の包装材

本実験 (6) B781



実験前の包装実験体



実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管



実験後の包装材

KONEL 雷管模擬品

本実験 (7) 4746



実験前の包装実験体

実験後の包装実験体



実験後の模擬雷管



実験後の包装材

予備実験 1
感圧紙設置状況



感圧紙を張り付けた砕石立方体



段ボール箱底部に設置された感圧シート set-B

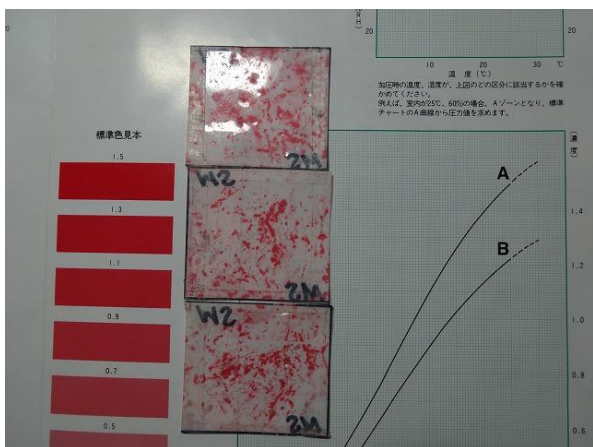


実験前の感圧シート set-B

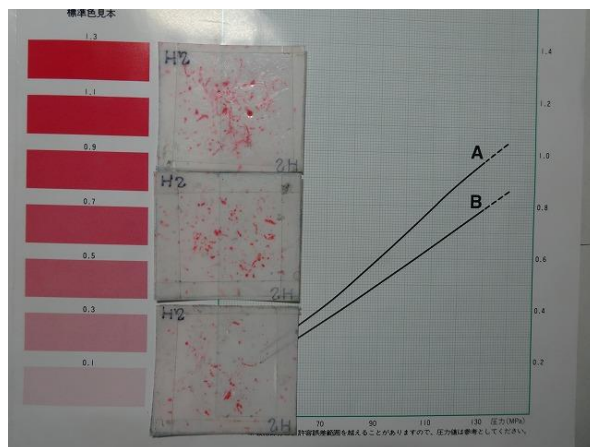


実験後の感圧シート set-B

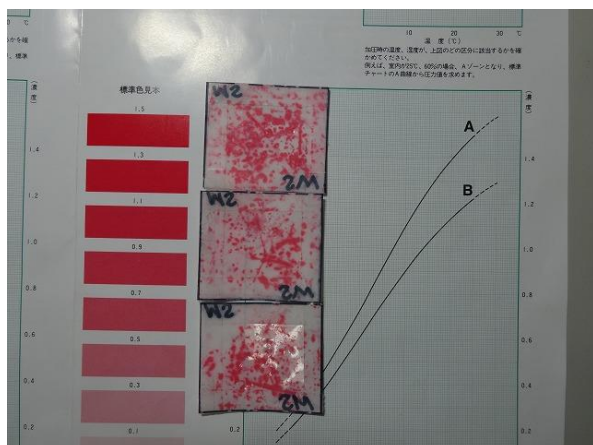
感圧紙発色状況



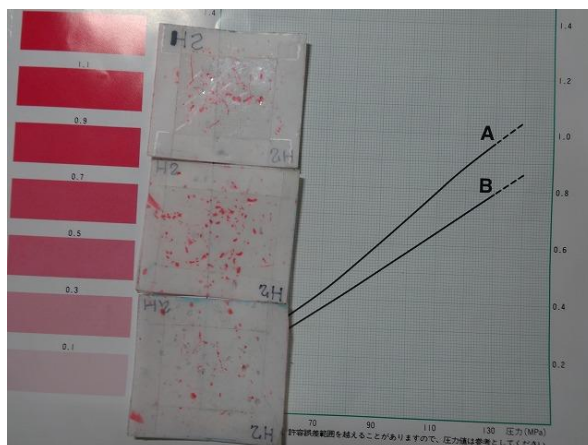
混合 1-MS



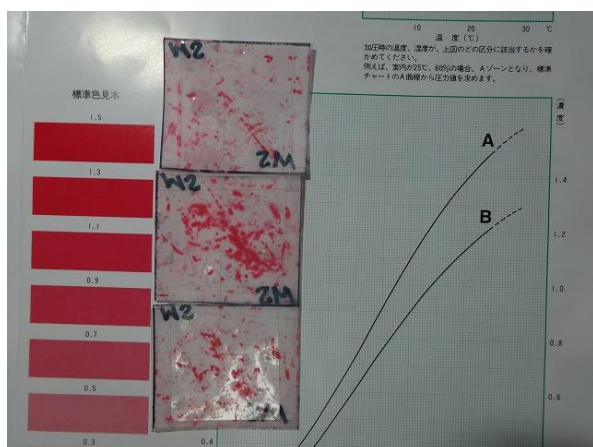
混合 1-HS



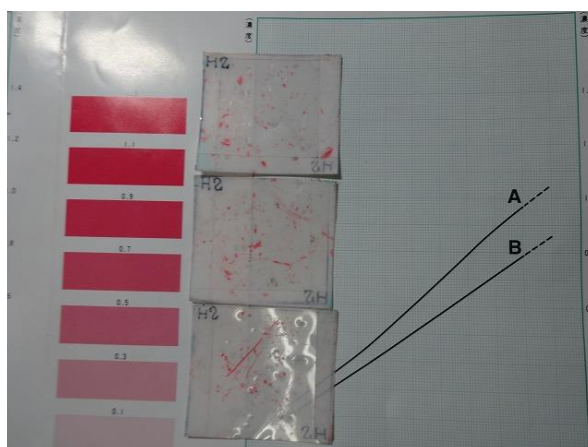
砂岩 1-MS



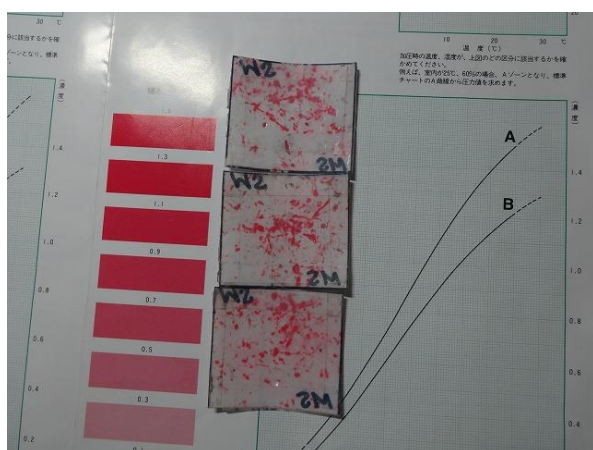
砂岩 1-HS



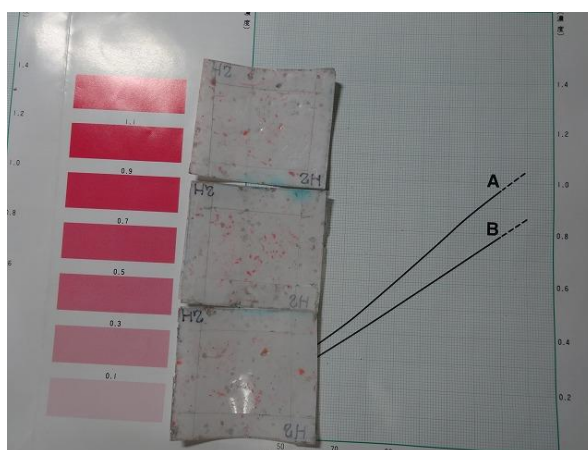
砂岩 2-MS



砂岩 2-HS



砂岩 3-MS



砂岩 3-HS

予備実験 2
感圧紙設置状況



段ボール箱内部



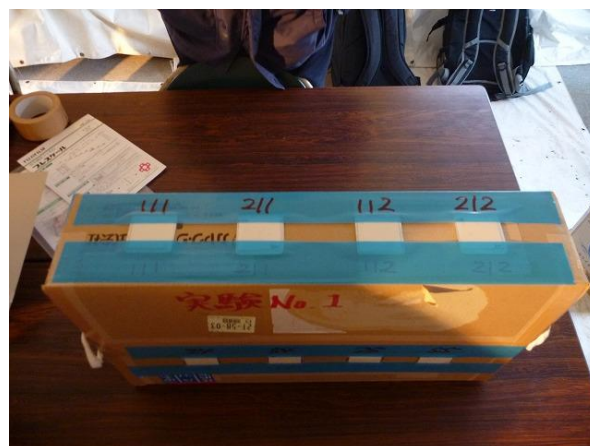
段ボール箱底部

7.2 落下実験

落下実験 No.1 感圧紙設置状況



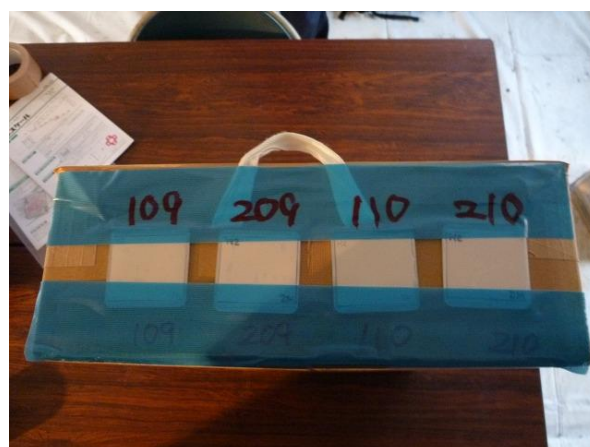
段ボール箱外側上部



段ボール箱外側前部



段ボール箱内側上部



段ボール箱外側側面部

落下実験 No.1



土砂落下開始 左 90 度カメラ V3



土砂落下開始 正面カメラ V1



落下開始後 1 秒 カメラ V3



落下開始後 1秒 カメラ V1



落下開始後 2秒 カメラ V3



落下開始後 2 秒 カメラ V1



落下開始後 3 秒 カメラ V3



落下開始後 3秒 カメラ V1



落下開始後 4秒 カメラ V3



落下開始後 4秒 カメラ V1



落下開始後 5秒 カメラ V3



落下開始後 5 秒 カメラ V1



落下開始後 6 秒 カメラ V3



落下開始後 6 秒 カメラ V1



落下開始後 7 秒 カメラ V3



落下開始後 7秒 カメラ V1



落下開始後 8秒 カメラ V3



落下開始後 8 秒 カメラ V1



落下開始後 9 秒 カメラ V3



落下開始後 9 秒 カメラ V1



落下開始後 10 秒 カメラ V3



落下開始後 10 秒 カメラ V1

落下実験 2 感圧紙設置状況



段ボール箱外側上部



段ボール箱外側後部



段ボール箱内側上部



内部上右の小箱

落下実験 No.2



落下開始 カメラ V2



落下開始 カメラ V3



包装実験体の状況 落下開始時 カメラ V1



落下開始後 3 秒 カメラ V2



落下開始後 3 秒 カメラ V3



包装実験体の状況 落下開始後 3 秒 カメラ V1



落下開始後 3.17 秒 カメラ V2



落下開始後 3.17 秒 カメラ V3



包装実験体の状況 落下開始後 3.17 秒 カメラ V1



包装実験体の状況 落下開始後 3.23 秒 カメラ V1



包装実験体の状況 落下開始後 3.63 秒 カメラ V1



包装実験体の状況 落下開始後 3.70 秒 カメラ V1



包装実験体の状況 落下開始後 7.0 秒 カメラ V1

7.3 爆破実験

KONEL 雷管収納箱



KONEL 電気雷管			
種類	LP1	段	
脚線長	3.0	m	
延時秒時	400	ms	
数量	250	個	
製造年月日	12.04.27		
ロット番号	K12M136		
爆薬正味重量	0.25	kg	
総重量	10.3	kg	

SHAWIN OCEAN LINE

KORYO NOBEL EXPLOSIVE CO., LTD.
MUNHYUN 4DONG, NAMGU, BUSAN,
SOUTH KOREA.
TEL: 82-51-644-2320
FAX: 82-51-644-2321

ORICA JAPAN CO., LTD.
7F TORANOMON MISO BLDG. 3-7-11
TORANOMON MINATO-KU, TOKYO
105-0001 JAPAN. T: 81-3-5777-4681
ATTN: MS.KIYOKO KURIBARA

PROPER SHIPPER NAME

UN or ID NO.

DETONATORS, ELECTRIC

UN0456

CLASS or DIV.

PACKING GROUP

PACKING INSTR

1.4S

131

EMERGENCY CALL NO.:
81-3-5777-4681

HANDLING MARKING

NET QUANTITY : 10 KG
NET EXPLOSIVE MASS : 0.25 KG

KOR

AIR WAYBILL NO.

180-2

DESTINATION

OSA

Hawb No

HJTP-0019

Hawb Destination

OSA

雷管 10 個束の準備

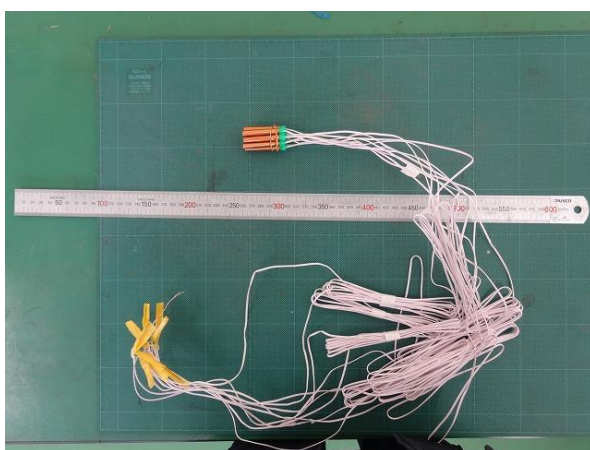


雷管 10 個束の準備状況 1 (6 号雷管)

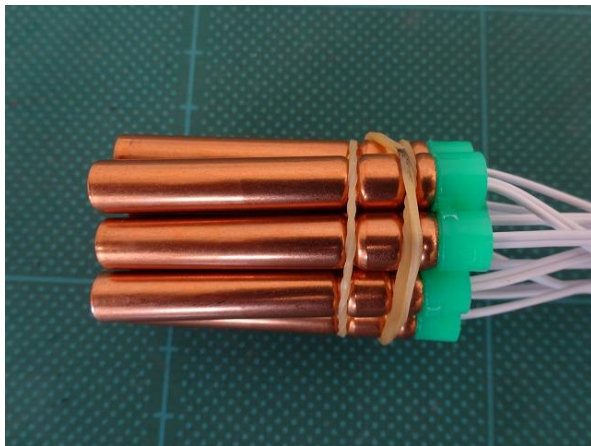
雷管 10 個束の準備状況 2 (6 号雷管)



雷管 10 個束の準備状況 3 (6 号雷管)



雷管 10 個束の準備状況 4 (6 号雷管)



雷管 10 個束の準備状況 5 (6 号雷管)



雷管 10 個束の準備状況 6 (6 号雷管)



雷管 10 個束の準備状況 7 (KONEL 雷管)

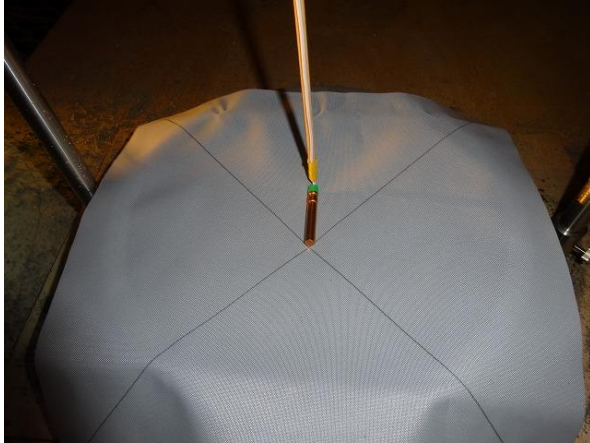


雷管 10 個束の準備状況 8 (KONEL 雷管)

爆破実験 1 結果

6 号雷管

4-4746-0-1H-J (6 号雷管 1 個、SO=0、水平)



雷管設置状況

実験後の状況

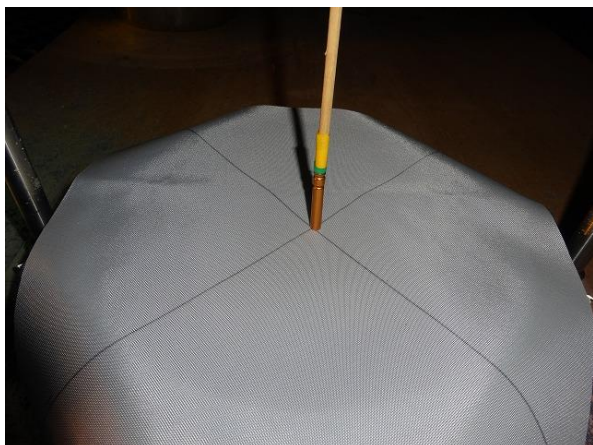


実験後のクレーター

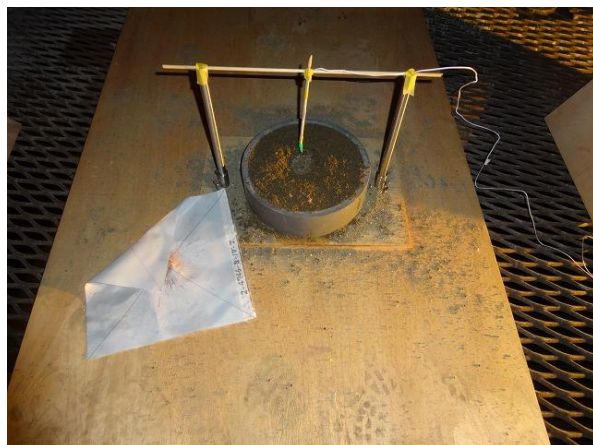


実験後の包装材の状況

4-4746-0-1V-J (6号雷管1個、SO=0、垂直)



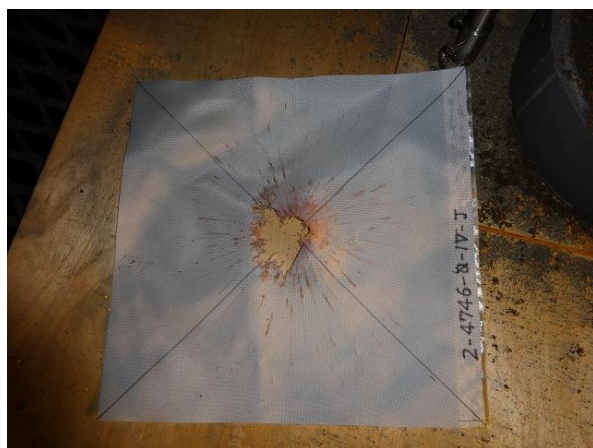
雷管設置状況



実験後の状況

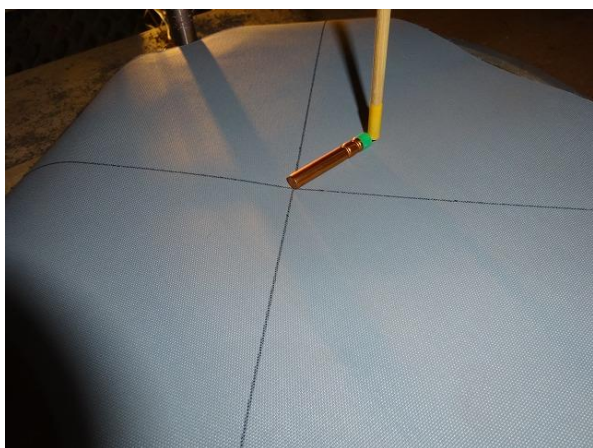


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-TR56-0-1H-J (6号雷管1個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況

