

FRP 製格子状パネルののり面工への適用に関する検討

ダイクレ 正会員 ○鈴木 清
 ダイクレ 濱田 卓嗣
 ダイクレ 立花 久嗣
 ダイクレ 小路 正樹

1. まえがき

切土のり面の補強工法の一つである切土補強土工法では、その補強効果を高め、のり面全体の安定性を向上させる目的で「のり面工」が使用されている。一方、景観性向上と CO₂ 削減を目的として、近年切土のり面の全面緑化が要求される傾向にあり、のり面工として「植生工」が多く採用されている。「植生工」は単独ではのり面全体の安定性を向上させる「のり面工」としての効果が乏しく、のり枠工に代表される構造物の「のり面工」と「植生工」を併用すると、全面緑化が困難になるという問題が生じてくる。これを解決するため、切土のり面の補強効果を高め、のり面全体の安定性を向上し、かつ全面緑化が可能な軽量の FRP 製格子状パネル(図1)を開発し、「のり面工」への適用性の検討を行った。

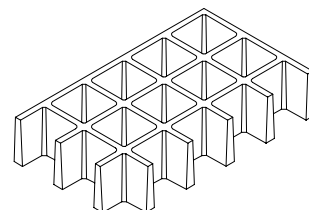


図1. FRP 製格子状パネル

2. のり面工としての格子状パネルの強度

のり面工への作用力は、図2に示すようにのり面工と補強材の結合部に作用する補強材引張り力[T_0]と反力としての地盤反力[p]であり¹⁾、格子状パネルもこの力に十分耐えうることが要求される。

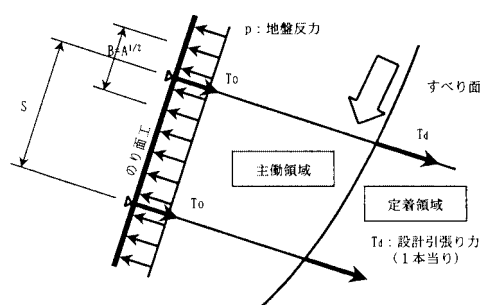


図2. のり面工の作用力

そこで、図3に示すように実際の地山でのり面工に格子状パネルを、補強材に PC 鋼棒(グラウンドアンカー)を用いて、強度確認試験を行った。ここで、補強材引張り力[T_0]は補強材に導入した軸力とし、のり面工上部に設置したジャッキより検出した。载荷には 300kN 油圧ジャッキを、格子状パネル(967×967×40mm)と補強材の結合には、支圧プレート(□150/150mm)とナットを使用した。

格子状パネルは、連続ガラス長繊維を使用した FRP 製であり、その破壊は、ガラス繊維の破断開始からすべての繊維が破断するまで変形を伴いながら進行する。図4に示すとおり载荷荷重は、ガラス繊維の破断開始までは直線的に上昇する。しかし、一旦破断が始まると、荷重の上昇が不安定になるが、その後地盤と支圧プレート間の圧縮により、荷重は更に上昇を続ける。そこで、ガラス繊維が破断し始めた荷重を限界強度と設定した。限界強度試験結果を表1に示す。

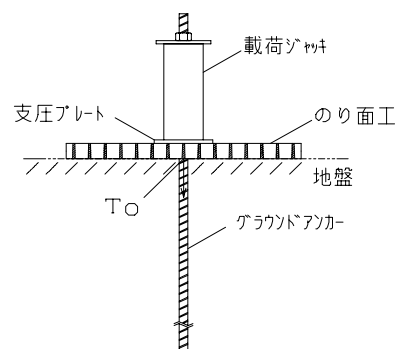


図3. 载荷要領

表1. 格子状パネルの限界強度確認試験結果

供試体 No	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	最低値
限界強度 [kN]	178	184	160	173	165	162	160	167	160

格子状パネルに作用する補強材引張り力[T_0]は限界強度を安全率で除した値とし、安全率は、文献²⁾に準拠し、材料特性のバラツキを考慮して『1.3』と設定した。

これより、格子状パネルの[T_0]は、表1の最低値「160kN」に対し、安全率「1.3」で除して【123kN】となる。

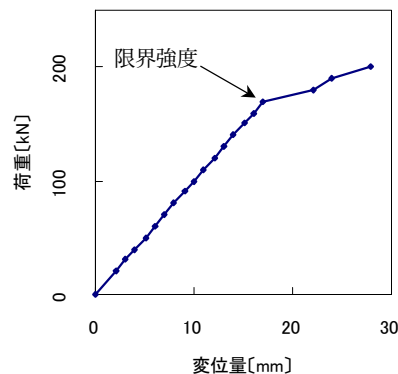


図4. 荷重-変位模式図

キーワード 補強工法

連絡先 〒737-8513 広島県呉市築地町1-24 (株)ダイクレ技術本部 TEL: 0823-22-4966

3. のり面工低減係数 ($\mu = T_o / T_{max}$)

