

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) の性能確認試験と適用例

PERFORMANCE CONFIRMATION OF CRACK-CONTROL MATERIAL (HIGH GRIP・METAL BAND) FOR CONCRETE AND EXAMPLE OF APPLICATION

関根 一郎*1, 田中 徹*2, 藤原 弘久*3, 梅本 宗宏*2, 右田 周平*2, 久須 美真悟*2
 Ichiro SEKINE, Toru TANAKA, Hirohisa HUIJIWARA, Munehiro UMEMOTO,
 Shuhei MIGITA and Shingo KUSUMI

High Grip・Metal Band (hereinafter referred to as metal bands) have been developed as an effective concrete crack-control material. In order to study its characteristics, we have conducted various tests. As part of this study, a freezing and thawing test was implemented to investigate how the metal band behaves and whether it is practical in cold regions. From the test, we obtained good results, and we used metal bands on the foundation of a wind power plant in Hokkaido on a trial basis. The test revealed that this material exhibited excellent workability and had a positive effect controlling cracks.

Furthermore, in order to examine the applicability of metal bands to an actual construction project, we studied whether they would be effective controlling crack generation on the building floor, especially at the perimeter of floor openings, because such places have a special need for prevention of crack generation. The material, when used at said places, showed an excellent crack-control effect. Since operation of forklifts, etc., was considered to cause cracks in the concrete covering, we conducted an experiment of repeated bending and loading on the band-protected specimen, which had no problems with integrity.

In recent years, metal bands of this type have been frequently used in logistics centers and other buildings. We will further expand our study of potential applications of metal bands with improved effects in order to construct quality buildings, free from concrete cracking.

Keywords : Crack Reduction, Reinforcing Material, Structural Work, Foundation of Wind Generating Facility, Building
 ひび割れ抑制, 補強材料, 構造物, 風力発電基礎, 建築物

1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れ抑制は、耐久性向上のために重要である。対策の一つとして、穴開き帯状鋼板を用いた施工性の良いひび割れ抑制材料（ハイグリップ・メタルバンド）を開発し、各種の性能確認試験を行い、覆工コンクリート等の現場へ適用してきた¹⁾。本報告では、本材料を含む試験体の凍結融解試験を実施した結果と、寒冷地での風力発電の基礎の一部に適用した結果²⁾、建築物でひび割れ抑制の要求の高い床部材を想定し開口部を有する床拘束ひび割れ試験体を用いて実験検討を行った結果³⁾、及び建築物への適用例について報告する。

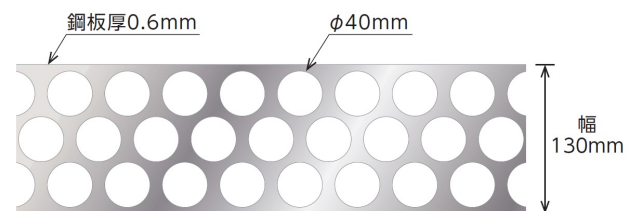


写真1 ハイグリップ・メタルバンド

表1 コンクリート配合 (空気量=4.9%)

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				AE 減水剤 (kg/m ³)	空気量調整剤 g/m ³
		W	C	S	G		
60	47	167	300	800	1064	0.56	8.3

2. ハイグリップ・メタルバンドの概要

本材料は、溶融亜鉛めっきによる防食被覆を施した鋼板（幅130mm, t=0.6mm）に写真1のようにφ40mm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みコンクリートと一体化することによって、ひび割れ抑制効果を持たせる。ハイグリップ・メタルバンドは適度な剛性を有し、施工性が良いことが特徴である。

3. 凍結融解試験

寒冷地の風力発電施設の基礎に本材料を適用するため、凍結融解試験を実施した。試験は、JIS A 1148(コンクリートの凍結融解試験方法)に準じて(一財)建材試験センターで実施した⁴⁾。

