

コンクリートのひび割れ抑制材料（ハイグリップ・メタルバンド）の開発

DEVELOPMENT OF CRACK RESTRAINING MATERIAL (HIGH GRIP・METAL BAND) FOR CONCRETE

関根 一郎^{*1}, 浅野 均^{*2}, 田中 徹^{*3}, 山田 勉^{*4}
 Ichiro SEKINE, Hitoshi ASANO, Toru TANAKA and Tsutomu YAMADA

The restraining crack of concrete is the important issue for improvement in durability. Therefore we developed crack restraining material (High Grip・Metal Band) made by perforated belt-like steel sheet as effective crack restraining material. For the study of the performance of this material, we carried out the resistance test for drying shrinkage crack etc. and confirmed the performance of this material.

After that we tried to use this material on two fields. One of them is the bridge railing of box culvert. And the other field is secondary lining of tunnel. We confirmed good performance for setting this material and the crack restraining effect of High Grip・Metal Band.

Keywords : Crack Reduction, Reinforcing Material, Toughness, Tunnel, Structural Work, Secondary Lining
 ひび割れ抑制, 補強材料, じん性, トンネル, 構造物, 覆工コンクリート

1. はじめに

土木構造物の維持, 管理が課題になっている昨今, コンクリート構造物の長寿命化のため, 耐久性向上技術が求められている. トンネル覆工を始めとしてコンクリートのひび割れ抑制は耐久性を向上させるために重要な課題になっており, 多くの調査, 研究開発が実施されている¹⁾. 今回, 効果的なひび割れ抑制材として穴あき帯状鋼板によるひび割れ抑制材料(ハイグリップ・メタルバンド)を開発した²⁾. 本材料の効果を確かめるために, 曲げ性能試験, 乾燥収縮ひび割れ抵抗性試験, 曲げひび割れ幅抑制効果確認試験を行い, 性能を確認した. また, ボックスカルバートの高欄部分, トンネルの二次覆工コンクリートに適用し, その適用性を確認したので, その結果を報告する.

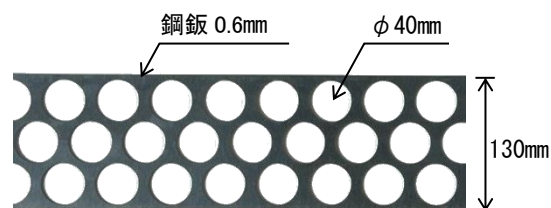


写真 - 1 ハイグリップ・メタルバンド

2. ハイグリップ・メタルバンドの特長

本材料は防食被覆を施した鋼板(幅 130mm, t=0.6mm)に写真 - 1 のようにφ 40mm の穴を 3 列千鳥配置に加工したもので, これをコンクリート中に埋め込むことによって穴の拘束力によりコンクリートとの一体性を確保し, じん性の向上, ひび割れの分散, ひび割れ幅の抑制を実現するものである. ハイグリップ・メタルバンドは次の特長を有する.

- ① ひび割れ抑制材としては, 弾性係数と応力分担する断面積が大きいため, ひび割れ発生前の応力分担効率向上により, ひび割れ発生そのものの抑制改善が期待できる.

- ② 3 列千鳥配置に設けたφ 40mm の穴の拘束力によってコンクリートとの一体性を確保できる.
- ③ ハイグリップ・メタルバンドは, 軽量 (260g/m) であり, 適度な剛性をもつため打設時の変形影響が小さく, 固定作業手間の軽減が期待でき, 施工性の改善にも寄与する.

3. ハイグリップ・メタルバンドの効果

ハイグリップ・メタルバンドの性能を確かめるために, 曲げ性能試験, 乾燥収縮ひび割れ抑制試験, 曲げひび割れ幅抑制試験を実施した. ベースコンクリートの配合は表 - 1 の通りとした.

