アルミナ結晶粒子をエポキシ樹脂で積層コーティング

新たなジョイント部すべり止め工法「摩擦素子コート」工法を開発

ノンスリップ工法研究会 ――川金コアテック、中井商工、ニッタ、旭化工――

高い摩擦性能、長期耐久性を実現

鋭利な突起持つ粒子

川金コアテック、旭化工、中井商工、ニッタからなるノンスリップ工法研究会は、鋼製伸縮装置上面の路面部分のすべり止め及び防錆効果向上を目的として、アルミナ結晶粒子と樹脂を積層コーティングしたものを活用する新たなすべり止め機構『摩擦素子コート工法』を開発、営業を開始した。新工法は従来のすべり止め工法に比べて、①長期の摩擦抵抗力の保持が期待できる、②高い摩擦性能が発揮できる、③施工基盤面との高い接着力および、接着耐久性の発揮が期待できる、ことが特徴だ。4社に取材したものを纏めた。

開発の経緯

現在、広い範囲で使われているジョイント部のすべり止めの多くは、複層による溶射処理によってポーラスな表面を作り出すすべり止めの工法であるが、大規模な機材（プラスト装置や溶射装置等）を必要とし、作業時に粉塵や騒音が発生するため、相応の養生設備を必要とする。また、施工時に高温を発するため、鋼製伸縮装置内の非排水構造物など、周辺材料に影響を与える可能性があった。

新工法はそうした問題に対処するため、すべり抵抗性（耐摩耗性）に優れ、高い防錆性能を有し、比較的低い温度で硬化養生可能なエポキシ樹脂とアルミナ（酸化アルミニウム）結晶粒子を用いたコーティングを採用した。

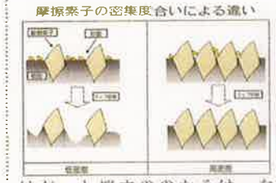
問題はこの摩擦素子を鋼製伸縮装置表面と一体化させる手法だが、研究会では高弾性（下層）と低弾性（上層）からなるエポキシ樹脂を鋼製伸縮装置表面に塗布し、それぞれに摩擦素子の粒子を散布、ゴムローラーで転圧し、最後にトップコートすることで、解決した。樹脂は2点ある。

①樹脂本体がラップ研磨に耐えられないこと、②鋼板との強力な接着力を確保しなければならない点だ。

①を避けるためには、樹脂と研削を伴う砂を接触させなければ良い。そのため、摩擦素子粒子を常比重の90%以上の高密度状態にし、砂と接触する面を全て摩擦素子粒子にすることで、樹脂の磨耗を防いでいる。しかし、樹脂自体が柔らかくては、摩擦素子粒子が朝顔から抜けやすく、また樹脂が硬すぎると鋼板との界面で（こわみや温度収縮により）剥離する懸念がある。

そのため、路面部は高弾性樹脂、鋼板との接着部は低弾性の樹脂を用いることで、衝撃を吸収しつつ、接着力も確保する。

2層構造を採用、②の問題も同時に解決した。プライマーも鋼板と結合性の高いA層、エポキシ樹脂およびA層と結合性が高く馴染むB層の2層構造にしている（構成表参照）。



弾性異なるエポ樹脂採用

表面は粒子を高密度に

路面のすべり抵抗値を確保するための摩擦は2種類ある。1つはゴムタイヤが突起物の中で変形し、元に戻ろうとするエネルギー（変形損失摩擦）である。

路面のすべり止めの摩擦は、「凝着摩擦」である。加えて、雨天時の凝着摩擦は水膜を突き破ることが出来る形状でなくてはならない。

つまり、必要なのは基本的に凹凸のある表面であり、なお、かつ水膜を破ることのできる鋭利な凸面の突起を長期間確保することが、高い摩擦抵抗を生むポイントとなる。

次に耐摩耗性だが、路面上での磨耗は、ある物質と物質の接触面に硬いA層の粒子が押し付けられ、片方の物質がもう片方の物質と並行に動いたとき、多次元形の粒子が転がり、物質が研削されるいわゆる「ラップ研磨」によって生じる。

磨耗を抑制するためには、研削を引き起こす道路上の粒子（モース硬度7程度の石英からなる砂）よりも硬い粒子である必要がある。

この摩擦力確保と耐摩耗性の確保という2条件を満たすものとして、酸化アルミニウムからなる砥粒を、摩擦素子として用いることを決めた。

加熱機による養生

同材料は結晶性の粒子であり、①モース硬度9と並ぶ程に硬く磨耗しにくい、②鋭利な突起面を持ち、割れても鋭利な突起面を有している。

摩擦素子コート工法は、施工・養生が簡単なことや、プライマー、樹脂の利点を生かして、コンクリート面などへの摩擦素子層の形成を展開し、付加価値を高めていく狙いもある。

