

覆工コンクリートに生じるひび割れが 直張りタイルに及ぼす影響

INFLUENCE OF CRACKS IN TUNNEL LINING CONCRETE ON THE QUALITY OF INTERIOR BOARDS WITH DIRECT ADHESIVE TILE

鈴木 俊雄¹・古屋 力²・林 承燦³・木村 定雄⁴

Toshio SUZUKI¹, Chikara FURUYA², Lim Seung-chan³, Sadao KIMURA⁴

Interior boards are set up in the road tunnel, for the purpose to keep inside-tunnel visual environment in good condition and to improve effect of lighting. However, the fall of interior materials of tunnel becomes a problem. For example there was an accident that the tiles of Yaesu tunnel came off. Additionally, there is a problem. It is difficult to check the damage of lining concrete on the back of the interior board. This study focus on the direct quality tile which is standardly used as an interior board and clarify the influence of cracks in tunnel lining concrete on the duality of interior boards with direct adhesive tile.

Key Words : road tunnel, interior board, direct bonding tile, maintenance

1. はじめに

道路トンネルでは、車両走行時のトンネル壁面の位置確認、前方車両の視認性の確保、進行方向の視線誘導はもとより、覆工壁面の美観を整えることによる走行環境・歩行者の快適性の向上、さらにはトンネル内および坑口付近の道路騒音の吸収等の目的で、内装板が設置されている¹⁾。しかし、道路トンネルの経年劣化に伴う覆工コンクリートの変状発生や内装工自身の劣化によって内装板がはく離やはく落する問題が生じている。2002年には首都高速道路八重洲トンネルにおいてタイルのはく離が発生し、路面に落下したタイルに接触した通行車両数台がパンクした被害が報告されている²⁾。

とくに、直張りタイルのはく離、はく落の変状原因は、接着不良等による付着力の不足が考えられる。また、覆工コンクリートの代表的な変状であるひび割れやそれに伴う漏水がタイルの損傷に大きく影響する³⁾。

そこで、本研究では、トンネル内装工の一つである直張りタイルに着目し、直張りタイル背面の覆工コンクリートのひび割れが、直張りタイルの破断やはく離・はく落に及ぼす影響について検討した。すなわち、基礎的な

引張実験および付着実験を行うことで直張りタイル施工時の表面処理の影響ならびに直張りタイルの張付け位置と覆工コンクリートのひび割れ発生位置の関係がタイルの損傷に及ぼす影響を確認した。

2. 供試体の作製の概要

トンネル覆工に生じるひび割れが、直張りタイルに及ぼす影響を把握するため、覆工コンクリートを模擬した角柱供試体の両側面(2面)にタイルを張り付けて、引張実験を行った。

(1) トンネル覆工を模擬した角柱供試体

トンネル覆工コンクリートを模擬した角柱供試体は、表-1に示す配合で作製した。

表-1 コンクリート配合

W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	Ad
56	48.9	175	313	876	922	4.07

キーワード：道路トンネル、内装板、直張りタイル、メンテナンス

¹非会員 中日本高速道路(株) Central Nippon Expressway Company Ltd.

²非会員 金沢工業大学大学院 Graduate school of Kanazawa Institute of Technology.(E-mail:b6800587@planet.kanazawa-it.ac.jp)

³正会員 (株)デーロス・ジャパン Deros Japan Co.Ltd.

⁴正会員 金沢工業大学 Kanazawa Institute of Technology.

表-2 および図-1 に供試体の概要を示す。角柱供試体の寸法は、 $100 \times 100 \times 200\text{mm}$ である。また、角柱供試体の長手方向には、引張実験の治具として中央から長さ 350mm の異形棒鋼(SD295A, D13)を 150mm の深さで埋設した。材齢 3 日後に脱型し、その後約 1 ヶ月程度の室内気中養生を行い、角柱供試体を作製した。

(2) タイルの張付け

タイルの張付け面の表面処理は、無処理とサンダーケレンの 2 種類とした。サンダーケレンによる表面処理深さは 0.5mm 程度とした。

角柱供試体の 2 体を突き合わせ、その突合せ面を覆工コンクリートに生じるひび割れ面に模擬した。その突合せ面を基準に角柱供試体の表面処理を施した両側面(2 面)にタイルを張付けた(図-1)。タイルは、トンネル内装の直張りタイルとして用いられるセラミック製タイル(寸法： $100 \times 200 \times 10\text{mm}$)である。タイルの張付け位置は、図-1 に示すように、コンクリートのひび割れ位置がタイルの損傷に及ぼす影響を把握するため、突合せ面がタイルの中央($1/2L$)、片側($1/4L$)および端部($1/8L$)となるように張り付けた。また、突合せ面がタイルの中央($1/2L$)のケースでは、張付け不良を模擬し、タイルの中央部にビニールテープ(寸法： $60 \times 50\text{mm}$)を貼付した供試体も作製した。