表 - 1 ベースコンクリートの配合

粗骨材 の最大 寸法 (mm)	スラ ンプ (cm)	水セメ ント比 W/C (%)	空気量 (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
					水 W	セメ ント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和材 F
25	16.5	50	4.0	50	170	340	875	896	1.7

*1 戸田建設(株)アーバンルネッサンス部 博士 (工学)
 *2 戸田建設(株)執行役員 (土木技術担当) 修士 (工学)
 *3 戸田建設(株)技術開発センター 修士 (工学)
 *4 戸田建設(株)土木技術営業部

*1 Urban Renaissance Department, Toda Corporation, D.Eng
 *2 Executive officer, Toda Corporation, M.Eng.
 *3 Research and Development Center, Toda Corporation, M.Eng.
 *4 Civil Engineering Technology Sales Department, Toda Corporation

3.1 曲げ性能試験

□150mm×L530mm の供試体の下面から 20mm の位置に補強材を配置し、曲げ性能試験を行った（写真 - 2）。配置した補強材は、ハイグリッパ・メタルバンド（板厚 1mm、幅 130mm）を使用した。

試験結果を表 - 2、図 - 1 に示す。曲げ性能試験では、じん性係数 1.08N/mm² が得られ、ひび割れ抑制材としての優れた曲げじん性を有することが明らかになった。



写真 - 2 曲げ性能試験実施状況

表 - 2 曲げ性能試験結果

試験体	最大荷重 (kN)	曲げ強度 (N/mm ²)	じん性係数 (N/mm ²)
No. 1	39.2	5.10	1.15
No. 2	35.8	4.65	1.00
No. 3	39.4	5.16	1.09
平均	38.1	4.97	1.08

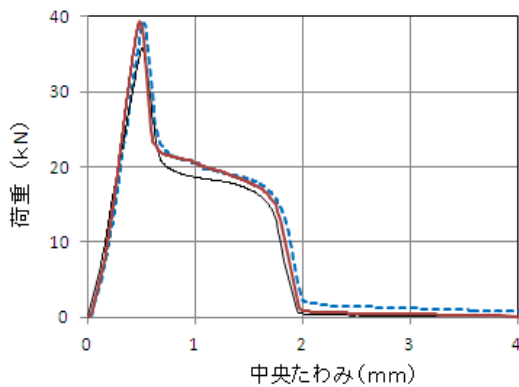


図 - 1 ハイグリッパ・メタルバンドの曲げ性能試験結果

3.2 乾燥収縮ひび割れ抑制効果確認試験

JIS A 1151 : 2011 「拘束されたコンクリートの乾燥収縮ひび割れ試験方法」に準拠したひび割れ抵抗性試験を、ハイグリッパ・メタルバンドと補強材なしの場合について実施した（写真 - 3, 4）。試験には図 - 2 に示すように両端部でコンクリートを拘束し、中央部に乾燥収縮ひび割れを発生させる拘束器具を用いた。ハイグリッパ・メタルバンドは穴 2 列のもの

を使用し、上下面から 20mm の位置に 1 枚ずつ配置した。

図 - 3 に示すように、ひび割れ発生時の乾燥材齢に差が生じ、ひび割れ抵抗性の向上効果が認められたほか、ひび割れ発生後も残留ひずみを保持した。4 週経過後のひび割れ幅は、写真 - 5, 6、図 - 4 のように、補強材なしが 0.25mm であったのに対し、ハイグリッパ・メタルバンドは 0.05mm となり、ひび割れ幅の抑制効果が認められた。

