

環境負荷低減を目的としたシングルストランド用定着具の開発

極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員	○岡田 稔
極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員	渡辺孝司
極東鋼弦コンクリート振興（株）	正会員	板谷英克
極東鋼弦コンクリート振興（株）		古瀬満枝

1. はじめに

近年、地球温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、森林伐採など環境問題が世界的に問題となっている。中でも地球温暖化による海面の上昇や気候変動は、近い将来人類のみならず自然生態系に深刻な影響を与えると予測されている。地球温暖化の要因の1つとしてCO₂などの温室効果ガスの排出量の増加が挙げられており、それを削減していくことが各国に課せられた使命となっている。

国内でも京都議定書に基づき削減目標を-6%と掲げ、各産業においてCO₂排出量の削減を計っている。

そのような中、建設業界では、CO₂排出量削減を旧建設3団体（現在は日本建設業連合会に合併）において、「環境自主行動計画（第4版）」を策定し、施工段階のCO₂排出抑制や建設副産物対策などに取り組んでいる。また、グリーン購入法に基づく環境物品の調達（グリーン調達）の促進も図られており、公共工事においては、官公庁も率先してこれを推進しているところである。建設業が占めるCO₂排出量は、建設工事のみであればわずか数パーセントであると試算されているが、さまざまな材料を大量に扱う建設工事において、これらの材料の生産から製品の製造や輸送までの排出量を含めると、CO₂排出量は数十パーセントになると試算されている。そのため、建設工事に使用される材料や製品の製造から輸送に関するCO₂排出量を削減することが建設工事のCO₂排出量を削減することにつながることは明確である。本報告では、PC建設に伴う環境負荷のさらなる低減を目指して開発を行ったシングルストランド用定着具のCO₂削減を図った取り組みについて紹介する。

2. 開発したシングルストランド定着具の概要

環境負荷低減を目的として開発したシングルストランド定着具（以下、低減品定着具）の概要を図-1に示す。本定着具は、環境負荷の低減の観点から、定着具保護キャップ（写真-1）と芯出しスペーサー（写真-2）の材料に再生材を30%混入した高密度ポリエチレンを使用し、支圧板（写真-3）は円錐台形状の鋳鉄品とし従来品より50%の質量を低減している。なお、構成部品のうちウェッジとスリーブに関しては従来と同じものを使用することにより、緊張作業については従来と同じ機器を使用して行うことができる。

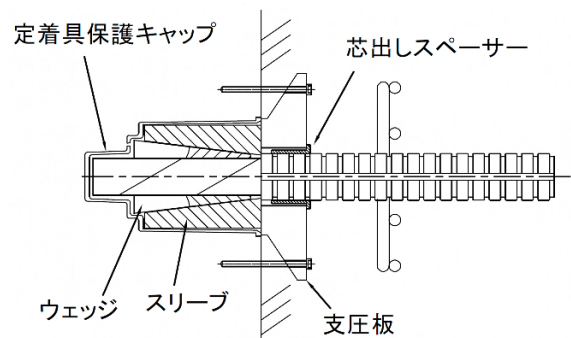


図-1 定着具の概要



写真-1 定着具保護キャップ

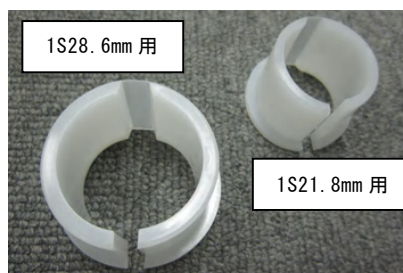


写真-2 芯出しスペーサー

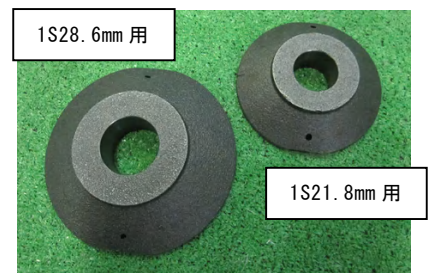


写真-3 支圧板

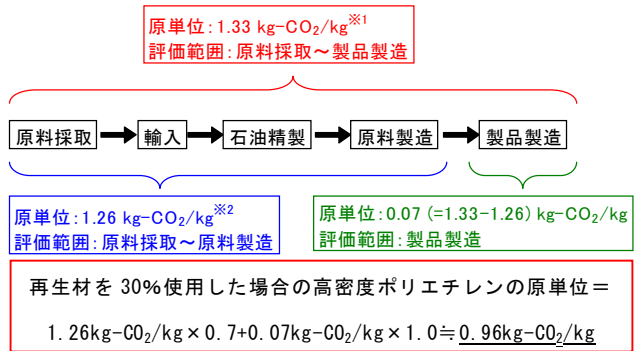
3. カーボンフットプリント（GFP）制度を用いたCO₂排出量の算定

3. 1 カーボンフットプリント制度

カーボンフットプリント（Carbon Footprint）とは、指針¹⁾によれば「商品・サービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温室効果ガスの排出量をCO₂に換算して、当該商品およびサービスに簡易な方法で分かりやすく表示する仕組み」と定義されている。同制度は、製品のCO₂排出量の可視化を目的に制度化されたものであり、原単位による積み上げ式でこの算出を行うことができるものである。

