

穴開き鋼板によるひび割れ抑制材料の特性試験と覆工コンクリートへの適用について

戸田建設(株) 正会員 ○関根一郎 正会員 山田 勉
戸田建設(株) 正会員 田中 徹 正会員 山火智洋

1. はじめに

コンクリートの耐久性向上は良質な社会資本を残す上で重要である。そのためにはコンクリートのひび割れ抑制が効果的であり、穴開き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）を開発してきた^{1) 2)}。その特性を調べるために行った性能確認試験を実施した結果を述べる。また、本材料をトンネルの覆工コンクリートに適用した事例として、長野県上高地トンネルでの施工例を紹介する。

2. ハイグリップ・メタルバンドの特徴

本材料は、熔融亜鉛めっきによる防食被覆を施した鋼板（幅 130mm、 $t=0.6\text{mm}$ ）に図-1 のように $\phi 40\text{mm}$ の穴を金型で押し抜き、3列千鳥配置に加工したものである。これをコンクリート中に埋め込むことによって、ひび割れ抑制効果を持たせる。ハイグリップ・メタルバンドは次の特長を有する。

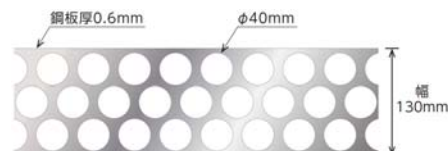


図-1 ハイグリップ・メタルバンド

□ひび割れ抑制材としては、弾性係数が大きいこと、温度変化や乾燥に伴うコンクリートの体積変化がインバートコンクリート等により拘束されることで生じる引張応力を負担でき、ひび割れ発生の抑制が期待できる。

□3列千鳥配置に設けた $\phi 40\text{mm}$ 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。

□ハイグリップ・メタルバンドは、軽量（260g/m）であり、適度な硬さ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. 性能確認試験

ハイグリップ・メタルバンドの性能を確かめるために（一財）建材試験センターで実施した、割裂引張強度試験、鉄筋の腐食促進試験の結果を以下に述べる。なお、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については前報¹⁾に報告しているので参照されたい。

表-1 ベースコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	S	G
69	48	178	258	901	1003

1) 割裂引張強度試験

ハイグリップ・メタルバンドによるコンクリートの引張強度補強効果を調べるため、JIS A 1113:2006 に準拠した割裂引張強度試験を実施した。コンクリートの配合は表-1 の通りとし、試験体は $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱体で写真-1 のように本材料を載荷方向に直交した方向で配置した。

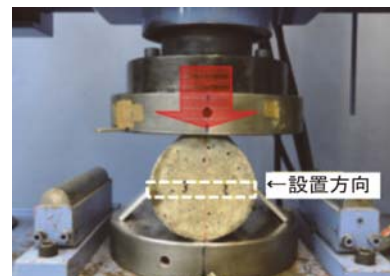


写真-1 割裂引張強度試験

材齢 7 日の試験結果を表-2 に示す。割裂引張強度はハイグリップ・メタルバンドを設置したことにより、29%増大した。コンクリートの収縮変形が拘束されて生じる引張力への抵抗性が向上することから、ひび割れ抑制効果も高まると考えられる。

表-2 割裂引張強度試験結果

材料	番号	引張強度 (N/mm ²)	比
ハイグリップ・メタルバンド	No. 1	2.67	
	No. 2	2.58	
	No. 3	2.68	
	平均	2.64	1.29
プレーン	No. 1	2.13	
	No. 2	1.96	
	No. 3	2.04	
	平均	2.04	1.0

2) 鉄筋の腐食促進試験

本材料の熔融亜鉛めっきは運搬時および保管時等の発錆防止のために施しており、コンクリート中でめっきによる長期の発錆防止作用を期待しているわけではない。熔融亜鉛めっきが施されたハイグリップ・メタルバンドは、鉄筋に焼き鈍し鉄線で結束してコンクリートに埋設されるため、異種金属が接触することによる鉄筋への影響を調査した。試験は JIS A6205 附属書 2（コンクリート中の鉄筋の促進腐食試験方法）に準じて実施した。試験に用いた試験体の概要を図-2 に示した。鉄筋にハイグリップ・メタルバンドを焼き鈍し鉄線で結束したケース A と鉄

