地山補強土工法の表面工への衝突実験

矢作建設工業㈱ 正会員 ○長沼 明彦 武藤 裕久
矢作建設工業㈱ 神谷 隆 萩野谷 学
㈱テクノサポート 西尾 信行 今井 雅基
名城大学 正会員 小髙 猛司

１．はじめに

PAN WALL 工法は、2～10m 程度の比較的短い補強材を地山に挿入することで、切土法面（地山）および不安定化した斜面の崩壊を防止する地山補強土工法である[1)]。表面工にプレキャストコンクリートパネル（以下、パネル）を使用することにより逆巻きで上から下へ 1 段ごとに法面を仕上げることができるため、施工時の安全性が高い。さらに、近年の大地震においても PAN WALL 自体の変形やパネルの損傷がなく、耐震性が高い工法として道路や河川などで数多く活用されている。表面工の機能は表層の侵食と風化の防止、さらには補強材との相乗効果によって地山の崩壊を防止することである。その一方、道路では車両等、河川では流石や流木といったように計画段階において想定していない飛来物や漂流物の衝突によるパネルの損傷が懸念される。ところが、一般構造物に必要とされる衝突性状を明らかにした衝撃に対する研究は比較的少なく[2)]、PAN WALL 工法のパネルについても同様に衝突性状は未解明な状況にある。

本研究では、実施工された PAN WALL 工法の表面工を対象に振り子形式の衝突実験を実施し、パネルへの衝突に対する損傷状況の確認を行った。

２．実験概要

実験を行った PAN WALL 工法は施工面積 246m^2、最大高さは約 8.4m で法面勾配は鉛直である。衝突載荷は**図 1** に示す振り子装置を用いて行った。この装置は 1 本の PC 鋼棒（φ23mm）を用いて、その先端に**写真 1** に示すような鋼製の剛体を取り付け、振り子状態を形成した。ただし、本実験においては PC 鋼棒の影響は考慮していない。剛体の先端は球面体で、PC 鋼棒の固定端は常に振り子運動が一定になるように加工した治具とクレビス金具を取付けた。実験は落下高さが約 5 m となる水平位置までクレーンによって引き上げた後、振り子運動で実験対象位置に衝突させた。パネルは設計基準強度 35N/mm^2 の RC 構造で、D16@200mm を配筋した厚さ 120mm の構造部と凹凸のある最大厚さ 35mm の模様部によって構成され、パネルの正面中央部はパネルと補強材頭部（D25 ロッド）を座金とナットによって定着し、さらに、その定着部にプレキャストコンクリート製のキャップを装着して保護する形状となっている。定着部とキャップは空隙が生じないように硬練りモルタルを充填し、密着するようにしている。衝突位置はパネル中央のキャップ部とキャップ部周囲の標準部とした。衝突回数は各衝突位置に対して 5 回ずつ繰り返して行った。実験変数は衝突位置、剛体の質量とした。実験ケースを**表 1** に示す。表に示す衝突力は、接触時間を 0.01sec と仮定した場合の推測値である。なお、本実験では衝突によるパネルの損傷状況を把握することを目的としていることから、接触時間は測定していない。

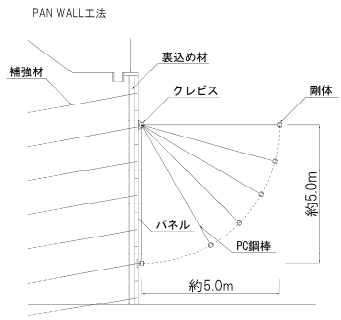
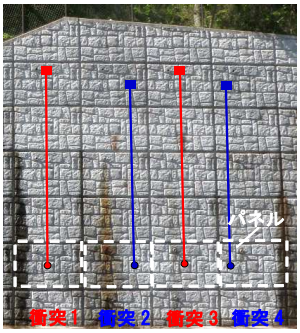


図 1　衝突載荷装置図

写真 1　剛体



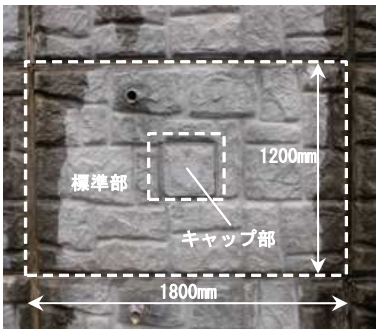


写真 2　パネル衝突位置

表 1　実験ケース

実験ケース	衝突位置	落下高さ (m)	剛体質量 (kg)	接触時間(仮定) (sec)	衝突力(推測) (kN)
衝突1	標準部	4.9	30	0.01	29.4
衝突2	キャップ部	5.2	30		30.3
衝突3	標準部	4.9	70		68.6
衝突4	キャップ部	5.2	70		70.7

