

スプラッシュ型充填材の開発

Splash Type Fill Developed for Cooling Towers



冷却塔事業部 生産部
小林 敏 晴
Toshiharu Kobayashi

With moving towards trend in closed systems, scale occurred over the entire circulating water line for this system is in serious question. Based on the sectional shape of the splash bar, "self-descaling fill", previously presented in SP Engineering Report Vol. 28 No. 1 Shinko-Pfaunder has developed the splash type fill "SDS Pack" (Patent applied for) for cooling towers, which fulfils its function when using the polluted water as well.

まえがき

冷却塔に使用される充填材は「フィルム型充填材」と「スプラッシュ型充填材」とに大別される。

前者は、比較的良好水質循環水系に使用され冷却性能が大なるため、冷却塔容積をコンパクトにできる。

後者は、工業用冷却塔向きで主として折出型スケール、附着型スケールを含んだ汚濁水質循環水系に対して使用される。

スプラッシュ型充填材はフィルム型充填材に比べ冷却性能が劣るため、充填材容積が増加し冷却塔が大型化する傾向がある。

そこで、汚濁水質に対してユーザ各位の頭痛の種となっている水質管理、薬注、メンテナンスなどの費用の低減を図り、かつ高冷却性能のスプラッシュ型充填材の開発が急務とされていた。

当社では、これらのユーザのニーズに応え、汚濁水質に対してもその機能を十分に保持し、高冷却性能、省スペース型冷却塔の充填材 SDS パック (特許出願中) を開発した。

これらは、既に国内、外で約 70 000 m³/h に及ぶ冷却塔への適用実績を数え、現在も順調に稼働中である。本稿では SDS パックの特長、強度試験結果、実機での組立要

領について紹介する。

1. 特長

1.1 形状

第 1 図は SDS パックの本体、第 2 図はそのスペーサーを示す。

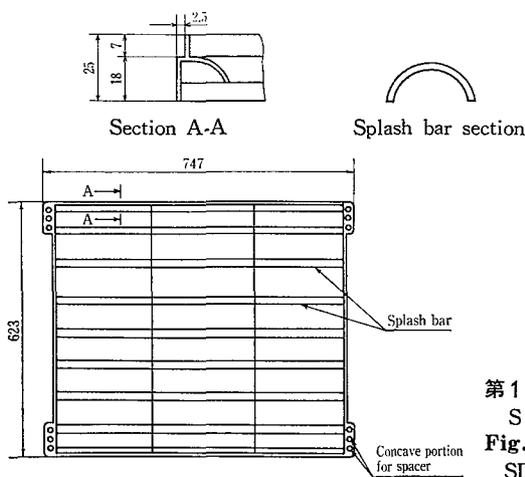
SDS パックは、本体部分とスペーサー部分から形成される。本体は半円形のスプラッシュバーと周囲のフレームにより構成される。また、輸送梱包才数の低減および輸送中の荷くずれ防止のため周囲フレームに凹部を設けている。

これにより従来品に比べ約 20 % の梱包才数の低減が可能となった。

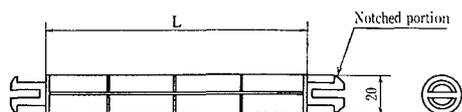
スペーサーは、本体と本体との接続に使用する。接続はスペーサーを第 3 図のように本体フレーム凹部にワンタッチで固定することができる。またスペーサー上部にはノッチがあるため組立後は外れる危険性がない。

1.2 冷却過程

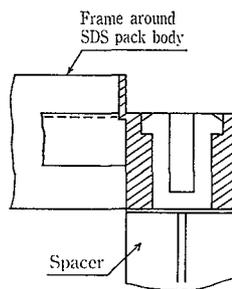
温水ノズルからの落下水は第 4 図のように SDS パック本体部分のスプラッシュバーで砕かれ落下する。更に落下水は下方のスプラッシュバーで砕かれ、順次砕かれながら



