熱膨張性耐火ゴム

久 重 光 人*¹・齊 藤 清 高*²・和 田 秀 一*³

Heat Expansion Fireproof Rubber

Mitsuto HISASHIGE, Kiyotaka SAITO, Syuuichi WADA (CRK Co., Ltd., 306 Koyagi-machi, Takasaki, Gunma 370-0071, Japan)

As for fireproof rubbers in Japan, a fireproof putty has been used for 30 years as a fire spreading prevention material in the district crack penetration part of the communication cable and the electric cable.

Recently heat expansion fireproof sponge has been used because of its recyclability and workability. On the other hand, various heat expansion fireproof rubbers have been developed as materials that take the place of asbestos. They are beginning to be used for wide fields like iron frame covered materials, fireproof packings and fire wall joint materials. Most of these rubbers do not contain halogen compounds, so they are environment- friendly materials that do not generate harmful flue gases (hydrogen cyanide and hydrogen chloride, etc) in case of fire.・

Key Words : Fireproof Rubber

1. は じ め に

約30年前より通信ケーブルの延焼防止材として、ビルや集合ケーブルの防火区画貫通部に耐火パテが使われて来た。耐火材は実際に火災が発生しないとその効果が確認できないが、不幸なできごとであるが1984年11月東京の世田谷で起きた地下ケーブル火災事故では耐火パテによって、延焼拡大が防止できた。この結果、耐火パテの効果が再認識され、その後着実に使用が拡大している。数年前よりリサイクル性を考慮し耐火スポンジ材が開発され、この分野で着実に耐火パテからの置き換えが進んでいる。一方2002年の建築基準法改正で、従来準不燃材料以上という制約があり、耐火被覆材は無機系材が前提であったが材料制限が撤廃され、有機系の材料が使用可能となった。相前後して、建物に使われていたアスベストの発がん性問題が発生し、環境対策より熱膨張性耐火ゴムで鉄骨を被覆する製品が開発され、ゴム加工メーカーを中心に材料開発が行われ、着実に耐火被覆材分野の一角を占めるまでになってきつつある。

2. 各種耐火ゴム

現在市販されている各社の耐火ゴム製品のラ < 熱 膨 張 性 耐 火 パ テ > < 熱 膨 張 性 耐 火 ゴ ム > インナップ状況は流動的で正確性に少し欠ける

面があるが、大別すると表1に要約される。

様々な耐火ゴムが製品化されておりこれらを図1に示

表1 市販耐火ゴム製品

国内生産会社	
耐火パテ	日本インシュレーション(株), (株)古河テクノマテリアル
熱膨張性スポンジ	CRK(株)
熱膨張性耐火パテ	(株)古河テクノマテリアル, CRK(株)
熱膨張性耐火ゴム	積水化学工業(株), CRK(株), (株)十川ゴム, 3M, 因幡電工

< 耐 火 パ テ >

< 熱 膨 張 性 ス ポ ン ジ >

図1 耐火ゴム製品例

す。
これらの耐火ゴムの中で最近注目を集めている熱膨張性スポンジと熱膨張性耐火ゴムを中心に、耐火ゴムの状況について報告する。

3. 耐火パテ

耐火パテは、熱膨張性ではないが、熱膨張性耐火ゴムのベースとなっている材料である。液状ゴムをバインダーとし難燃剤として水酸化アルミニウム等を加え、形状保持に繊維状物質を加えている。性状は粘土状で、酸素指数が70以上もありほとんど燃えない。手で粘土細工の様に色々な形に作り上げる事ができる。製品の中には予め色々な形状にしてそれをビニル袋に入れ、手を汚さずにそれらの組み合わせでケーブルをシールできるものもある。用途は主にケーブルホルの防火区画貫通部に於けるケーブルの延焼防止の目地材であり、30年前から使われている。また、空調機の冷媒配管の目地材としても用いられている。