表1にコンクリートの配合を示す。フレッシュコンクリートの品質試験における空気量は4.9%であった。試験体は写真1に示すように試験体の中間に本材料を敷設した上でコンクリートを打設した。凍結融解サイクル数は300サイクルとし、質量および一次共鳴振動数を測定し(写真2)相対動弾性係数を算出した。

図1に凍結融解に伴う質量変化率を、図2に相対動弾性係数の変化をプレーンの場合と比較して示した。この結果から質量変化率、相対動弾性係数とも300サイクルの凍結融解を繰り返しても本材料

*1 戸田建設株式会社技術開発センター 博士 (工学)

*2 戸田建設株式会社技術開発センター 修士 (工学)

*3 戸田建設株式会社札幌支店

Research and Development Center, TODA CORPORATION, Dr.Eng.

Research and Development Center, TODA CORPORATION, M.Eng.

Sapporo Branch, TODA CORPORATION

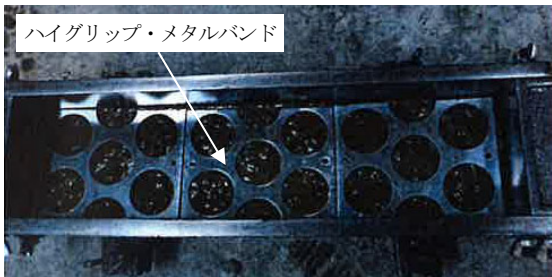


写真2 ハイグリッパ・メタルバンドを設置した試験体

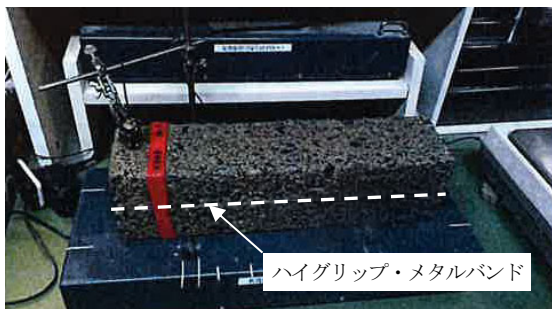
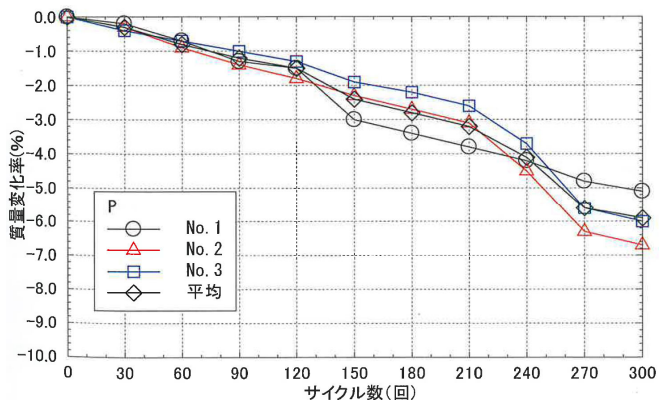
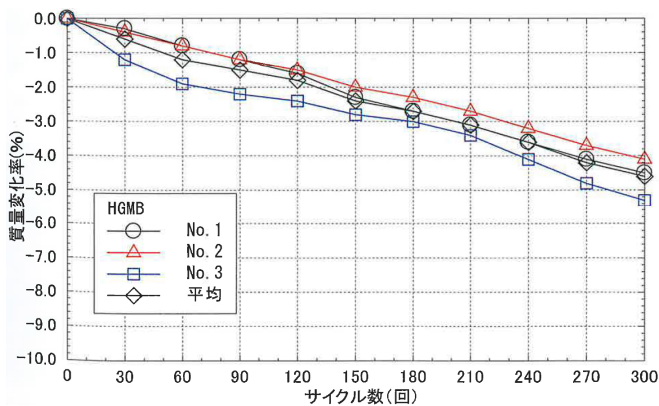


