

シールドトンネル補強用更生管の仕様に関する基礎的研究 Basic study on specifications of rehabilitation pipes for reinforced shield tunnel

熊谷組 正会員 ○緒方 明彦 早稲田大学 学生会員 唐 懿
建設技術研究所 正会員 白井 佑季 早稲田大学 正会員 岩波 基

1. はじめに

電気、通信系の洞道のうちシールド工法によって構築されたトンネルでも臨海部で長期にわたって供用されたものに補強を行う事例が出てきている。そこで、本研究では、電気、通信系のシールドトンネルにおいて比較的多い外径 3000mm 程度のものを、高性能繊維補強モルタル（以後、HPFRM と称す）によって構築した更生管で補強した場合について、上載荷重と推進工法を想定した荷重条件について試算を行い、HPFRM の更生管材料としての適応性を検討するものである。今回は一軸圧縮と分布荷重の場合について検討した。

2. 解析

解析対象は既設管の呼び径が 3350mm のシールドトンネルである。実際のヒューム管では螺旋鉄筋を配置されているが、解析では同じ断面積の異形鉄筋と仮定した。ヒューム管と更生管の構造寸法を表 1 に示す。また、解析モデルの構造概要を図 1 に示す。

表 1 解析対象寸法

構造条件	
既設管直径 (m)	3.350
既設管厚さ (m)	0.225
既設管内径 (m)	2.900
プロファイル (m) 更生管に含む	0.005
鉄筋径 (mm)	16.0
ピッチ (mm)	150.0
かぶり (mm)	30.0

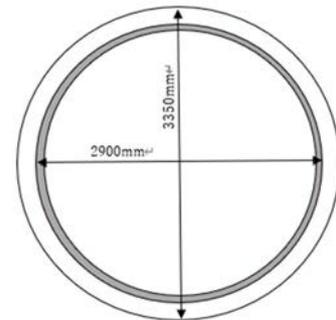


図 1 構造概要

既設管と更生管の材料の物性値は事前に行った試験と解析例の物性値を参考にした。HPFRM の物性値は塩永の博士論文を参考にして定めた¹⁾。ここで、各材料の物性値を表 2 に示す。

表 2 材料の物性値

材料の物性値		弾性係数 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮強度解析換 算 (/係数 0.85)	引張強度 (N/mm ²)	ポアソン 比
既設管	コンクリート	33000	42	49.41	4.00	0.2
更生管	HPFRM(塩永)	40000	115	135.294	6.00	0.2

複合管には通常的设计土圧として、通常通り鉛直土圧と水平土圧を考慮する。なお、静止土圧係数は 0.75 とした。荷重図を図 2 に示す。解析に用いた荷重値を表 3 に示す。この荷重を破壊まで増加させた²⁾。

表 3 分布荷重数値

鉛直分布荷重	18KPa/step
水平分布荷重	13.5~16.58KPa/step

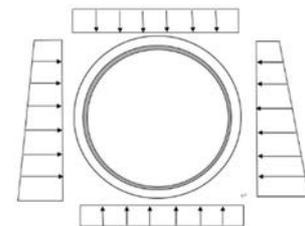


図 2 構造概要

キーワード 更生管, インターフェイス, HPFRM, 一軸圧縮, 分布荷重

連絡先 〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-4-1 西早稲田キャンパスの 51 号館 16 階 08 室 TEL 03-5286-3402

3. 解析結果

鉛直半径方向の変位量とし、一軸圧縮試験における更生管 40mm がある場合とない場合を比較した降伏強度と最大強度を表 4 に、分布荷重に対する更生管厚さを 40mm~160mm の降伏強度と最大強度を表 4 にまとめた。

表 4 一軸圧縮解析結果

	既設管	複合管	複合管(インターフェイス有り)
降伏強度 (MN)	0.325	0.417	0.345
降伏強度時変位 (m)	0.025	0.030	0.025
最大強度 (MN)	0.834	0.860	0.820
最大強度時変位 (m)	0.150	0.130	0.130

表 5 分布荷重解析結果(標注しない場合はインターフェイスあり)

更生管厚さ	既設管(更生管なし)	40mm(インターフェイスなし)	40mm	70mm	100mm	130mm	160mm
最大強度 (MPa)	2.124	3.888	2.268	2.646	2.952	3.402	4.032
最大強度時変位 (m)	0.016	0.018	0.019	0.022	0.022	0.021	0.019

インターフェイス無しの複合管の終局限界状態の応力コンター図を図 3 に示す。インターフェイスありの場合、更生管厚さ 40mm と 160mm のモデルの終局限界状態の図を図 4、図 5 に示す。

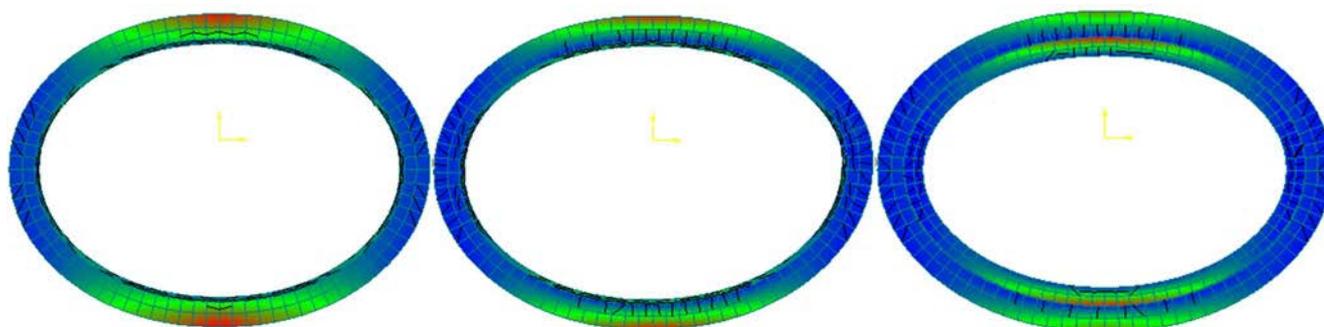


図 3 複合管(インターフェイスなし)

図 4 更生管厚さ 40 mm

図 5 更生管厚さ 160 mm

4. 結論

表 4 を見てわかるように HPRFM の更生管で補強することによる降伏強度の増加を確認することができた。また、インターフェイスの有無で比較してみると、降伏強度および最大強度に関してインターフェイスを設置したモデルのほうが劣ることが分かった。また、降伏強度時、最大強度時の変位は大きな差異は見られなかった。

表 5 を見ると、既設管のみとインターフェイス無しの複合管の結果を比較してみると、HPRFM 更生管によって補強した場合、最大強度が約 1.8 倍になった。それに対して、最大荷重時の変位に差異はほとんどなかった。また、インターフェイスを設置した複合管について考えると、インターフェイスを設置しなかった時と比べて、最大荷重が約 0.6 倍になった。インターフェイスを設置した複合管の更生管厚さを 30 mm ずつ増加させていった結果、各段階で約 1.1~1.2 倍の最大強度の増加がみられた。しかし、インターフェイスが無い時と同様に、最大強度時変位の大きな差異は見られなかった。

実際の複合管においてインターフェイス無のような補強効果があれば更生管厚さ 40mm で十分であるが、既設管と複合管の一体化十分ではない場合には、複合管厚さが 130mm~160mm 程度必要な可能性がある。

参考文献

- 1) 塩永亮介：高性能繊維補強モルタルを適用した鉄筋コンクリート部材の引張り特性に関する研究，早稲田大学博士論文，2019
- 2) 日本管路更生工法品質確保協会：管路更生工法施工管理マニュアル，2017