

## 繊維補強コンクリートを用いたコンクリート片の剥落防止対策

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○野島 昭二  
 (株) 高速道路総合技術研究所 正会員 寺田 典夫

### 1. はじめに

コンクリート構造物からのコンクリート片の剥落事故が社会問題となり、第三者影響度が高い箇所に位置する既設のコンクリート構造物においては、表面被覆材による剥落防止対策<sup>1)</sup>が行われている。

一方、建設段階から剥落防止対策を考慮する構造物も増えてきている。その対策方法は一般に、メッシュ形状の連続繊維シートをコンクリート打設前の型枠面に設置することによりコンクリート表面付近に連続繊維シートを埋め込む工法<sup>2)</sup>を用いている。これに対し、短繊維を混入した繊維補強コンクリートを用いることによって、剥落防止効果を期待することも可能である<sup>3)</sup>。しかし、定量的に剥落防止効果を評価するには至っていないため、積極的な採用がなされていない。

本文は、短繊維を混入した繊維補強コンクリートの剥落防止性能を、既存の試験方法<sup>4)</sup>に改良を加えた押抜き試験で評価する方法を検討したものである。検討の結果、予備試験で判明した適切な大きさの供試体を用いることにより、繊維補強コンクリートの剥落防止性能を押抜き試験により評価可能であることを明らかにした。

### 2. 使用材料

#### 2.1 短繊維

繊維補強コンクリートに用いた短繊維は市販のポリプロピレン繊維であって、長さ30mm、公称繊維径1.0mm、密度0.91g/cm<sup>3</sup>のものを用いた。

#### 2.2 表面被覆材

表面被覆材は、剥落防止性能の照査証明<sup>5)</sup>が完了している表-1に示す材料で構成するものを用いた。

#### 2.3 連続繊維シート

コンクリート表面付近に埋め込む連続繊維シートはアラミド繊維であって、辺長40mmの3軸メッシュにけい砂を付着させた連続繊維シートを使用した。

表-1 表面被覆材の材料構成

材料名	一般名称	施工量
プライマー	エポキシ樹脂系	0.15 kg/m <sup>2</sup>
接着剤	エポキシ樹脂系パテ	0.70 kg/m <sup>2</sup>
連続繊維シート	3軸ビニロン繊維シート	1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
接着剤	エポキシ樹脂系パテ	0.30 kg/m <sup>2</sup>
中塗り	溶剤形エポキシ樹脂系塗料	0.26 kg/m <sup>2</sup>
上塗り	溶剤形ポリウレタン樹脂系塗料	0.12 kg/m <sup>2</sup>

表-2 コンクリートの使用材料

材料	種別	仕様 (ρ:g/cm <sup>3</sup> )
セメント	普通ポルトランドセメント	ρ:3.15
細骨材	陸砂：茨城県神栖市	ρ:2.60
	砕砂：栃木県佐野市	ρ:2.68
粗骨材	2005 砂岩：茨城県笠間市	ρ:2.65, FM:60
	2005 石灰石：栃木県佐野市	ρ:2.70, FM:61.3
混和剤	高性能 AE 減水剤	

表-3 コンクリートの配合

種類	細骨材率 S/a (%)	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						高性能 AE 減水剤 SP
			セメント C	水 W	細骨材 1 S1	細骨材 2 S2	粗骨材 1 G1	粗骨材 2 G2	
普通コンクリート	44.5	53.1	302	160	567	249	514	524	C×0.7%
繊維 30 万本/m <sup>3</sup> 混入	51.5	53.1	311	165	647	287	445	451	C×1.0%
繊維 40 万本/m <sup>3</sup> 混入	52.5	53.1	316	168	658	289	432	440	C×1.0%
繊維 50 万本/m <sup>3</sup> 混入	53.5	53.1	322	171	666	295	421	429	C×1.0%

### 2.4 コンクリート

コンクリートの使用材料は表-2に示すとおりである。試験に用いるコンクリートは、NEXCOの上部工工事で一般に用いられる呼び強度30N/mm<sup>2</sup>とし、配合は表-3に示す。

### 3. 予備試験の概要

現在NEXCOにて、はく落防止の押し抜き試験方法として規定されている連続繊維シートを埋め込む場合の供試体形状を図-1に示す<sup>4)</sup>。剥落防止性能は、コア部に荷重、変位を与え、連続繊維シートの抵抗性を評価するものである。同様の供試体で繊維補強コンクリートの評価を行おうとした場合、剥落に抵抗する断面はコアの削孔残し量(かぶりに相当)の20mmの部分しかなく、現実的な評価とならない。一方、削孔残し量だけ増加させると剥落範囲が拡大するため、供試体の大きさが妥当でなくなると想定できる。