補強材と結合されたのり面工は、のり面の安定性に対して独立に作用するのではなく、補強材との相互作用によってその作用効果も変化するとされ、のり面工に作用する補強材引張り力 $[T_o]$ に関わる係数 $[\mu]$ (のり面工低減係数) $= T_o / T_{max}$ と補強材およびのり面工の諸元に関わる係数 $[f_a]$ (のり面工係数) には相関関係があるとされている¹⁾。そこで、格子状パネルをのり面工として設計する場合、必要とされるのり面工低減係数 $[\mu]$ について検討した。ここで、 $[T_o]$ は前述の通りで、 $[T_{max}]$ は補強材引張り力の最大値である。この $[T_{max}]$ の算出過程で「定着による極限周面摩擦抵抗値 $[\tau]$ 」が必要となるため、次の要領でこれを求めた。

今回強度確認試験を行った地山に鉄筋を3本挿入し、引抜き試験を行った¹⁾。なお、鉄筋はPC鋼棒D22を使用し、削孔径 $\phi 90\text{mm}$ 、削孔長2.5mとした。その結果、極限周面摩擦抵抗値 $[\tau]$ は『砂礫、N値25程度』の $[0.166 \text{ N/mm}^2]$ が得られた。

次に、今回引抜き試験を行った地盤(極限周面摩擦抵抗値 $[\tau] = 0.166 \text{ N/mm}^2$) を定着層と仮定して、 $[\mu]$ について検討を行った。検討に際し、鉄筋および削孔径をそれぞれ $[SD345, D25]$ 、 $\phi 65\text{mm}$ と仮定し、定着長は一般的に用いられている $2\text{m} \sim 5\text{m}$ までの 0.5m 毎に $[T_{max}]$ を算出し、各々の $[\mu]$ を設定した。その結果を表2に示す。但し、 $\mu \geq 1.0$ の場合は、 $\mu = [1.0]$ とした。

さらに、文献¹⁾に基づき、各種地盤の極限周面摩擦抵抗値 $[\tau]$ より $[\mu]$ の算出を試みた。この場合、削孔径 $\phi 65\text{mm}$ 、 $[SD345, D25]$ を $2 \sim 5\text{m}$ (0.5m ピッチ) 定着した場合における $[T_{max}]$ を求め、 $[\mu]$ を算出した。 $\tau = 0.27 \text{ N/mm}^2$ の砂礫、N値=40の例を表3に示す。

なお、算出に際し、鉄筋の最大引抜き力については、格子状パネルの強度より算出した $[T_o]$ は鋼の弾性域に相当するので、比較する鉄筋 $[SD345, D25]$ についても降伏荷重による値を $[T_{max}]$ として比較するのが妥当であると考え、 $[T_{max}]$ の最大値は、 $[SD345, D25]$ の降伏荷重 $[=175\text{kN}]$ とした。

算出結果より、定着による $[T_{max}]$ が $[降伏荷重: 175\text{kN}]$ を越える場合は、 $[T_{max} = 175\text{kN}]$ として、 $[\mu]$ の最低値は $[0.7]$ であることが確認できた。

また、 $[T_{max}]$ が格子状パネルの設計値である $[123\text{kN}]$ を下回る場合 ($\mu \geq 1.0$ の場合) は、 $\mu = [1.0]$ となり、 $[\mu]$ の最高値は $[1.0]$ であることが確認できた。

4. まとめ

切土のり面の補強工法の一つである切土補強土工法に用いる「のり面工」として、全面緑化が可能な軽量のFRP製格子状パネルを開発し、その適用性について各種試験を実施した。その結果、本試験条件下で以下の結論を得た。

【FRP製格子状パネルは切土補強土工法に用いる「のり面工」として適用可能であり、設計に用いるのり面工低減係数 $[\mu]$ は、『0.7～1.0』である。】

今後は、多くの実施工を通じて、種々の課題の把握と解決を図り、補強工法の一工法として確立したい。最後に、開発に際しご指導頂いた日本道路公団試験研究所 緒方健治室長、佐藤亜樹男研究員、清水建設(株) 宮田和課長代理に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (財)日本道路公団：「切土補強土工法設計・施工要領」 平成10年10月
- 2) (社)強化プラスチック技術協会：「FRP設計便覧」 1984年7月

表2. $[\mu]$ の算出結果

定着長 [m]	T_o [kN]	T_{max} [kN]	のり面工低減係数 [μ]
5.0	123	170	0.72
4.5		153	0.80
4.0		136	0.90
3.5		119	1.0
3.0		102	
2.5		85	
2.0		68	

表3. $[\mu]$ の算出結果
 $\tau = 0.27$, (砂礫, N値=40) の場合

定着長 [m]	T_o [kN]	T_{max} [kN]	のり面工低減係数 [μ]
5.0	123	175	0.70
4.5			
4.0			
3.5			
3.0		165	0.75
2.5		138	0.89
2.0		110	1.0