写真3 一次共鳴振動数測定状況



a) プレーン



b) ハイグリッパ・メタルバンド設置

図1 凍結融解による質量変化率測定結果

の設置の有無にかかわらず同等であり、本材料を設置した影響は認められなかった。

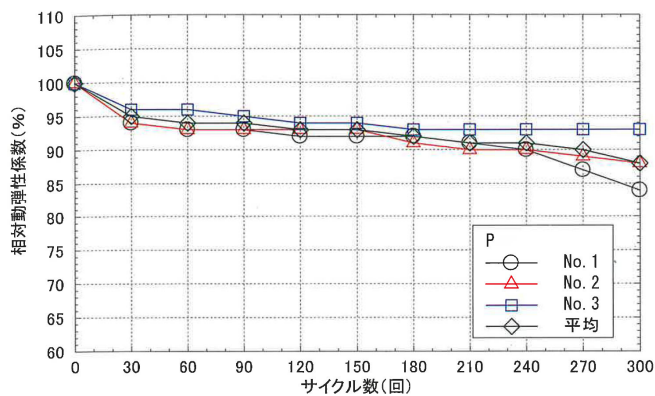
4. 風力発電基礎での適用

北海道伊達市で建設した風力発電所(ユースイ達黄金ウィンドファーム)において、風力発電基礎のひび割れ抑制対策として適用した事例を述べる。本工事は、1期工事として2012年2月に竣工したユースイ達ウィンドファーム(風車5基)を拡張し、新たに17基の風車を建設し、合計22基となる工事である。

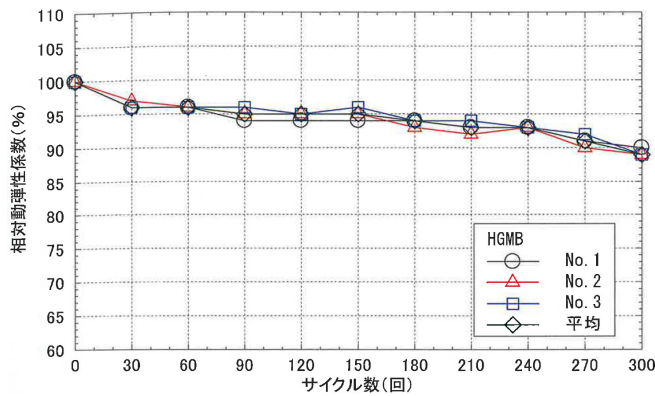
4.1 風力発電基礎への適用理由

図3に風力発電基礎構造図を示す。風力発電基礎は八角形であり、地中のフーチングと地表に露わになるペデスタルで構成される。また、風車はコンクリート基礎に埋め込まれたアンカーリングまたはアンカーボルトにより支持されている。

基礎コンクリートは、フーチングとペデスタルの2回で打設した。ペデスタルコンクリートは、風車タワー中心から放射状にひび割れが生じやすく、ひび割れ内に浸入した水の凍結融解作用により、ひび割れ幅の拡大やアンカーリングの付着力低下を引き起こすことが懸念された。1期工事では、ペデスタルコンクリートにひび割れが発生し補修を行っている。また、事前の温度応力解析においてペデスタルの辺中間部でひび割れ指数1.0を下回る結果となった(図4参照)。そのため、ペデスタルコンクリート表面のひび割れ発生を