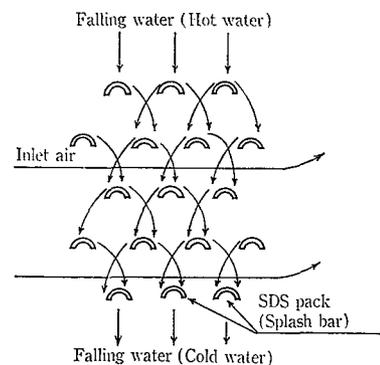
第 1 図
SDS パック
Fig. 1
SDS pack



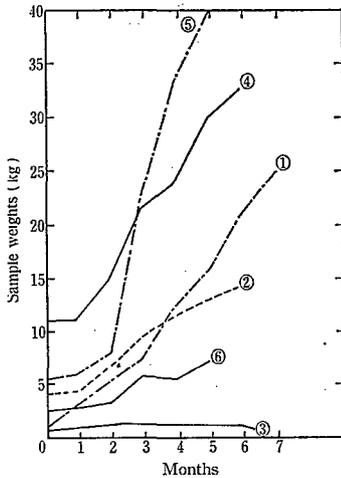
第 2 図
スペーサー
Fig. 2
Spacer



第 3 図 SDS パック接続部
Fig. 3 SDS pack connection



第 4 図 冷却過程
Fig. 4 Cooling process



第5図 各種試験片重量測定結果
Fig. 5 Test result of sample weights measurement (Blast furnace)

小さな水滴となる。この間にファンにより吸込まれた外気と接触して冷却される。

3 向流型冷却塔と直交流冷却塔への対応

本体フレーム部分凹部にスペーサーを交互に挿入することにより向流型、直交流型いずれの充填材としても適用が可能である。

4 冷却性能

SDSパックは、スペーサーの長さの長短により充填材密度を変化させることができる。冷却仕様に合致したスペーサーの選択により、冷却性能の最適化を計ることが可能である。

5 汚濁水質とSDSパック

SDSパックは既に紹介した神鋼ファウダー技報 Vol. 8 No. 1⁽¹⁾「自己洗浄型充填材」を基本とした一体型射出成形品であるため、極めて附着性の強いスケール、折出型スケールに対して非常に効果がある。

第5図は神鋼ファウダー技報 Vol. 28 No. 1で紹介し、極めて附着性の強い鉄鋼業界の炉ガス集塵水系での各種試験片での附着重量測定結果を示す。

第1表は試験片の形状を示す。試験片①～⑥共、時間の経過と共に重量は着実に増加する傾向にあることがわかる。

第2表 SDSパックの物性値
Table 2 Properties of SDS pack

| Item | | Testing method | Unit | SDS pack | | |
|---------------------|---|-------------------|--------------------|-----------------------|----------|-----|
| Mechanical property | Tensile yield strength | ASTM D 638-64T | kg/cm ² | 290 | | |
| | Elongation | ASTM D 638-64T | % | > 500 | | |
| | Flexural rigidity | ASTM D 747-63 | kg/cm ² | 10 500 | | |
| | Modulus of elasticity in bending | ASTM D 790-63 | kg/cm ² | 16 000 | | |
| | Hardness (Rockwell) | ASTM D 785-62 | R | 95 | | |
| | Softening point (Vicat) | ASTM D1525-58T | °C | 145 | | |
| | Thermal deformation temperature | ASTM D 648-56 | °C | 115 | | |
| | Low-temperature brittleness temperature | ASTM D 746-64T | °C | - 5 | | |
| | Impact strength | Izod (Notched) | 20°C | ASTM D 256-56 | kg-cm/cm | 7.0 |
| | | | -10°C | ASTM D 256-56 | kg-cm/cm | 3.2 |
| Charpy (Notched) | | 20°C | ASTM D 256-56 | kg-cm/cm ² | 8.0 | |
| | | -10°C | ASTM D 256-56 | kg-cm/cm ² | 3.5 | |
| Dupont | 20°C | JIS K 6718 equiv. | kg • cm | 50 ~ 60 | | |
| | -10°C | JIS K 6718 equiv. | kg • cm | 20 ~ 30 | | |

第1表 各種充填材の試験片
Table 1 Test fill samples

| Samples | Material | Sample dimension (mm) | Weight (kg) | Figure (mm) |
|--------------------|------------|---|---------------------|--------------------|
| ① Ladder fill | P. P. | 1106, 25, 1035 | 1 | 200, 200, Air |
| ② Square bar | Wood | 1220, 70, 70 | 4.1 | 400, 300, Air |
| ③ Semicircular bar | PVC | 1220, 48 | 1 | 500, 300, Air |
| ④ Perforated plate | SS and SUS | 1010, 45-100φholes, 50, t=3.0 (SUS), t=3.2 (SS) | 11 (SS), 10.5 (SUS) | 500, 500, 30°, Air |
| ⑥ Grating plate | SS | 1100, 50, 30, 600, Mesh 34×76 | 5.5 | 700, 700 |
| ⑥ Runner | PVC | 510, 300φ | 2.3 | 500, 500 |