4. 熱膨張性耐火パテ

耐火パテは加熱しても膨張しないのに対し、熱膨張性耐火パテは200℃以上で5～6倍に膨張する。それ以外の性状は耐火パテとあまり変わらない。用途はケーブルや冷媒配管の延焼防止用の目地材である。加熱すると膨張する事により、壁等のケーブル貫通部の延焼防止材として使用されている¹⁾。

5. 熱膨張性スポンジ

熱膨張性黒鉛及び数種類の難燃剤を高充てんさせ、ベースゴムにウレタンを用い、製品は予め約3倍位に発泡させスポンジ状にしている。火災などの高温(200℃以上)に曝されると更に速やかに膨張し、ガラス状の強固な膨張層を形成する。材料に含まれている難燃剤との相乗効果で、より高い難燃性を発現する材料である。

本スポンジの膨張倍率は約4倍位でグレードとして一般タイプと耐久性タイプの両方がある。充てん剤はハロゲン化合物を含まないため、燃焼時に有毒ガスの発生が少ない材料である。製品は予め施工し易いように所定の寸法に加工

工されているが、施工現場でも容易に加工できる。その際に発塵せず、皮膚に触れても痒み、痛み等も無く、人・作業環境及び長期安定性に優れ、長期使用でも発塵する事は無い。施工も簡単で、短時間にケーブルの周りにブロックを積み木細工の様に置いていくだけである。しかし、火災になるとスポンジが膨張し煙も通過出来なくなる位に密閉化するので、火災にあったケーブルも延焼が止められ、延焼防止が可能となる。

従来から使われている耐火パテとの比較を表2に示す。

熱膨張性スポンジは耐火パテの課題であるリサイクル性と作業時間を短縮化する等の従来からの課題を解決した優れた材料で、着実に耐火パテからの置き換えが進んでいる。以下に熱膨張性スポンジの特色ある物性値を示す。

5.1 断熱性

熱膨張性スポンジは常温ではスポンジ構造を持っており、他の発泡体と変わらない断熱性を保持している。更に、火災の際には熱膨張し材料の厚みが増し、断熱性が一層向上する。一方、熱膨張性耐火ゴムは熱膨張後にはスポンジ同等の熱伝導率となる。耐火パテの代用として開発されたが高い断熱性を活用できる分野にも用途展開が図れる。

表3に各材料の熱伝導率データを示す。

5.2 難燃性

5.2.1 酸素指数

難燃性を示す酸素指数(JIS K7201：材料が燃焼し続けるのに必要な最少酸素濃度であり、数値が大きいほど高い難燃性であることを示す数値)は一般タイプで70以上と非常に高い難燃性を示しており、耐久性タイプでも45である(表4)。これは耐久性タイプでも難燃性の高いポリ塩化ビニルを超える難燃性である。

表2 耐火パテと熱膨張性スポンジの比較

材 料	比 重	施工(作業)時間	リサイクル性
耐火パテ	1.8～2.10	基準	使い捨て
熱膨張性スポンジ	0.2～0.35	基準の1／5	再利用が可能

表3 各種材料の熱伝導率

材 料	熱伝導率(W/m・K)
熱膨張性スポンジ	0.08～0.10
熱膨張性耐火ゴム	0.25～0.80
熱膨張後の耐火ゴム	0.10～0.12
ウレタンフォーム	0.03
ポリ塩化ビニル(PVC)	0.16～0.17

表4 酸素指数²⁾の比較

材 料	酸素指数
熱膨張性スポンジ	70以上
熱膨張性スポンジ(耐久性タイプ)	45
エチレン・プロピレンゴム	22
ウレタンフォーム	21
一般シリコーン	25
ポリ塩化ビニル(PVC)	42

図2 熱膨張性スポンジの加熱処理前後

5.2.2 燃焼性評価

ASTM 及び BS 規格試験を実施し「炎の非拡散性」では燃焼時に炎の拡散が少なく難燃性 (ASTM E162 合格), 「低発煙性」では燃焼時に煙の発生が抑制される (ASTM E662 合格), 「火炎伝播長さ」では規格値以下である (ASTM C1166 合格). BS では BS476 (Part7 試験で Class2) 鉄道車両用材料燃焼試験で難燃区分を取得している. これらの結果及び後ほど述べる燃焼時の低有毒ガス性の評価で良好である事より, 台湾新幹線の車両の防火壁目地材として世界中の材料の中で熱膨張性スポンジが採用になった.