a) プレーン



b) ハイグリッパ・メタルバンド設置

図2 凍結融解による相対動弾性係数測定結果

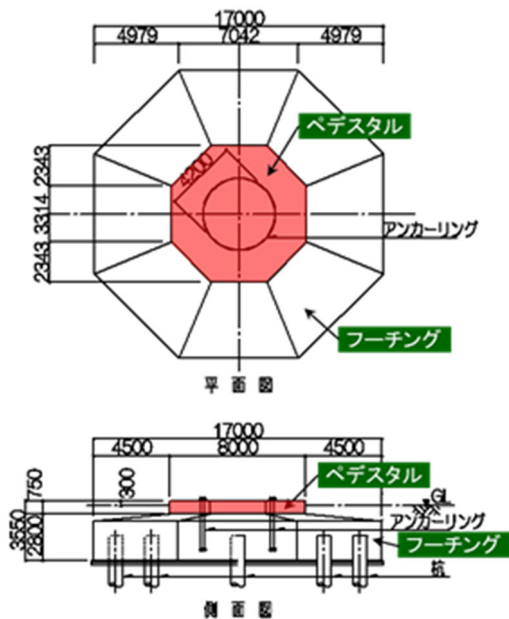


図3 風車基礎構造図

抑制する対策として、本材料を適用した。

4.2 風力発電基礎への適用結果

風力発電基礎ペDESTALにおいて、本材料の設置位置は、温度応力解析結果よりひび割れ指数が小さい八角形外周部に2列配置とし、上面鉄筋に結束線で固定した(図5、写真4参照)。コンクリート打設時に本材料が障害になることはなく、良好な仕上がりとなった。

写真5に風車基礎の完成状況、写真6に風力発電所の完成状況を示す。風力発電基礎コンクリートは、2015年9月～10月(8基)、2016年4月～7月(9基)の期間で17基礎全てを打設し、2017年3月現在ひび割れ幅0.2mmを超える有害ひび割れは発生していない。また、2015年に打設した8基は、2回の越冬を経過しているが、凍結融解に伴うひび割れ発生は確認されていない。