タイルの張付けには 2 液混合型エポキシ樹脂接着剤を用いた。エポキシ樹脂をタイル張付け面に均一になるように平らに塗布後、30 分以内にタイルを張り込みながら十分に圧着させる方法により張り付けた。その後、1 ヶ月程度の室内気中養生を施した。

表-2 供試体の概要

供試体名	表面処理	欠陥	タイルの張付け位置
SNC	有	無	中央($1/2L$)
SNM			片側($1/4L$)
SNS			端部($1/8L$)
NNC	無	無	中央($1/2L$)
NNM			片側($1/4L$)
SKC	有	有	中央($1/2L$)
NKC	無		中央($1/2L$)

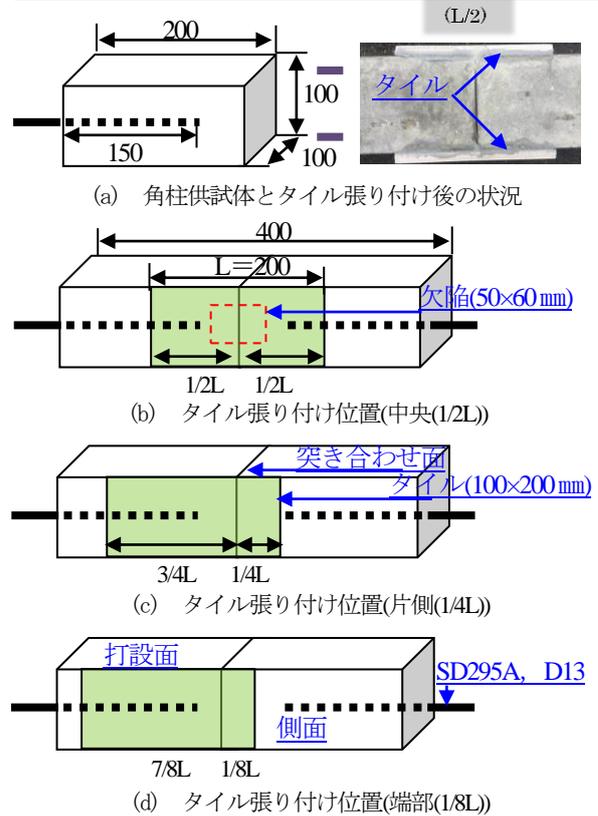


図-1 供試体の概要

3. 実験概要

(1) 引張実験

引張実験には油圧式万能試験機を用いた。载荷は写真-1 に示すように、突合せ角柱供試体の両端部の異形棒鋼を把持し、引張力を作用させた。引張荷重はロードセルにより検出した。なお、タイルを張付けてない側面(2 面)の突合せ部には、切欠き(長さ $30\text{mm} \times$ 深さ 5mm)を入れてクリップ型変位計を設置し、引張開口変位を測定した。

(2) 付着実験

直張りタイルの背面の覆工コンクリートに生じるひび割れ挙動が、直張りタイルの付着性状に及ぼす影響を把握するため、建研式付着試験器を用いてタイルの付着実験を行った。付着実験は、引張実験後の角柱供試体のタイル面に付着実験用治具を張り付けて行った。また、治

