

Ⅲ－B157

FRP-Key 継手の開発（1）

－ FRP-Key 継手の概要 －

東京電力㈱ 正会員 花見 和則*¹
 東京電力㈱ 正会員 川村 祥二*¹
 佐藤工業㈱ 正会員 原園 誠*²
 佐藤工業㈱ 正会員 木村 定雄*²

1. はじめに

近年，シールドトンネルのセグメントにおいては，新しい継手の技術開発やその実用化が多種報告されている．筆者らは，トンネルの深層化に伴って比較的硬質地盤での施工が多くなることを考慮し，自立性の高い地盤において導入が進められている「ほぞ付きセグメント」を基本に，さらなる合理化を目指してFRP(Fiber Reinforced Plastics)を用いた新型継手(FRP-Key 継手)を開発した．本報告は，FRPの継手材料としての適性および基本的特性について述べるものである．

2. FRP-Key 継手の概要

ほぞ付きセグメントは，リング継手に凹凸のほぞを設け，セグメントピース間はコンクリートの突合せ構造とすることにより，継手金物を省略して継手の簡素化を図っているが，継手の凸部を機械加工によって形成するため型枠製作費が増大する等，改善の余地が残されている．

今回開発した継手は，写真1に示すとおり凸部としてリング間およびセグメントピース間にFRPを用いたKey部材を埋

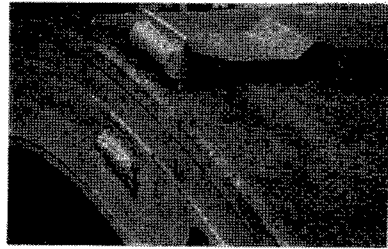


写真1 FRP-Key 継手の概要

表1 継手材料の比較

材 料	材 質	F R P 材		鋼 材	ステンレス材	備 考
		熱硬化樹脂	熱可塑樹脂	(SS400)	(SUS304)	
比較項目	せん断強度	45	80	140	120	(単位：N/mm ²)
	引張強度	30	160	240	210	
	圧縮弾性係数	1.4×10^4	1.0×10^3	2.1×10^5	2.1×10^5	
	引張弾性係数	6.0×10^3	3.2×10^3	2.1×10^5	2.1×10^5	
1. 長期耐久性 (強度・弾性係数の保持率・1年間浸漬)	酸	○ (89%)	× (35%)	×	×	(pH=1) H ₂ SO ₄ 20% (23℃)
	アルカリ	○ (79%)	○ (87%)	○ (100%)	○ (80~100%)	(pH=14) NaOH 5% (23℃)
	塩水	○ (81%)	○ (73%)	×	○ (100%)	NaCl 20% (70℃)
2. 製作性		○	○	△	△	・FRP材は機械加工が容易
3. Keyとしたときの緩衝性		○	○	×	×	・圧縮弾性係数がコンクリートより小さいこと
4. 耐火性		○	○	○	○	・FRPは難燃材料 (防災2級)
総 合 評 価		○	×	×	×	

キーワード：シールドトンネル，セグメント，FRP，耐久性，耐熱性

連絡先：*1: 〒100-0011 東京都千代田区 内幸町 1-1-3 Tel:03-3501-8111 Fax:03-3596-8546

*2: 〒103-8639 東京都中央区 日本橋本町 4-12-20 Tel:03-3661-4794 Fax:03-3668-9484

め込み、コンクリートの凹部と嵌合する構造としており、リング間の FRP-Key は組立時の調芯機能とせん断力を伝達する機能、またセグメントピース間のそれは組立時の調芯機能を持たせている。この FRP-Key は型枠に設置してセグメント本体と一体成形できることから型枠加工量が低減できる。

継手材料の比較は表 1 に示すとおりであり、FRP は他の材料に比べて Key 部材として適していることがわかる。特に FRP の圧縮弾性係数はコンクリートの 1/3 程度と小さいことから、FRP がコンクリートと接触した場合でも緩衝効果が発揮され、コンクリートの欠損を防ぐことが可能である。このため、Key 部材の形状も半円形として確実に嵌合させることとした。

なお、組立時の真円を保持する観点からセグメントピース間およびリング間とも斜めボルトを併用する。

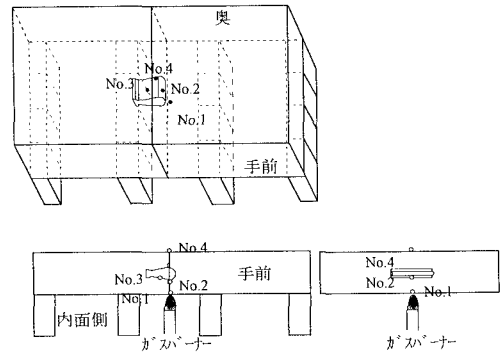


図 1 加熱試験の概要

3. FRP の熱特性

セグメントの継手材料に選定した FRP は、ビニルエステル樹脂(熱硬化樹脂)を母材としガラス繊維により補強した防炎 2 級の難燃材料であるが、今回構造用材料として適用することから耐熱特性についてさらに検討を加えた。本検討はトンネル坑内の火災を想定し、図 1 に示す加熱試験²⁾により継手中の FRP の温度上昇量を把握するとともに、FRP の熱による強度低下等を確認したものである。なお、継手部の平均目開き量は 2mm に設定した。

温度の測定結果は図 2 に示すとおりであるが、12 時間の加熱(セグメント内面は 900℃)により FRP-Key 部付近は 160℃程度まで温度が上昇し、ほぼ定常状態となった。

一方、FRP-Key 単体を 160℃で 12 時間加熱し、その後常温まで自然冷却した時のせん断強度および圧縮弾性係数の保持率(常温に対する比率)を求めたが、それらの値はそれぞれ 100%および 70%であり、熱による材料特性の低下はほとんど考慮する必要がないものと判断された。なお、160℃の状態におけるせん断強度および圧縮弾性係数の保持率は両者ともに 40%程度であるが、圧縮弾性係数の低下により断面力算定から得られる設計せん断力も小さくなり、継手の安全性が確保できることを確認している。

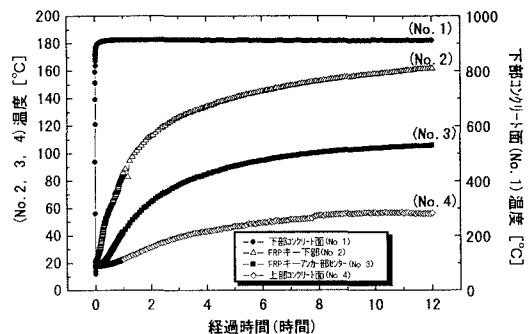


図 2 温度測定の結果

4. おわりに

セグメントにおける合理的な新型継手の開発を目指し、FRP-Key 継手の適性および FRP の諸特性の検討を行った。その結果、ビニルエステル系樹脂を母材とする FRP は、セグメントの継手材料として十分に適用可能であることが確認できた。

【参考文献】1) 平出, 福島: ホゾ付きセグメントの性能確認実験, トンネルと地下, Vol. 25, No. 10, 1994. 10.

2) 日本工業規格: JIS K 6911 『熱硬化プラスチック一般試験方法』