

JR 東日本 正会員 森山智明 正会員 清水 満
正会員 齋藤 貴 正会員 太田 健

1. はじめに

インバートコンクリートの未施工の鉄道トンネルにおいて、列車走行に伴う振動により路盤コンクリート付近から土砂を伴った地下水の噴出現象が生じ、保守において問題となることがある。この噴泥対策として、りょう盤の下に場所打ち杭を施工し、スラブ軌道を桁構造とした構造形式^{1),2)}(図-1参照)の検討を行っている。杭は、直径 18cm と小さいため、拡幅部に鉄筋を配置することは困難なことから、施工性を考慮しスチールファイバーコンクリート(以下 SFRC)を使用する。杭頭の拡幅部には、上部荷重をりょう盤を介し杭に伝達するためせん断力が作用する。今回、杭拡幅部のせん断耐力を確認するため、実物大のせん断試験を行った。

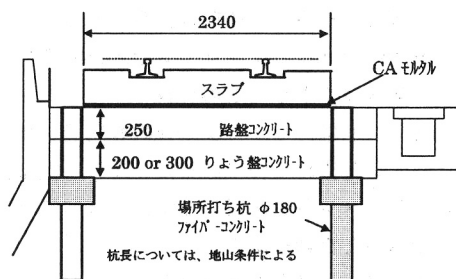


図-1 スラブ支持方式概要

2. せん断試験

1)試験概要

杭拡幅部には、りょう盤を介し図-2 に示すせん断力が作用する。せん断試験は、図-2 に示すように拡幅部を長方形の鋼板により載荷を行う線載荷と拡幅部をドーナツ状の鋼板により載荷を行う円載荷の2パターンについて行った。

試験体は、内径(杭径)φ150mm(No.17.18 はφ180mm)、拡幅部は内径+50mm、拡幅部高さ d=150~200mm で行った。スチールファイバーは、長さ 30mm、Φ0.6mm のものを用い、混入率は全て1%と一定とした。これは、SFRC の流動性等の施工性を考慮したためである。コンクリート強度を 190kN~425kN と変化させ試験を行った。今回用いたコンクリートの配合例を表-1 に示す。

2)試験結果

直線載荷時の試験体の破壊状況を写真-1 に示す。ひび割れは、載荷盤内側から縦方向に一面せん断状に発生している。図-3 に直線載荷時の荷重と載荷面の鉛直変位の関係を示す。200kN 付

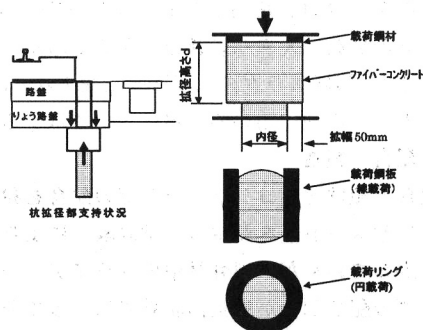


図-2 せん断試験概要

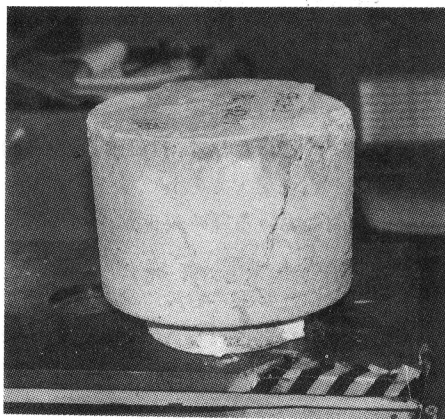


写真-1 試験体破壊状況(直線載荷)

表-1 配合例

W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					流動化 剤(%)	混和剤 (kg/m ³)
		セメント	水	細骨材	粗骨材	鋼繊維		
55	60	458	252	853	606	78.5	3	2.31

キーワード：せん断 スチールファイバーコンクリート 噴泥 鉄道

連絡先：東京都渋谷区代々木 2-2-2 JR 東日本 建設工事事務局技術センター TEL 03-5334-1288 FAX 03-5334-1289

近でひび割れが発生し、最大耐力以降もスチールファイバーによる効果のため急激な耐力の低下には至っていない。せん断ひび割れ幅が大きくなっても、最大耐力の 1/2 程度の強度を有している。

3. せん断耐力の算定

せん断試験結果の一覧を表-2 に示す。せん断耐力算定式として、式(1)に示すように棒部材のせん断耐力式と同様の形とし、抵抗するせん断面積として線载荷は $b \cdot d$ 、円载荷は円筒形と考え、コンクリート強度の 1/3 乗に比例し、高さ d の 1/4 乗に反比例するとした。拡幅した杭の上には、りょう盤コンクリートがリング状に載るが、設計には安全側を考え、軌道側拡幅部に線载荷された場合を考慮することとした。今回の線载荷の試験結果より、係数を求めると式(1)が得られる。

$$V_{sd}=148\beta_d f_{cd}^{1/3} b \cdot d / \gamma_b \qquad \cdots(1)$$

ここで $\beta_d=100/d^{1/4}$

f_{cd} :コンクリートの圧縮強度(N/mm²)

b :幅(cm)