5.3 安全性

JIS K7217 に準拠し, 750℃ において, 空気過剰気流下

表 5 燃焼評価データ

試験項目	測定値	規格値	試験方法
※ 1 火炎伝播インデックス	16	< 35	ASTM E162
※ 2 有炎	1.5 分	11	< 100
発煙濃度	4.0 分	40	< 200
(Ds)	1.5 分	28	< 100
	4.0 分	66	< 200
※ 3 火炎伝播長さ (inch)	0.5	< 4	ASTM C1166

※ 1 火炎伝播インデックス

燃焼時の炎の拡散性を示す指標で, 低い方が非拡散性を示している.

※ 2 発煙濃度

燃焼時, 発生した煙を光透過率の減衰量を測定し, 発煙量の値としている.

※ 3 火炎伝播長さ

密に又は一定の区画に納まったゴム化合物が熱や炎に接し火炎伝播する値を表す.

(完全燃焼条件) および空気不足気流下 (不完全燃焼条件) で発生する燃焼ガス (CO, CO₂, HCl, HCN 等) を検査した. その結果, 表 6 の如く有害ガスがほとんど検出されていない. 問題となるハロゲン系ガスも検出されていない. 硫黄酸化物が若干検出されているのは充てん剤に含まれている不純物からの発生と考えられる.

5.4 長期寸法安定性

熱膨張性スポンジは約 3 倍発泡体で, 時間経過とともに形状が変形する事が無い高さ 10 cm × 幅 10 cm × 長さ 15 cm の耐火スポンジを 50℃ のギアオープンの中に保管し寸法安定性を評価した. その結果図 3 に示すように, 幅と長さ方向はほとんど変化が無く, 高さ方向に 12 か月後で 1% の変化であった. この結果, 長期寸法安定性にも優れた物であることが分った.

5.5 用途展開

5.5.1 防火区画貫通部延焼防止用途

熱膨張性スポンジはケーブルの区画貫通部の延焼防止材を目的に開発され, 現在は高層ビルを始めとする各種通信

表 6 燃焼ガス組成データ (試験法: JIS K7201)

燃焼ガス組成	完全燃焼下	不完全燃焼下
塩化水素	検出せず	検出せず
シアン化水素	検出せず	検出せず
アンモニア	検出せず	検出せず
硫黄酸化物	13 mg/g	10 mg/g
一酸化炭素	検出せず	検出せず
二酸化炭素	800 mg/g	900 mg/g

図 3 熱膨張性スポンジの長期寸法安定性

図 4 床貫通部への充てん

国 交 省 認 定 番 号

PS060FL-0030

ケーブルの区画貫通部で使用されている。床に適用した際の構成図を図4に示す。

熱膨張性スポンジを用いた本工法は敷設するケーブル本数を従来の耐火パテに比べ数十%多くできると好評である。一方、熱膨張性スポンジでは火災の際、煙が通過してしまう懸念が持たれるが、建材試験センターでの耐火試験では当初煙の発生が確認されたが、貫通部が加熱されると、数分後に煙は遮断され、しかもケーブルの延焼が区画貫通部で防止されている事が良く分かる。

IT化の現在、通信ケーブルの容量増強の要請が強くなっている。耐火パテではケーブル増設の度、耐火処理をやり直さなければならなかったが、本材料は図6の如く、簡単に増強ができ、取り外したスポンジは再利用ができるので地球環境に優しい材料と好評である。施工法も充てんするだけなので施工スピードが早く、建設工事全体の納期遅れを解決する優れた材料でもある。本工法についてはユーザーで国交省の耐火認定を取得している³⁾(床充てん工法：PS060FL-0030、壁充てん工法：PS060WL-0033)。