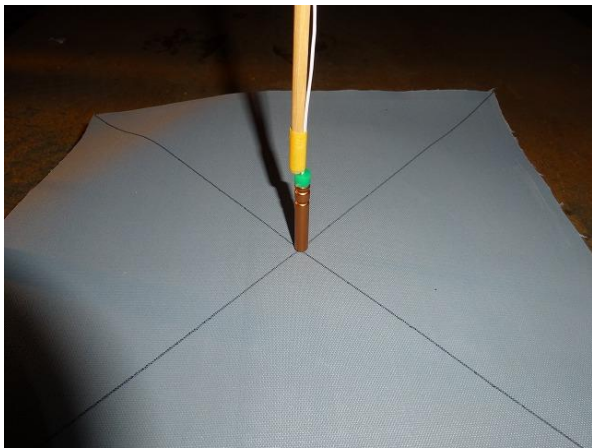


実験後のクレーター

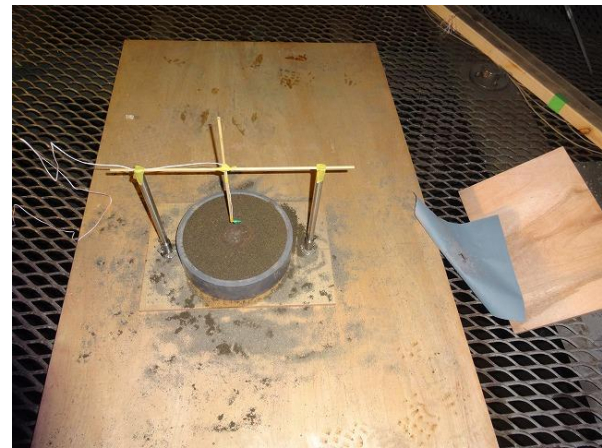


実験後の包装材の状況

4-TR56-0-1V-J (6号雷管1個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

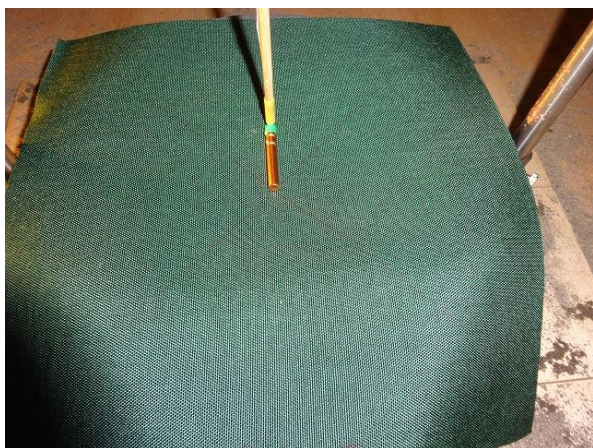


実験後のクレーター

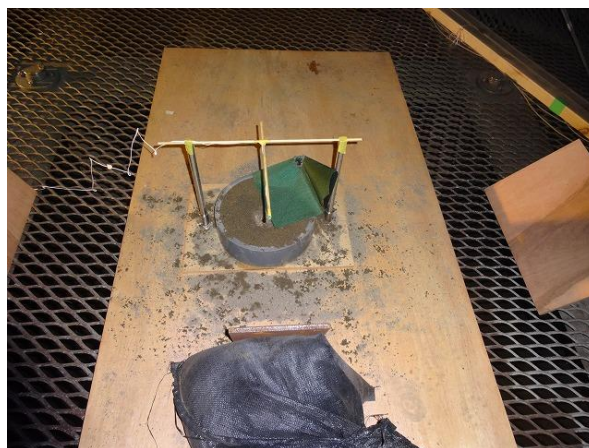


実験後の包装材の状況

4-B781-0-1H-J (6号雷管 1個、SO=0、水平)



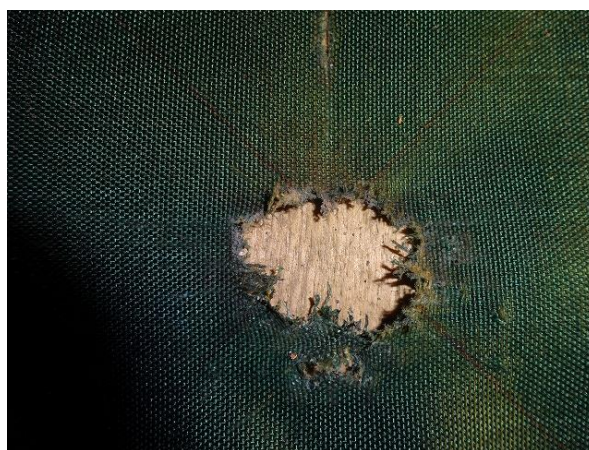
雷管設置状況



実験後の状況

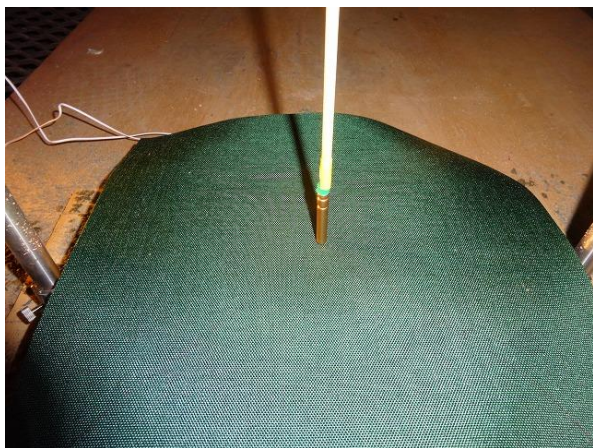


実験後の包装実験体材の状況 1

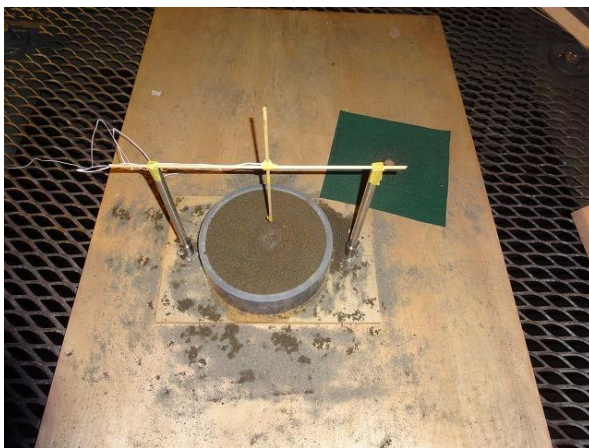


実験後の包装材の状況 2

4-B781-0-1V-J (6号雷管 1個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

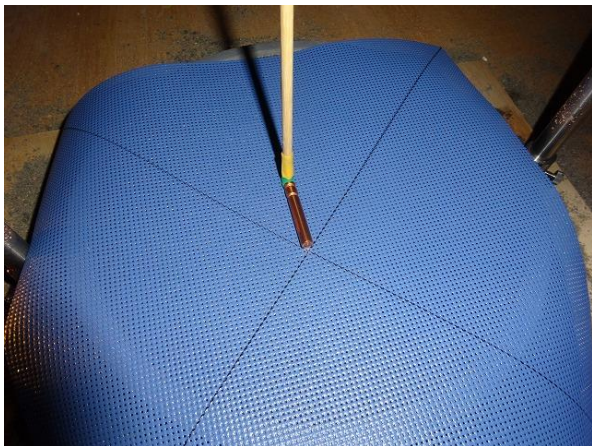


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-UK33-0-1H-J (6号雷管1個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況

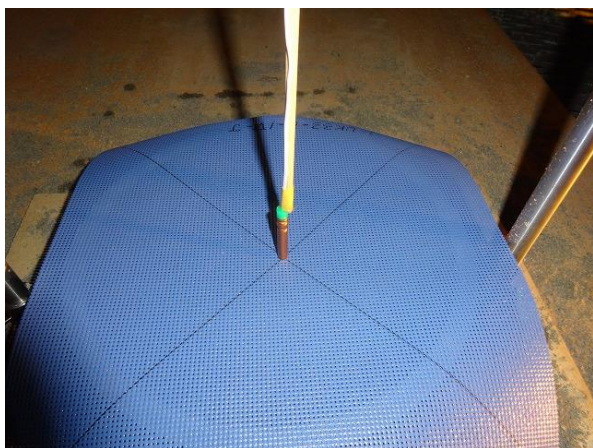


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-UK33-0-1V-J (6号雷管1個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

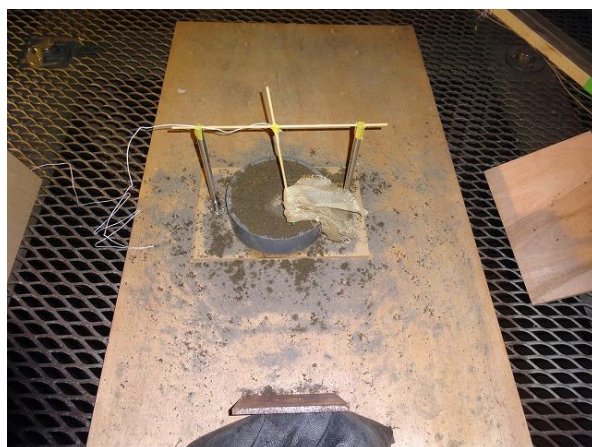


実験後の包装材の状況

4-Ts15-0-1H-J (6号雷管1個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-Ts15-0-1V-J (6号雷管 1個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

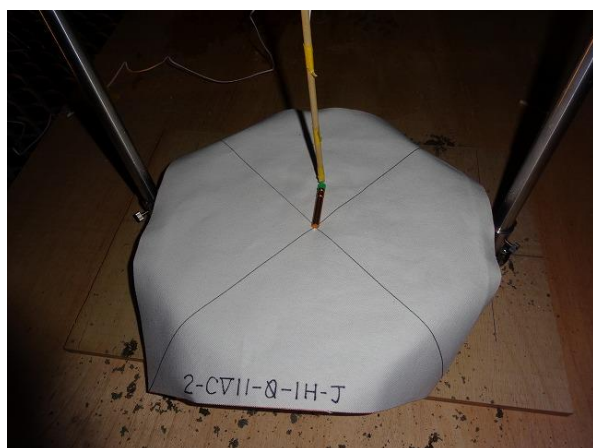


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-1H-J (6号雷管1個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況

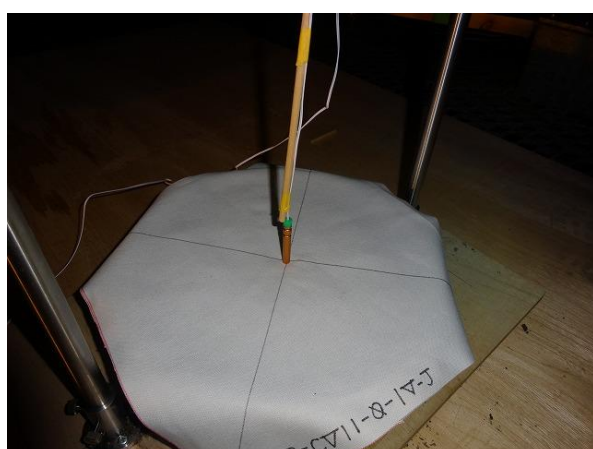


実験後のクレーター

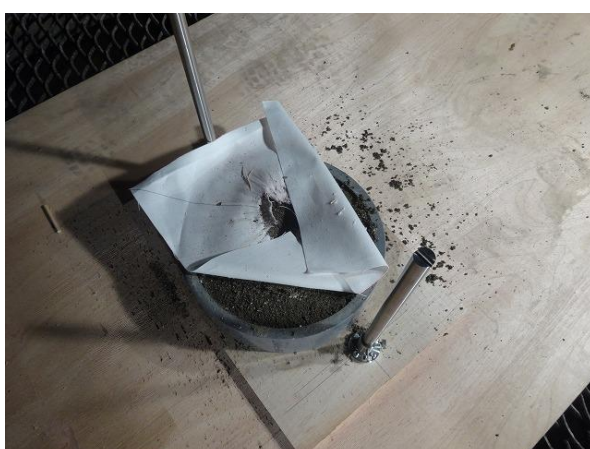


実験後の包装材の状況

4-CV11-0-1V-J (6号雷管1個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

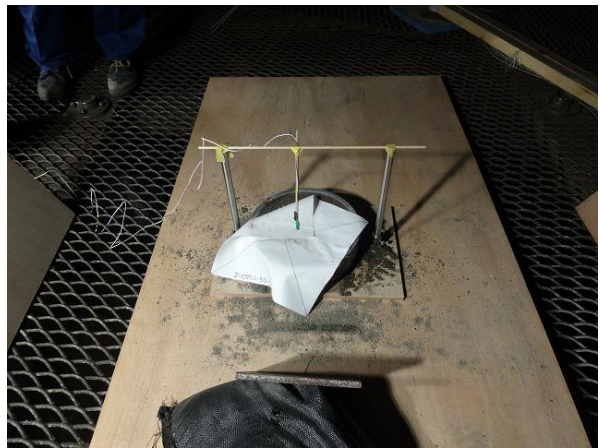


実験後の包装材の状況

4-CV11-50-1H-J (6号雷管 1個、SO=50、水平)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

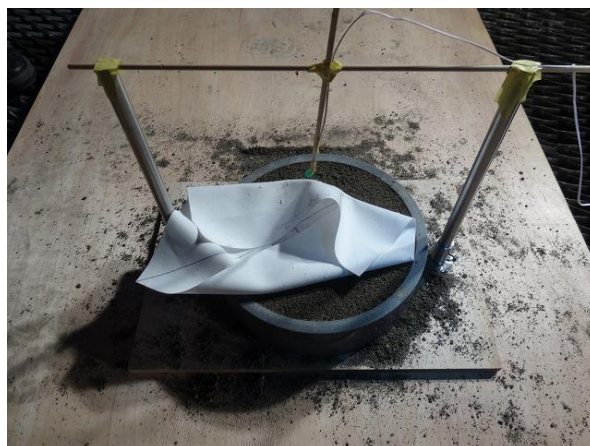


実験後の包装材の状況

4-CV11-50-1V-J (6号雷管 1 個、SO=50、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

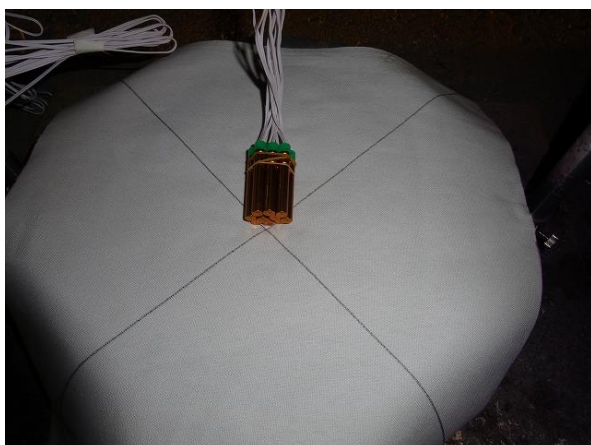


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-10H-J (6号雷管 10 個、SO=0、水平)



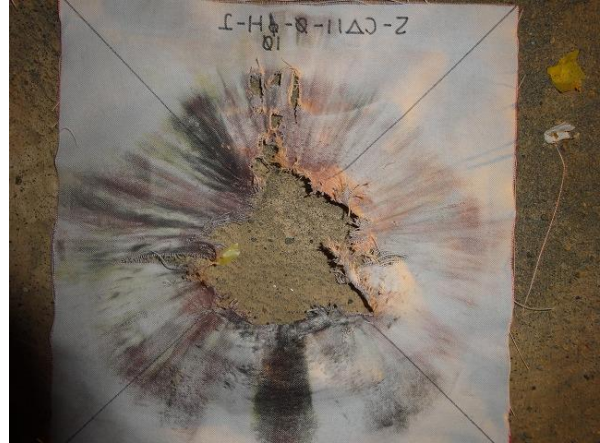
雷管設置状況



実験後の状況

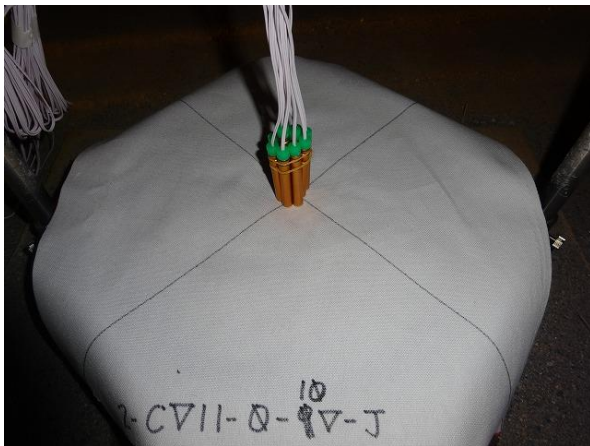


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-10V-J (6号雷管 10個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

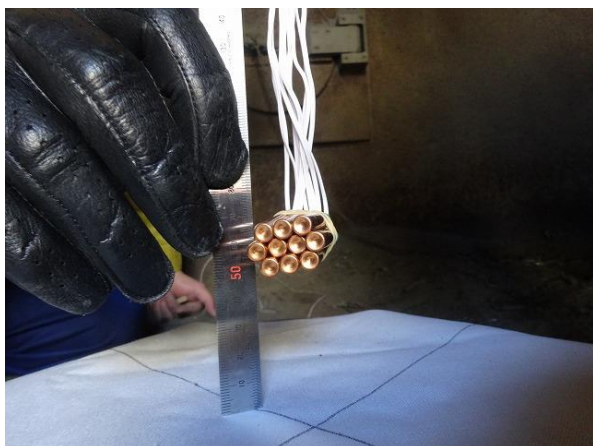


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-50-10H-J (6号雷管 10個、SO=50、水平) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2



実験後の状況



実験後の包装材の状況

4-CV11-50-10V-J (6号雷管 10個、SO=50、垂直) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2