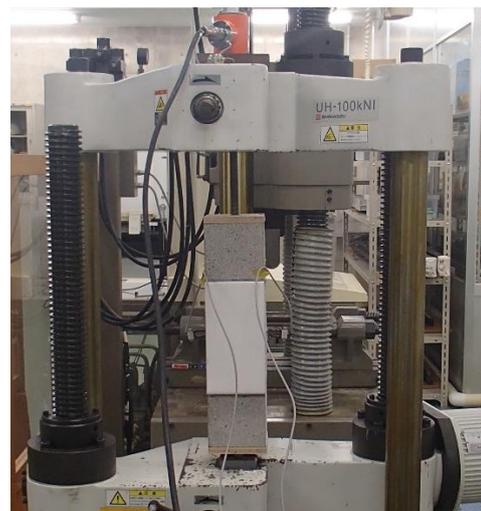


写真-1 引張実験の状況

具の側面に沿って切欠きを入れ、治具を引っ張ることで付着実験を行った。なお、比較のために、引張実験を行っていない供試体についても付着実験を実施した。

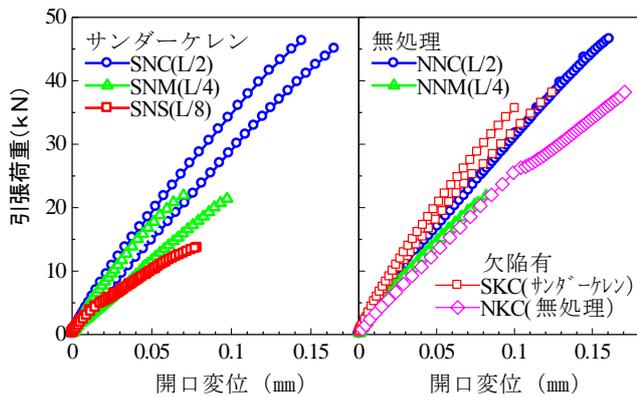


図-2 引張実験による引張荷重と開口変位の関係

4. 実験結果

(1) 引張実験の結果

引張実験から得られた引張荷重と開口変位との関係を図-2に示す。また、引張実験後の供試体の状況を写真-2に示す。引張荷重とひび割れ部の開口変位との関係を見ると、表面処理の有無に関わらず、引張荷重と開口変位の関係はほぼ同じであった。しかし、角柱供試体の突合せ面、すなわちタイル背面の模擬ひび割れが発生する位置がタイル中央から端部側に近づくほど、最大荷重が低下するとともに最大荷重時における変位も若干大きくなる傾向を示した。また、張付け不良を模擬してタイル付着面内にビニールテープにより欠陥部を設けたケースも、欠陥なしの供試体に比べて最大荷重が2割程度低下する結果となった。以上より、直張りタイルの背部のひび割れ発生位置がタイルの中央に近く、タイルの付着状況が良好であるほど、タイルの破断ならびにはく離応力も大きくなることが想定できる。一方、供試体の破壊傾向をみると、表面処理の有無による破断状況の違いはほとんど見られない結果であった。

タイルの張付け位置の影響をみると、タイルの中央が角柱供試体の突合せ面になるように配置(1/2L)したケースでは、突合せ面でタイルが破断する結果であった。また、ビニールテープにより欠陥部を設けたケースも、同様であった。一方、タイルの張付け位置が片側(1/4L)や端部(1/8L)のケースでは、突合せ面からずれた位置でタイルがはく離や破断を起こしたり、母材となるコンクリートが破断した。以上より、直張りタイルの背部にひび割れが発生する場合、ひび割れ発生位置がタイル中央付近では、ひび割れ上でタイルが破断する可能性が高く、ひび割れ発生位置がタイル端部に近づくほど端部側におけるタイルがはく離する可能性が高いことが予測できる。

