

19. 二軸強制練りミキサーの内張ライナーの長寿命化

大成建設(株)：市原 正一
(株)栗本鐵工所：*八木 伸人, 上辻 栄次

1. はじめに

コンクリートダム建設の最新技術の一つであるRCD工法は、現在、コンクリートダムの代表的な施工法になっている。このRCD用コンクリート製造に使用されている二軸強制練りミキサーの内張ライナーには、高クローム鑄鉄品が用いられていたが、摩耗が激しく混練り量が30,000~40,000m³で寿命となり、頻繁な交換が必要であり、ミキサーの保守管理や稼働率および打設工程に支障をきたし、ミキサーの性能改善が要請されていた。そこでミキサーの摩耗機構の分析を行い、高性能耐摩耗材を研究した結果、タングステン(WC)粒子入り硬化溶接材(カタブツ)を肉盛りしたライナー(以下カタブツライナーと記す)を開発した。

本カタブツライナーの製法を3年前に開発し、RCD用コンクリート製造二軸強制練りミキサーの内張ライナーに適用するために、種々の耐摩耗試験を行った結果、在来の高クローム鑄鉄製ライナーに比べ、内張ライナーの寿命が大巾に改善されることが判明した。

本稿は、二軸強制練りミキサー用に開発した、カタブツライナーの諸性質、および実機における実証試験の成果について報告するものである。

2. 二軸強制練りミキサーの構造

RCD用コンクリート練りに使用される二軸強制練りミキサーの斜視図を、図-1に示す。

二本の回転軸にそれぞれ装着した複数の羽根が、相互に反対方向に回転して、内張ライナー内に投入されたセメント、混練水、骨材およびその他の添加物を、強力に攪拌するとともに、羽根とケーシングライナー内面との間で、投入物を強制的に練り上げるミキサーである。

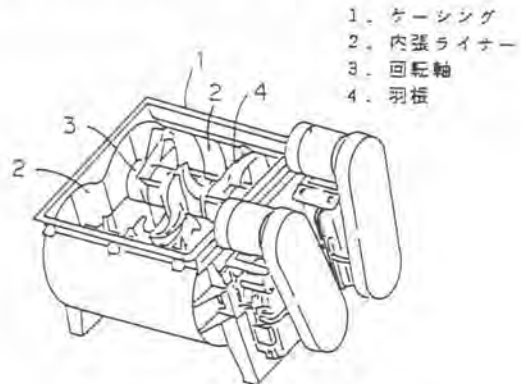


図-1 二軸強制練りミキサー

3. 内張ライナーの摩耗機構

二軸強制練りミキサーの内張ライナーの摩耗機構は、機械の構造から表-1および図-2に示すように、グラインディング摩耗とスクラッチング摩耗からなる。

表-1 アブレッシブ摩耗の分類

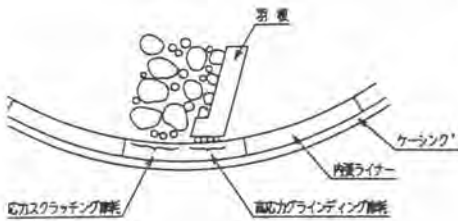


図-2 内張ライナーの摩耗機構

この場合の高応力グライディング摩耗（内張ライナーと羽根間の摩耗）および低応力スクラッチング摩耗（羽根が作用しない部位の内張ライナーの摩耗）は次式（J. F. ACHARD）で求められる。

(1) 高応力グライディング摩耗

$$W_g = K \frac{P_1}{3 H_m} V^n \gamma m \sigma_c S \dots (1)$$

(2) 低応力スクラッチング摩耗

$$W_s = K \frac{P_2}{3 H_m} V^n \gamma m \sigma_c S \dots (2)$$

但し

W_g = グライディング摩耗による摩耗量

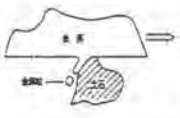


W_s = スクラッチング摩耗による摩耗量

K = 定数, V = 速度, γ = 粒形, m = 配合比, σ_c = 骨材の圧縮強度

S = 骨材の SiO_2 の含有量, n = 指数, $P_1 \cdot P_2$ = 圧力

H_m = ライナーの硬度 (HB)