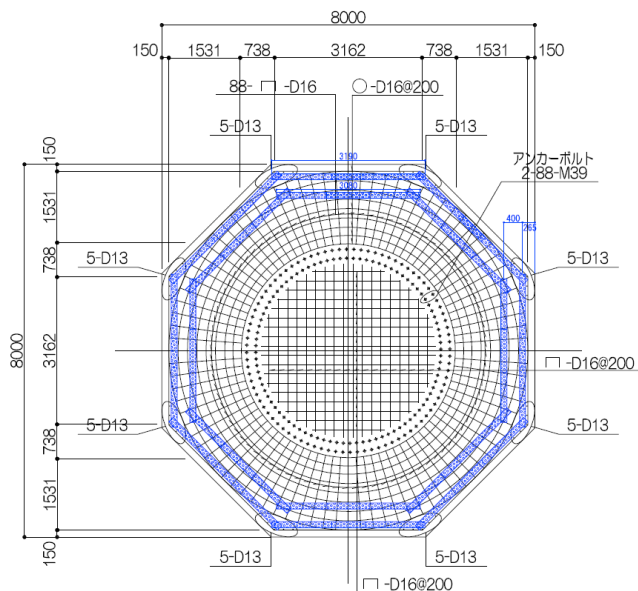


図5 風車基礎でのハイグリップ・メタルバンドの割付図



写真4 ハイグリップ・メタルバンド設置状況

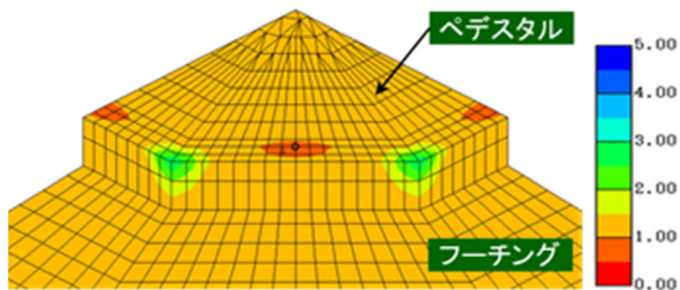


図4 基礎コンクリート表面のひび割れ指数カウンター図



写真5 風車基礎完成状況



写真6 風力発電所現況

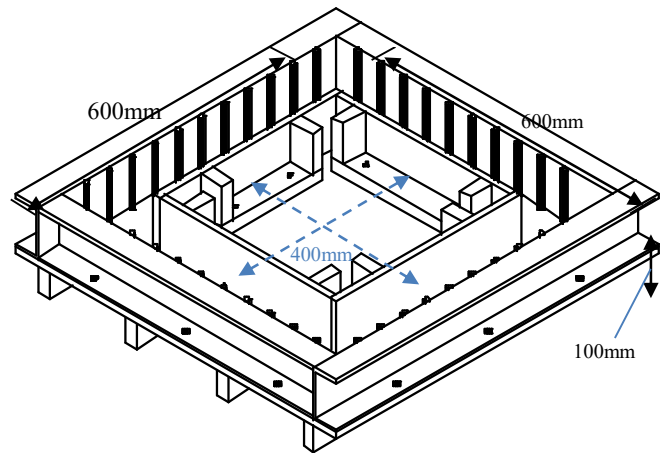


図6 床拘束試験体

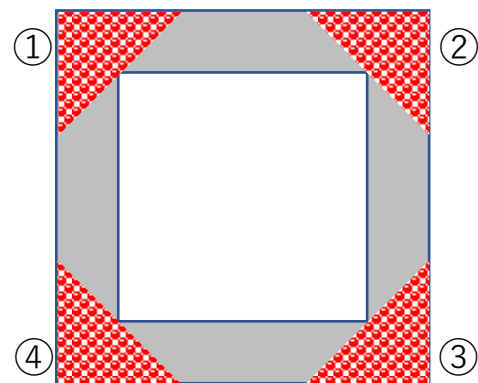


図7 穴開き帯状鋼板の配置

5. 床ひび割れ抑制に関する実験

ここでは、建築物でひび割れ抑制の要求の高い床部材を想定し、実験検討を行った結果について報告する。

5.1 実験概要

実験は、開口部を有する床拘束ひび割れ試験体を用いた実験と、配筋の上端に設置した場合にフォークリフト等の走行によりかぶりコンクリートにひび割れを発生させる懸念があるため、繰返し曲げ荷重による検討を併せて行った。

(1) 試験体

図6に、床拘束ひび割れ試験体を示す。試験体は、大谷⁹⁾らの実験を参考に、試験体外周を鋼板で拘束し、中央部に□400mmの開口部を設けた形状で、ひび割れが発生しやすいよう無筋とした。試験体の四隅に、穴開き帯状鋼板を図7のようにかぶり20mmの位置に設置した。穴開き帯状鋼板の水準として、無し(PL)・1枚(MB1)・2枚(MB2)の計3体とした。繰返し曲げ試験体は、15×15×53cmの曲げ供試体を用い、かぶり30mmの位置に穴開き帯状鋼板を設置し、同じく3水準各3体とした。

(2) コンクリートの調合

表2に、コンクリートの調合を示す。実験に用いたコンクリートは、27-15-20Nとし、レディーミクストコンクリート工場から出荷した。

(3) 試験項目

表3に試験項目および試験方法を示す。床拘束試験体は、コンクリート打込後20℃で材齢7日まで湿潤養生とし、以後は20℃湿度60%の気乾養生とした。

5.2 実験結果概要

表4に圧縮強度および割裂引張試験の結果を示す。

図8に拘束ひび割れ試験結果を示す。本試験において、PL、MB1は材齢3週でひび割れが発生し、MB2は4週で発生した。ひび割れは、PLでは乾燥とともに対角の2か所に集中して進展した。そ

表2 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	単用量(kg/m ³)					混和剤(kg/m ³)
		セメント C	水 W	細骨材 S1	細骨材 S2	粗骨材 G	
48.8	52.5	334	175	48.8	52.5	334	適宜
セメント (C) 普通ポルトランドセメント (太平洋セメント社製)							
水 (W) 上水道水および上澄水							
細骨材 (S1) 砕砂 (東京都八王子市産)							
(S2) 山砂 (千葉県君津市産)							
粗骨材 (G) 砕石 (相模原市緑区産)							
混和剤 A E減水剤標準形I型 (GCPケミカルズ社製)							

表3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法
圧縮強度	JISA 1108 : 標準養生 (材齢7, 28, 91日)
割裂引張強度	JISA 1113 : 標準養生 (材齢7, 28, 91日)
長さ変化	JISA 1129 : 基長まで標準養生, 以後20℃湿度60%の気乾養生
繰返し曲げ	JISA 1106 準拠: 1000サイクル, 材齢7日まで標準養生, 以後20℃湿度60%の気乾養生
床拘束ひび割れ	図-1 参照: 材齢7日まで20℃で湿潤養生, 以降は室温20℃, 湿度60%の気乾養生