そこで、押し抜き試験の供試体形状を検討するため、塩害による鉄筋の腐食膨張を再現した試験体を作製し、各種剥落防止対策の挙動を確認する予備試験を実施した。試験体の形状は、図-2に示す。すなわち、かぶりは設計要領<sup>6)</sup>に示す標準の40mmで、最外縁の鉄筋位置に相当する部分を中空とし、鉄筋の腐食膨張は、コンクリート打設後に、この中空部に静的破砕材を充填して膨張させることにより再現することとした。

試験体の種類は、①繊維補強コンクリート(繊維30万本/m<sup>3</sup>混入)(以下、「FRC30」という)、②表面被覆材(FRP)、③連続繊維シート埋め込み(MESH)、および④無対策(NP)とした。

### 4. 押し抜き試験の概要

予備試験の結果より、かぶり40mmのコンクリートの剥離範囲を考慮して、押し抜き試験の供試体は図-3に示す形状とした。

供試体の種類は、①繊維補強コンクリート(繊維30, 40, 50万本/m<sup>3</sup>混入)(以下、「FRC30,

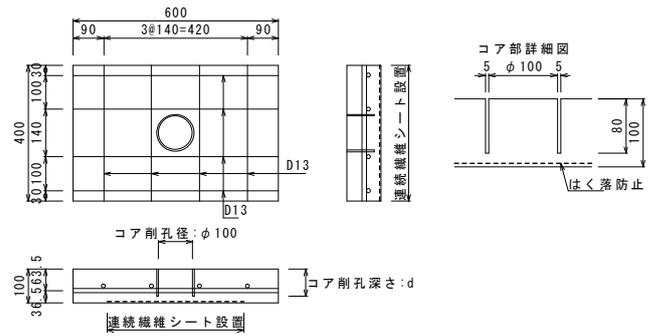


図-1 押し抜き試験の供試体形状図 (単位:mm)

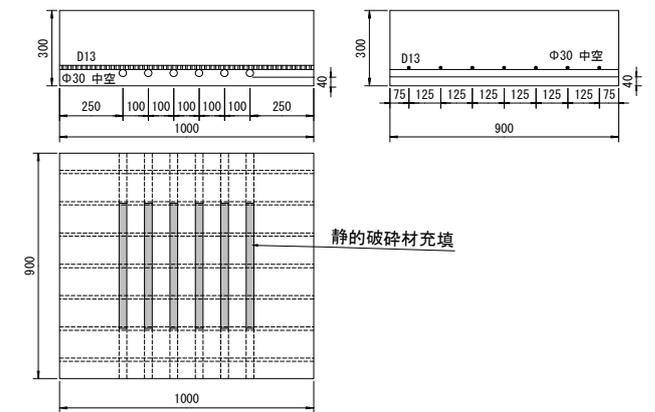


図-2 予備試験体図 (単位:mm)

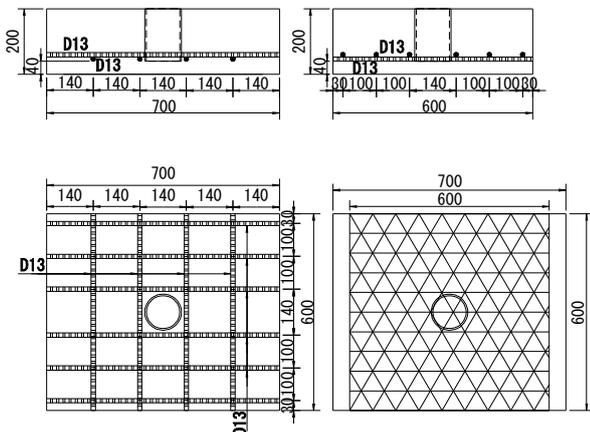


図-3 押し抜き試験の改良供試体形状図 (単位:mm)



図-4 押し抜き試験の実施状況

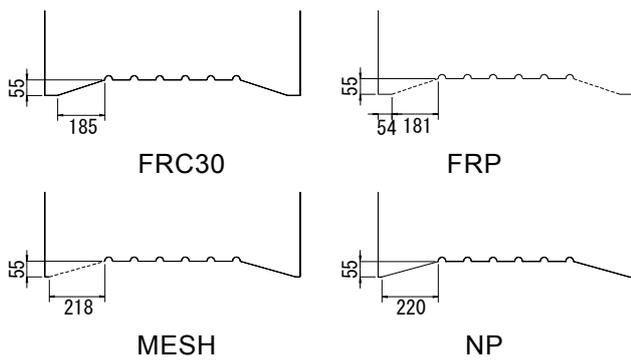


図-5 試験体の破壊形状 (単位:mm)