ここで両者の摩耗差を検討すると、 K , H_m , V^n , m , σ_c , S は、同一ミキサー内であり一定となり、両者の摩耗差は圧力 P のみの比較で良い。いま、ミキサーのモーターの出力 $P_0 = 55 \text{ kW}$ 、骨材の最大粒径を 15 cm とすると、圧力 P は ($P_1 \cdot P_2$) は

分類	特長
ガウジング摩耗 gouging abrasion 	gouge というのは、丸のみでえぐり取るという意味で、このタイプの摩耗では、金属の表面から比較的大きな金属の粒子がむしりとりられ摩耗面には、溝状の痕跡がこる。アブレッシブ摩耗の中でも、もっとも苛酷な摩耗である。
グライディング摩耗 grinding abrasion 	研磨剤を金属の間にかみ込んで、破碎しすりつぶす場合の摩耗現象である。研磨剤の粒子と金属面の接点における集中圧縮力によって摩耗がおこる。金属面の塑性流れと圧縮応力による疲労がおこり、また金属のもろい組織成分（例えばカーバイド）は破碎される。
スクラッチング摩耗 scratching abrasion 	砂粒が金属の表面を流れる場合などにおこる摩耗現象であり、砂粒に加わる力は小さく、砂粒の破碎はこらない。摩耗は、比較的少なく摩耗痕も整微である。

$$P_1 = \frac{102 P_0}{V} \left(\frac{\cos \alpha}{u} + \sin \alpha \right) \dots (3)$$

$$P_2 = \frac{4 \pi r^3}{3} \rho \dots (4)$$

噛み込み角度 $\alpha = 16^\circ$, 骨材の摩擦係数 $u = 0.3$, 速度 $= 1.6 \text{ m/sec}$
 骨材の半径 $r = 7.5 \text{ cm}$, 比重 $\rho = 2.6 \text{ g/cm}^3$ とすれば

$$\frac{W_g}{W_s} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{12.202 \text{ kg}}{4.6 \text{ kg}}$$

この結果より、内張ライナーと羽根に骨材が噛み込んだ場合の摩耗は、グラインディング摩耗が支配的になり、摩耗量は著しく増加する。

4. タングステン粒子入り肉盛溶接材と在来耐摩耗材

(1) タングステン粒子入り肉盛溶接材

タングステン粒子入り肉盛溶接材（以下カタブツと記す）は、一般に広く使用されているMIG、または、MAG溶接法を利用し、その溶着金属中にタングステン・カーバイドの超硬粒子を、使用目的に合せ、特殊装置により投入し、溶着金属の耐摩耗性を大巾に改善した、特殊硬化肉盛溶接材である。

a) 化学組成

化学組成は、(W, Co, C) + (Fe, C, Si, Mn, P, S) の混合組成である。

b) 物理的性質

表-2にカタブツの代表的な物理的性質を示す。

表-2 カタブツの物理的性質

抗折力	シャルピ-の衝撃値	硬度(HV)
2148 N/mm ²	21.3 J/cm ²	1195

c) 顕微鏡組織

写真-1にカタブツの顕微鏡組織を示す。溶着金属中に、投入されたタングステン・カーバイドは、マトリックスによく融着している。また、一部溶出したタングステン・カーバイドの魚骨状の炭化物が析出している。溶着金属中のタングステン粒子の外周部は、肉盛り溶接直後、この部分が融点近傍まで達して、再凝固し変色している。