3. 2 CO₂排出量の算定方法

CO₂排出量の算定は、低減品定着具と比較のために従来品定着具に対して実施した。なお、従来品にも定着具保護キャップやスペーサーは使用されているが、製造メーカーごとに形状が異なり、一般的な質量を明示できないため、これを含めないこととした。基本的な材料を用いての原料採取から製品製造に至るCO₂排出量は原単位がデータベース化されているためそれを用いたが、定着具保護キャップと芯出し用スペーサーの材料は再生材が30%混入した高密度ポリエチレンであるため、以下の方法により算出した。データベース化されている高密度ポリエチレンの原単位（1.33kg-CO₂/kg）は、バージン材（新品の材料）の値であり、その評価範囲は図-2に示すとおり、原料採取→輸入→石油精製→原料製造→製品製造である。そのため再生材を用いたものでは、評価範囲のうち原料採取～原料製造の過程を省略できると考えられる。この過程において排出されるCO₂の原単位については、文献²⁾によれば1.26kg-CO₂/kgとされていることから、高密度ポリエチレンの再生材を使用する場合の原単位は、バージン材の原単位よりこの値を差し引けばよく、それを30%使用する場合の原単位は、図-2のとおり求めると考えられる。



※1: CO₂換算量共通原単位データベース

※2: プラスチック廃棄物の処理・処分に関する LCA 調査研究報告書

図-2 再生材を30%混入した
高密度ポリエチレンの原単位の考え方

3. 3 CO₂排出量の算定結果

従来品とCO₂低減品の1組あたりのCO₂排出量の算出結果を表-1に示す。CO₂低減品の排出量は従来品に比べ半分程度となった。半分とはいえ、定着具1組で考えるとわずかに6.77kg-CO₂の差であるが、橋長300mの橋梁の床版横締めシングルストランド用定着具（1S28.6）が500mm間隔で配置されるようなケースでは、合計使用数は1200組となり、CO₂の削減量は8000kg-CO₂に及ぶ。これをガソリン10を生産する場合のCO₂排出量が

2.3kg-CO₂であることを用いて、燃費15km/lの自動車の走行距離に換算すると、実に50000kmを超える量となる。また、今回はこれらの製造段階のみを評価範囲としたが、質量低減の効果によりトラックなどによる輸送時のCO₂排出量も削減効果が期待できるものと思われる。

表-1 CO₂排出量の算出結果

	低減品定着具				従来品定着具	
	定着具保護キャップ	芯出しスペーサー	支圧板	ウェッジスリーブ	支圧板	ウェッジスリーブ
部品名	定着具保護キャップ	芯出しスペーサー	支圧板	ウェッジスリーブ	支圧板	ウェッジスリーブ
原単位の区分	再生材30%混入の高密度ポリエチレン		鑄造用鋳鉄	特殊鋼	厚板	特殊鋼
原単位(kg-CO ₂ /kg)	0.96 (別途算出)		1.18	1.08	1.61	1.08
製品質量(kg)	0.069	0.013	2.93	3.2	6.4	3.2
CO ₂ 排出量(kg-CO ₂)	0.07	0.01	3.46	3.46	10.3	3.46
合計(kg-CO ₂)	6.99				13.76	

4. 開発した定着具の性能

4. 1 再生材を混入した高密度ポリエチレンの物性

定着具保護キャップと芯出しスペーサーの材料である再生材を30%混入した高密度ポリエチレンの材料の性能を確認した。施工時にはこれらの部品は屋外曝露され、その後コンクリートに埋め込まれることから耐候性能と耐アルカリ性能に関して確認する必要がある。そのためキセノンウエザオメーターによる耐候性試験とアルカリ溶液への浸漬による耐アルカリ性能試験を実施した。どちらの試験に関してもバージン材のみと再生材を30%混入したものに対して実施した。図-3と図-4に各試験の試験時間毎の残存強度率を示す。どちらの試験においてもバージン材と再生材を30%混入した高密度ポリエチレンの試験結果に差異は無く、再生材を混入したことによる影響が極めて少ないことを確認した。

4. 2 定着具保護キャップの施工性確認

定着具保護キャップ内には定着具の保護と定着具保護キャップの固定のために二液性のエポキシ樹脂を入れる。その作業の確認試験の状況を写真-4に、完全に充填された状況を写真-5に示す。写真-4のように定着具保護キャップは白色のため、内部の充填状況が確認でき、充填状況が良好であることを確認した。また、未充填箇所が多い場合には再度取り外してやり直すことができることを確認した。