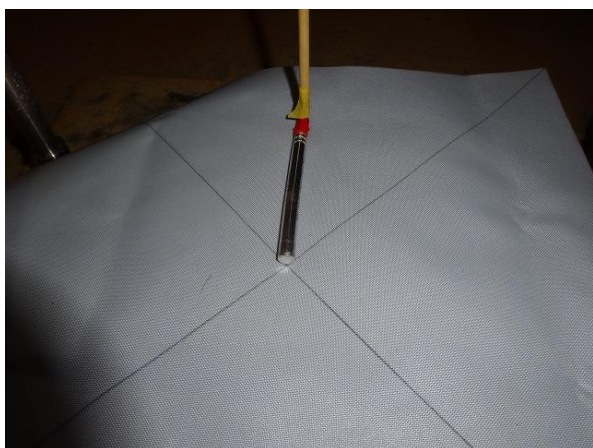
実験後の状況



実験後の包装材の状況

KONEL 雷管

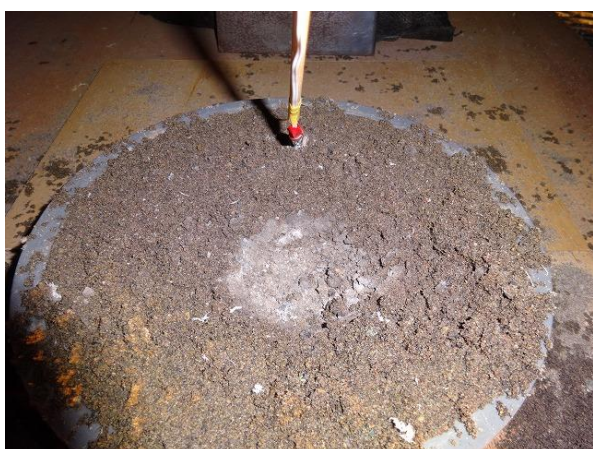
4-4746-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平) 小ピット



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

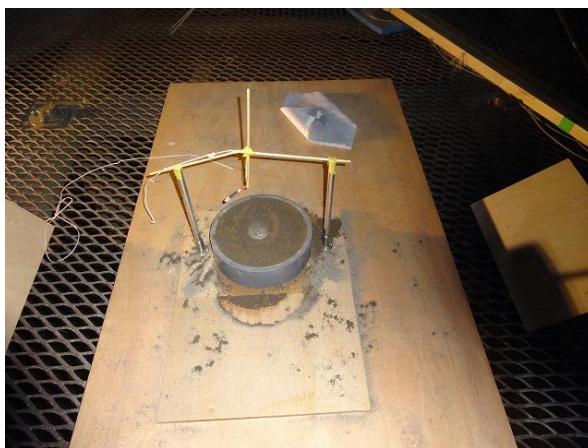


実験後の包装材の状況

4-4746-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

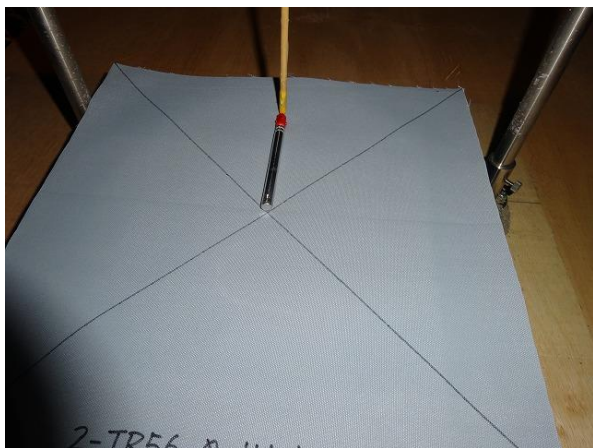


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-TR56-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況

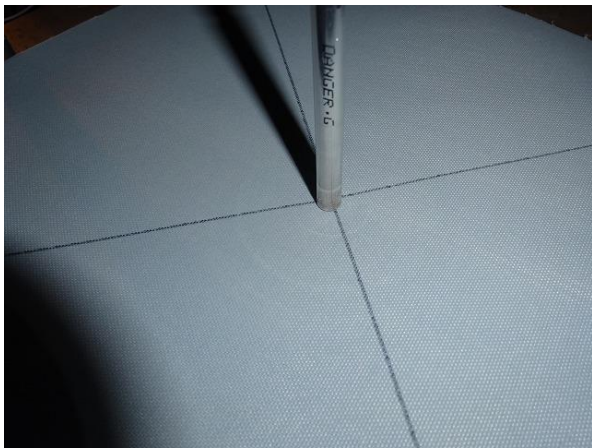


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-TR56-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

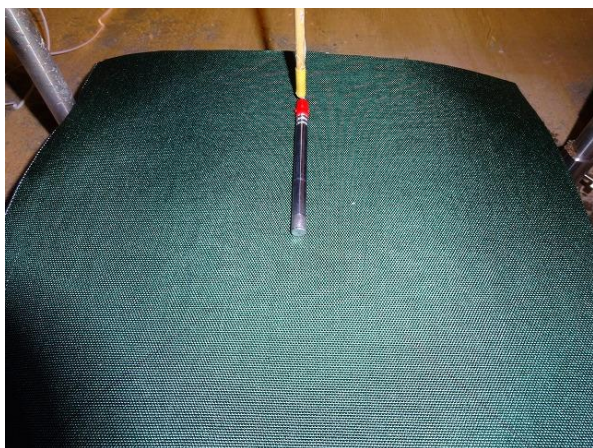


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

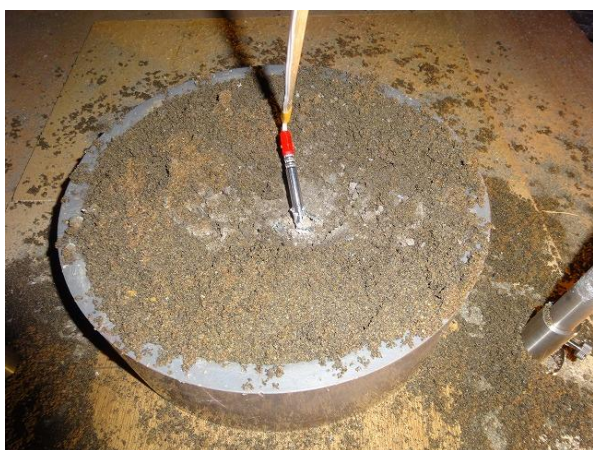
4-B781-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平)



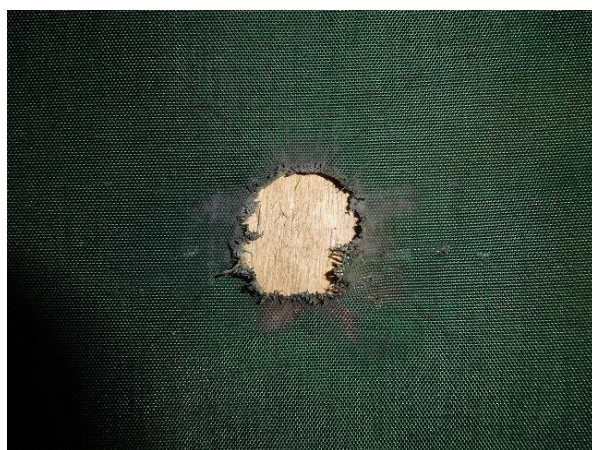
雷管設置状況



実験後の状況

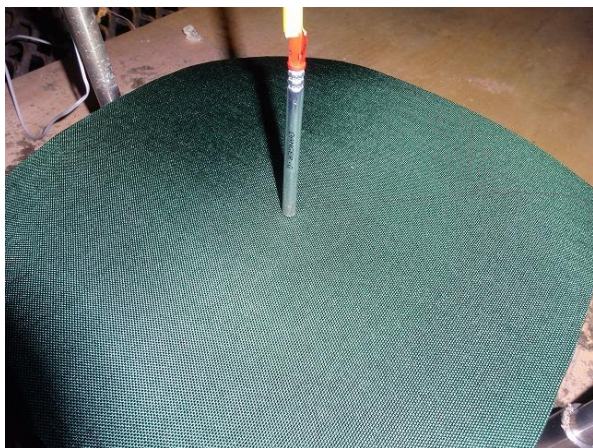


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-B781-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



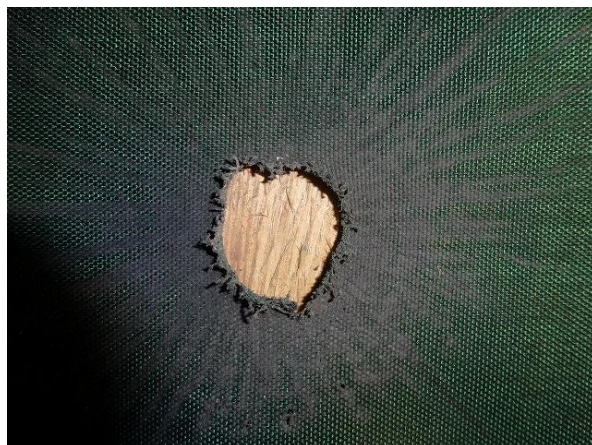
雷管設置状況



実験後の状況

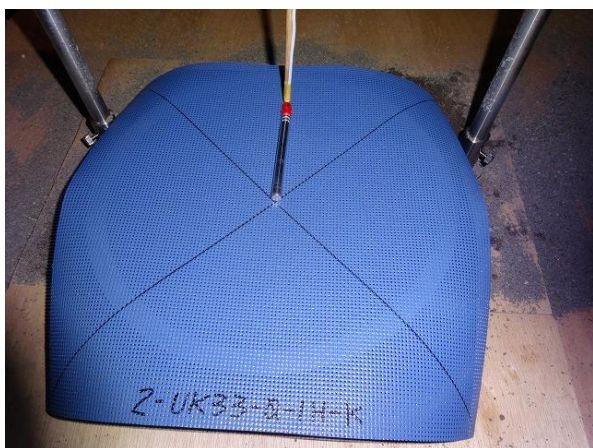


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-UK33-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

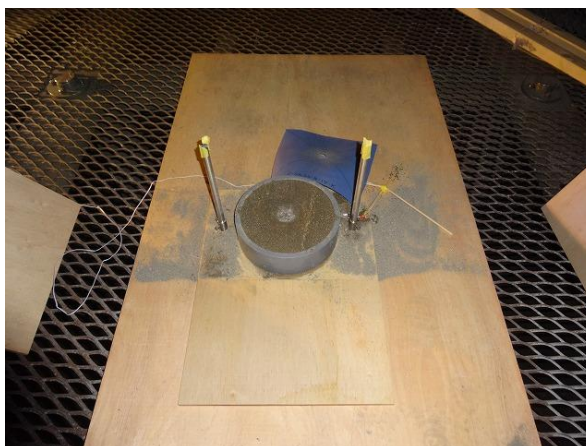


実験後の包装材の状況

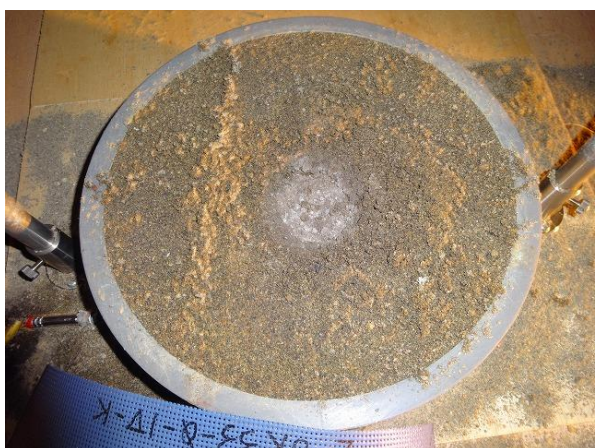
4-UK33-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

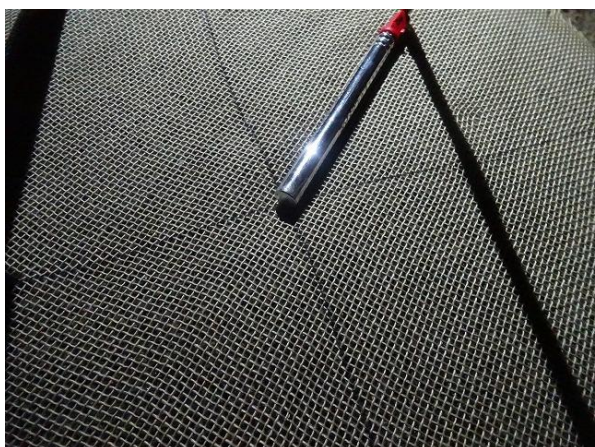


実験後のクレーター

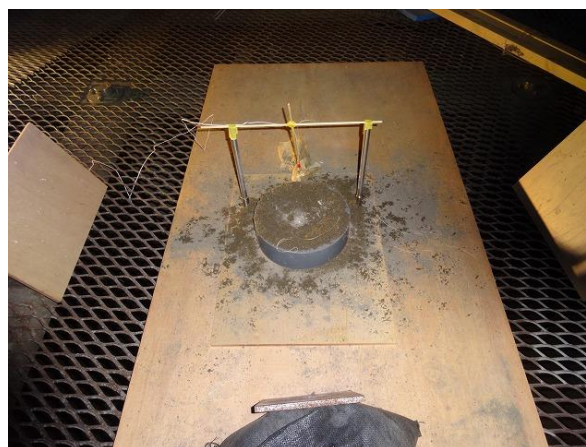


実験後の包装材の状況

4-Ts15-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況

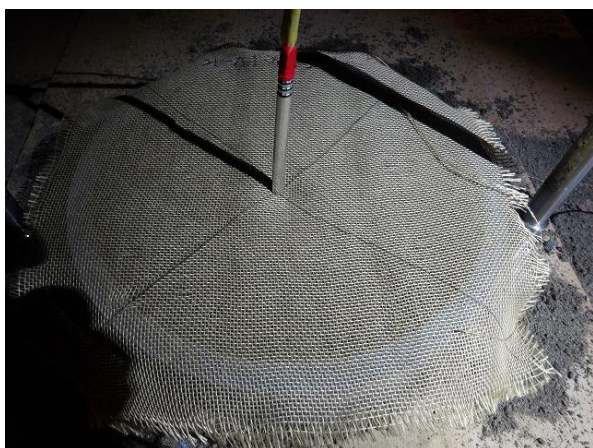


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-Ts15-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

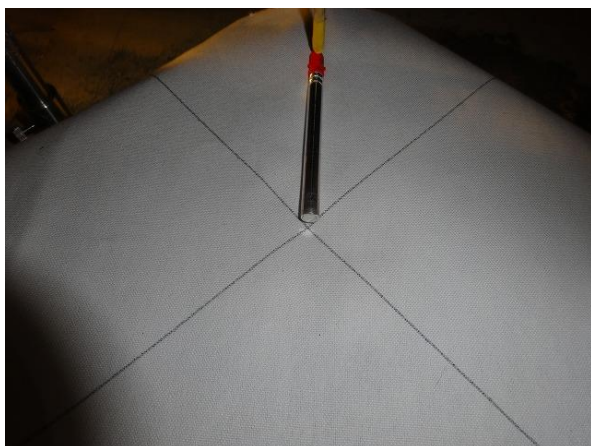


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、水平)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=0、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

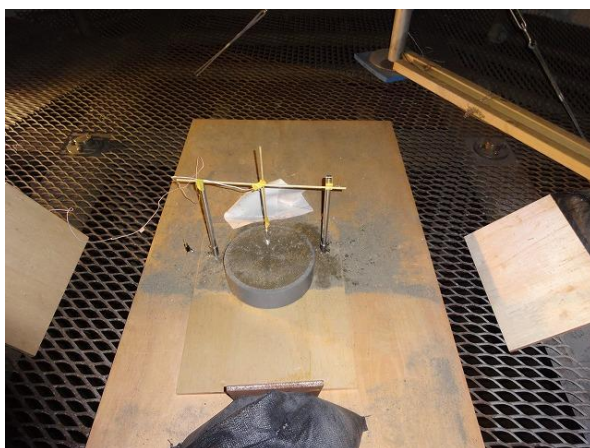


実験後の包装材の状況

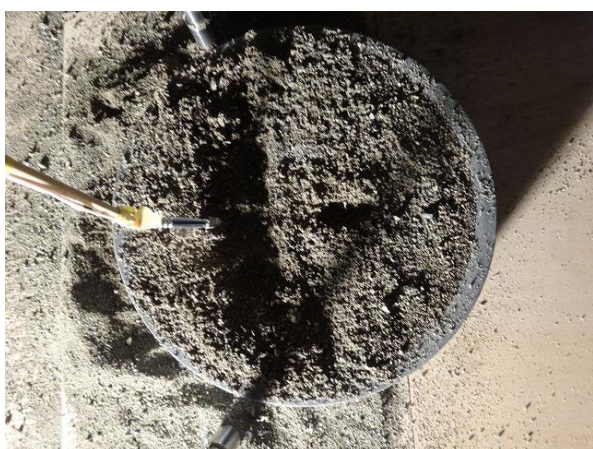
4-CV11-50-1H-K (KONEL 雷管 1 個、SO=50、水平)



雷管設置状況



実験後の状況



実験後のクレーター

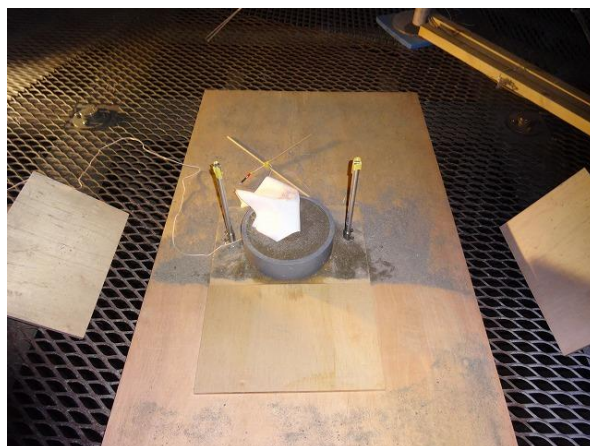


実験後の包装材の状況

4-CV11-50-1V-K (KONEL 雷管 1 個、SO=50、垂直)



雷管設置状況



実験後の状況

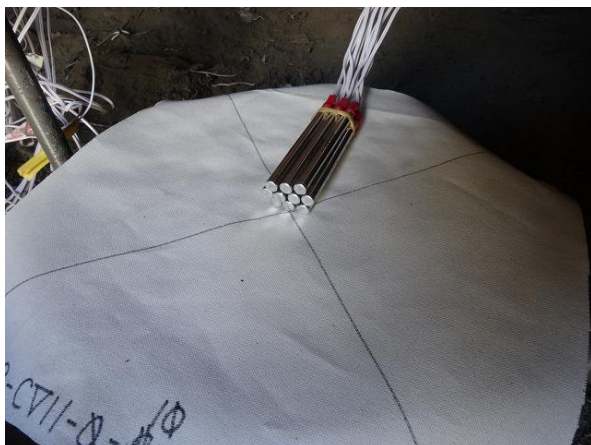


実験後のクレーター



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-10H-K (KONEL 雷管 10 個、SO=0、水平) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2

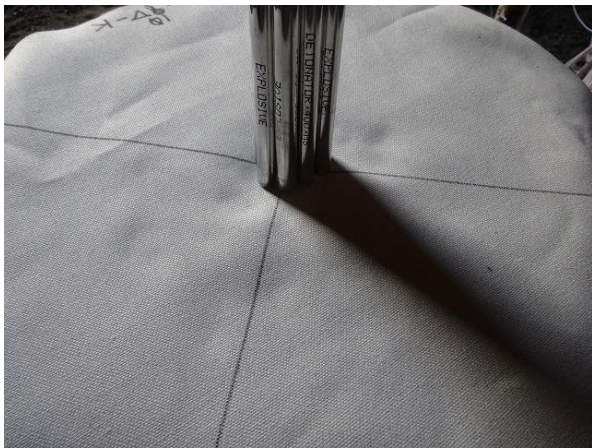


実験後の状況



実験後の包装材の状況

4-CV11-0-10V-K (KONEL 雷管 10 個、SO=0、垂直) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2