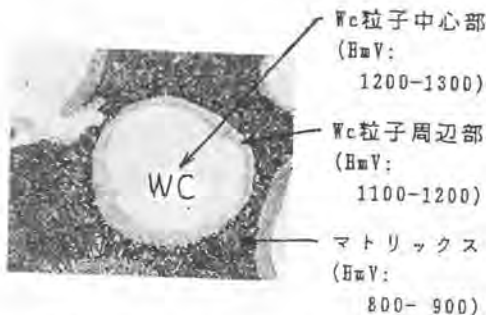


写真-1 溶着金属中のタングステン・カーバイド(WC)

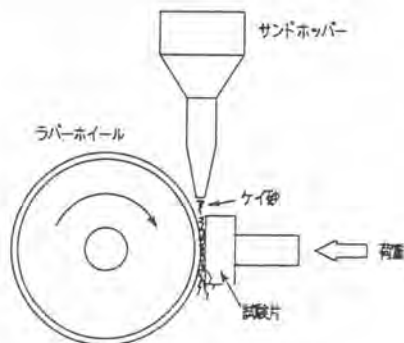


図-3 摩耗試験機の構造

各種の材料の耐摩耗性を確認するために、図-3に示すラバーホイール式摩耗試験機にて試験を行った。表-3および表-4に、試験条件とその結果を示す。

表-3 試験条件

荷重	8.8 kg
試験回転数	12,000回
回転速度	120 r.p.m.
円盤寸法	15 × φ250 mm
研削粉末	けい砂6号
落下量	300 g/min
試料寸法	20 × 20 × 50 mm

表-4 耐摩耗性の比較

	摩耗減量(mg)	耐摩耗倍数
SS400	1,764.5	1.0
高クロム鑄鉄	392.1	4.5
カタブツ	62.3	28.3

(2) カタブツと在来耐摩耗材の物理的性質の比較

カタブツと在来材の物理的性質の比較を表-5に示す。

表-5 物理的性質の比較

	抗折力 (N/mm ²)	シャルピーの衝撃値 (J/cm ²)	硬度 (HV)
カタブツ	2148	21.3	1195
高クロム鑄鉄	940以上	3.0 以上	490以上
超硬 (G5, E5)	1191以上	0.25以上	1100以上

以上の結果より、カタブツは、高応力グライディング摩耗下においても、在来高クロム鑄鉄材のように使用時に破損することがなく、二軸強制練りミキサーの内張ライナーに適した長寿命耐摩耗材であることが判明した。

5. 実証試験

二軸強制練りミキサーに、カタブツライナーを取付け、内張ライナーとしての適用性および耐摩耗性等を確認するために、小玉ダムにて予備試験を行い、カタブツライナーの本格的な耐摩耗性能を確認するために、四万川ダムにて本試験を行った。

(1) 予備試験

a) 試験方法

図-4に示すように、二軸強制練りミキサーの右側に在来の高クロム鑄鉄ライナー(36枚)を取付け、同条件下にて試験を行った。写真-2および写真-3に、カタブツライナーの取付状況とカタブツライナーの外観を示す。

