

高靱性モルタルに関する基礎的研究

鉄建建設 正会員 松尾庄二
鉄建建設 正会員 柳 博文
鉄建建設 正会員 松岡 茂

1. はじめに

昨年来、トンネルの覆工コンクリートや高架橋のスラブコンクリートの剥落事故が相次ぎ、一種の社会問題と化している。このような事態を受けて、コンクリート構造物の補修・補強工事が実施されており、またより効果的かつ経済的な工法・材料の開発が必要とされている。コンクリート構造物の補修・補強工法としては、ひび割れ注入工法、断面修復工法、表面処理工法、鋼板接着工法等様々な工法があり、目的に応じて各種の材料が用いられている。

トンネル覆工コンクリートの補強に対しては、優れたひび割れ抵抗性が補強材料の性能として要求される。また、トンネル覆工の場合、内空断面を確保するため補強材料の層厚を可能な限り薄くする必要がある。さらに、耐火性能も重要な要素である。したがって本報告では、繊維混入率の高い鋼繊維補強モルタル（高靱性モルタル）を補強材料として用いることを前提に、破壊特性試験を行い適用性を検討した。

2. 試験の概要

2.1 供試体の諸元および作製

使用材料を表-1 に、鋼繊維補強モルタルの配合を表-2 にそれぞれ示す。供試体は 100 リッター強制ミキサーによりモルタル分を練り上げた後、所定量の鋼繊維を投入して作製した。この時スランプは 15～17cm 程度であった。供試体は直径 100 mm、高さ 200 mm の円柱供試体、100×100×400 mm および 150×150×530 mm の 2 種類の角柱供試体を用意した。

2.2 破壊特性試験

破壊特性試験としては圧縮強度試験、3等分点載荷の曲げ試験および直接引張試験を行った。圧縮試験は土木学会規準 JSCE-G551 に準拠し、3等分点載荷の曲げ試験は JSCE-G552 に準拠した。なお、3等分点載荷の曲げ試験の場合、100 mm 角および 150 mm 角の 2 種類の角柱供試体について試験を行った。ただし、150 mm 角供試体については底面に切り欠きを設けた。また、直接引張試験は、100mm 角供試体（両端部を 50 mm づつ切り落とし長さ 300 mm に成形）を載荷治具に接着固定し、ユニバーサルジョイントを介して試験機に取り付けて 0.3mm/min の等変位速度載荷により行った。各面の中央部に設けた深さ 10mm の切り欠き部においてクリップ型変位計によりひび割れ開口変位を計測した。

表-1 使用材料

材料	記号	諸元
鋼繊維 MS	SF	公称径 0.6mm, 繊維長 30mm, 引張強度 1100N/mm ² 以上, フック
鋼繊維 HS	SF	公称径 0.38mm, 繊維長 30mm, 引張強度 2300N/mm ² 以上, フック
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 比重 3.15
フライアッシュ	F	種, 比重 2.30
細骨材 1	S1	山砂, 比重 2.68
細骨材 2	S2	砕砂, 比重 2.57
混和剤	Ad	高性能 A E 減水剤

表-2 高靱性モルタル配合表

記号	V _f (%)	W/(C+F) (%)	単位使用量 (kg/m ³)						
			W	C	F	S1	S2	SF	Ad
MS3	3	38	270	415	295	540	518	236	7.1
MS4	4	38	270	415	295	540	518	314	7.1
HS2	2	35	270	771		590	564	157	7.7

キーワード：鋼繊維補強モルタル，補修・補強，トンネル覆工

連絡先：〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 鉄建建設(株)技術研究所

TEL:0476-36-2355, FAX:0476-36-2380

3. 試験結果

図-1～図-4に各試験結果を示す。ただし、各々の試験結果から代表的なものを取り出した。なお、3等分点荷重の曲げ試験の場合、ひび割れ発生位置により中央たわみ量のばらつきが見られるため個々の試験結果を直接的に比較することは難しい。したがって、ここでは荷重点変位の平均値から補正した中央のたわみ量により結果を整理した。たわみ量補正の方法は参考文献に示すとおりである。

3.1 圧縮試験結果

いずれのケースも最大荷重以降、応力 - ひずみ曲線は緩やかに低下しており、高い圧縮靱性を示した。また、MS4とMS3の比較から圧縮強度は繊維混入率に影響されるという結果が得られた。