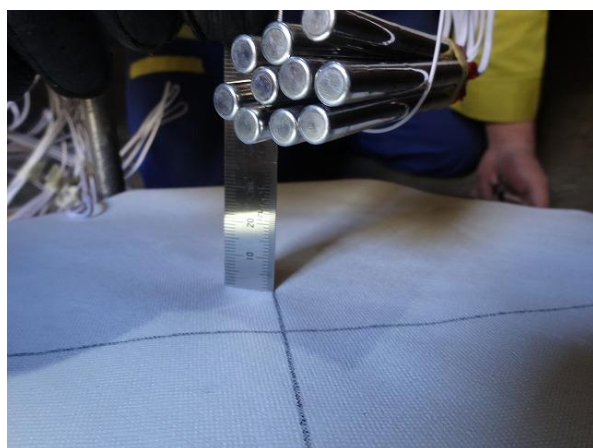


実験後の状況



実験後の包装材の状況

4-CV11-50-10H-K (KONEL 雷管 10 個、SO=50、水平) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2

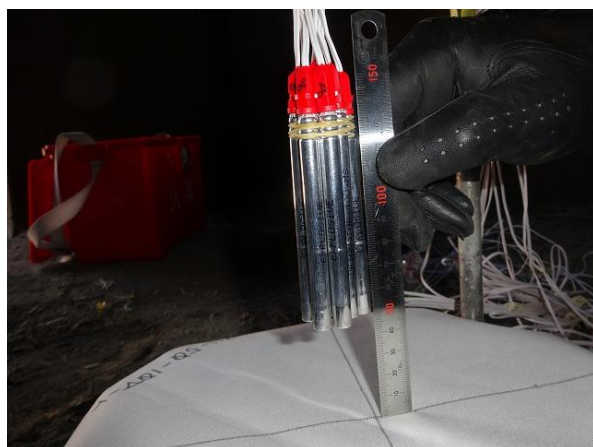


実験後の状況



実験後の包装材の状況

4-CV11-50-10V-K (KONEL 雷管 10 個、SO=50、垂直) 小ピット



雷管設置状況 1



雷管設置状況 2



実験後の状況



実験後の包装材の状況

爆破実験 2

雷管単体爆破実験

6号雷管爆発撮影記録

V2010 で撮影。インターバル：10 μs ，露光時間：0.98 μs 。時刻はトリガー点からのもの。

($\angle t$ μs ：起爆からの経過時間)



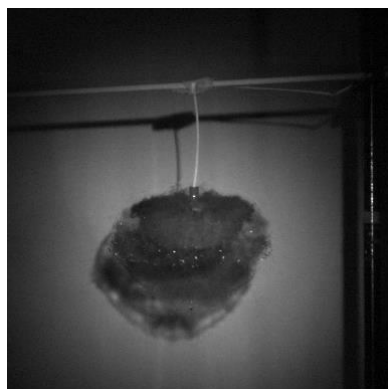
92.38 μs (0 μs)



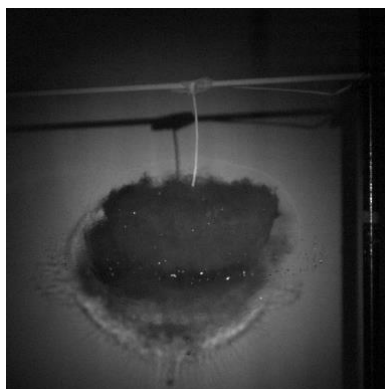
102.38 μs ($\angle 10$ μs)



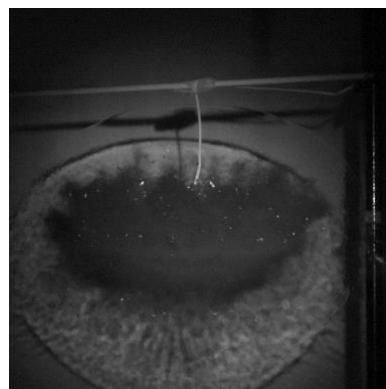
112.38 μs ($\angle 20$ μs)



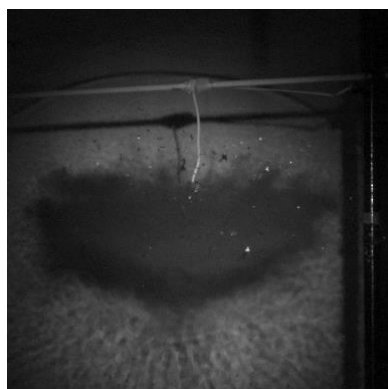
122.38 μs ($\angle 30$ μs)



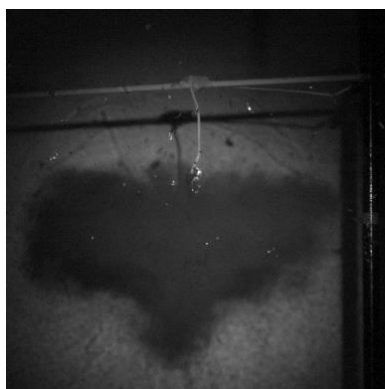
142.38 μs ($\angle 50$ μs)



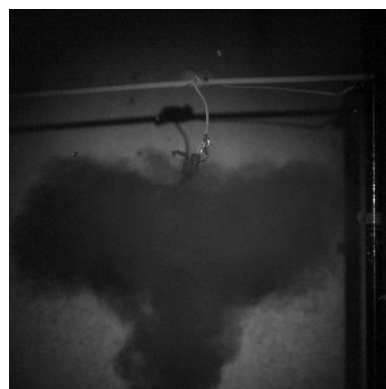
202.38 μs ($\angle 110$ μs)



302.38 μs ($\angle 210$ μs)



502.38 μs ($\angle 410$ μs)



1002.38 μs ($\angle 910$ μs)

KONEL 雷管爆発撮影記録

V2010 で撮影。インターバル：10 μs ，露光時間：0.98 μs 。時刻はトリガー点からのもの。

($\angle t$ μs ：起爆からの経過時間)



413,694.32 μs (0 μs)



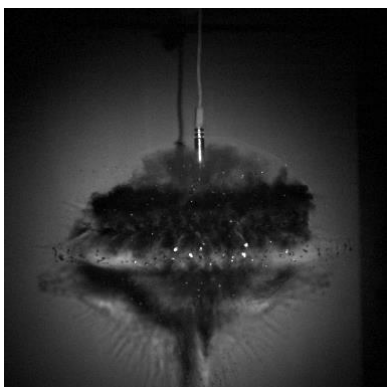
413,704.32 μs ($\angle 10$ μs)



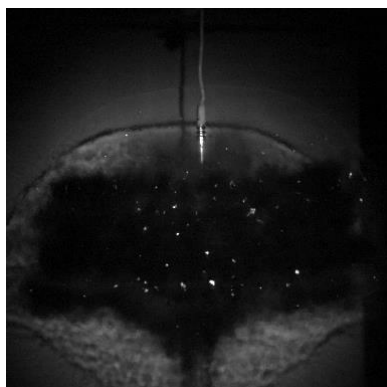
413,714.32 μs ($\angle 20$ μs)



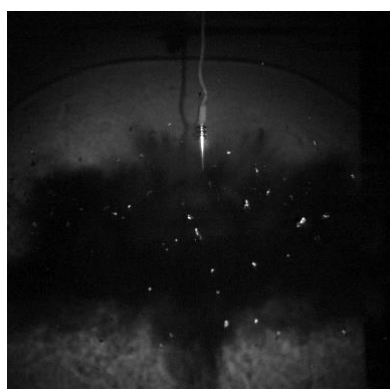
413,724.32 μs ($\angle 30$ μs)



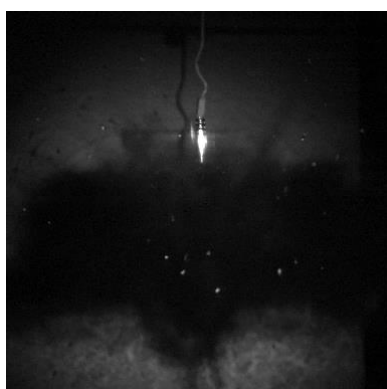
413,744.32 μs ($\angle 50$ μs)



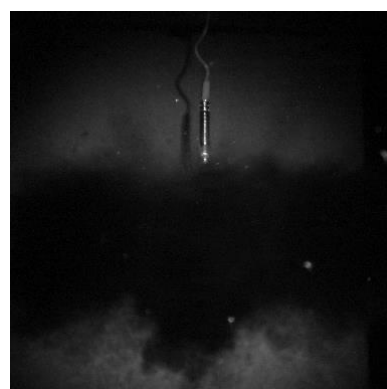
413,844.32 μs ($\angle 150$ μs)



413,904.32 μs ($\angle 210$ μs)



414,104.32 μs ($\angle 410$ μs)



414,604.32 μs ($\angle 910$ μs)

BP-501 爆発撮影記録

V2010 で撮影。インターバル：10 μs ，露光時間：0.98 μs 。時刻はトリガー点からのもの。

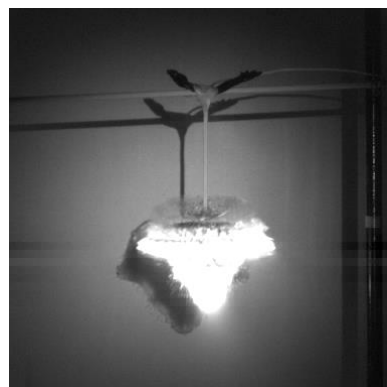
($\angle t$ μs ：起爆からの経過時間)



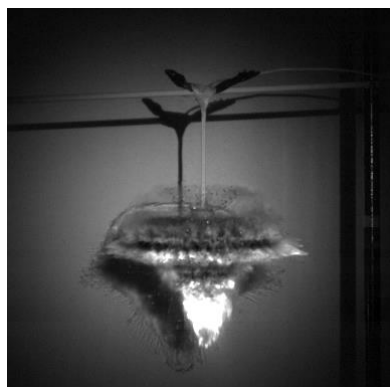
-8.45 μs (0 μs)



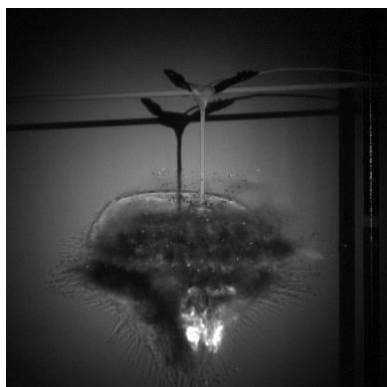
1.55 μs ($\angle 10$ μs)



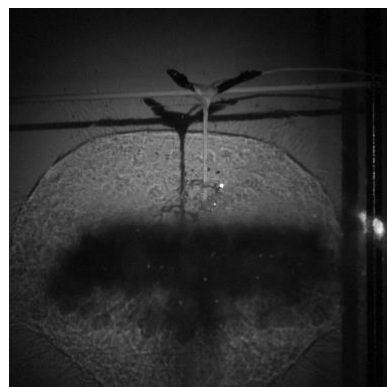
11.55 μs ($\angle 20$ μs)



21.55 μs ($\angle 30$ μs)



41.55 μs ($\angle 50$ μs)



101.55 μs ($\angle 110$ μs)



201.55 μs ($\angle 210$ μs)



401.55 μs ($\angle 410$ μs)



901.55 μs ($\angle 910$ μs)

包装材爆破実験

右の画像は高速度カメラ 1 (Phantom V711) で雷管の爆発を撮影したもの

左の映像は高速度カメラ 2 (Phantom V2010) で包装材が受ける雷管爆発の影響を撮影したもの

カメラの仕様・設定でトリガー後のタイミングを一致させることはできないが、極力同じ時間のものを並べた。

※ カメラ 2- Phantom V2010。インターバル：10 μs ，露光時間：0.98 μs 。

※ カメラ 1- Phantom V710。インターバル：15.62 μs ，露光時間：1.51 μs 。

包装材 4746

[5-4746-50-H-J] 6号雷管、SO=50、水平 (△t μs : 起爆からの経過時間)



81.05 μs (0 μs)



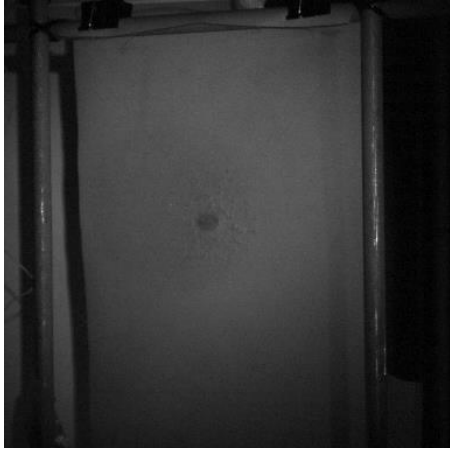
83.07 μs (0 μs)



111.05 μs (△30 μs)



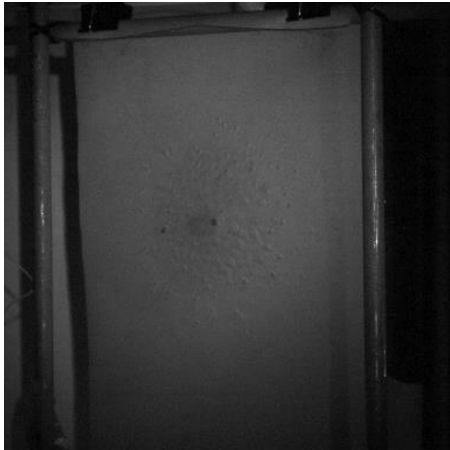
114.31 μs (△31.24 μs)



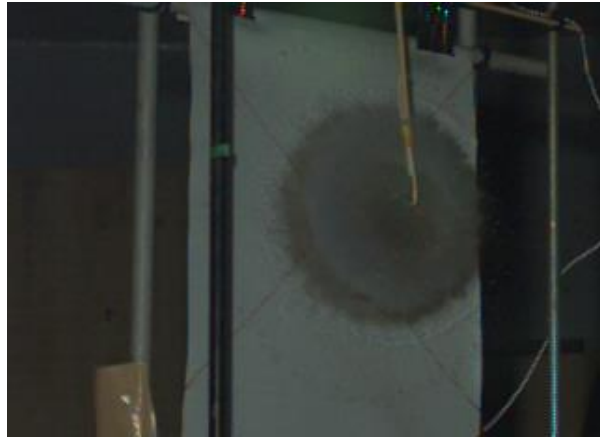
121.05 μs ($\angle 40 \mu\text{s}$)



129.93 μs ($\angle 46.86 \mu\text{s}$)



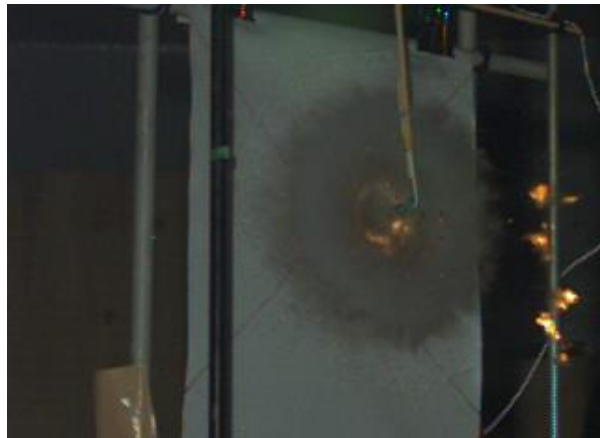
161.05 μs ($\angle 80 \mu\text{s}$)



161.17 μs ($\angle 78.10 \mu\text{s}$)



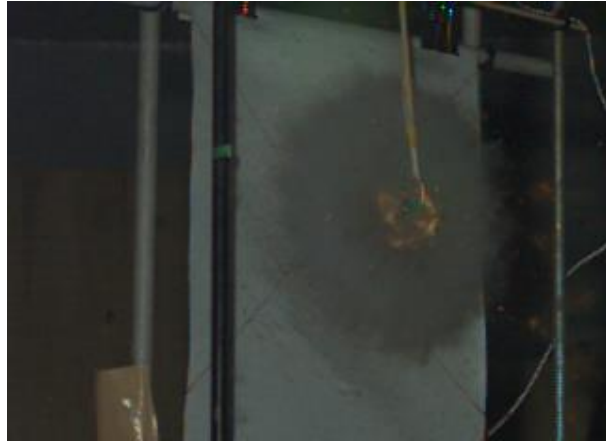
201.05 μs ($\angle 120 \mu\text{s}$)



208.03 μs ($\angle 124.96 \mu\text{s}$)

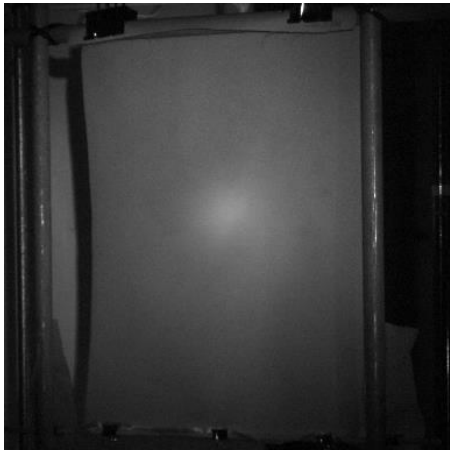


301.05 μs ($\angle 220 \mu\text{s}$)



301.75 μs ($\angle 218.68 \mu\text{s}$)

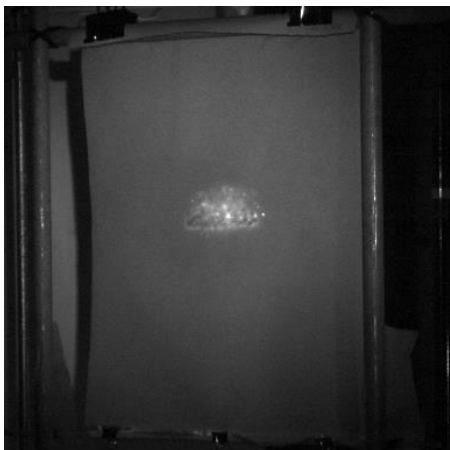
[5-4746-50-V-J] 6号雷管、SO=50、垂直



93.68 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



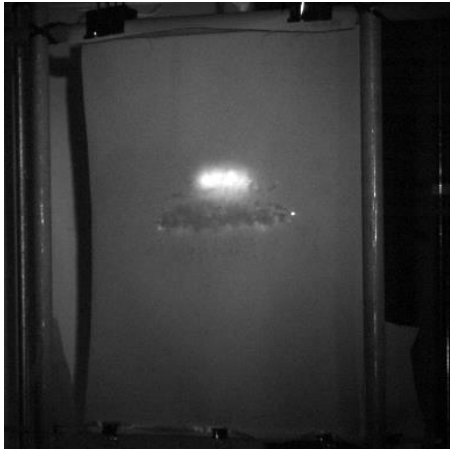
92.81 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



113.68 μs ($\angle 30 \mu\text{s}$)