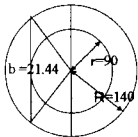
d :高さ(cm)

γ_b :部材係数

実験結果と計算値の比較を図-4 に示す。変動係数 8.6%と良く一致している。算定式の係数は、線载荷のデータで決めているため円载荷の結果は計算値より若干高い値となっている。高さ d の 1/4 乗に反比例させる補正は、高さ $d=150\sim 200\text{mm}$ と限られた範囲ではあるが、補正を行った場合の方が計算値に対する相関は良かった。このことから、SFRC においても、スチールファイバーの混入率が 1%と一定である場合、式(1)でせん断耐力を評価できることがわかる。

今回、コンクリートの設計基準強度 $f_{cd}=240\text{kgf/cm}^2$ とし、拡幅部のせん断耐力を計算すると $V_{sd}=210\text{kN}$ となり、杭 1 本当たり作用する設計せん断力 $V_d=127\text{kN}$ を上回り、50mm 程度の拡幅で計算すると以下のように設計荷重に対し安全であることが確認された。

$$\begin{aligned} V_{sd} &= 148\beta_d f_{cd}^{1/3} b \cdot d / \gamma_b \\ &= 148 \cdot 1.496 \cdot 240^{1/3} \cdot 21.4 \cdot 20.0 / 1.3 \\ &= 210\text{kN} > V_d=127\text{kN} \end{aligned}$$



4. まとめ

今回のせん断試験により、ファイバーコンクリートを用いた拡幅部のせん断耐力が算定でき、小径杭による支持方式とした時の杭拡幅部のせん断力に対する安全性が確認できた。

参考文献

- 1) 清水, 永谷:鉄道トンネルにおける噴泥対策工法の開発, 第 33 回地盤工学研究発表会 1998. 7
- 2) 富田, 清水, 森山, 齋藤:噴泥対策に用いる支持杭の動的載荷試験, 第 33 回地盤工学研究発表会 1998. 7

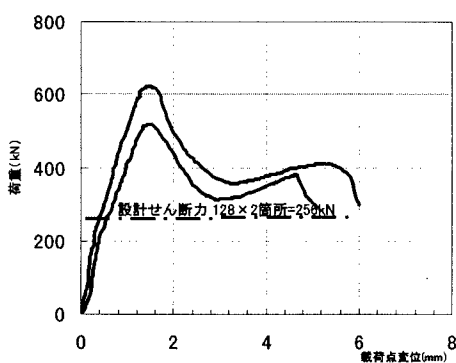


図-3 荷重-変位曲線(No19,20)

表-2 せん断試験結果のまとめ

	形状 d:高さ	載荷 タイプ	圧縮強度 (N/mm ²)	最大耐力 (kN)	平均 (kN)	計算値 (kN)	Vexp /Vcal
1	d=150	円	42.5	548.8	619.7	580.8	0.94
2				635.0		580.8	1.09
3				776.2		689.3	1.13
4	d=200	円	37.2	800.7	788.4	689.3	1.16
5				655.0		551.1	1.19
6	d=200	円	19.0	712.3	683.6	551.1	1.29
7				675.2		551.1	1.23
8	d=150	直線	38.4	460.8	474.3	476.6	0.97
9				488.0		476.6	1.02
10	d=200	直線	42.4	611.5	597.3	611.3	1.00
11				583.1		611.3	0.95
12				583.1		585.3	1.00
13	d=200	直線	37.2	563.5	597.1	585.3	0.96
14				644.8		585.3	1.10
15	d=200	直線	19.0	482.2	460.1	467.8	1.03
16				438.1		467.8	0.94
17	d=200	直線	39.3	521.0	578.0	639.1	0.82
18	(外径280)			635.0		639.1	0.99
19				619.1		551.0	1.12
20	d=200	直線	31.1	608.6	616.6	551.0	1.10
21				622.3		551.0	1.13
						平均	1.01
						変動係数	0.086

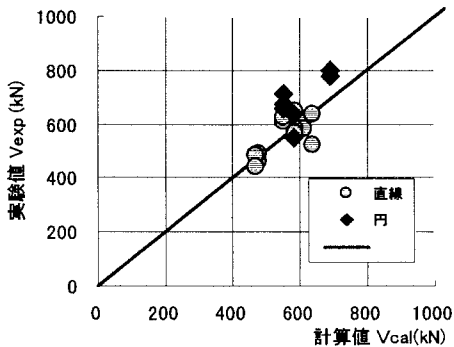


図-4 算定式の比較