FRC40, FRC50」という), ②表面被覆材 (FRP), ③連続繊維シート埋め込み (MESH), および④無対策 (NP) とし, ①はそれぞれ5体, そのほかはそれぞれ3体ずつ作製した。押抜き試験は図-4に示すように島津製作所製のU50型を使用して, 支持間隔を600mmとした支点上に供試体を設置して載荷を行った。載荷は, はじめに変位制御でコア抜き部分に速度1mm/minで変形量を与え, 2.5mm程度の変位まで反力の測定を行いながら加圧した。コアの削孔残し部分の破壊を確認したあとは, 速度5mm/minで変形量を与え, 得られる反力を測定し, 荷重-変位 ( $P-\delta$ ) 曲線を作図した。載荷はコンクリート片が落下, または変位が50mmに達するまで実施した。

5. 予備試験の試験結果および考察

予備試験後の試験体の破壊形状を図-5に示す。コンクリートの剥離は鉄筋相当位置から斜め方向に試験体の外側に進展しており, 剥離範囲の最大はNP試験体で220mmである。これを図-1の従来の試験体にあてはめると, 剥離範囲が供試体の範囲に収まらず, 剥落するコンクリートを短繊維で支持する機構を考慮すると, 正しい性能の評価とはなりえない。よって, 予備試験の結果からは, かぶりを40mmとした場合の押抜き試験の供試体は, コア削孔の縁から250mm確保した大きさで性能を評価すべきことが明らかとなった。すなわち, 図-3に示すように評価範囲が600mm四方で支点がかりを確保した700×600mmの大きさとし, コア削孔残し厚さ40mmの破壊に要する荷重の曲げ抵抗を考慮して供試体の厚さは200mmとした。