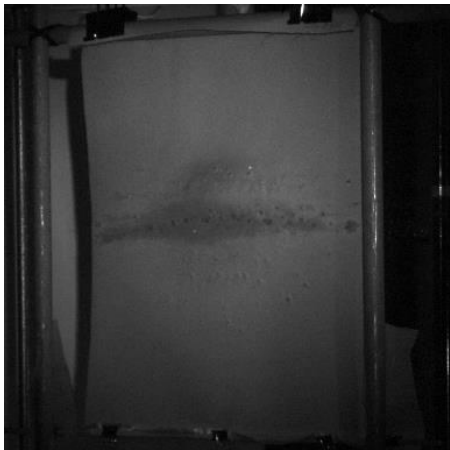
108.43 μs ($\angle 25.62 \mu\text{s}$)



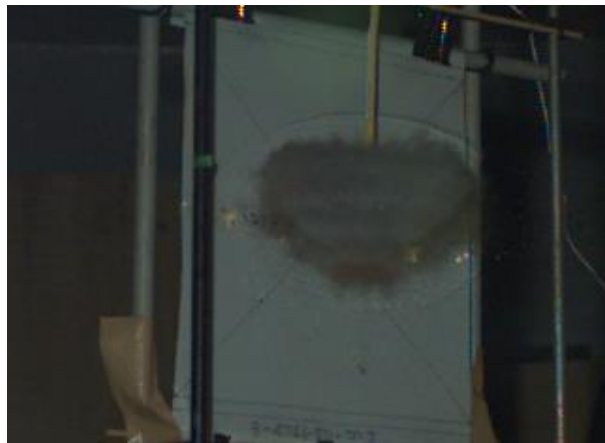
123.68 μs ($\angle 40 \mu\text{s}$)



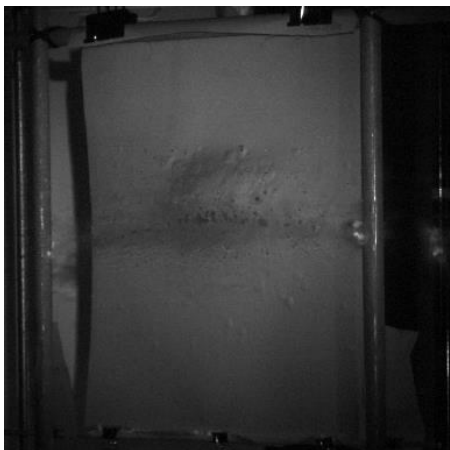
124.05 μs ($\angle 41.24 \mu\text{s}$)



153.68 μs ($\angle 70 \mu\text{s}$)



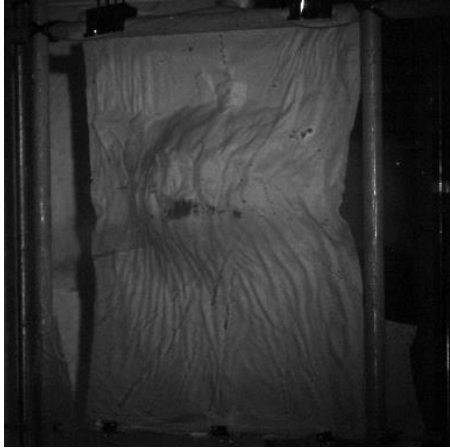
155.29 μs ($\angle 72.48 \mu\text{s}$)



203.68 μs ($\angle 120 \mu\text{s}$)



217.77 μs ($\angle 134.96 \mu\text{s}$)



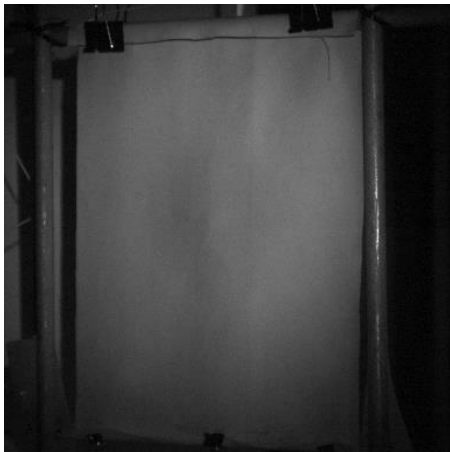
593.68 μs ($\angle$ 510 μs)



592.65 μs ($\angle$ 509.84 μs)

包装材 CV11

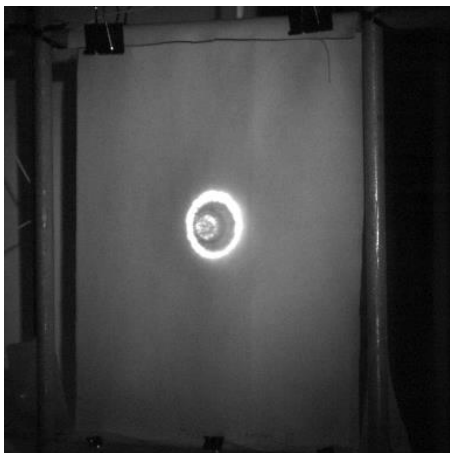
[5-CV11-0-H-J] 6号雷管、SO=0、水平



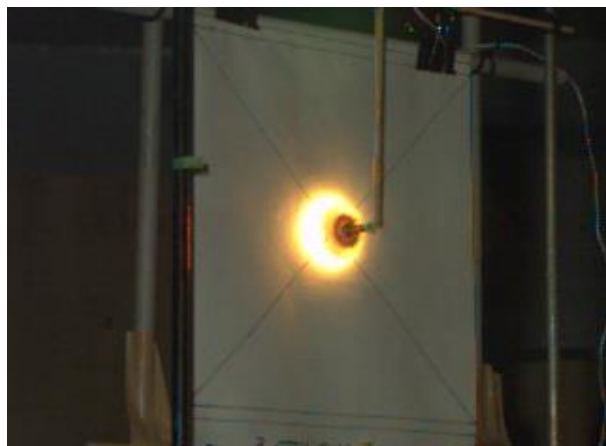
54.75 μs (0 μs)



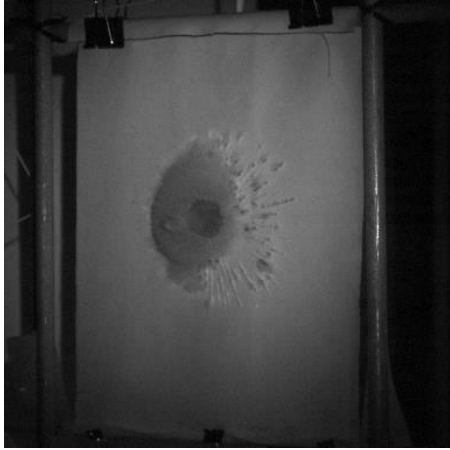
52.45 μs (0 μs)



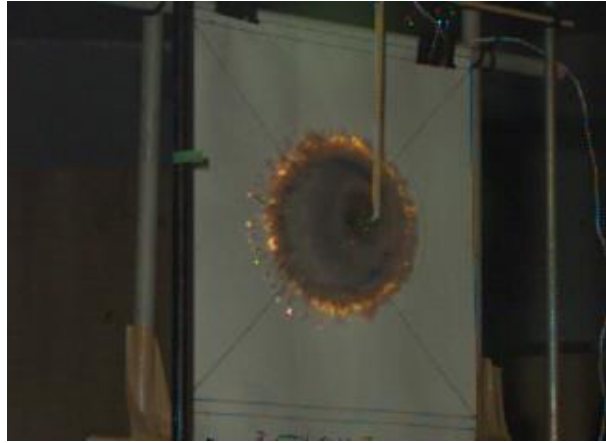
84.75 μs ($\angle$ 30 μs)



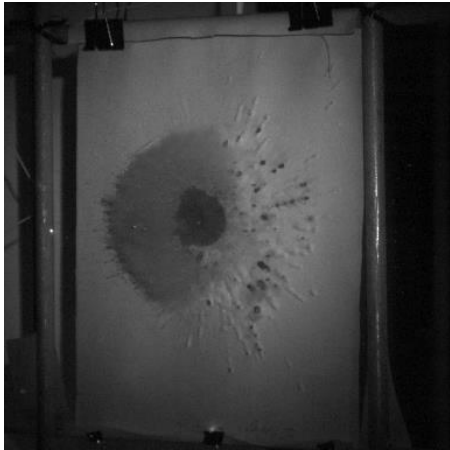
83.69 μs ($\angle$ 31.24 μs)



114.75 μs ($\angle 60 \mu\text{s}$)



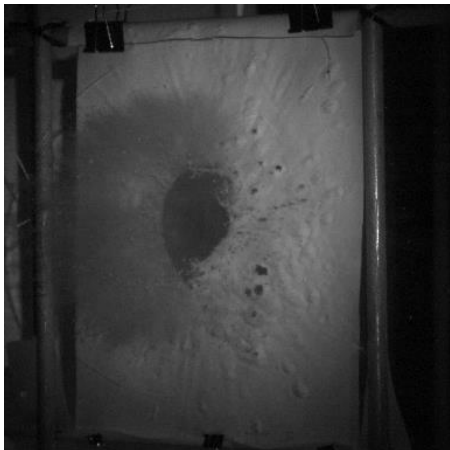
114.93 μs ($\angle 62.48 \mu\text{s}$)



164.75 μs ($\angle 110 \mu\text{s}$)



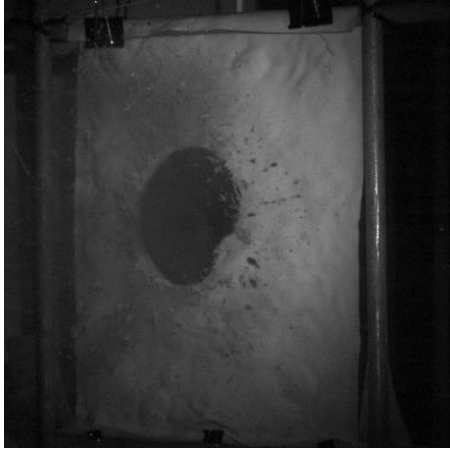
161.79 μs ($\angle 109.34 \mu\text{s}$)



304.75 μs ($\angle 250 \mu\text{s}$)



302.37 μs ($\angle 249.92 \mu\text{s}$)



804.75 μs ($\angle 750 \mu\text{s}$)

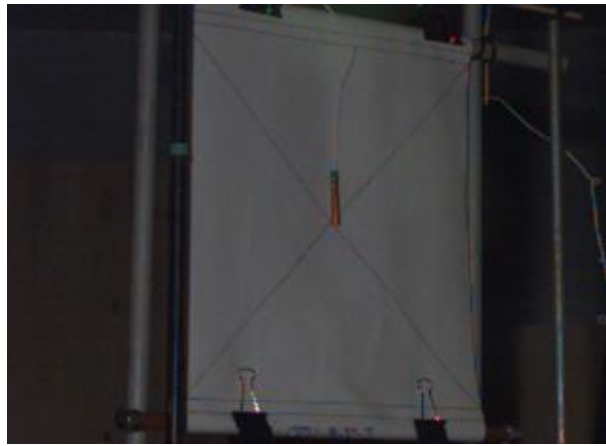


802.21 μs ($\angle 749.76 \mu\text{s}$)

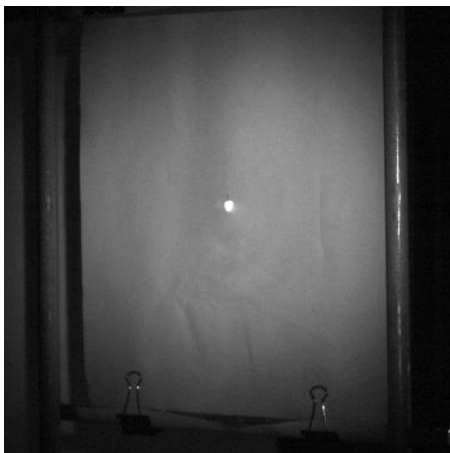
[5-CV11-0-V-J] 6 号雷管、SO=0、垂直



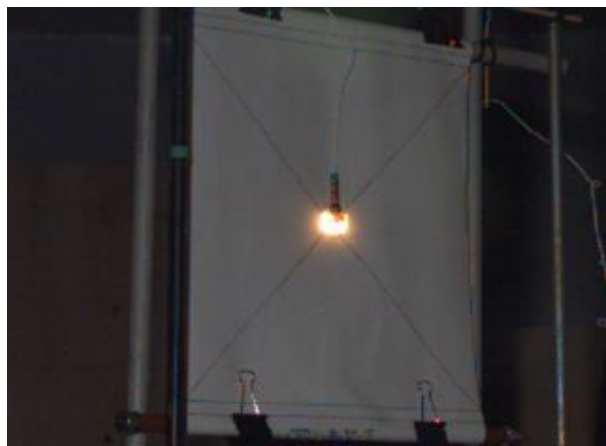
75.66 μs (0 μs)



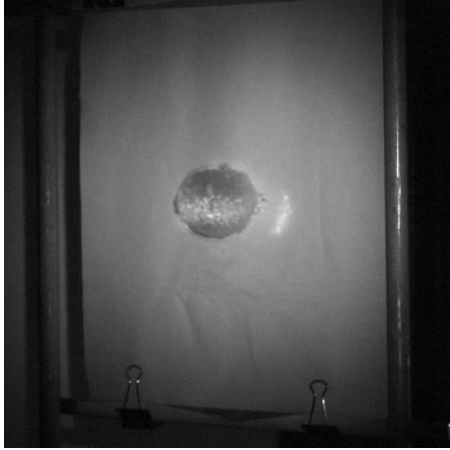
72.75 μs (0 μs)



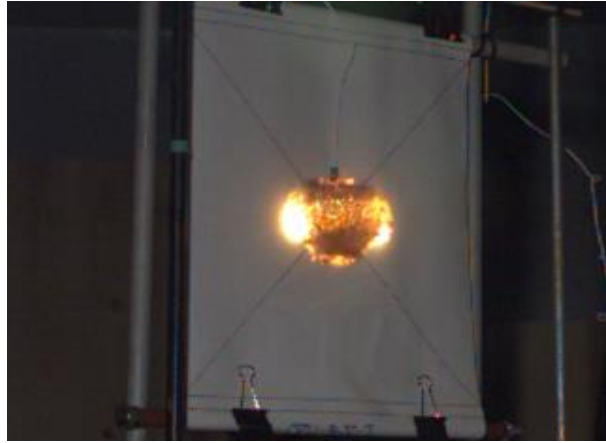
85.66 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



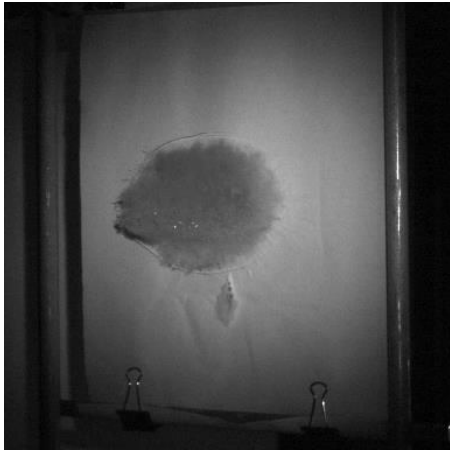
88.37 μs ($\angle 15.62 \mu\text{s}$)



105.66 μs ($\angle 30 \mu\text{s}$)



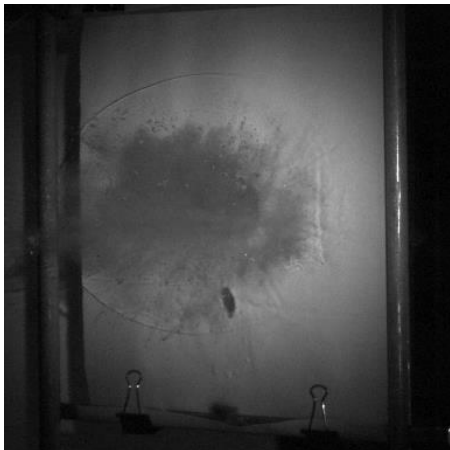
103.99 μs ($\angle 31.24 \mu\text{s}$)



135.66 μs ($\angle 60 \mu\text{s}$)



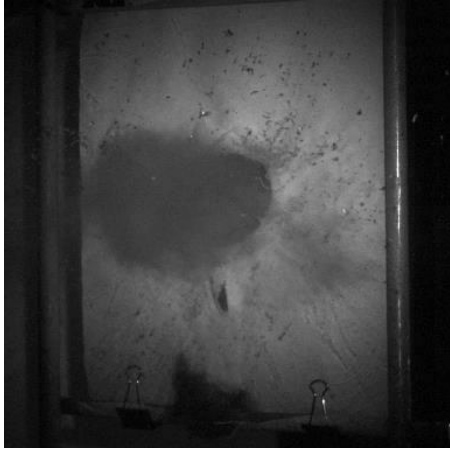
135.23 μs ($\angle 62.48 \mu\text{s}$)



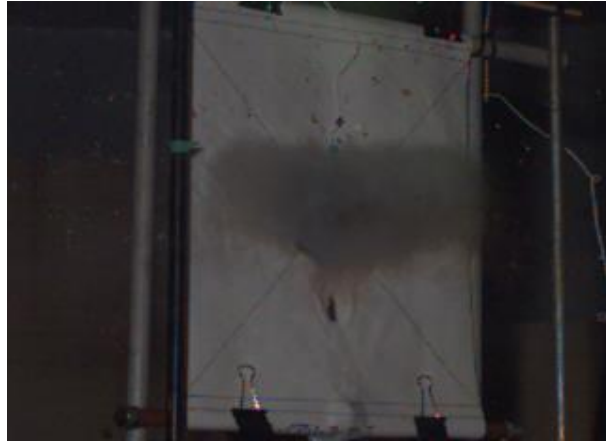
215.66 μs ($\angle 140 \mu\text{s}$)



213.33 μs ($\angle 140.58 \mu\text{s}$)



605.66 μs ($\angle 530 \mu\text{s}$)



603.83 μs ($\angle 531.08 \mu\text{s}$)

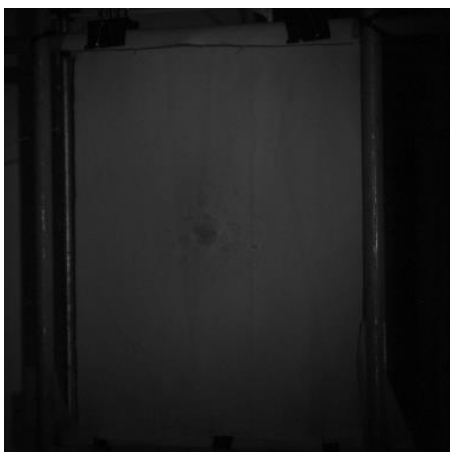
[5-CV11-50-H-J] 6号雷管、SO=50、水平



92.13 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



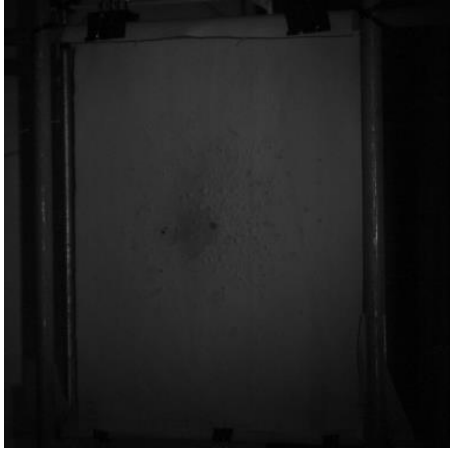
90.6 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



122.13 μs ($\angle 40 \mu\text{s}$)