写真-4 取付け作業状況



写真-5 取付け完了

4. 3 支圧板の性能確認

本定着具は床版横締めによく使用されているシングルストランド定着具であることから、場所打ちの箱桁橋での場合の一般的に採用されている床版の厚さに対応できなくてはならない。そのため、PC 鋼より線 1S28.6mm 用に関しては床版の厚さ 250mm、PC 鋼より線 1S21.8mm 用に関しては 200mm に対応できる支圧板形状を検討して、土木学会コンクリート標準示方書に定められているコンクリートと組合わせた性能試験を実施した。また、耐久性向上の観点からかぶりを大きくしている PC 構造物に対応すべく、かぶり 45mm の場合の配置に考慮した試験体も作製して同様に試験を実施した。その際の想定した床版の厚さは、PC 鋼より線 1S28.6mm 用に関しては床版の厚さ 270mm、PC 鋼より線 1S21.8mm 用に関しては 250mm とした。試験時の試験体の形状を表-2に、载荷試験状況を写真-6に示す。試験体の断面は短辺を想定した床版の厚さとし、長辺をその 1.5 倍とした。全ての試験体が PC 鋼より線の規格引張荷重まで载荷し、安全に荷重を保持できることを確認した。



写真-6 試験状況

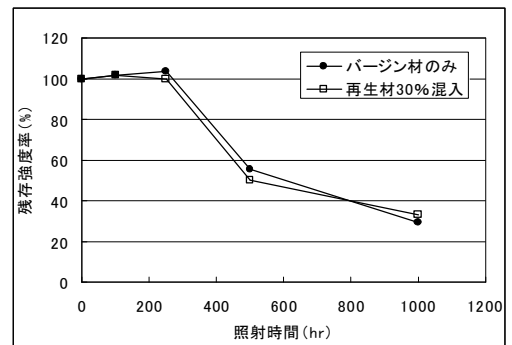


図-3 耐候性試験後の残存強度率

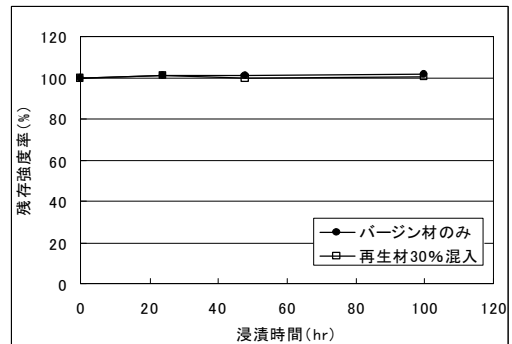


図-4 耐アルカリ性試験後の残存強度率

表-2 コンクリート試験体諸元

定着具	想定した床版厚さ (mm)	コンクリート試験体 形状(mm)	かぶり (mm)	試験時のコンクリート 圧縮強度(N/mm ²)	PC 鋼より線	
					種類	規格引張荷重 (kN)
1T29eco	250	250×375×750	35	27	1S28.6mm	949
	270	270×395×750	45	27		
1T22eco	200	200×300×600	35	27	1S21.8mm	573
	250	250×375×750	45	27		

4. 4 定着具の防錆対策

本定着具は、写真-7 に示すように緊張後に定着具保護キャップを取り付けることにより、定着具の全てを覆い、定着具の金物部分が露出しない構造となっている。そのため、通常品の定着具と違い、現場における緊張後の長期に渡る露出に対して定着具を錆などの腐食から保護する効果がある。また、通常品定着具の施工時に実施していた緊張後の塗装処理などが要らず、手間を省くことができ、このことに関しても省力化・省資源化、すなわち環境負荷低減に貢献できると考えている。



写真-7 定着具保護キャップ取付け状況

5. 実橋による施工性確認

開発したシングルストランド定着具を採用した「紀勢線始神高架橋 PC 上部工工事」を紹介する。本現場では PC 鋼より線 1S21.8 mm 用 1T22eco を 362 組と 1S28.6 mm 用の 1T29eco を 208 組の 2 種類を採用している。写真-8、写真-9 に現場での施工状況を示す。現場で定着具の取り付けから緊張作業、定着具保護キャップの取り付けを確認したが従来品と変わりなく使用できることを確認した。



写真-8 現場状況

表-3 現場概要

工事名	紀勢線始神高架橋PC上部工事
工事場所	三重県北牟婁郡紀北町海山区馬瀬
発注者	国土交通省中部地方整備局紀勢国道事務所
施工会社	川田建設株式会社



写真-9 現場状況

6. まとめ

本稿では新たに開発した環境負荷低減をテーマとして新たに開発したシングルストランド用定着具を紹介した。本定着具のような小さな取り組みが、PC 構造物の建設工事における CO₂ 削減への一助となれば幸いである。なお、本稿で紹介した定着具は、その優位性を包括する形で特許を取得し、国土交通省新技術情報システム NETIS へ登録している。

謝辞

本定着具の開発に際し、ご助言、ご協力を賜りました関係各位には、深く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) CO₂ 排出量の算定・表示・評価に関するルール検討会，カーボンフットプリント制度の在り方（指針），2009年3月
- 2) プラスチック処理促進協会，プラスチック廃棄物の処理・処分に関するLCA調査研究報告書，2001年3月