試験片③はSDSパック基本形状である半円形状をしており、運転開始1～2カ月経過で微量ながら増加傾向を示したが、2カ月経過時点で表面に自然剥離現象を起こし以降はほぼ横ばい状態になったものである。これは付着進行が停止したのではなく、付着進行は継続中であるが、それに反比例して自然剥離現象が発生したためである。

1.6 材質

冷却塔充填材の材質としては下記が要求される。

- (1) 機械的強度
- (2) 耐熱性
- (3) 耐薬品性
- (4) 加工性

SDSパックは上記条件を兼ねそなえたポリプロピレン耐衝撃グレードである。

ポリプロピレンは他の樹脂に比べ、特に耐熱性、耐薬品性に優れているため、高温の冷却水、酸、アルカリ、溶剤

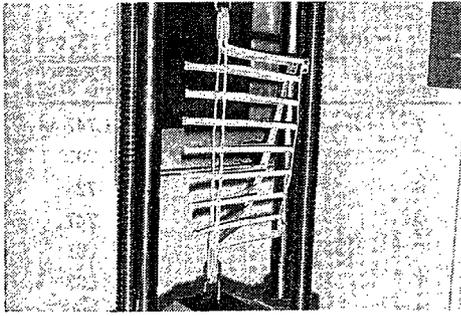
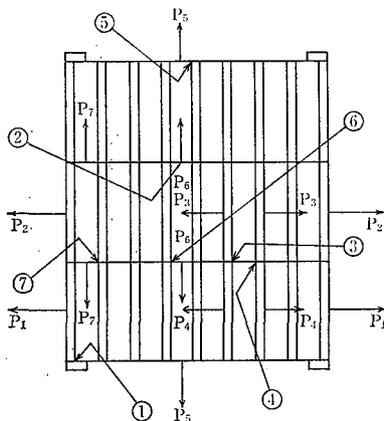


写真 1 SDSパックの引張試験 ($P_2=203$ kg)
Photo. 1 Tension test of SDS pack (at $P_2=203$ kg)

第 3 表 引張方向、破断点荷重及び破断点
Table 3 Tension direction, breaking point load and breaking point

| Tension direction | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 | P_5 | P_6 | P_7 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Breaking point load kg | 38.5 | 203 | 60 | 50 | 40 | 94 | 60 |
| Breaking point | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |



第 6 図
SDSパックの引張試験
Fig. 6
Tension test of SDS pack

などが含まれた水質に対しても適用が可能である。また、産業廃棄物の対象とならない利点もある。

1. 7 SDSパック物性値

第 2 表に SDS パックの物性値を示す。

2. 試験機による強度試験結果

2. 1 各部材間による引張試験

- (1) 試験日 1983年 8 月 15 日
- (2) 試験場所 当社材料試験室
- (3) 目的 各部材間の引張り試験から破断点荷重と破断部を調査する。
- (4) 試験機と荷重速度
a) 試験機 アムスラー型万能試験機
b) 荷重速度 約 10 mm/min
- (5) 試験片 第 6 図 SDS パック射出成形品：7 片
- (6) 測定 破断部の確認と破断点荷重の測定
- (7) 試験結果 第 3 表の破断部分の番号は試験片第 6 図の番号に対応し、各引張方向の破断点を示したものである。(写真 1 は、引張方向 P_2 の状態を示す)

2. 2 曲げ試験 (スプラッシュバー)

- (1) 試験日 1983年 6 月 22 日
- (2) 試験場所 当社材料試験室
- (3) 目的 スプラッシュバーの曲げに対する強度を求める。

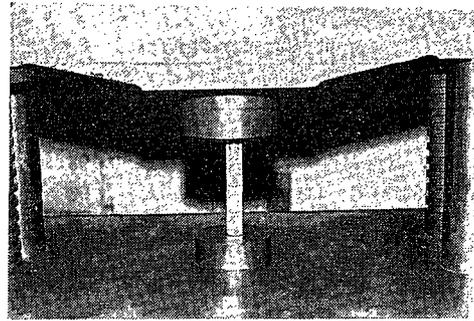
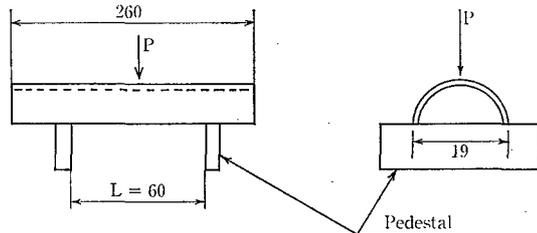