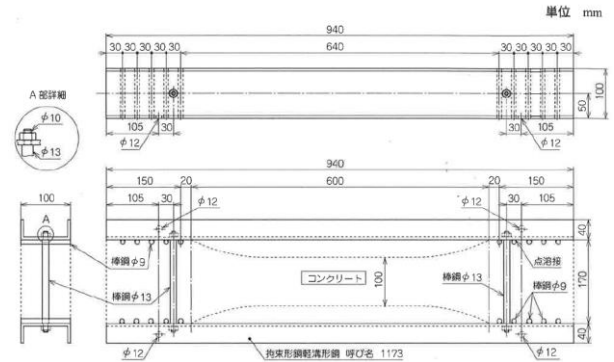


図 - 2 ひび割れ抵抗性試験、拘束器具



写真 - 3 ひび割れ抵抗性試験、試験体製作状況
（上下面から 20mm の位置にハイグリッパ・メタルバンド 1 列ものを並列に設置）



写真 - 4 ひび割れ抵抗性試験実施状況

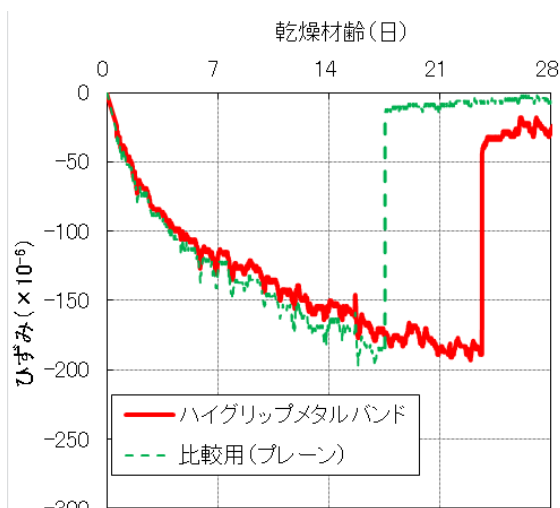


図 - 3 ひび割れ抵抗性試験結果

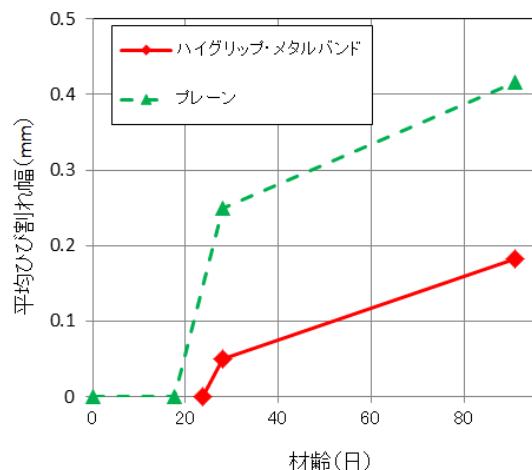


図 - 4 材齢と発生したひび割れ幅



写真 - 5 ひび割れ幅 (4 週経過後, プレーン : 0.25mm)



写真 - 6 ひび割れ幅
(4 週経過後, ハイグリップ・メタルバンド : 0.05mm)

3.3 曲げひび割れ幅抑制効果確認

□100mm×L1,000mm の供試体の中央部に φ19mm の鉄筋を配置し, 下面から 20mm の位置に穴 2 列のハイグリップ・メタルバンドを使用した供試体と使用しない場合について, 鉄筋コンクリートとしての曲げひび割れ幅抑制効果確認試験 (写真 - 7, 8) を実施した. ハイグリップ・メタルバンドは穴を千鳥に配置した場合と並列に配置した場合について実験した.

ひび割れの測定結果を図 - 5 に示す. ハイグリップ・メタルバンドを使用することにより, 0.2mm を超えるひび割れが少なくなることを検証できた. また, ひび割れ抑制効果はメタルの穴を千鳥配置にしたものが最も効果があることが明らかになった.