キーワード ひび割れ、補強材料、割裂引張強度、鉄筋腐食、覆工コンクリート

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設株式会社 TEL:03-3535-6316

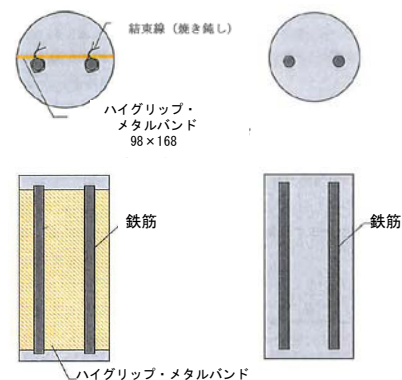


図-2 鉄筋の腐食促進試験

筋のみのケース B を比較した。コンクリートの配合を表-3 に示す。コンクリートは塩分量 0.2%としたものを使用し、オートクレーブ内で温度 180℃、1MPa で 5 時間保持する処理を 2 回繰り返すことで鉄筋腐食を促進した。

表-4 は鉄筋の発錆状況を示しており、鉄筋にハイグリッ・メタルバンドを結束したケース A では、鉄筋のみのケース B に比較して発錆が抑制されることが明らかになった。腐食面積を読み取った結果、ケース A ではケース B に比較して腐食率が約 1/4 になることが明らかになった。これは熔融亜鉛めっきが犠牲陽極のように作用するため、鉄筋の腐食を抑制するためと思われる。

4. 覆工コンクリートへの適用例

長野県上高地トンネルでは、インバート拘束による覆工コンクリートのひび割れ対策としてハイグリッ・メタルバンドを適用した。適用区間は D 区間および明かり巻区間とし、トンネル全長 588m の内 323.4m に適用した。覆工コンクリート下端にハイグリッ・メタルバンドを 300 mm 程度の間隔で 4 段設置した。

写真-2 にハイグリッ・メタルバンドの設置状況を示す。有筋区間ではトンネル軸直角方向の鉄筋に結束線で固定した。無筋区間では組立用鉄筋にあらかじめハイグリッ・メタルバンドを取り付けた溶接金網を敷設し、効率よく設置した。覆工コンクリート打設時に、ハイグリッ・メタルバンドが障害になることはなく、良好な覆工の仕上がりとなった。覆工コンクリートにインバートの拘束ひび割れの発生は認められていない。

5. まとめ

ハイグリッ・メタルバンドの特性確認試験を行い良好な結果を得た。本材料は設置時、コンクリート打設時の施工性が良い。本材料の有効性が明らかになってきたので、今後、適用事例を増やし、コンクリートの耐久性向上技術として確立していきたいと考える。

参考文献

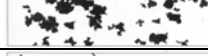
- 1) 関根一郎・浅野均・田中徹：穴開き帯状鋼板によるコンクリートのひび割れ抑制効果について、土木学会第 69 回年次学術講演会、VI 部門、2014
- 2) (一財) 建材試験センター：「ひび割れ抑制材料の性能試験」報告書、第 15 A 4654 号、第 15 A 4653 号、第 15 A 4099 号、2016.4
- 3) 関根一郎・浅野均・田中徹・山田勉・山火智洋：コンクリートのひび割れ抑制材料（ハイグリッ・メタルバンド）の特性試験と覆工コンクリートへの適用、戸田建設技術研究報告第 42 号、2016.11

表-3 鉄筋腐食促進試験に使用したコンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				
		水	塩分溶液※	セメント	細骨材	粗骨材
60	43.6	131.5	48.5	300	800	1,064

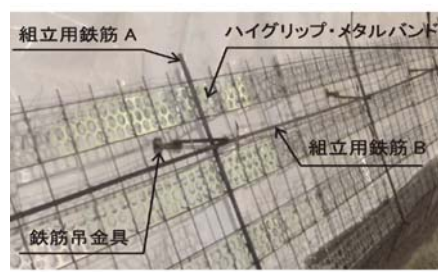
※塩分溶液は水 1L に、塩化ナトリウム 24.5g、塩化マグネシウム 11.1 g、硫酸ナトリウム 4.1 g、塩化カルシウム 1.2g、塩化カリウム 0.7 g を溶解させた水溶液である。

表-4 鉄筋のさび発生状況

a) 鉄筋にハイグリッ・メタルバンドを 結束したケース A					b) 鉄筋のみのケース B				
供試 体番 号	腐食状況	鉄筋 番号	腐食 面積 (mm ²)	腐食 率 (%)	供試 体番 号	腐食状況	鉄筋 番号	腐食 面積 (mm ²)	腐食 率 (%)
No. 1		1	13	0.2	No. 1		1	725	11.1
		2	477	7.3			2	1,575	24.1
No. 2		1	0	0	No. 2		1	1,738	26.6
		2	0	0			2	1,372	21.0
No. 3		1	948	14.5	No. 3		1	1,000	15.3
		2	392	6.0			2	1,372	21.0
平均			305	4.7	平均			1,297	19.9



a) 有筋区間



b) 無筋区間

写真-2 覆工コンクリートでの設置状況