< 耐火試験開始 >

< 加熱開始 15 分後発煙 >

< 炉内側 >

< 煙発生後 5 分後に煙遮断 >

図5 煙遮断性能

図6 熱膨張性スポンジの施工方法

5.5.2 高速鉄道車両防火壁目地材

高速で走る鉄道の車両で火災が発生した時、延焼を防止するため車両の防火壁目地材として熱膨張性耐火ゴムは優れた材料といえる。既述したが台湾新幹線で使用実績ができたことより、アメリカ、イギリスでの地下鉄車両向けに展開が期待できる。

5.6 リサイクル性

本熱膨張性スポンジで加工時、端材となった物は粉碎で簡単に細かな粒状となる。これをウレタン原料と混合し、加熱、成形すると新たな製品にリサイクルする事も可能である。図7の製品は熱膨張性スポンジ製品を粉碎後再成形した物である⁴⁾。今後、需要に応じてリサイクル品の有効活用も可能である。

図7 リサイクル成形品

6. 熱膨張性ゴム

熱膨張性ゴムは用途より、鉄骨被覆用とその他用途に大別される。

6.1 鉄骨被覆用

鉄骨被覆用は積水化学工業社の熱膨張性ゴムシート(フィブロック)⁵⁾が市場で使用されている。バインダー用のゴムはブチルゴム、ポリブテン等が用いられている。難燃剤、形状保持剤が適量配合されている。熱膨張性黒鉛を加え、加熱時膨張し耐火層を形成し、耐火機能を発揮させている。難燃剤にハロゲン含有化合物を添加していないので、ダイオキシン発生の原因となる塩素系ガスを全く発生しない。鉄骨被覆には用途に応じ耐火ゴム単独使用及びセッコウボードとの組み合わせが用いられている⁶⁾。

6.2 一般用途の熱膨張性ゴム

鉄骨被覆以外の熱膨張性ゴムも加工性が容易な事より、最近種々の分野に使用されて来ている。代表的な耐火ゴムはバインダーとなるゴムはEPDMを中心に用いられ、これに難燃剤、形状保持剤、熱膨張性黒鉛を加え熱膨張性ゴムにしている。この熱膨張性ゴムもハロゲン含有化合物を添加しておらず完全燃焼下及び不完全燃焼下に於いても塩化水素を始めシアン化水素、アンモニア等の有害なガスを全く発生しない。熱膨張性ゴムの物性及び燃焼時の発生ガスの分析結果を表7、8に示す。

表7 熱膨張性ゴムの物性値(代表値)

試験項目	測定値	試験方法
硬 度	A65	JIS K6253
引張強度	1.2 MPa	JIS K6251
熱膨張開始温度	200 ℃	自社試験法
熱膨張倍率	8 倍	自社試験法
酸素指数	45	JIS K7201

酸素指数が45もあり、ポリ塩化ビニルの酸素指数42を凌いでいる。熱膨張倍率が8倍ある。

表8 熱膨張性ゴムの燃焼ガス分析結果(JIS K7201)

	完全燃焼下	不完全燃焼下
塩化水素	検出せず	検出せず
シアン化水素	検出せず	検出せず
アンモニア	検出せず	検出せず
硫黄酸化物	6 mg/g	7 mg/g
窒素酸化物	検出せず	検出せず
一酸化炭素	19 mg/g	60 mg/g
二酸化炭素	1200 mg/g	800 mg/g

熱膨張性ゴムの使用先は、隙間充てん用途が多い。

耐火用材料同士の繋ぎ目部分や換気構造を設けた部分(壁、軒裏、棟、軒下等の換気部)といった隙間部分は耐火構造の弱点部となっている。熱膨張性ゴムは「火災時に膨張して耐火断熱層を形成する」という特長を生かして、建築物の隙間部分をこの耐火断熱層で満たす事で弱点部の耐火性能を補強する用途に利用されている。