試験施工は、本四高速の下津井瀬戸大橋伸縮装置や九州地整の下関港橋梁で実施した。短時間施工を実現するため専用加熱機の改良も行っている。但し、長期的には施工性の抜本的改善を図る。

摩擦素子層をシートで工場で生産し、現場では接着剤で接着するだけという手法も研究しており、現在開発を進めている。タイルのように現物に合わせて貼ることで、施工時間を短縮する。

1個所4～5hで施工

80度程度で充分養生

防錆能力・材料

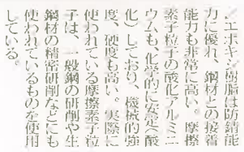
エポキシ樹脂は防錆能力に優れ、鋼材との接着能力も非常に高い。摩擦素子粒子の酸化アルミニウムも化学的に安定、酸化（錆）しにくい。実際に使われている摩擦素子粒子は、一般鋼の研削や生粒子は多めに撒き、余っ鋼材の精密研削などにも使われているものを使用している。

施工手順

施工手順は2種ケレン、プライマーを塗布し、1次コーティング（エポキシ樹脂手塗りおよび、摩擦素子粒子散布およびハンドローラーで転圧）後、養生（同）を行う。摩擦素子粒子は多めに撒き、余った粒子は掃除機で除去する。その後、抜け落ちを防止するトップコートを行い、完成となる。施工時は専用の赤外線加熱機を使って80度程度に温度養生し、反応を促進することで、1個所4～5時間程度の短時間施工を可能にしている。

従来工法のようにプラスト処理の必要もなく、施工に高温を伴わないため、環境にも優しく、鋼製伸縮装置の周辺部材例えば排水シール材や亜鉛末水材にも悪影響を与えることがない。

施工時間を短くするため、速硬化性樹脂の採用も考慮したが、施工性を考えると、樹脂の可使時間は長いほうが、メリットがある。ただし、硬化までに時間がかかりすぎてもいけない。赤外線加熱機を使ってのスピード養生で、硬化時間を短縮する。



本四でも試験施工

岡谷JCTでは初めての本施工

各社の方針

旭化工「当社はメーカーとして、社会に役立つ企業を目指し、社会の要求課題に対し当社が持つ技術コアーを駆使して、製品、資材の研究開発、製造及び工法開発、設計を行っております。道路に於けるスリップ事故防止対策としての、摩擦素子コート工法に於けるその資材及び工法開発の開発を進め、社会に貢献できれば幸いと考えています。」

中井商工「当社はメーカーであり、施工業者及び、鋼製伸縮装置を半世紀近く製造、市場に供給している会社メンバーと共により社会が満足する物へと、完成度を高め、社会貢献が出来れば幸いです。」

ニッタ「当社はゴム製品、ダンパーなどの部材の開発をし、営業するこ

ゴム支承への適用も可能

川金コアテック「今までは支承、伸縮装置の長野自動車道の岡谷JCTで近々、追跡調査を行う予定です」

適用上の課題と今後の展開

適用上の課題は、寒冷地や冬季など低温時施工

岡谷JCTBランプ橋、富山県小矢部大橋などがあり、岡谷JCTは既設伸縮装置へのすべり止め施工工事、小矢部大橋は新設橋で、この2橋は既設、新設の初の本採用例だ。施工例の追跡調査も行いつつ、各社は新設、既設問わず、積極的に採用を働きかけていく方針だ。

岡谷JCTでは、養生時の温度管理だった。短時間施工を実現するため専用加熱機の改良も行っている。但し、長期的には施工性の抜本的改善を図るべく、摩擦素子層を工場で生産し、現場では接着剤で接着するだけという手法も研究しており、現在開発を進めている。タイルのように現物に合わせて貼ることで、施工時間を短縮する。

また、施工・養生が簡素なことや、プライマー、樹脂の利点を生かして、コンクリート面などへの摩擦素子層の形成を展開し、付加価値を高めていく狙いもある。

試験施工は、本四高速の下津井瀬戸大橋伸縮装置や九州地整の下関港橋梁で実施した。

梁伸縮装置など、本施工の実績は、長野自動車道

と、を続けてきましたが、今回、営業・製造・技術が一体となり、かつ他社との協力関係のなかで異分野の仕事に取り組めたことは大きなメリットになりました。20数年来のお客様からのすべり止めの要請にこたえる工法が開発できたことが非常に嬉しく思います。開発開始から足掛け4年を要し、満を持しての販売となります。

摩擦素子コート工法は事故が起きやすいカーブやランプ部などでも、比較的小さな設備で施工できるという点で大きなメリットがあります。チェーンを巻いたタイヤに関しても十分に耐久性があることも、工場レベルでの実験で確かめており、実際に施工後一冬を越えた長野自動車道の岡谷JCTで近々、追跡調査を行う予定です」