表-3 圧縮強度および割裂引張試験の結果

	圧縮強度 (N/mm ²)			割裂引張強度 (N/mm ²)		
	7 日	28 日	91 日	7 日	28 日	91 日
No.1	27.0	39.6	43.9	2.13	3.01	3.12
No.2	26.6	39.4	44.5	2.68	2.99	3.54
No.3	27.0	38.5	42.3	2.64	2.98	3.28
平均値	26.9	39.2	43.6	2.48	3.00	3.31

れに対し MB では、ひび割れが 4 か所に分散し、ひび割れ幅は初期ひび割れ幅以降ほとんど進展しなかった。平均ひび割れ幅は、PL が 0.20mm, MB1 が 0.06mm, MB2 が 0.06mm であり、MB の使用でひび割れが分散し小さくなった。

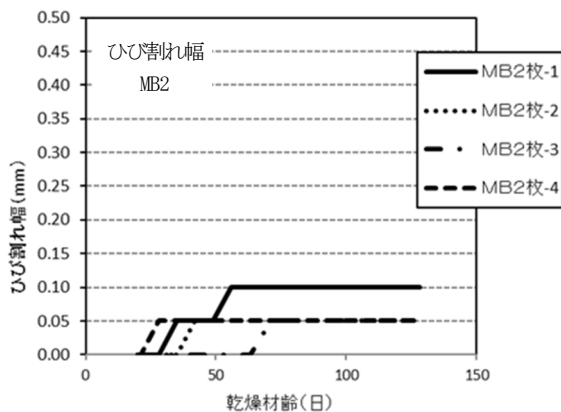
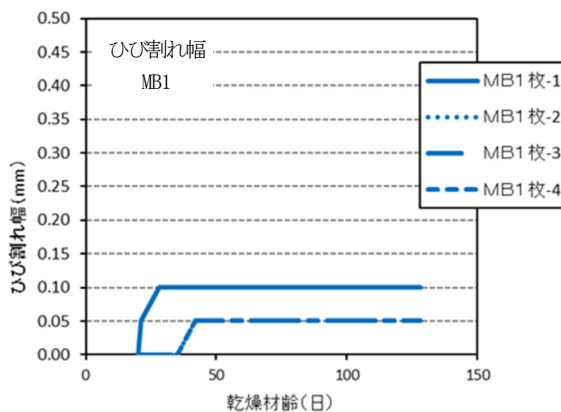
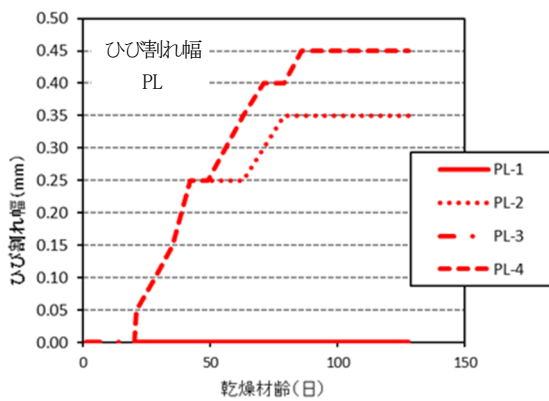


図 8 拘束ひび割れ試験結果

図 9 に繰返し曲げ試験結果の一例を示す。いずれの試験体もほぼ同じような荷重変位曲線の履歴を示した。また、いずれの試験体も、載荷表面側 (MB の上面のかぶり) にはひび割れは認められなかった。したがって、床部材にフォークリフト走行のような荷重が生じるような条件下において、床表面部に穴開き帯状鋼板を用いた場合でも、過大な荷重が発生しない場合は、表面部にひび割れを生じさせるような恐れはないと考えられる。