図8は免震装置の防火パネル用目地材として使われている事例である。

免震装置は防振ゴムでできており、燃え易いので周りを防火パネルで囲っているが、パネルの隙間に熱膨張性ゴムが貼られている。ログハウスの組み合わせの隙間部や木製のドアにも火災時火炎が隙間から侵入しないよう、四隅を熱膨張性ゴムでシールしている。住宅の軒下の通風口にも最近熱膨張性ゴムが貼られている。延焼時は一般的には軒下の通風口から火が回る場合が多く、熱で膨張し炎の侵入を防ぐ。一方、大型金庫にも扉の四隅を熱膨張性ゴムでシールし火炎の侵入を防いでいる。最近首都圏を中心に高層ビルが建設されているが、これ等のビルで使用されている

図8 免震装置への用途例

図10 耐火二層管目地材の効果

図9 耐火二層管への用途例

排水管は塩ビ配管の表面をモルタルセメントで被覆した耐火二層管が使われている。ビル内では各所からの排水管とメイン排水管との接続部には熱膨張性ゴムを加工した耐火パッキンが色々な継手に数多く使われている。

図10に装着した耐火パッキンに火炎を当てた時の状況を示す。隙間を少し開けた状態で火炎を当てた時、耐火パッキンが20 mm膨張し隙間を完全に充てんし、塩ビ配管への防火が完全になされている。

7. ま と め

熱膨張性ゴムはゴム特有の柔軟性、加工しやすさ、利便性等の多くの利点がある事より、最近色々な分野に使われるようになった。しかし、本来燃え易い性質のゴムに耐火性を付与し顧客の要求に対応していくには課題も多い。耐火の機能を更に追及するとともに、価格の面でも他の競合品に比し十分競争力ある材料にしていく必要がある。

References

- 1) Siokawa, K.; Nakamura, M.: *NTT Facilities Journal*, 38 (2000)
- 2) Hanai, K.; Sekiguti, T.: *Showadensen Denran Review* 24, 24 (1974)
- 3) Nihon Insyureisyon Kabusikikaisya Seihin Catalog "Cable Ensyoun Bousi Taika Kouhou"
- 4) Toda, K.: *Jpn Kokai Tokkyo Koho* 1998-52866 (1998)

- 5) Okada, K.: *Nippon Gomu Kyokaishi*, 75, 356 (2002)
- 6) Ogasawara, M.; Tono, M.: *GBRC*, 111, 26 (2003)

日本語表記参考文献

- 1) 塩川完也, 中村三智之: *NTTファシリティーズジャーナル*, 38 (2000)
- 2) 花井節, 関口武: *昭和電線電らんレビュー*, 24, 24 (1974)
- 3) 日本インシュレーション(株)製品カタログ, 「ケーブル延焼防止耐火工法」
- 4) 戸田健一郎: 特開平10-52866 (1998)
- 5) 岡田和廣: *日本ゴム協会誌*, 75, 356 (2002)
- 6) 小笠真男, 戸野正樹: *GBRC*, 111, 26 (2003)

*1CRK(株)(〒370-0071 高崎市小八木町306)顧問。昭和43年東北大学大学院工学研究科応用化学科卒業, 昭和43年電気化学工業(株)入社, 平成16年CRK株式会社入社, 現在に至る。専門は高分子化学。

*2CRK(株)(〒370-0071 高崎市小八木町306)技術開発部長。昭和51年千葉大学大学院工学研究科応用化学科卒業, 昭和51年電気化学工業(株)入社, 平成14年CRK(株)入社, 現在に至る。専門は高分子化学。

*3CRK(株)(〒370-0071 高崎市小八木町306)技術開発部課長代理。平成元年, 電気化学工業(株)入社。平成6年, CRK(株)入社。