写真 2 スペーサーの圧縮試験
Photo. 2 Compression test of spacer

第 4 表 スプラッシュバーの曲げ荷重に対する試験結果
Table 4 Bending load test results of splash bar

| Test piece | δ : Deflection mm | P: Max. load kg | Max. bending stress kg/cm^2 |
|------------|--------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | — | 9.5 | 133 |
| 2 | 4.5 | 10.5 | 147 |
| 3 | 4.5 | 8.5 | 119 |
| 4 | 4.0 | 11.5 | 154 |
| 5 | 4.5 | 10.5 | 147 |
| Average | 4.38 | 10.0 | 140 |



第 7 図 スプラッシュバーの曲げ試験
Fig. 7 Bending test of splash bar

- (4) 試験機及び荷重速度
a) 試験機 アムスラー型万能試験機
b) 荷重速度 約 33 mm/min
- (5) 試験片 第 7 図 スプラッシュバー：5 片
- (6) 測定 最大荷重に達したときのたわみを測定
- (7) 試験結果 第 4 表に試験結果を示す。

2. 3 スペーサー

1) 圧縮試験 (写真 2 参照)

- (1) 試験日 1983年 8 月 5 日
- (2) 試験場所 当社材料試験室
- (3) 目的 スペーサーの座屈荷重を求める。
- (4) 試験機及び荷重速度
a) 試験機 アムスラー型万能試験機
b) 荷重速度 約 10 mm/min
- (5) 試験片 スペーサー：7 個
- (6) 計算
a) 圧縮ひずみ
降伏時の高さを元の高さ h_0 で除して % で求める。
 $Y = h/h_0 \times 100$
 Y : 圧力ひずみ
b) 圧縮降伏強さ
降伏点において加えられた荷重を元の断面積で除して求める。

第5表 スペーサーの圧縮試験結果

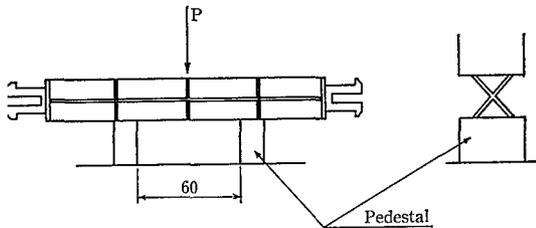
Table 5 Compression test results of spacer

| Test piece | Yield point load kg | Compressive yield strength kg | Compressive stress % |
|------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1 | 141 | 185.5 | 98 |
| 2 | 139 | 182.9 | 98 |
| 3 | 138 | 181.6 | 98 |
| 4 | 134 | 176.3 | 98 |
| 5 | 130 | 171.1 | 98 |
| 6 | 130 | 171.1 | 98 |
| 7 | 138 | 181.6 | 98 |
| Average | 135.7 | 178.6 | 98 |