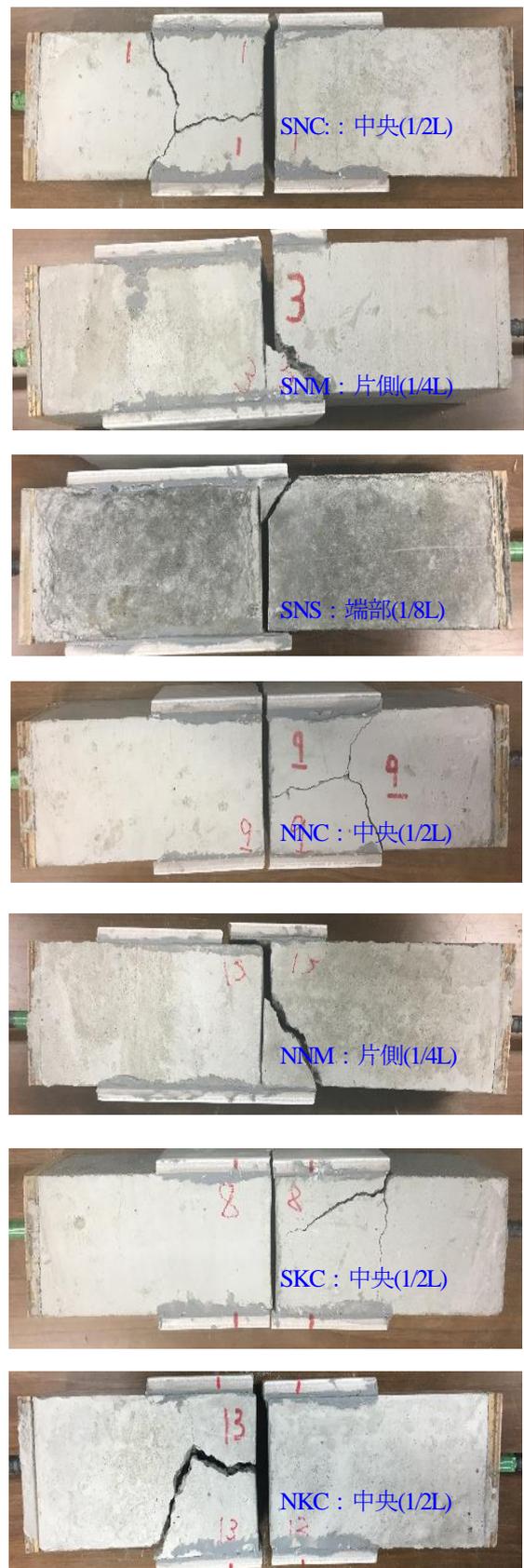


写真-2 引張実験後の供試体の破壊状況

(2) 付着実験の結果

付着実験結果を表-3および写真-3に示す。付着実験箇所ごとの付着強度のバラツキは $2.2 \pm 1\text{N/mm}^2$ 程度であった。すべての付着実験箇所における破壊位置がタイル下面の母材コンクリートで生じたため、コンクリートの付着強度のバラツキによるものと考えられる。実験では、表面処理なしのケースにおいても、サンダーケレンによる処理面と同程度の付着性状が確保できている。本来、表面処理の影響は付着強度に大きく影響するものと考えられるが、本実験では、その影響が認められなかった。

以上より、覆工コンクリートのひび割れに伴って直張りタイルに破断が生じる場合、破断後のタイルの付着面性状は、付着面が半分以上残存すれば、ひび割れによるタイルの付着強度の低下はほとんどないと推定できる。一方で、張付け施工時のタイルの付着強度が不十分で、長期的な経年劣化等が予想される場合には、十分検討が必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究によって得られた知見をまとめると以下のとおりである。

(1) 引張実験

- ・ 表面処理の有無は、その状況によって引張強度に大きく影響しない可能性がある。
- ・ 破壊荷重と開口変位の関係は、タイルの張付け位置が影響を及ぼす。
- ・ タイルの張付け位置と覆工コンクリートのひび割れ発生位置の相違によってタイルの破断状況は異なる。
- ・ タイルの張付け位置が 1/2L から 1/8L に近づくほど最大荷重が低下する。
- ・ 欠陥を有する供試体では、同条件の欠陥を設けていない供試体と比較して、破壊傾向はほぼ同様であるが、最大荷重は2割程小さい結果となった。

(2) 付着実験

- ・ 表面処理の有無が付着強度に及ぼす影響が小さい可能性がある。
- ・ すべての供試体において、破壊位置は母材となるコンクリート内部であった。

本実験では、覆工コンクリートのひび割れが直張りタイルの損傷に及ぼす影響を検討した。本実験で考慮した模擬ひび割れは、タイルの張付け方向と直行するケースのみである。したがって、斜めにひび割れが生じる場合も検討する必要がある。

また、直張りタイルのうき・はく落・はく離は、接着

表-3 破壊位置と付着強度

供試体名	破壊位置	付着強度(N/mm ²)
SNC	母材	2.81
SNM		2.71
NNC		2.61
NNM		2.84
処理有		2.35
処理無		1.73

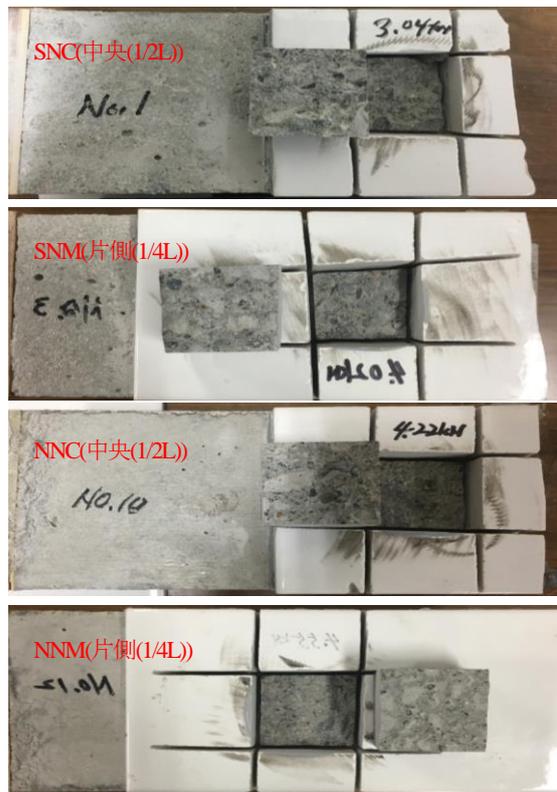


写真-3 付着実験後の供試体破壊状況

剤の経年劣化による付着強度の低下が影響する報告もある³⁾ことから、接着剤の経年劣化についても検討する必要がある。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説、p.151, 2003.
- 2) 首都高速道路公団：首都高速道路の八重洲トンネルタイル剥離事故における事故原因調査結果について、http://www.higashi-nagasaki.com/d_b2003/doro2003/305r052-12.pdf(2018/06/20参照).
- 3) 国土交通省 北陸地方整備局：トンネル内装板に関する検討会、第2回検討会資料、<http://www.hnr.mlit.go.jp/hokugi/file/mijika/kentousiryou2.pdf>(2018/07/10参照).