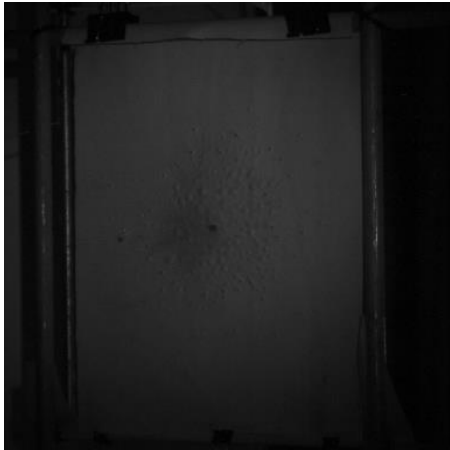
121.84 μs ($\angle 41.24 \mu\text{s}$)



152.13 μs ($\angle 70 \mu\text{s}$)



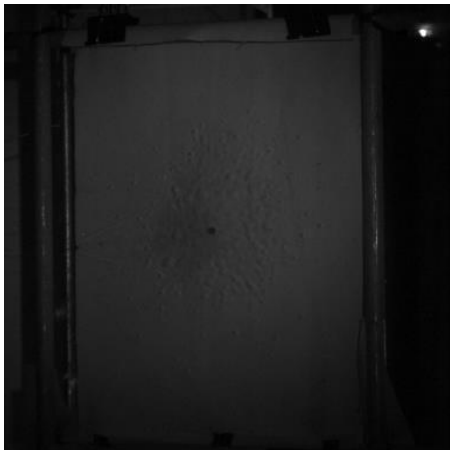
153.08 μs ($\angle 72.48 \mu\text{s}$)



182.13 μs ($\angle 100 \mu\text{s}$)



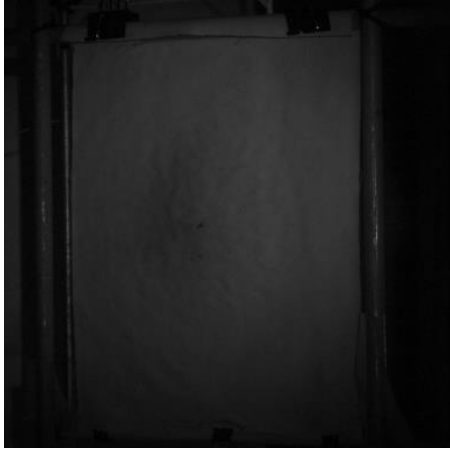
184.32 μs ($\angle 103.72 \mu\text{s}$)



212.13 μs ($\angle 130 \mu\text{s}$)



215.56 μs ($\angle 134.96 \mu\text{s}$)

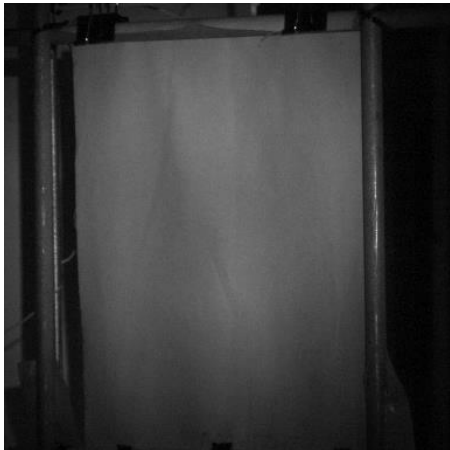


792.13 μs ($\angle 700 \mu\text{s}$)



793.5 μs ($\angle 712.90 \mu\text{s}$)

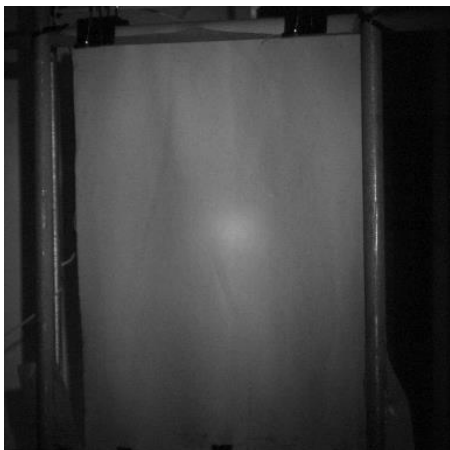
[5-CV11-50-V-J] 6号雷管、SO=50、垂直



88.30 μs (0 μs)



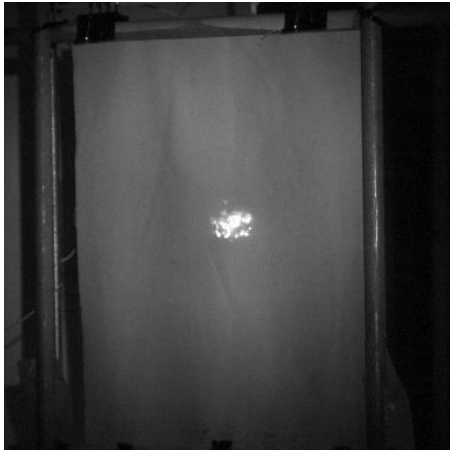
89.72 μs (0 μs)



108.30 μs ($\angle 20 \mu\text{s}$)



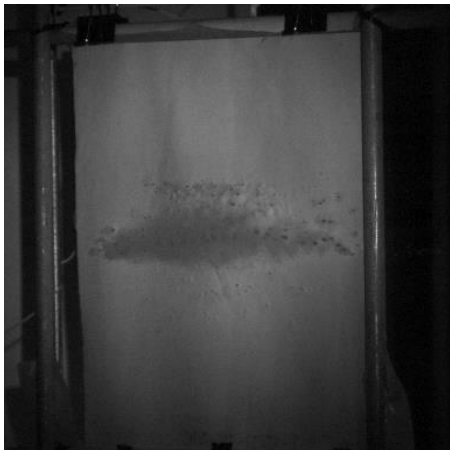
105.34 μs ($\angle 15.62 \mu\text{s}$)



118.30 μs ($\angle 30 \mu\text{s}$)



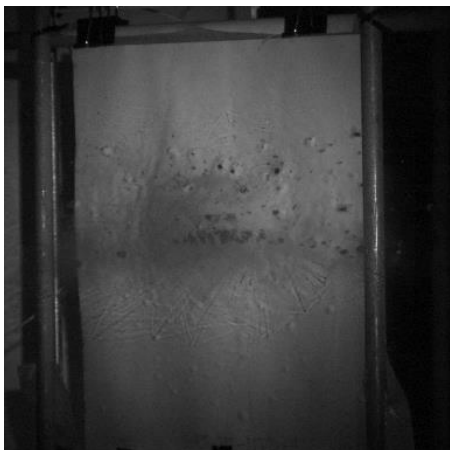
120.96 μs ($\angle 31.24 \mu\text{s}$)



168.30 μs ($\angle 80 \mu\text{s}$)



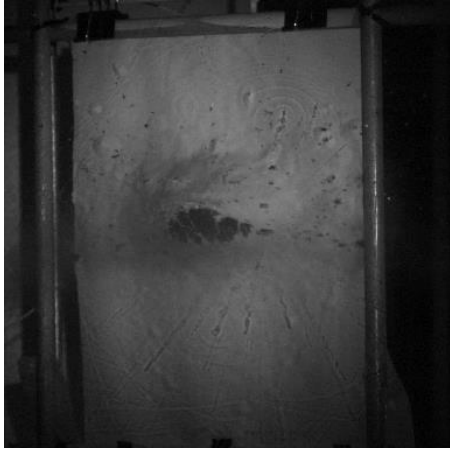
167.82 μs ($\angle 78.10 \mu\text{s}$)



308.30 μs ($\angle 240 \mu\text{s}$)



308.40 μs ($\angle 218.68 \mu\text{s}$)

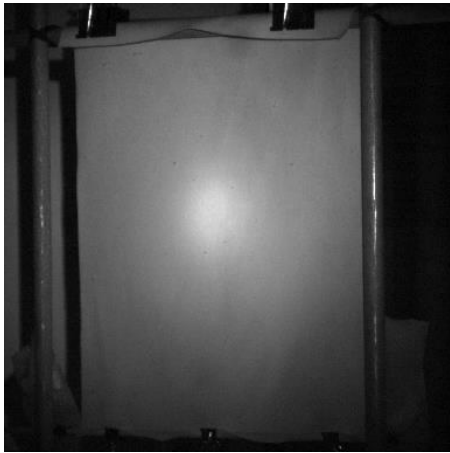


528.30 μs ($\angle 460 \mu\text{s}$)

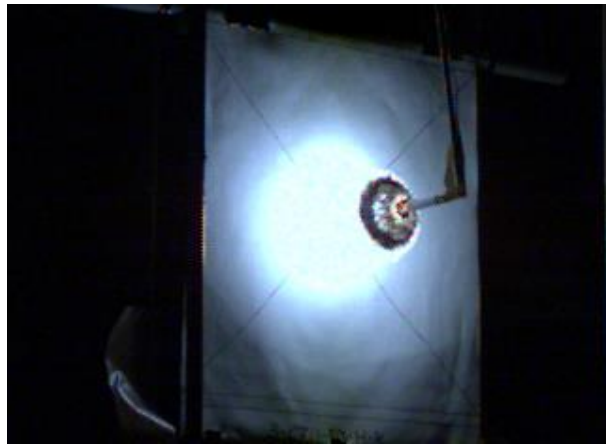


527.08 μs ($\angle 437.36 \mu\text{s}$)

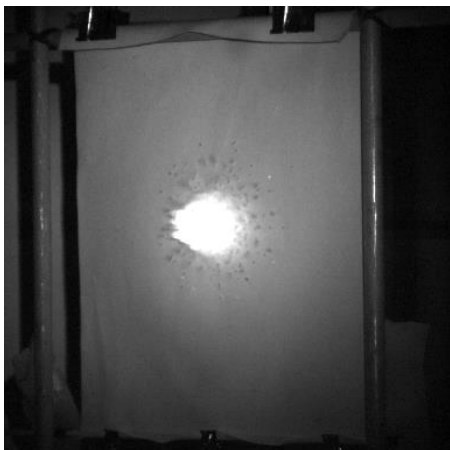
[5-CV11-50-H-K] KONEL 雷管、SO=50、水平



413,142.39 μs ($\angle 20 \mu\text{s}$)



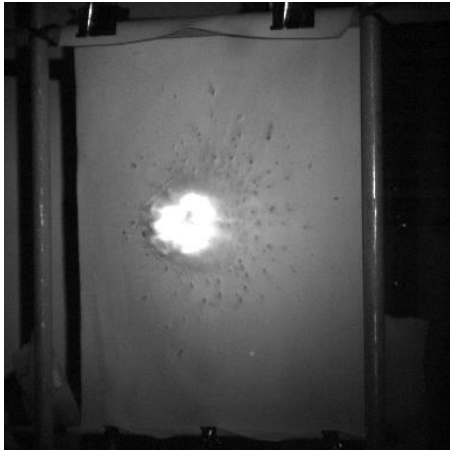
413,142.88 μs ($\angle 20 \mu\text{s}$)



413,172.39 μs ($\angle 50 \mu\text{s}$)



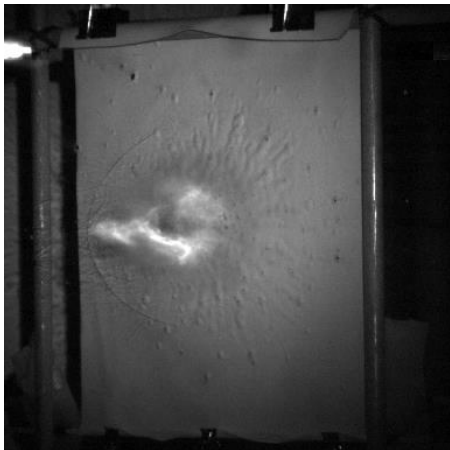
413,174.12 μs ($\angle 51.24 \mu\text{s}$)



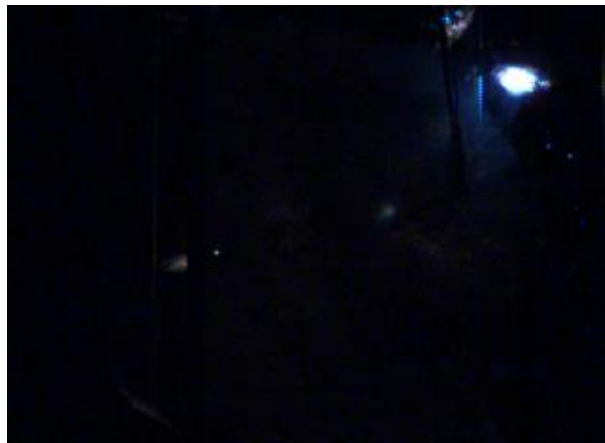
413,202.39 μs ($\angle 80 \mu\text{s}$)



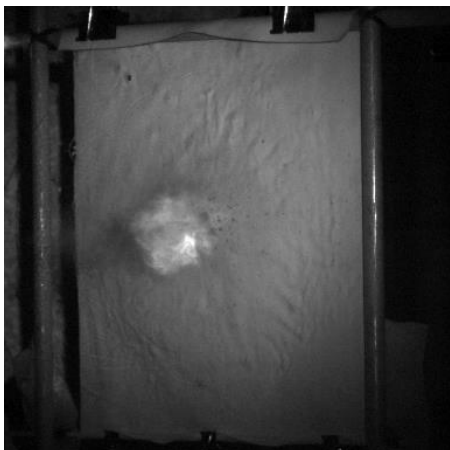
413,205.36 μs ($\angle 82.48 \mu\text{s}$)



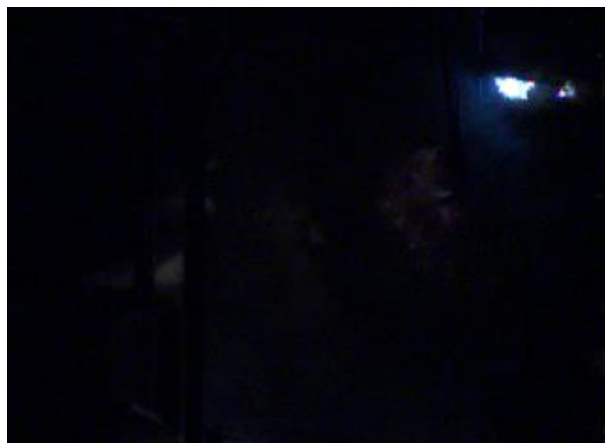
413,282.39 μs ($\angle 160 \mu\text{s}$)



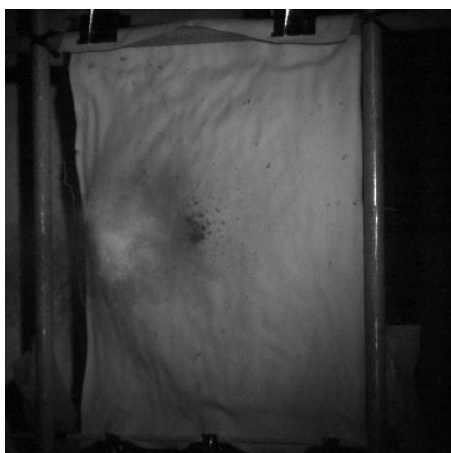
413,283.46 μs ($\angle 160.58 \mu\text{s}$)



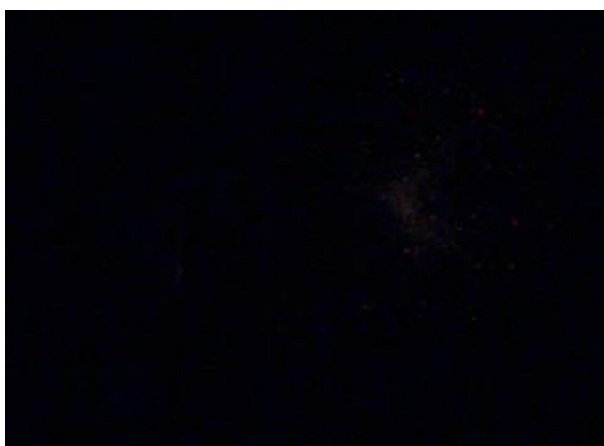
413,452.39 μs ($\angle 330 \mu\text{s}$)



413,455.28 μs ($\angle 332.40 \mu\text{s}$)



414,342.39 μs ($\angle 1220 \mu\text{s}$)



414,345.62 μs ($\angle 1222.74 \mu\text{s}$)

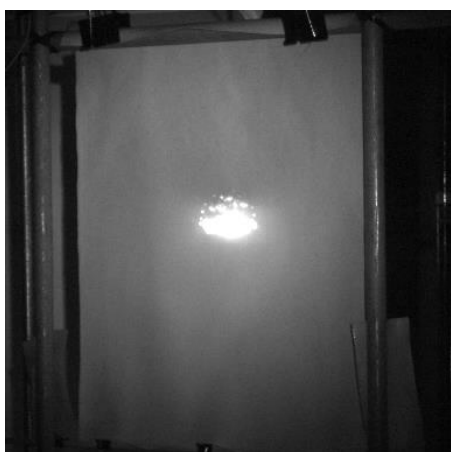
[5-CV11-50-V-K] KONEL 雷管、SO=50、垂直



411,223.86 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



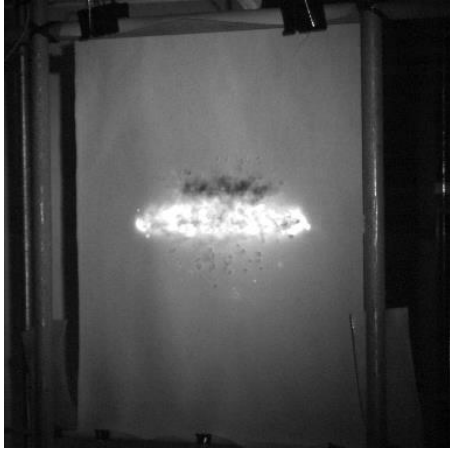
411,216.83 μs ($\angle 10 \mu\text{s}$)



411,233.86 μs ($\angle 20 \mu\text{s}$)



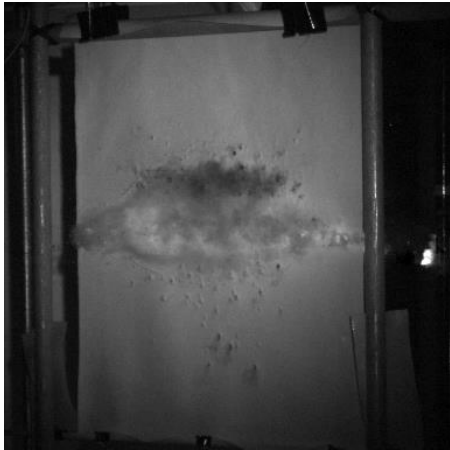
411,232.45 μs ($\angle 25.62 \mu\text{s}$)



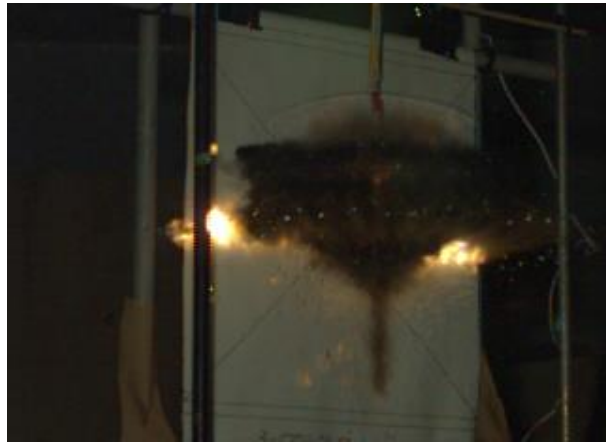
411 253.86 μs ($\angle 40 \mu\text{s}$)