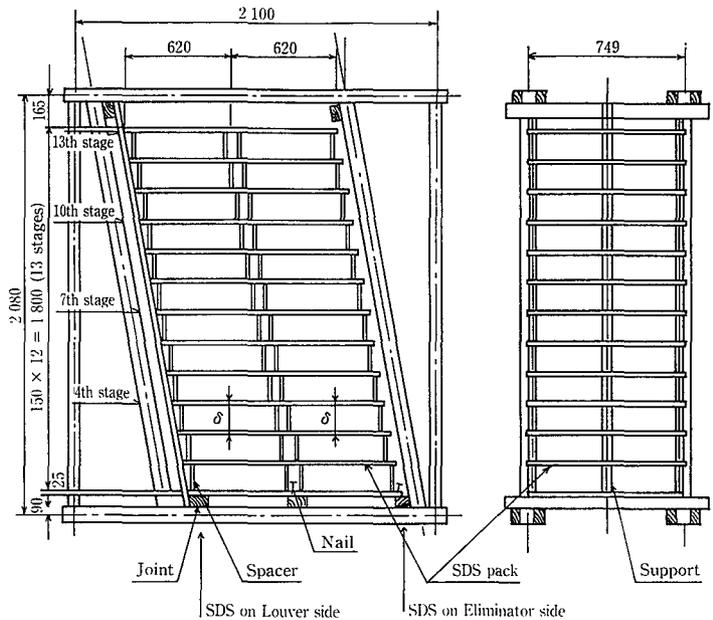
第6表 スペーサーの曲げ試験結果

Table 6 Bending test results of spacer

| No. | Deflection mm | Max. load kg | Compressive strain % |
|---------|---------------|--------------|----------------------|
| 1 | 7 | 33 | 747 |
| 2 | 7 | 31 | 701 |
| 3 | 6 | 32 | 724 |
| 4 | 7 | 33 | 747 |
| 5 | 7 | 31 | 701 |
| 6 | 7 | 26 | 588 |
| 7 | 8 | 28 | 633 |
| Average | 7 | 30.6 | 692 |



第8図 スペーサーの曲げ試験
Fig. 8 Bending test of spacer



第9図 実機を想定した組立モデルの試験装置
Fig. 9 Test equipment of assembly model assuming actual unit

c) 座屈荷重
7個の試験片の最小値で表す。

- (7) 試験結果 第5表に試験結果を示す。
- (8) 曲げ試験
- (1) 試験日 1983年8月5日
- (2) 試験場所 当社材料試験室
- (3) 目的 曲げ試験により曲げに対するスペーサーの強度を求める。
- (4) 試験機及び荷重速度 a) 試験機 アムスラー型万能試験機
b) 荷重速度 約10 mm/min

- (5) 試験装置 第8図に試験装置を示す。
- (6) 測定 最大荷重に達した時のたわみを測定
- (7) 試験結果 第6表に試験結果を示す。

4 組立モデルによる強度試験結果

- (1) 試験日 1983年10月13日
- (2) 試験場所 当社高砂実験所
- (3) 目的 実機を想定した組立モデルに等分布荷重を加え、各荷重でのたわみ及びその他の挙動を観察し、危険荷重を求める。
- (4) 試験方法 第9図に組立モデルの概略図を示す。(SDSパックは実機とおり13段積とする)
- a) 荷重には砂を用い、SDSパックの上にネトロンとビニールシートを敷き、その上に砂を均一になるように全段敷きつめる。
- b) 載荷重は 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, kg ……と増加させ上下2枚が

接するか、スペーサーが座屈するまで行う。

- (5) 測定 各荷重ごとに 4, 7, 10, 13, 段目ルーバー側、エリミネーター側のSDSパックの中央部でたわみ量を測定
- (6) 試験結果 a) 載荷重SDSパック1枚当たり7kgでエリミネーター側最下段スペーサーが座屈した。
b) 第7表にルーバー側測定結果を示す。
c) 第8表にエリミネーター側測定結果を示す。

3. 組立モデルによる通水時の重量測定

- (1) 試験日 1983年9月28日
- (2) 試験場所 当社高砂実験所
- (3) 目的 L/A=20, 30, 40, ton/m²・h で充填材にかかる水の重量を測る。
※ L/A : 充填材単位面積当りの通水量

第 7 表 ルーバー側たわみ測定結果

Table 7 Test results of Louver side deflection measurement

| Load kg | Deflection δ mm | | | | | δ Deflection mm |
|------------|------------------------|-----------|------------|------------|---------|------------------------------|
| | 4th stage | 7th stage | 10th stage | 13th stage | Average | |
| 0 | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 11.5 | 13.5 | 15.5 | 15.5 | 14.0 | 14.0 |
| 2 | 28.0 | 24.0 | 29.0 | 32.0 | 28.3 | 14.3 |
| 3 | 36.5 | 40.5 | 44.5 | 44.5 | 41.5 | 13.2 |
| 4 | 46.5 | 50.5 | 51.5 | 55.5 | 51.5 | 9.5 |
| 5 | 51.5 | 60.5 | 64.5 | 65.5 | 60.5 | 9.5 |
| ※ 7 | — | — | — | — | — | — |

第 8 表 エリミネーター側たわみ測定結果

Table 8 Test results of Eliminator side deflection measurement

| Load kg | Deflection δ mm | | | | | δ Deflection mm |
|------------|------------------------|-----------|------------|------------|---------|------------------------------|
| | 4th stage | 7th stage | 10th stage | 13th stage | Average | |
| 0 | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 15.5 | 17.5 | 16.0 | 13.5 | 15.6 | 15.6 |
| 2 | 27.5 | 30.0 | 28.0 | 30.0 | 28.9 | 13.3 |
| 3 | 41.5 | 47.0 | 47.0 | 40.5 | 44.0 | 15.1 |
| 4 | 52.5 | 57.0 | 52.0 | 49.0 | 52.6 | 8.6 |
| 5 | 67.5 | 67.0 | 67.0 | 59.0 | 65.1 | 12.5 |
| ※ 7 | — | — | — | — | — | — |