3.2 3等分点荷重の曲げ試験

曲げひび割れが荷重スパン内に発生するが、そのひび割れ開口幅がさほど大きくなりないうま、複数のひび割れ(写-1)が生じた。この間、荷重は増加し続け、最大荷重以降はひび割れの局所化により、1本のひび割れに収束した。このように高靱性モルタルは優れたひび割れ抵抗性を発揮する。100mm角と150mm角の試験結果を比較すると、最大曲げ引張応力(曲げ引張強度)は前者の方が2割程度大きい。また、MS4とHS2を比較すると、圧縮強度で5割程度の開きがあるにもかかわらず曲げ引張強度はあまり違いが見られなかったように、繊維混入率の影響は曲げ強度に関して圧縮強度よりも顕著である。

3.3 直接引張試験

いずれの場合も、ひび割れ発生以降も引張応力が増加するひずみ硬化の傾向が見られた。このようなケースでは、解析に用いる引張軟化曲線を決定する場合、ひずみ硬化部を無視して最大応力以降の軟化部のみをモデル化すると、比較的妥当な解析結果が得られる。

4. まとめ

破壊特性試験の結果、高靱性モルタル(繊維混入率の大きな鋼繊維補強モルタル)は圧縮靱性およびひび割れ抵抗性に優れることが確認できた。今回試験に用いた高靱性モルタルは、いずれもトンネル覆工の補強材料として適用可能と判断できる。なお筆者らは、鋼繊維MSを体積百分率で4%混入したMS4を用いた実大試験体の補強実験を行う予定である。

[参考文献]

益田ら：鋼繊維補強コンクリート品質管理についての一考察、土木学会第55回年次学術講演会(投稿中)

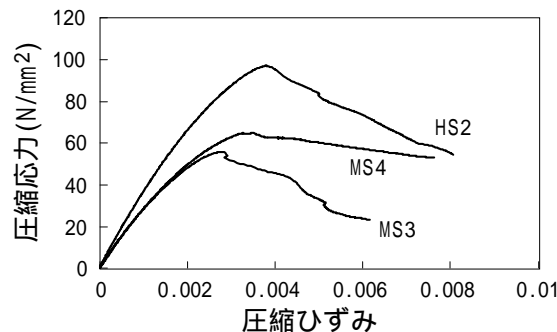


図-1 圧縮試験結果

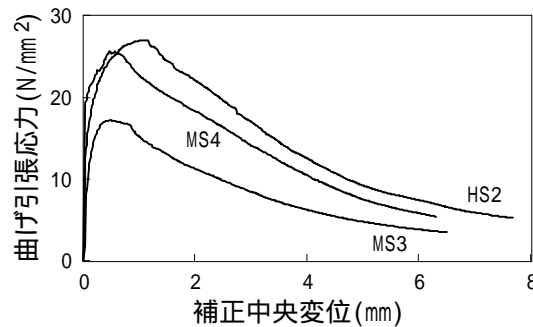


図-2 曲げ試験結果：100mm角供試体

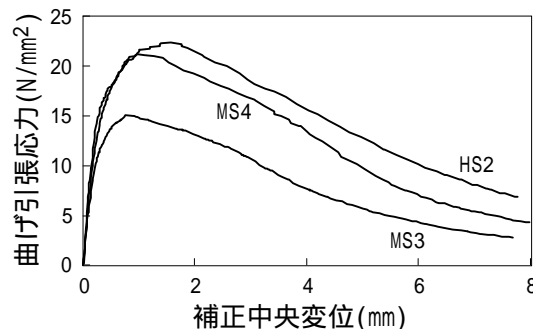


図-3 曲げ試験結果：150mm角供試体

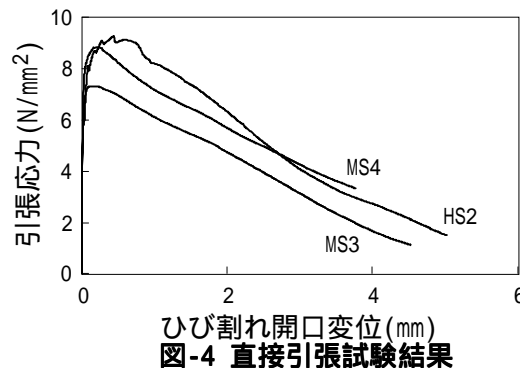
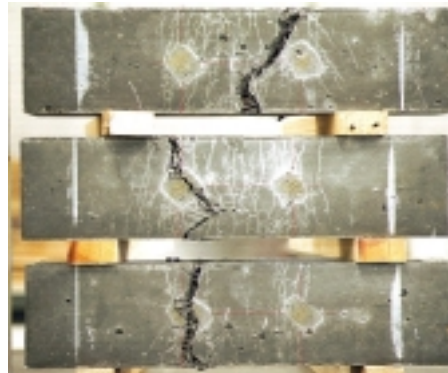


図-4 直接引張試験結果



写-1 ひび割れ発生状況