写真 - 7 曲げひび割れ幅抑制試験体製作状況
(ハイグリップ・メタルバンド, 穴並列)



写真 - 8 曲げひび割れ幅抑制試験状況

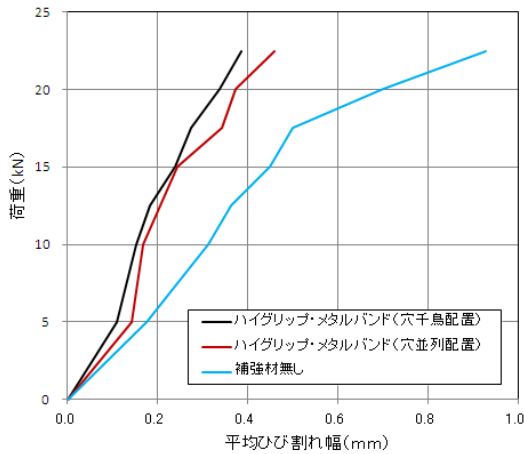


図 - 5 曲げひび割れ幅抑制試験結果

4. 現場施工実験

4.1 ボックスカルバート高欄への適用例

NEXCO 東日本 紅葉工事では、本材料を外部拘束クラックの発生する可能性があるボックスカルバートの高欄部分に適用した（写真-9）。同様な施工条件で本材料を適用していない高欄には最大開口幅 0.15mm のひび割れが複数発生したのに対し、本材料を適用した高欄では連続性のあるひび割れの発生は認められなかった。



写真 - 9 ハイグリップ・メタルバンドのボックスカルバート高欄への施工例

4.2 山岳トンネルへの適用例

長野県 上高地トンネル（仮称）で、本材料をインバートの拘束クラックの発生が懸念されるトンネルの覆工コンクリートに適用した事例を示す。写真-10 は無筋区間の施工事例、写真-11 は有筋区間の施工事例で、有筋区間では鉄筋に直接取り付けののに対し、無筋区間の場合は差筋をするなど取付上の工夫が必要である。ハイグリップ・メタルバンドは適度な剛性を有するので、いずれのケースでも良好な施工性を有することが確認された。

5. まとめ

コンクリートのひび割れ抑制を実現し、長寿命化に寄与する材料として、穴あき帯状鋼板による補強

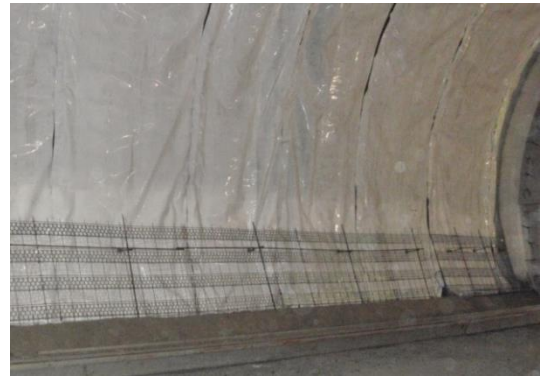


写真-10 覆工コンクリートへの適用例（無筋区間）



写真 - 11 覆工コンクリートへの適用例（有筋区間）

材料を開発した。その結果、じん性係数 $1.08\text{N}/\text{mm}^2$ という優れた曲げじん性を示したほか、ひび割れ抵抗性試験では、ひび割れ抑制効果が認められた。曲げひび割れ幅抑制効果確認試験では、0.2mm 以上のひび割れを少なくできることが確認できた。

本材料をボックスカルバート高欄部分、トンネルの覆工コンクリートに適用した。ひび割れの抑制効果が認められた他、良好な施工性を有することが確認されたので、今後適用事例を増やし、ひび割れ抑制効果についてさらに検証し、実績を積み重ねていきたいと考える。

謝辞

本技術の現場適用に当たり、施工の機会を与えていただいたご発注者の皆様に深く感謝いたします。本技術開発は、土木本部の部門横断型の技術開発WGであるトンネル新技術開発WGにおいて実施されました。WG リーダー並びのWGメンバーの各位に感謝する次第です。また、現場適用に当たり真摯に取り組んでいただいた支店の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 例えば、真下英人・砂金神治・木谷努・遠藤拓雄：トンネル覆工の収縮ひび割れに関する研究，トンネル工学論文集第15巻 pp. 1-11, 2005
- 2) 関根一郎・浅野均・田中徹：穴開き帯状鋼板によるコンクリートのひび割れ抑制効果について，土木学会第69回年次学術講演会，VI部門，2014