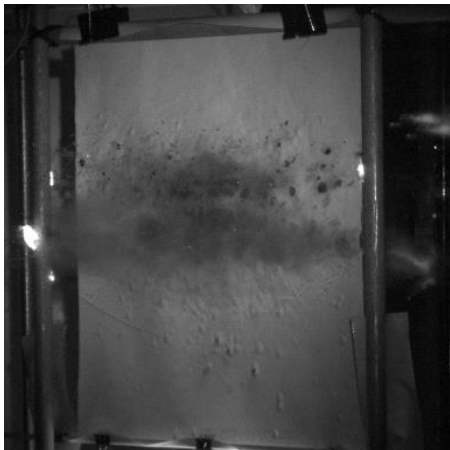
411 248.07 μs ($\angle 41.24 \mu\text{s}$)



411,303.86 μs ($\angle 90 \mu\text{s}$)



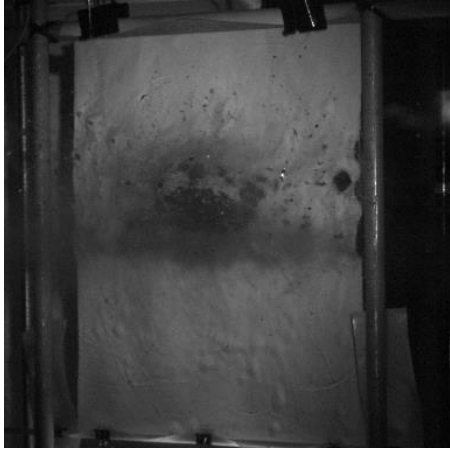
411,294.93 μs ($\angle 88.10 \mu\text{s}$)



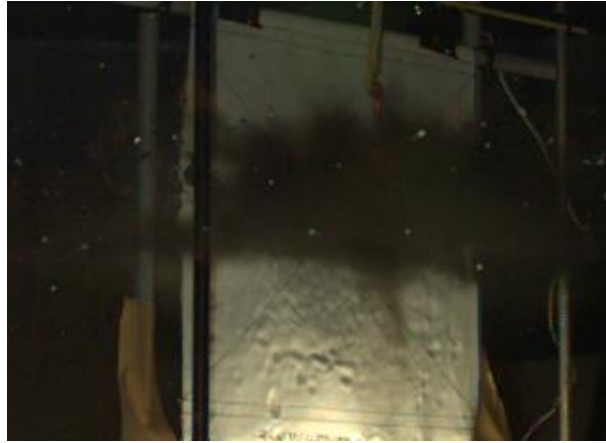
411,393.86 μs ($\angle 180 \mu\text{s}$)



411,388.65 μs ($\angle 181.82 \mu\text{s}$)



411,593.86 μs ($\angle 380 \mu\text{s}$)



411,591.71 μs ($\angle 384.88 \mu\text{s}$)

委員会議事録

第1回火薬類包装委員会 議事録

1. 日 時：平成25年6月6日(木) 14時00分～16時50分

2. 場 所：八丁堀区民館第6号室

3. 出席者（敬称略）

委 員 小川、中山、三宅、渡邊、中村、大松沢、木戸、鳥飼、児島、新藤、辻田

経産省 金地、石井（鉱山・火薬類監理官付）

〃 杉浦（繊維課）

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

4. 議事内容

4. 1 挨拶

経済産業省 金地火薬専門職、全火協 佐久間専務理事より挨拶があった。

4. 2 委員紹介

事務局より資料1に基づき、委員の紹介があった。

4. 3 委員長の選出

小川委員にお願いすることになった。

4. 4 実施計画等について

（1）実施計画書（仕様書）

事務局より資料2に基づき、実施計画書（仕様書）の概要を説明した。アミド繊維について質問があり、アミド繊維はナイロン等のポリアミド繊維であることが確認された。

（2）3社の生地情報

大松沢委員より資料3に基づき、3社（A社：帝人、B社：東レ、C社：ユニチカ）の生地情報について説明があった。

- ・ 引張強さは、生地サンプルに一定の荷重をかけ、生地が切断されたときの荷重である。
- ・ 伸び率は、生地サンプルが切断されたときの生地の伸び率である。
- ・ 引裂き強さは、生地サンプルが引裂かれたときの最大荷重である。
- ・ 静電気による帯電のしにくさは、通常の保管時での帯電性を想定している。
- ・ 染色性は、電気雷管が流出したときに、包装材に色がついていれば見つけやすいので追加した。

これに対して、質疑応答、意見交換等が行われた。その結果、土木用途のように厳しい規格のものではなく、汎用品の規格でよいことがわかった。

意見交換の結果を踏まえて、生地について改めて3社で再選定して、次回の委員会までに再提案することになった。

（3）実験に使用する試験品の仕様

事務局より資料6に基づき、実験に使用する試験品（模擬雷管）の仕様について説明した。

- ・ K社及びJ社は国内メーカーで、K社はカヤクジャパン、J社はジャペックスである。また、O社はオリカジャパンであり、輸入品である。

これに対し、次の質疑応答、意見交換等が行われた。

- ① K社とJ社で、大きな違いはあるのか。
 - ・大きな違いはない。両社から相見積もりを入手する予定である。
 - ② 中身は入っているのか。

中身は空である。また、模造品であることを明確にするために、管体底部に孔を開けている。

管体内に不活性物質を充填することをメーカーに要望したが、非常に手間がかかる、かつコストも非常に高くなるということで、メーカーから断られた。
 - ③ 模擬雷管を提供してくれるところから実雷管を購入することになるのか。
 - ・そうなるだろうと考えている。
 - ④ 包装形態として提案された巾着方式とファスナー方式について意見交換し、それぞれの長所、欠点が検討された結果、ファスナー方式よりも巾着方式が実験に適しているとの意見がほとんどであった。
 - ⑤ 縫製を含め、口元の閉じ方の形状をどうすべきかについて意見交換が行われた結果、本委員会では、縫製方法、口元の閉じ方の検討よりも、まずは素材（生地）の評価をメインとし、繊維材料等の実用可能性までを検討することが確認された。
 - ⑥ 意見交換の結果を踏まえて、3社で繊維材料（生地）を再選定して、次回の委員会で生地について再提案することになった。
- (4) 火薬類の包装等の室内実験計画書（産業技術総合研究所）
- 中山委員より資料4に基づき、火薬類の包装等の室内実験計画書について説明があり、次の質疑応答、意見交換等が行われた。
- ① 砂利を使用してミキサーで試験品（模擬雷管）を攪拌した場合、砂利の凹凸が影響する。砂利を交換せずに実験を継続した場合、後で行う実験の方が丸みを帯びた砂利となり、実験条件及び実験結果が異なる結果となるのではないかと。
 - ・実験ごとに、新しい砂利を使用するように考えている。
 - ② 岩石を入れると、ミキサーが壊れる恐れがある。
 - ・岩石は使用しないこととする。
 - ③ 包装の形態は、風呂敷で包むような感じがよい、すなわち、テルテル坊主みたいな形がよいのではないかと意見があり、委員の賛同を得た。本委員会では、縫製方法、口元の閉じ方の検討よりも、まずは素材（生地）の評価をメインとし、繊維材料等の実用可能性までを検討することとしたことにも合致する。ただし、口元が開かないように、または破れないように工夫する必要がある。
 - ④ 普通のミシンでは、口元は縫えない。また、繊維メーカー3社には縫製技術がない。町のカバン屋などへ縫製を依頼する方法もあるが、誰が、どこに依頼するかが問題である。3社は生地の提供しか責任がもてない。評価場所（産業技術総合研究所）で、口元を止めてもらいたい。生地そのものが強くても、口元の止め方次第では口元から破れることがある。
 - ⑤ 縫製については、防爆シートを作っているメーカーに相談してみたらどうかとの意見があった。
 - ⑥ 包装材のコスト（生地＋縫製）は、生地よりもむしろ口元を含めた縫製コストが問題であり、生地のコストはたいしたことはない。
- (5) ポットミキサー
- 事務局より資料7に基づき、実験に使用するポットミキサーについて説明した。
- ・ 室内実験には、NGN1.25「標準練上がり量：35L」が適していると考えており、包装された模擬雷管箱（50本入り小箱）のミキサーへの投入は問題ない。
 - ・ また、本実験には、KNP-6「標準練上がり量：150L」が適していると考えている。標準練上がり量が150L以上のミキサー（レンタル品）を探したが、日本国内ではレンタルされていいない。
 - ・ 本実験で、包装された雷管箱（小箱10箱入り：模擬雷管500本入り）

をミキサーに投入するときは、羽根（ブレード）の一部を取り外せば投入することができる（羽根と本体を締結しているボルトを取り外す）。羽根が全くなないと、ミキサー内で土砂を掻き上げながら、雷管箱と土砂を攪拌することができないので、羽根は必要である。

- ・ ミキサー内に投入する碎石の大きさは最大で5センチ程度にして欲しいと、レンタル会社から要望されている。
- ・ 本実験では生コン車の使用も検討したが、結論からいうと、攪拌実験終了後に、生コン車のドラム内から碎石及び試験品（包装された雷管箱「小箱10箱入り：模擬雷管500本入り」）を取り出すことが困難であるので、生コン車の使用は難しい。ドラム内から碎石及び試験品を取り出すときは、1回の攪拌実験終了ごとに実験担当者がドラム内に入る必要があり、本実験時の安全性確保に大いに問題があると考えられる。

これに対し、次の質疑応答、意見交換等が行われた。

- ① 水の量が重要であるので、土砂（碎石）が流動性を保つような量にする必要がある。
- ② 繊維（生地）自体が、羽根で破損したのか、あるいは土砂で破損したのかの評価が難しい。
 - ・ 実験前に、羽根の角（かど）をあらかじめ丸くしておく（角を削る）ことで防ぐことができると考える。
- ⑤ 土砂崩れの再現とどのような関係があるかを検討する必要がある。

（6）碎石粒度、碎石の種類及び路盤材・骨材

事務局より資料8-1、8-2及び8-3に基づき、実験に使用する碎石について説明し、意見交換等が行われた。

その結果、ミキサーのレンタル会社からの意見を踏まえ、実験に使用する碎石は、碎石3号（40—30mm）程度が適当であるとの意見が多かった。従って、碎石3号程度の碎石で実験することとする。

（7）火薬類の包装等の計算計画書（産業技術総合研究所）

中山委員より資料5に基づき、火薬類の包装等の計算計画書について説明があった。産業技術総合研究所としては、土砂の流れ解析に200万円程度、攪拌解析に200万円程度、合計で400万円程度の費用を考えているとのことであった。2次元解析であれば費用は安くなるが、今回は3次元解析を行うことを検討しているとの説明があった。

これに対し、次の意見があった。

- ・ 計算（方法及び精度）には限界があるので、事前に解析業者に聞いておくこと。
- ・ 繊維（生地）の評価は、耐摩耗性が主であると考えられる。

5 その他

① 次回委員会

開催日時：平成25年7月2日（火）13：30～16：00

場所：八丁堀区民館6号室

- ② 生地について3社で再選定し、次回の委員会で実験に使用する10種類の生地を選定する（雷管箱の包装形態は、テルテル坊主方式とする）。

以上

第2回火薬類包装委員会 議事録

1. 日 時：平成25年7月2日(火) 13時30分～15時40分

2. 場 所：八丁堀区民館第6号室

3. 出席者 (敬称略)

委 員 小川 (委員長)、中山、三宅、佐藤及び立石 (渡邊代理)、大松沢、木戸、
児島、新藤、辻田

経産省 福原、石井 (鉱山・火薬類監理官付)

〃 福瀬、杉浦 (繊維課)

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

4. 議事内容

4. 1 挨拶

経済産業省 福原火薬専門職 (金地火薬専門職の後任) より挨拶があった。

4. 2 前回議事録の確認

下記のとおり、一部修正して、承認された。

- ① 2ページ1行目の「その結果、土木用途のように厳しい規格のものではなく、汎用品の規格でよいことがわかった。」を削除する。
- ② 3ページ④の「3社は生地を提供しか責任がもてない。」を「3社が対応できるのは生地の提供である。」と修正する。
- ③ 3ページ⑥の「生地のコストはたいしたことはない。」を「生地のコストは縫製のコストに比べて高くない。」と修正する。
- ④ 3ページ(5)の5行目の「150L」を「200L」に、「レンタルされていいない。」を「レンタルされていない。」に修正する。

4. 3 包装生地の検討

繊維メーカー3社等より、資料2に基づき、3社 (A社：帝人、B社：東レ、C社：ユニチカ) で再選定した生地情報について説明があった。

A社の中村委員が欠席のため、A社については、大松沢委員から説明があった。

- ・ メッシュであれば、水の抜けがよいのでメッシュ生地を選定した。
- ・ アラミド繊維を選定し、1種類にしぼった。また、色は、アラミド繊維自体の色である黄色である。

B社については、佐藤氏及び立石氏から説明があった。

- ・ エアバッグの生地を3種類、全部で8種類を選定した。
- ・ 土砂の流れ解析が重要である。これを行うことによりかなり絞り込まれる。縫製部分が最も弱い。ミキサーの中で、土砂の圧力により生地が破損することを懸念している。

C社については、三宅委員から説明があった。

- ・ 建築工事に使われている生地及び防衛省ユニフォーム用のインナーに使われている難燃性のビニロンを選定した。難燃性があった方がいいのでは考え選定した。
- ・ 生地を縫い合わせることができる。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

① 3社ともカラーリングはできるのか。

- ・ A社はもともと生地が黄色である。他の2社については、コーティングしている樹脂に顔料を

添加することで、色付けは可能である。

② 生地 of 包装形態はどうなっているのか。

- ・ 3社ともロール巻きで、A社は200cm巾で100m、B社は150cm巾、C社は190cm巾で1000mである。

③ ごわごわした生地もあるので、テルテル坊主方式が難しいのではないかと意見があった。

④ 火薬庫内で積み重ねしやすい生地の方がいいのではとの意見があったが、今回は生地の評価をメインとすることが改めて確認された。

4. 4 室内実験計画について

中山委員より資料4に基づき、火薬類の包装等の室内実験計画書についての説明があった。

- ・ シミュレーションは1回しかできないので、実験を先に行って、その後、シミュレーションを行う予定である。

生地及び室内実験に対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

① 耐摩耗性という評価はあるのか。

- ・ あることはあるが、今回の検討の目的には合わない。参考までに、JISの試験方法があるので、後日、大松沢委員から事務局に送付してもらう。

② 生地の表面と裏面で違いがあるのか。

- ・ 材質にもよるが、片面だけ樹脂でコーティングしている生地は、外側が表面となる。

③ 土砂くずれの速さはどの程度を考えているのか。

- ・ 毎秒数メートルすなわち時速数十メートルと想定している。

以上の検討結果、今後の進め方について、下記のとおり決まった。

- 1) B社は、再検討して今回提案した8種類から5種類程度に絞り込む。さらに、新たに2種類程度追加する。今週中に再提案する。
- 2) 今回提案された12種類をベースに試料とし、B社のみ、今週中に再提案されたものを試料とすることが決まった。
- 3) 生地は、1生地あたり、それぞれ3社の巾で長さを10m (15㎡以上)とする。生地の裁断は産業技術総合研究所で行うが、場合によっては生地メーカーに来てもらうことがある。また、準備ができ次第、3社は生地を産業技術総合研究所に送付することにする。遅くとも、7月末までには送付する。
- 4) 産業技術総合研究所では、生地を入手次第、爆破実験を実施する。模擬雷管を使用する実験は、模擬雷管が納入された後に実施する。なお、模擬雷管の納入は、メーカーに8月10日までに依頼している。
- 5) 他の材料(生地)の調査を、シンクタンクを使って行うことを事務局から提案し、了承された。

4. 5 模擬雷管の発注検討

事務局より資料3に基づき、模擬雷管の見積もり結果について説明があった。

- ・ 国内メーカー2社に相見積もりを依頼した結果、カヤクジャパン1社から見積もりが提出された。国内の雷管の規格はメーカーによって規格及び形状が異なるので、相見積もりをとる必要がないと考えている。
- ・ 輸入品についてオリカジャパンに見積もりを依頼した結果、見積もりが提出された。国内における雷管の使用状況は、圧倒的に国内メーカーが多く、輸入品はわずか1%である。また、包装形態も異なることから、模擬雷管の発注先としてはカヤクジャパンとしたい。
これに対し、次の質疑応答、意見交換があった。

- ・ 輸入品は1%とは、2級火薬庫での使用率なのか。
- ・ 1%は国内全体での使用率で、2級火薬庫での使用率はわからないが、輸入品の使用量は増え

ていないと聞いている。

- ・ 2級火薬庫が、土砂崩れに巻き込まれやすい。実際に流れたのも2級火薬庫であり、オリカジャパン製の雷管が流された。
- ・ 包装形態から紙製の方が壊れやすい。したがって、壊れやすい方を使えばいいのでは。
- ・ 目的に応じて、カヤクジャパン品とオリカジャパン品を使い分けたらどうか。
- ・ 梱包の評価として、紙製に比べてオリカジャパン品はどうかとの観点から実験したらどうか。
- ・ 樹脂ケースが入っているとどのような挙動を示すかが確認できる。

以上の結果、実験について下記のとおり決まった。

- 1) カヤクジャパン品をメインとして使用する。
- 2) 輸入品（オリカジャパン）については、カヤクジャパンのものと比較する観点で、代表的な生地についての実験に使用する。
- 3) 本実験ではカヤクジャパン品のみを使用する。

5 その他

次回委員会は、産業技術総合研究所での実験日程が明確になり、実験結果が出た後に、委員会を開催する予定。

以上

第1回火薬類包装委員会 WG 議事録

1. 日 時：平成 25 年 8 月 29 日(木) 14 時 00 分～17 時 00 分

2. 場 所：産業技術総合研究所 会議室

3. 出席者（敬称略）

委 員 中山、三宅、大松沢、
事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

4. 議事内容

産総研での室内実験を進めるにあたり、包装材生地の大きさ、包装方法、裁断方法等について、繊維メーカー、産総研、全火協との打合せを行った。その結果、次の通り決まった。

（1）包装材生地の大きさ、包装方法、裁断方法、縫製方法

1) 包装材生地の大きさ及び包装方法

- ① 小箱（155×85×105）の包装材生地の大きさは、600×600（500×500 でもよさそうである。）とする。
- ② 大箱（560×335×125）の包装材生地の大きさは、1,400×1,400（1,300×1,300 でもよさそうである。）とする。
- ③ 包装方法は、「キャンディ」を包むような方式とし、できるだけ生地の重なりを少なくする。両側を結束バンドで固定する。

2) 裁断方法及び縫製

- ① 「生地切りはさみ」を用いて裁断する。
- ② 縫製用糸は、ユニチカ提供の糸（ビニロン畳糸 #9000）を用いる。
- ③ 生地で箱を包んで、箱が脱着しないように生地の糸で縫う。両側の結束バンドで固定するところも念のために縫う。