写真 3 塔内に取付けられた SDS パック

Photo. 3 SDS pack installed inside tower

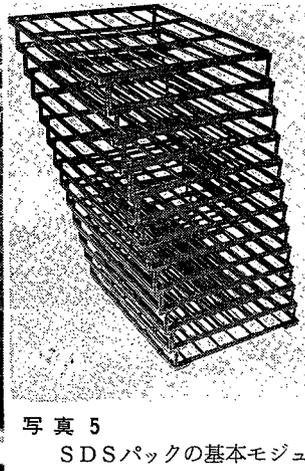


写真 5 SDS パックの基本モジュール

Photo. 5 Basic module of SDS pack

- (4) 測定器具 バネ計り (0~30 kg)
- (5) 試験装置 冷却塔内部に第10図に示す通り SDS パックをバネ計りで吊り下げ測定した。
- (6) 試験結果 第 9 表に組立モデルによる通水時の重量測定結果を示す。

4. 試験結果のまとめ

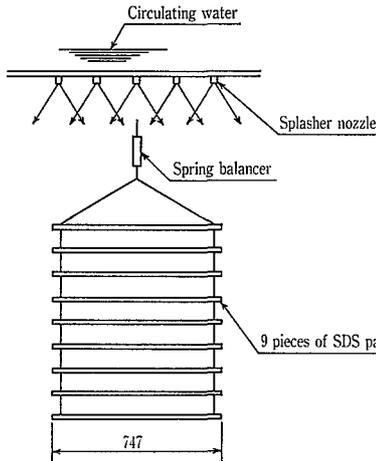
組立モデルによる試験結果から SDS パック 1 枚当りの許容荷重は 5 kg と考えられる。

一方、実機での通水時における水重量は SDS パック 1

第 9 表 組立モデルによる通水時の重量測定結果

Table 9 Test results of weight measurement when feeding water with assembly model

| Flow rate L/A ton/m ² ·h | SDS pack + Water weight | | | Weight of water | |
|---|-------------------------|---------|-------------------|-----------------|-------------------|
| | kg | kg/p'ce | kg/m ³ | kg/p'ce | kg/m ³ |
| 0 | 5 | 0.55 | 9 | 0 | 0 |
| 20 | 7.3 | 0.81 | 13 | 0.34 | 4 |
| 30 | 8.5 | 0.95 | 15 | 0.40 | 6 |
| 40 | 9.3 | 1.03 | 17 | 0.48 | 8 |



第10図 通水時の重量測定
Fig. 10 Weight measurement when feeding water

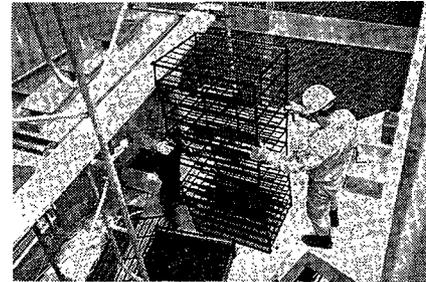


写真 4 SDS パックの組立
Photo. 4 SDS pack being assembled

枚当たり約 0.5 kg (L/A=40 ton/m²·h とした場合) であるから十分な強度を有していると考えられる。

5. 実機での組立要領

写真 3 は冷却塔内部に取り付けられた SDS パック群を示す。

写真 4 は SDS パックの塔内部での組立状況を示す。SDS パック本体とスペーサーは塔内、外部でワンタッチで組立られる。

基本モジュールは 13 段積で 1 パックとなる。(写真 5 参照) 組立られた SDS パックは冷却塔内部の充填層部分に配列される。

むすび

本稿では SDS パックの特長、各種の強度試験、実機での組立要領について説明したが、既に R-H 脱ガス、チップ成形、バルブ廃水などの汚濁水質循環水系の冷却塔充填材として実績を得ており、より一層の適応分野を拓げユーザ各位の御要望に応じて行きたいと考えている。

〔参考文献〕

- (1) 神鋼ファウドラ-技報 Vol. 28 No. 1 p. 9