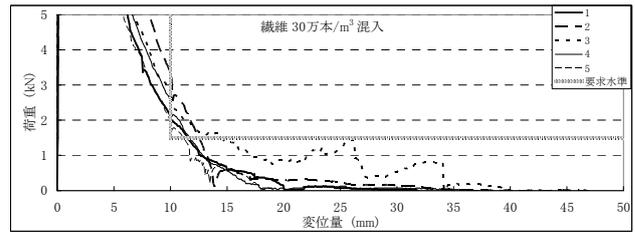


図-6 荷重-変位曲線 : FRC30

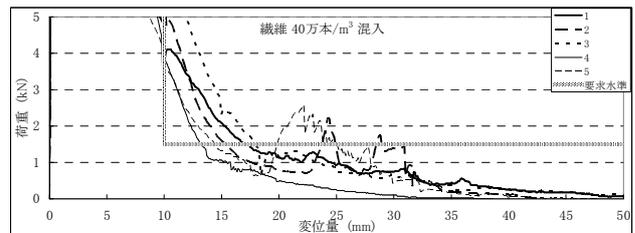


図-7 荷重-変位曲線 : FRC40

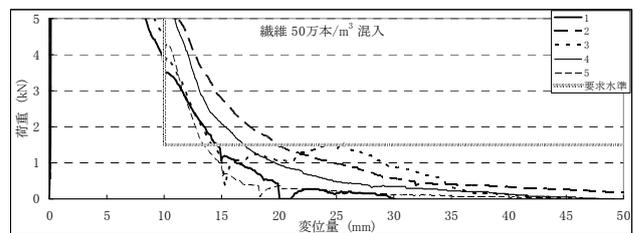


図-8 荷重-変位曲線 : FRC50

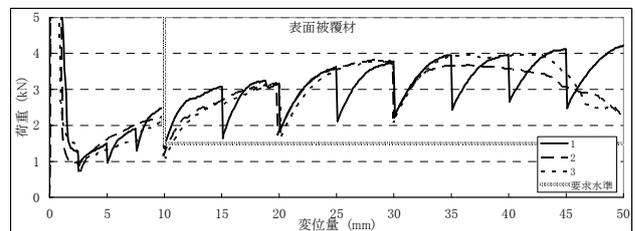


図-9 荷重-変位曲線 : FRP

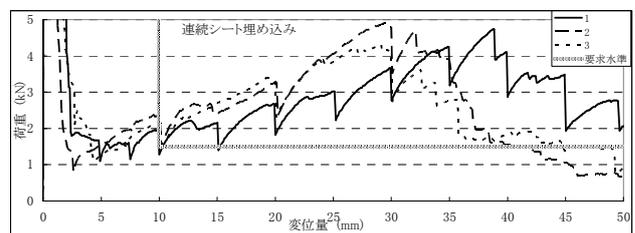


図-10 荷重-変位曲線 : MESH

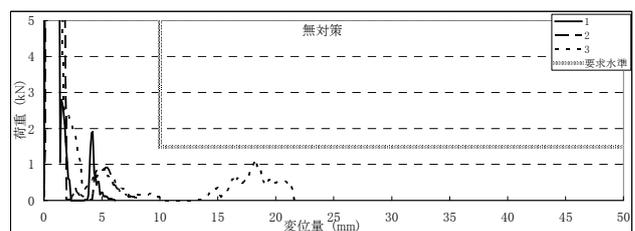


図-11 荷重-変位曲線 : NP

## 6. 押抜き試験の試験結果および考察

押抜き試験で得られた各供試体の荷重-変位曲線を図-6～11に示す。図中の要求水準とは、NEXCOの要求性能<sup>5)</sup>であり、変位10mm以上で押抜き荷重1.5kN以上を要求している。

NPは、コア削孔残し部が破壊したのちは押抜き荷重に抵抗できないことが見て取れる。一部荷重が上昇しているものが見受けられるが、目視で観察したなかでは、破壊面が部分的に引っかかっている状況であり、すでに剥落に抵抗している状態ではなかった。それに対し、FRCはコア削孔残り部の破壊以降の荷重の低下割合がNPに比べて緩く、補強繊維のグリップにより押抜き荷重に抵抗していることがうかがえる。FRC40はFRC30に比べてより荷重の抵抗が上昇している傾向がうかがえるが、FRC50ではFRC40に比べて荷重抵抗が向上しているように見られない。剥落に対して効果的に抵抗できる補強繊維の混入量には上限があると推察できる。本試験の範囲内では、FRCによる剥落防止はNEXCOの要求性能を満足するものであった。すなわち、今回使用した補強繊維は、30万本/m<sup>3</sup>の混入量で剥落防止効果を発揮することが判明した。

FRP、およびMESHは連続繊維シートにより押抜き荷重に効果的に抵抗した。特に、変位が増大するにしたがい、荷重がより増加しており、従来の供試体での試験結果より大きな荷重に抵抗する結果となった。これは、かぶりが大きくなったことによりコンクリート表面の剥離面積が増加し、押抜き荷重に抵抗する連続繊維シートの長さが増加したためと考える。

## 7. まとめ

本検討より、以下の事項が明らかとなった。

- ① 予備試験のような大型模擬供試体で、剥落防止効果が認められる対策工法は、押抜き試験においても、従来からの要求水準を満足する。すなわち、押抜き試験は剥落防止性能の照査に適していることが改めて検証された。
- ② 押抜き試験体のかぶりの設定を40mmとし、試験体の大きさを見直すことで、FRCの剥落防止性能を評価できる。評価基準は従来の表面被覆材などと同様に、変位10mm以上において押抜き荷重が1.5kN以上確保できるものを、剥落防止の性能があるとみなせる。
- ③ 本検討で使用した補強繊維を用いて剥落防止対策とする場合、30万本/m<sup>3</sup>の混入量が必要であることが判明した。

今後の課題としては、以下の事項について検討が必要である。

- ④ 供試体の大きさが大きいため（質量約200kg）頻繁に試験を実施することが困難と想定できるため、軽量策を考案するか、代替の評価方法を検討する必要がある。
- ⑤ 本検討では、常温の環境下での評価である。補強繊維は温度の依存を受ける可能性があり、高温、あるいは低温環境下での剥落防止性能の評価が必要である。

## 参考文献

- 1) 溝江実・窪田賢司・久保竜志・野島昭二：既設コンクリート構造物におけるコンクリート片のはく落防止対策，コンクリート工学，Vol.39，No.8，pp.5-9，2001.8
- 2) 寺田典生・青木圭一・中井裕司・山村正人：プレストレストコンクリート，Vol.45，No.5，pp.53-60，2003.9
- 3) 上東泰・野島昭二・紫桃孝一郎・内田美生・宮川豊章：繊維系材料を用いたコンクリート構造物のはく落防止に関する研究，材料，Vol.51，No.10，pp.1073-1078，2002.10
- 4) 東・中・西日本高速道路株式会社：NEXCO試験方法第4編構造物関係試験方法，2010.7
- 5) 東・中・西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領，2010.7
- 6) 東・中・西日本高速道路株式会社：設計要領第二集橋梁建設編，2010.7