表 2　実験結果

実験ケース	衝突位置	衝突回数 (回)	損傷状況	
			表面	内部
衝突1	標準部	5	模様欠損	ひび割れ無し
衝突2	キャップ部		1/2欠損	ひび割れ、定着部の損傷無し
衝突3	標準部		模様欠損	軽微なひび割れ
衝突4	キャップ部		1/2欠損	ひび割れ、定着部の損傷無し

3．実験結果

実験ケースごとのパネルの損傷状況を**表 2** に、最終外観状況を**写真 3** に示す。標準部を対象とした衝突 1 と衝突 3 は、最終外観状況を見るとパネル模様部の凹凸が部分的に欠損し、衝突回数を重ねても欠損範囲は僅かに広がる程度であった。衝突位置周辺にもひび割れは見られず、隣接するパネルとの目地部の縁切れも生じていない。また、剛体質量の大小においても外観上の損傷状況に大きな差異はなかった。次に、衝突後のパネル内部および背面状況を確況認するため、直径 300mm でコア抜き行った（**写真 4**）。コア抜き箇所を観察すると、衝突 1 にひび割れは生じていない。一方、衝突 3 では衝突箇所を起点としたコーン状の押抜きせん断ひび割れが見られた。しかし、ひび割れはパネル前面側のわずかな所で留まり、パネル背面側まで到達していないことから、パネルの性能に影響を与えるものではないと考察される。また、パネル背面と地山との間隙は裏込め材（地山相当以上の強度を有するセメントベントナイト）が密に充填されているが、衝突 1、衝突 3 とも裏込め材にひび割れは生じていない。以上より、剛体質量が大きくなると軽微な押抜きせん断ひび割れは生じるものの、5 回の衝突に対して損傷が致命的とならなかったのは、衝突により凹凸模様が一部欠損している状況から、凹凸模様に衝突力を緩和する効果があるため、パネル本体への影響を比較的最小限に抑制できたものと考察される。

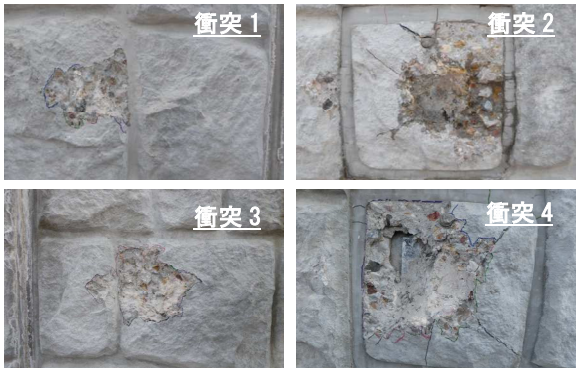


写真 3　最終外観状況

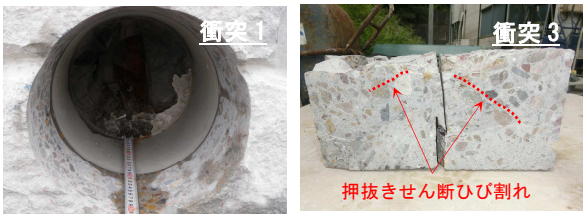


写真 4　コア抜き内部状況

次にキャップ部を対象とした衝突 2 および衝突 4 では、衝突箇所が球状に窪み、衝突回数が増えるごとに表面に放射状のひび割れが生じた。最終的にはキャップの 1/2 程度が欠損したが、脱落することはなく、パネル本体にひび割れや損傷は確認されなかった。また、剛体質量の大小においても標準部と同様に損傷状況に大きな差異はなかった。実験後にキャップをはつり除去したところ、補強材頭部や座金、ナットに変形は見られず、緩みも生じていない状況であった。さらに座金とナットを取り外して観察すると、グラウト材（外径 90mm）は密に充填されており、ひび割れや損傷もなく健全な状態であった。これは標準部と同様にパネル凹凸模様による衝突力を緩和する効果と、さらにキャップ部ではパネルとキャップの二層構造となっていることから、衝突時にキャップが変形することで衝突力を緩和し、パネル本体に伝達される衝突力を低減しているものと考察される。

4．まとめ

実施工された PAN WALL 工法の表面工に対して衝突実験を行い、衝突の影響をパネル表面および内部状況から損傷状況の確認を行った。その結果、本実験の範囲においては、パネルは衝突に対して表面模様部の欠損と軽微な内部ひび割れを伴うものの、構造上問題となるような影響はないことが確認された。今後は、衝突力に対して凹凸模様やキャップ構造の効果について定量的な評価を行い、有効性を検討していく。

【参考文献】1）土木学会：表面工にプレキャストコンクリート板を用いた地山補強土工法（PAN WALL 工法）に関する技術評価，技術推進ライブラリーNo14，2013.11,2）萩野谷学他：剛体の衝突を受ける板・壁部材の局部破壊防止に関する実験的研究,構造工学論文集,Vol.61A,pp859-866,2015.2