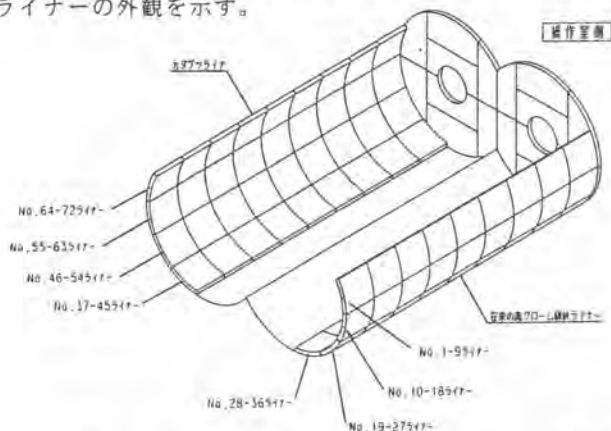


図-4 小玉ダムミキサーの内張ライナーの取付位置



写真-2 カタブツライナーの取付状況



写真-3 カタブツライナーの外観

b) 試験結果

表-6 カタブツ内張ライナーの小玉ダムにおける性能結果

在来高クローム铸铁ライナー			カタブツライナー		
ライナーの取付位置	摩耗量 (Ave: g)	混練り1m ³ 当りの摩耗量(g/m ³)	ライナーの取付位置	摩耗量 (Ave: g)	混練り1m ³ 当りの摩耗量(g/m ³)
A28~A36	8,015	0.067	A37~A45	1,930	0.016
A19~A27	9,076	0.064	A46~A54	1,855	0.013
A10~A18	8,145	0.056	A55~A63	1,765	0.012
A1~A9	10,781	0.051	A64~A72	2,146	0.010
平均 総打設量: 156,300 m ³	36,017	0.238 (1)	平均 総打設量: 156,300 m ³	7,696	0.051 (4.68)

注1) 上表の()内数値は耐摩耗倍数を示す。

2) 在来高クローム铸铁ライナーの平均総打設量は、カタブツライナーと比較するために同一打設量とした。

予備試験より、在来高クローム铸铁ライナーと比べて4.68倍(表-6)の耐摩耗性があり、内張ライナーとして非常に優れた耐摩耗材料であることが確認された。

(2) 本試験

表-7 カタブツ内張ライナーの四万川ダムにおける性能結果

ライナーの取付位置	摩耗量 (Ave: mm)	摩耗量 (Ave: g)	混練り1m ³ 当りの摩耗量(g/m ³)
A21~A30	3.11	2,070	0.008
A31~A40	4.70	3,626	0.014
A41~A50	5.03	3,736	0.014
A51~A60	4.52	3,105	0.012
A61~A70	4.97	3,427	0.013
A71~A80	5.11	3,780	0.014
A81~A90	4.18	3,155	0.012
A91~A100	3.57	1,891	0.008
総打設量: 258,000m ³	4.40	24,790	0.095

本試験では、タングステン粒子の充填率を変えることにより、小玉ダムの予備試験結果より更に良好な結果が得られた。

6. 在来内張ライナーとの比較

表-6と表-7の性能結果を整理し、表-8にその性能比較をまとめた。

表-8 カタブツ内張ライナーと在来高クローム鑄鉄品の耐摩耗性

使用 ライナー 項目	小 玉 ダ ム		四 万 川 ダ ム	
	カタブツ ライナー	在来の高クローム 鑄鉄ライナー	カタブツ ライナー	在来の高クローム 鑄鉄ライナー
打 設 量(m ³)	156,300	33,400	258,000	51,000
内張ライナーの 全摩耗減量(kg)	7,696	36,017	24,790	24,790
打設量m ³ 当りの 摩耗減量(g/m ³)	0.051	0.238	0.095	0.485
タングステン粒子 の充填率(%)	50	—	60	—
耐 摩 耗 倍 数	4.68	1	5.1	1

本試験の結果、四万川ダムの資料の通り在来の高クローム鑄鉄に比べ、5.1倍の耐摩耗性が認められた。

7. おわりに

RCD用コンクリート製造二軸強制練りミキサー用に開発した、複合カタブツ内張ライナーを適用することにより、在来の高クローム鑄鉄品ライナーの5倍以上の長寿命化に成功し、大きな成果を収めることが出来た。今後、羽根および側板などにカタブツを適用すれば、強制練りミキサーの耐摩耗性の改善により大巾な総合的性能向上を図ることが出来ると共に、メンテナンスフリー、長期安定操業による生産性の改善および作業環境の改善に大きく寄与出来るものと確信している。

最後に、実証試験時、ご多忙中にもかかわらず、多大な御尽力を戴いた、小玉ダム建設工事作業所および四万川ダム堤体工事作業所の関係各位に深甚の謝意を表する。

参考文献

- 1) H. S. AVERY : Wear4(1961) P427~449
- 2) 橋本建次 : 粉粒体によるアプレシブ摩耗 P136~180。
- 3) Material for the Mining Industry, Symposium, Vail Colorado July30~31, 1974. P15~41