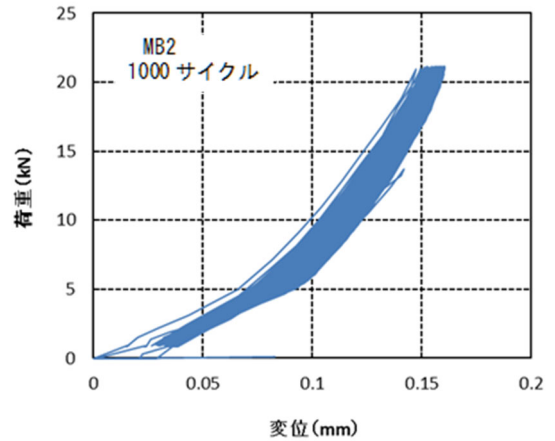


図 9 繰返し曲げ試験結果の一例

5.3 床設置事例

写真 7 および図 8 に建築床部への設置例を示す。本材料の設置は、柱周りや梁上部などの断面変化や乾燥収縮にともない、ひび割れが発生し易い箇所への適用が効果的となる。また、本材料の設置レイアウトや枚数等についてはひび割れ発生方向を考慮するなどの検討が必要となる。

今後もマスコンクリートの水和発熱を主要因とする体積変化にともなうひび割れや載荷重作用によるひび割れのひび割れ分散効果等に関して検討を継続する予定である。



写真 7 柱周辺部への設置状況

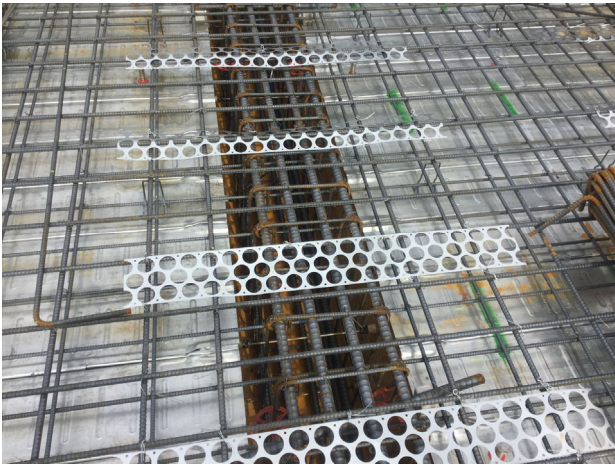


写真8 梁上部への設置状況

6. まとめ

コンクリートのひび割れ抑制材料の性能確認試験結果を紹介し、本材料の適用例について述べた。得られた結論は以下のとおりである。

- ① 凍結融解試験を実施し、本材料を設置した場合でもプレーンの場合に比較して影響がないことを確認した。
- ② 風力発電の基礎への適用では、寒冷地におけるひび割れ抑制効果を確認できた。
- ③ 床拘束ひび割れ試験の結果、本材料は、ひび割れを分散し、ひび割れ幅を抑える効果が確認できた。
- ④ 繰返し曲げ試験結果、いずれの試験体もほぼ同じような荷重変位曲線の履歴を示し、載荷表面側のかぶりにはひび割れは認められなかった。

【参考文献】

- 1) 関根一郎, 浅野均, 田中徹, 山田勉「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」, 戸田建設技術研究報告第41号, 2015
- 2) 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(ハイグリップ・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
- 3) 藤原弘久, 北本広樹, 関根一郎, 田中徹, 新井延幸「コンクリートのひび割れ抑制材料の凍結融解試験と寒冷地での適用事例」, 土木学会第72回年次学術講演会, VI部門, 2017
- 4) (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15A4656, 2016.6
- 5) 久須美真悟, 右田周平, 梅本宗宏, 関根一郎「穴開き帯状鋼板によるコンクリートの床ひび割れ抑制に関する実験的研究」, 日本建築学会大会学術講演会, 2019
- 6) 大谷 俊浩ほか「耐アルカリ性ガラス繊維ネットによるコンクリートの収縮ひび割れ抑制効果」コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.331-336, 2009