新設橋でも本採用

富山県 小矢部大橋

富山県高岡土木センター小矢部土木事務所が建設している小矢部大橋（鋼3径間連続非合成鈑桁、133㍍、元請け＝中越鉄工）A1、A2の鋼製フィンガージョイント部分にも摩擦素子コート工法が使われている。

小矢部大橋での施工

伸縮装置の規模は長さ25・8㍍、路面幅は11・105㍍、車道と歩道の全面が対象で、施工面積は両部分ども約24平方㍍となっている。

新設のため、基本的には管理しやすい工場内で施工し、継手部のみ現場で施工を行った。

富山県では、ジョイントの滑り止めに従来技術を用いていたが、1、2年前に施工した箇所で早くも錆が発生していたこと、から、摩擦素子コート工法を採用した。

滑り止めの材料・施工を行った川金コアテックは「初の新設鋼製フィンガージョイントへの本施工で、面積も大きく限られた加熱機台数の中で日程などの不安材料もありましたが、大きなミスもなく納めることができました。今後は加熱台数を2倍に増やす計画であり、受注実績を伸ばしていきたいと話している。

摩擦素子コート工法の表面

摩擦素子の散布

接着材の塗布

下地処理状況

NON－SLIP SYSTEM

摩擦素子コート工法

鋼製伸縮装置フェースプレートすべり止め加工

摩擦素子コート工法

「摩擦素子コート工法」は、鋼板を高硬度のアルミナ結晶粒子（モース硬度9以上・摩擦粒子）を高密度に転圧（嵩比重90%以上）し粒子保持特殊樹脂で連結組構し、防錆と摩擦力を付加することで防錆型すべり止めを行う工法であります。従来の合金溶射と比べ以下のような特徴を有しています。

長期の防錆・摩擦力の性能を発揮

高硬度の摩擦素子粒子は路面土砂による衝撃摩擦にも強く。また高密度配列により接着保持している防錆型の特殊樹脂をガードし摩滅の抑制として働きます。更に経年の摩擦で摩擦粒子が万一減滅しても次に新たな粒子が出てくる機構を有し、表層は常に一定の摩擦力が長期間にわたり保たれる画期的な特徴を持ちます。

施工基盤面との接着耐久性を発揮

施工基盤の温度変化による伸縮にも追従できる特殊樹脂を接着界面に使用できる応力緩和・亜緩和層を形成し、接着界面で起こる歪や剥離応力の緩和を実現しました。これにより従来の塗布型と比較しても接着耐久性の向上が期待できます。これにより段差対策やカーブ箇所または傾斜部への施工も対応でき安全走行の確保も格段に期待できます。

施工性の向上

金属溶射の様な高温による弊害や高温溶融物の飛散物発生もなく、施工養生が比較的簡素に行え、現場施工や部分補修等にも最適です。また現場での補修工事に対しても金属溶射のように高温を発生させることもなく伸縮装置直下の非排水構造の保護（損傷させることがない）養生が簡素にできトータル的な品質向上と低コストを実現できます。

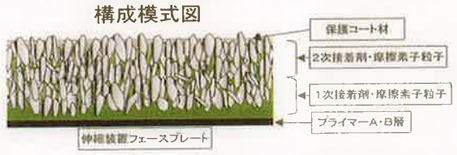
摩擦素子コート工法

基本構成

摩擦素子コート層

基本構成は、高硬度で強靭なアルミナ結晶粒子（モース硬度9以上・摩擦粒子）を高密度に転圧（嵩比重90%以上）した粒子保持特殊樹脂で組構した層を基本単位層とし、その複数の積層施工で形成されます。これにより非常に耐摩耗性が高く、更に表層摩擦素子粒子の摩滅においても下層摩擦素子粒子が再起し長期の摩擦力と防錆力の保持を実現します。

構成模式図



すべり止め機構とは

橋梁の鋼製伸縮装置のフェースプレートでは、雨天走行時、そこを通過した車両がスリップを起こす危険性があります。

従来は合金溶射等を施しすべり止め効果をあげていますが、近年の車両の重量化や交通量の増大によりタイヤによる表面磨耗が激しくなり表面摩擦力の低下や防錆効果の低下が問題になってきております。

そこで表面摩擦力を長期間保持出来、同時に防錆効果を維持できる新しいすべり止め機構「摩擦素子コート工法」を開発し、さらにさまざまな状況での現場補修を簡易にできる工法を提案いたします。

問い合わせ先

ノンスリップ工法研究会

幹事会社 旭化工株式会社 東大阪市高井田西2丁目2番6号 TEL：06-6782-8683 FAX：06-6782-8685

株式会社川金コアテック 大阪市北区芝田2丁目6番23号 オーエックス梅田ビル9F TEL：06-6374-3350 FAX：06-6375-2985

中井商工株式会社 大阪市東成区玉津2丁目1番5号 TEL：06-6976-4481 FAX：06-6981-0165

ニッタ株式会社 大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 TEL：06-6563-1211 FAX：06-6563-1212