（2）碎石について

- ① ミキサーの有効容量が 80 リットルだから、碎石、水及び試料を入れる量は、全部で 40 リットル程度 とする。
- ② 採石は、3 号碎石と 2 号碎石を、同量でブレンドしたものを使用する。なお、碎石は全火協で長谷清商店に発注する。ちなみに、発注量は、3 号碎石、2 号碎石ともに 100 リットル とする。

（3）ブランク試験用生地

- ① 木綿の一般的な生地である「ポプリン」及び「帆布 11 号」を、ブランク試験に用いる。なお、生地の調達は大火協が行う。（9/1 調達済み）
- ② ブランク試験に用いる生地の特性テストは、ユニチカ関係会社で行う。試料として、全火協からユニチカに、約 1 平方メートル分送付する。（9/2 送付予定）

（4）ミキサーのブレードの削り

現物を見た結果、削る必要があることを皆で確認した。全火協でも削ってくれる業者を探すことにした。（9/1 全火協で探し、発注済み）

以上

第3回火薬類包装委員会 議事録

1. 日 時：平成25年9月27日(金) 14時00分～16時30分

2. 場 所：(独)産業技術総合研究所 第5事業所 第4会議室

3. 出席者 (敬称略)

委 員 小川(委員長)、藤原、中山、三宅、渡邊、大松沢、木戸、山口、児島、
新藤

経産省 福原、石井(鉱山・火薬類監理官付)

〃 杉浦(繊維課)

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

4. 議事内容

4. 1 挨拶

初めて出席された藤原委員及び9月1日付で異動された鳥飼委員の後任である山口委員より挨拶があった。

4. 2 前回議事録の確認

資料1の議事録について、意見があれば10月4日(金)までに事務局に連絡してもらうことになった。

4. 3 産総研での攪拌実験実施状況及び試験結果について

中山委員より、資料2に基づき、産総研での攪拌実験実施状況及び試験結果について説明があった。

16サンプルの内、2サンプルはWGで追加を決めたものである。実験は、現在進行中であり、輸入の模擬雷管についてはまだ実施していないとのことであった。

これに対し、次の質疑応答が行われた。

① 生地との縫合に使った糸は何か、また、縫合間隔はいくらか。

・ たたみの縫い糸である「ビニロン畳糸 #9000」を使った。また、縫合間隔は約1cmとした。

② 結束バンドの材質は何か。

・ ホームセンターで購入したものであり、品名は「耐候結束バンド」で、材質はナイロンである。
また、説明書きによると、使用目安として、結束内径：約3～6.5mm、巾：4.6mm、引張強度：約24kgである。

4. 4 実験スケジュール等について

事務局より、資料4の実験スケジュール及び資料5の火薬類の包装等の室外実験計画書(案)についての説明があった。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

① 実際の土砂崩れを模擬して、崖あるいは切羽から土砂と一緒に模擬雷管の包装品を落とす方法も考えられるが、大型のミキサーを使って実験するのを選んだのは何故か。

・ 第1回委員会で、産総研での実験では小箱を1つ使用して実験することとし、室外実験では大型ミキサーを使って実験する必要があると報告した。また、レンタル品を日本全国で調査した結果、現時点での最大容量が150リットルであったのでこれを選定した。

・ 第1回委員会で、採石場の切羽から土砂と一緒に模擬雷管の包装品を落とす方法も検討された

が、今回の野外実験の計画には入れていない。その理由は、切羽から土砂と一緒に模擬雷管の包装品を落とす方法は定量的に評価することに懸念があり、また安全管理の面からも今回の計画には入れないことにした。ただし、委員の皆さんの意見で、採石場での切羽から土砂と一緒に模擬雷管の包装品を落とす実験が定量的に評価できるのであれば、都内の採石場で実験を行うことはできる。

- ② ミキサーを大きくするとどれくらい力の加わり方が変わるのか、ミキサーを使って測っている定量的な数値というのは、測り方にもよるが、ダンプトラックから土砂と一緒に模擬雷管の包装品を落としたら時には測れないような測り方を何かしているのか。ミキサーの回転数等とかも関係するが、攪拌実験では計算して定量的にデータをとっているのか、あるいは終わった後にどれだけ損傷しているのか評価しているのか。後者であれば、ダンプトラックの上から落としたのとどう違いが出るか実験してみてもいいのでは。現在、ミキサーではどんなデータをとっているのか、何を測っているから野外の実験もミキサーでなければ定量的に評価ができないのか。
 - ・ 現状だと、1分間に30回転くらいすなわち1秒間に0.5回くらいが最大なので、回転速度は毎秒1mくらいである。それに落下するスピードが加わるので、毎秒3mくらいで衝突していると考えている。時速にすると、毎時10kmくらいになる。実際の土砂災害とは一桁くらい違うと聞いているので、そこをどう考えるかである。産総研で土砂災害のシミュレーションを行っているが、ミキサーを使っている実験では、実際の自然災害を再現させることは難しい。自然災害とシミュレーションとは一桁位の違いがあり、ミキサーでの実験では定量的にデータがとれるが、実際の自然災害を模擬しているのか、どのようなつながりがあるか、小型ミキサーで1時間攪拌しているので自然災害よりはシビアなデータがとれると思っているが、いいアイデアが出てこない。だからといって、切羽から落として実験すればいいのかといわれるとわからない。
 - ・ 実際の自然災害は、1秒間に約10メートルの速度で、60秒間続くと想定し、実験では相対速度を10分の1と仮定し、攪拌時間を60分とした。
 - ・ プレスケール（感圧紙）をミキサーの内面あるいは採石に貼り付けて、圧力を測定しようと考えている。
 - ・ 野外実験の場合、小型の実験の2～3倍くらいの速度になり、エネルギー的には2乗に比例するので小型実験の4～9倍程度になる。
- ③ 実験に使用する生地を、1社1種類ずつ選ぶことになっているが、室内実験の結果を評価して、上位から3種類選び、また別の会社から2種類を選んだらどうか。あるいは、メッシュとメッシュでないものから選んでどうか。
 - ・ どのようにして順位付けを行うのか検討する必要がある。
 - ・ 輸入品は、最上位の生地で実験する。
 - ・ 生地の色は、1時間も混合すると、土砂の色になる。
- ④ 攪拌時間について、産総研での実験の様子をみると、生地が破れてくると脚線が見えたりし、破損状態がわかるので、野外実験では、実験の途中で攪拌を止めないでいいのではないかと。
 - ・ 検討した結果、攪拌の途中にミキサーを止めないことになった。
- ⑤ 野外実験の最終的な実験条件を委員会で決めなければならないのか。
 - ・ その通りです。時間的には余裕があるので、野外実験の前に、もう1回委員会を開くことは可能であるので、野外実験の前に委員会あるいはWGを開催する。
- ⑥ 野外実験での包装形態は、小型実験と同様にキャンディ方式とする。また、結束方法については小型の攪拌実験と同様、結束バンドを使うことにする。
- ⑦ 野外実験で使用する小箱の数は、4箱程度とする。
- ⑨ 土砂と一緒に流れたとき、発見しやすいようにとの観点で生地を選定を行ってもらった。染色性も評価の一つであると事務局から提案があった。

- ・ これに対し、生地の染色性も重要だが、土砂崩れの場合、表層に残った場合は発見しやすいが、土砂に埋まってしまえば、色をつけても意味がないのではないかと意見があった。また、小型の結果では、色は土砂でコーティングされているようだと意見があった。

これらの意見を参考にして、WGで室外実験の方法について検討することになった。

また、WGの結果を受けて次回委員会で室外実験の最終的な実験条件を委員会で決めることとする。

4. 5 「既存包装材料の調査」報告書

事務局より、資料6の「既存包装材料の調査」報告書についての説明があった。

4. 6 攪拌実験の見学

産総研で行われている攪拌実験を見学した。

4. 7 その他

次回のWGを11月上旬に開催し、次回の委員会を11月中旬以降に開催する予定。

以上

第2回火薬類包装委員会 WG 議事録

1. 日 時：平成25年11月28日(木) 13時00分～13時50分

2. 場 所：新富町区民館会議室

3. 出席者（敬称略）

委 員 小川(委員長)、中山、三宅、渡邊、大松沢

経産省 福原、石井（鉱山・火薬類監理官付）

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

オブザーバー 高久(産総研)

4. 議事内容

産総研での室内実験結果及び全火協での調査結果をもとに、室外実験で使用する包装材の選定を行った。

(1) 産総研室内実験結果

「火薬類の包装等の室内実験報告書」に基づいて、中山委員から説明があった。

これに対し、別紙写真集の「攪拌直後」とは、いつなのかとの質問があった。「攪拌直後」とは、1時間の攪拌終了直後とのことであり、判り易い表現にするために、「攪拌後」と記述することになった。

(2) 全火協での調査(縫製の可否についての聴き取り)結果

縫製技術の専門家に、縫製の可否についての聴き取りした結果を、「包装材の選定資料」に基づいて、事務局から説明があった。

これに対し、生地メーカーの委員から、「縫製の可否を感性で判断しているので、固い生地であると縫製しにくいと思われがちだが、感覚的な問題であり、どの生地でも縫えないことはない。」とのコメントがあった。

(3) 室外実験で使用する生地の選定

議論した結果、室外実験の落下実験で使用する包装材及び攪拌実験で使用する包装材が決まった。

なお、予備実験で、帆布を使用し、感圧紙を貼付することも決まった。なお、感圧紙は、中圧用と高圧用を使用する。

以上

第4回火薬類包装委員会 議事録

1. 日 時：平成25年11月28日(木) 14時30分～16時30分

2. 場 所：新富町区民館会議室

3. 出席者 (敬称略)

委 員 小川(委員長)、中山、三宅、渡邊、大松沢、木戸、山口、児島、
新藤、辻田

経産省 福原、石井(鉱山・火薬類監理官付)

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

オブザーバー 高久(産総研)

4. 議事内容

4. 1 前回議事録の確認

資料1の議事録について、意見があれば12月6日(金)までに事務局に連絡してもらうことになった。

4. 2 産総研での攪拌実験結果及び包装材の選定について

中山委員より、資料2「火薬類の包装材等の室内実験報告書」に基づき、産総研で行った攪拌実験の結果について説明があった。

引き続き、事務局より、資料3「包装材の選定資料」に基づき、縫製技術の専門家に、縫製の可否について聴き取りした結果について説明があった。

また、事務局より、委員会に先立ち開催されたWGにおいて包装材の選定を行った結果について説明があった。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

① 縫製の可否についての聴き取り調査はどこで行ったのか。

縫製技術の専門技術者がいる旭化成ジオテックで聴き取った。感性であるが、柔らかく取扱いし易い生地が高評価を得た。固いと縫製はできるがきついとの評価であった。アラミド系のメッシュの生地は縫製し難い。なお、メッシュ系の袋物については、旭化成ジオテックで扱っていないので、判断し難いとのことであった。

② 室内実験の結果をみると、包装材「4746」と「CV11」について、カヤク・J製とコネル製を使った場合、少し差がみられるので、包装材「HALN」、「DP47」及び「RSSL」についても、コネル製を使って実験をやってみたらどうか。

検討した結果、これらの3生地について、産総研において追加の攪拌実験を行うことになった。

・ 室外実験で使用する包装材の選定について、議論及び意見交換を行った結果、使用する包装材は、WGで選定した包装材を使うことに決まった。具体的には、次の通りである。

(1) 落下実験

カヤク・J製の模擬雷管50本を入れた紙箱(小箱)を、10個入れた大箱(模擬雷管500本入り)を用いて、包装材「4746」を使用する。

(2) 攪拌実験

カヤク・J製の模擬雷管50本を入れた紙箱(小箱)を、6個入れた中箱(模擬雷管300本入り)を用いて、包装材「4746」、「UK333」、「TS15」、「TR560」、「B781」の5種とブランクとして包装材「帆布」を使用する。

オリカ製の模擬雷管 10 本を入れたフィルム包装品(小箱)を、6 個入れた中箱(模擬雷管 60 本入り)を用いて、包装材「4746」を使用する。

また、予備実験は、カヤク・J 製の模擬雷管を入れた中箱を用いて、包装材として「帆布」を使用し、感圧紙を貼付して実験することが決まった。感圧紙は、中圧用と高圧用を使用する。なお、予備実験は、2 回行う。

4. 3 実験スケジュール及び落下実験について

事務局より、資料 4「室外実験スケジュールについて」に基づいて実験スケジュールの説明があった。また、イメージ図を用いて落下実験の説明があった。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

- ① 資料 5「火薬類の包装等の室外実験計画書(案)」の中の「模擬雷管は使用しない。」を「包装材がないものは模擬雷管を使用しない。」と訂正する。なお、包装材がないものとは、大箱に小箱 10 個相当の重さの土を入れたものとする。
- ② くいが抜けて正面に飛んでいく恐れがあるのではないかと。
木と鉄のくいを用意している。長さは 1 m で、ロープに縛られているので、飛んでいくかもしれない。ロープの長さが 15m 程度であるからくいが抜けてもそれ以上は飛んでいかないと思う。くいが抜けないように検討する。
- ③ 実験 No.2 において、大箱を設置する場所はどこか。
議論した結果、のり面の長さが 21m であるので、真ん中である 10.5m のところに設置することになった。
- ④ 落下させる土砂の量はどれくらいか。
ホイールローダーで押し出すので、バケットの幅ですべて押し出しとして、12 m³程度である。

4. 4 攪拌実験について

事務局より、資料 5「火薬類の包装等の室外実験計画書(案)」に基づいて、実験内容と実験スケジュールの説明があった。実験条件は、予備実験の結果をみて判断するが、モデル土砂の量は 100kg、水は 20 リットル、攪拌時間は 1 時間と考えている。

また、室外実験安全管理マニュアルについて事務局から説明があった。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

- ① ミキサーに供給する発電機は、50Hz 及び 60Hz に対応できると表示してあるが、レンタルする発電機は、両方に対応できるのか。50Hz と 60Hz では、回転数が異なるので。
児島委員がレンタル会社に問い合わせることとする。
(問い合わせた結果、50Hz しか使えないことがわかった。)
- ② ミキサーにアースをとったほうが良い。
全火協がレンタル会社に確認することとする。
(確認した結果、アース棒を 2 本用意してもらうことになった。)
- ③ 碎石は何を使うのか、どれだけ投入するのか。
2 号及び 3 号碎石を、各 50kg ずつ、合計 100kg を使用する予定。なお、予備実験ミキサーの回転数などを確認し、条件を決める予定。

4. 5 数値解析計画書

中山委員より、資料 6「火薬類の包装等の数値解析計画書(案)」及び資料 7「拡張個別要素法による土石流のシミュレーション」に基づき、数値解析について説明があった。

- ・ 実際に十津川で 2 級火薬庫が流されたのは、斜面の長さが約 660m で、速度は約 20m/s 程度である。
- ・ 東大目黒研のデータは短くもなく、長くもなく、適切な条件と考える。角度も 30 度である。
- ・ 3 次元で計算する予定。

- ・ パラメーターを何にするか考えていないが、攪拌シミュレーションでは、土砂の径を変え、土砂崩れシミュレーションでは、東大目黒研のケースと十津川のケースを考えている。

これに対し、次の質疑応答、意見交換が行われた。

- ① 実績のある計算コードなのか。
産総研で確認する。

4. 6 その他

包装材の土砂崩れによる評価として、引張強さ以外の指標、例えば耐摩耗性などかどうか。

- ・ 衣料品に関する耐摩耗性についての J I S はあるが、今回の用途は特殊なものであり参考にはならない。産業用資材の場合、実際には使用される用途（現場ごと）に応じて、引張強さ「〇〇以上のもの」と言うような仕様となっている。
- ・ 何らかの測定はできるが、閾値はどこなのかというのがわからないので、この値で問題であるか否かは評価できない。
- ・ 日本繊維製品品質技術センター（Q T E C）に産業用資材についての耐摩耗性、突刺しの試験について相談してみる。
- ・ 繊維メーカーに産業用資材の土砂崩れを想定した評価方法について社内で調査していただくこととなった。（12 月 13 日までに報告）
→社内及び（独）建設・土木研究所に調査したが評価方法は無いとの報告があった。

4. 7 次回の委員会

次回の委員会を 1 月末ごろに開催する予定。委員会の日程調整を年明けに行なう。

以上

第5回火薬類包装委員会 議事録

1. 日 時：平成26年2月14日(金) 13時30分～16時30分

2. 場 所：八丁堀区民館会議室

3. 出席者 (敬称略)

委 員 小川(委員長)、中山、三宅、立石(渡邊代理)、大松沢、木戸、山口、
児島、新藤、辻田

経産省 福原、石井(鉱山・火薬類監理官付)

〃 福瀬(繊維課)

オブザーバー 高久(産総研)

事務局 佐久間、恒吉、増田、北島

4. 議事内容

4. 1 前回議事録の確認

資料1の議事録について、意見があれば2月21日(金)までに事務局に連絡してもらうことになった。

4. 2 調査研究事業報告書(案)の検討について

中山委員及び事務局より、資料3-2～3-6「調査研究事業報告書(案)」に基づ

き、実験及び調査結果について説明があった。

これに対し、次の質疑応答行われ、下記のとおり決まった。

① 3ページ「表5.1.1.2-2 使用した包装材一覧」の、品名の欄⑮ポプリン及び⑯帆布11号の伸び率を、引裂強さに訂正する。新たに、それぞれの伸び率のデータを追記する。

また、品名及び既存用途を調査報告書に入れるので、盛り込んでも問題がないかについて繊維メーカーに確認を依頼した。

② 17ページ「表5.1.1.2-3 室内攪拌実験結果一覧」の評価にプラス、マイナスを使っているが、この表現はやめる。また、穴が開いたものについては、穴サイズを追記する。

③ 37ページ「図5.2.3-6 実験後の包装の状況」について、試料の向きがわかりにくいので判り易くする。

また、写真についても、落下前、落下中及び落下後の写真を並べる。差し替える写真については、中山委員と事務局で調整する。

④ 41ページ「図5.3.1.2-1 設置図」の塩ビ管サイズh750をh75と訂正する。

⑤ 数値解析の中で、ドラムの回転速度を上げたもの及びケース4については、解析中であるので、きちんとまとめて結果を報告する。

4. 3 報告書の総括

報告書の総括部分については、事務局で作成したものであるので、産総研からコメントをもらう等相談し書き直し、委員長の了解を得たうえで報告書をまとめる。

なお、委員には報告書の総括部分をメールする。

5. 挨拶

全火協 佐久間専務理事よりお礼の挨拶があった。

以上

執筆者一覧

平成 24 年度 火薬類の包装等に係る調査研究事業報告書

1. 目的
2. 委員会
3. 検討内容
4. 総括 中山良男
5. 調査研究内容
 - (1) 攪拌実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - (2) 落下実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - (3) 爆破実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - (4) 数値解析 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - (5) 包装材料の調査及び性能試験結果 全国火薬類保安協会
6. 包装材料の調査報告 全国火薬類保安協会
7. 付属資料（実験データ）
 - 7.1 攪拌実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - 7.2 落下実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - 7.3 爆破実験 中山良男、杉山勇太、松村知治
 - 7.4 数値解析 中山良男、杉山勇太、松村知治