

論文 道路拡幅用プレキャスト擁壁工法の現場試験施工

山中 稔^{*1}・荘田 忠彦^{*2}・森本 貴志^{*3}・松島 学^{*4}

要旨：急峻な山岳地形の道路拡幅に適用できる安価な新擁壁工法を開発した。この工法は、下部工、Tブロックおよび上部工の3つの部材からなる擁壁構造物であり、下部と上部にアンカーを設置し構造物の安定性の向上を図っていることが特徴である。現場試験施工での施工時および載荷時の構造物の変位挙動を計測した結果、高い安定性を有していることが実験結果から明らかとなった。

キーワード：道路拡幅、プレキャスト擁壁、Tブロック、現地施工、ロックアンカー

1. はじめに

我が国は急峻な山岳地形を多く有し、道路幅が狭く大型バス等が運行できないような狭隘な道路が未だ数多く残っている。従来の山岳地での道路拡幅工事では、施工時・完成時の斜面安定性、工事の安全性、既存交通の確保、工期の長期化、自然環境の保全等の問題、さらには費用的に多くの問題点を有している。

一方、2003年5月には「地域高規格道路の構造要件の見直し（通知）」が国土交通省より出され、地域に応じた構造基準の見直しとして、1.5車線の道路整備手法の導入のために基準の弾力的な運用¹⁾が行われるようになってきた。1.5車線の道路は、比較的交通量の少ない地方の道路、特に山岳地において有効な工法であると言える。

著者らは、従来の山岳地における道路拡幅工事の問題点を解消する、新しいプレキャスト擁壁工法を開発した。本工法は、(1)現状の交通を継続できる、(2)プレキャストコンクリート製部材を用いることにより施工期間を短縮することを考えた道路拡幅工法である。

本論文では、提案する道路拡幅用プレキャスト擁壁工法の特徴を述べる。さらに、実大構造物の施工実験を行い、施工性の検証と施工時及

び載荷時の安定性を確認するために、変位量などの現場計測を実施した。これらの計測結果から、本工法の有用性を検討するものである。

2. 本工法の特徴

2.1 基本設計の考え方

本工法の模式断面図を図-1に示す。本工法の特徴は、上部工および下部工をじん性のあるアンカーにより定着し、Tブロックとともに地盤を包むように施工することである。Tブロックとは、T字型断面を持つプレキャスト製擁壁ブロックで、図-1に見られるように、これを積み上げることで擁壁面を形成している。上部工は片持ち梁を設置することで、施工範囲を小さくとどめることが可能である。擁壁内の裏込土は、土圧の軽減のために発泡モルタルを採用した。従来の工法と異なり、型枠足場が下部工を除いて不要となり、危険な上下作業が最小となり、安全な施工が可能である。さらに、プレキャスト部材を採用することにより施工期間が従来の工法よりも大幅に短縮でき、経済性にもつながるものである。

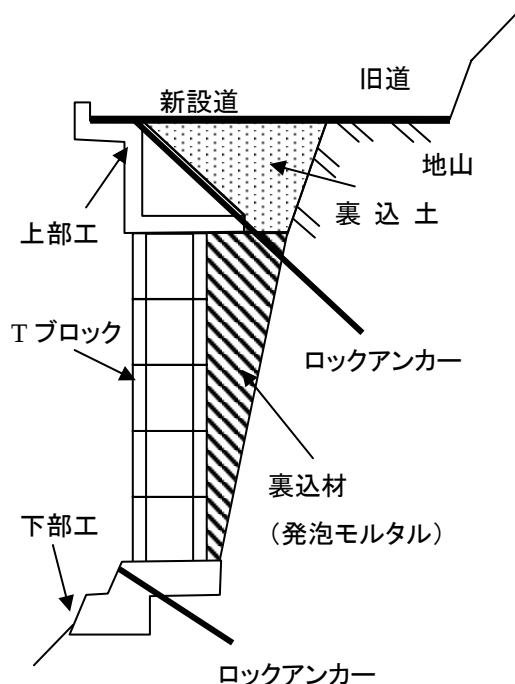
本論文の道路拡幅用プレキャスト擁壁工法は、次の新しい考え方を導入し開発した。

*1 香川大学工学部 安全システム建設工学科助手 博（工）（正会員）

*2 （有）ショウダ 代表取締役（正会員）

*3 （株）四電技術コンサルタント 道路部第一課課長代理

*4 香川大学工学部 安全システム建設工学科教授 工博（正会員）

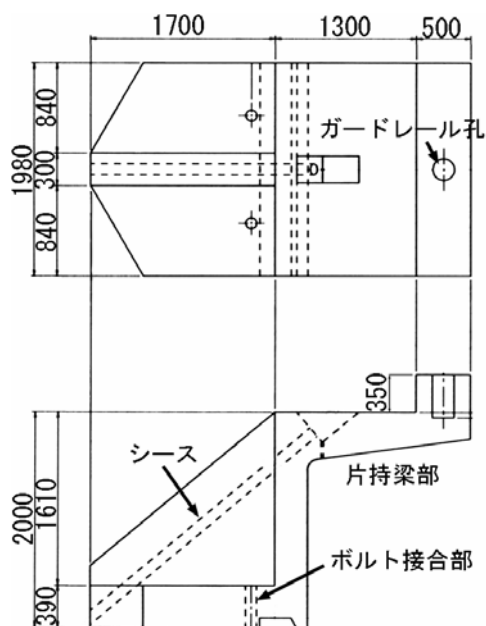


図－１ 道路拡幅用プレキャスト擁壁工法の模式図

- 1) 下部工は現場で施工し、残りのブロックはプレキャスト製品（Tブロック、上部工）とし製品の精度を上げた。山岳地で問題となる岩盤掘削は基部の基礎体のみとすることで、狭隘地での現場作業が最小限となるよう考えた。
- 2) 下部工、Tブロックおよび上部工の3つの構造物を一体化させることで、想定外の荷重が作用した場合でも脆性的な変形を起こさないようにした。さらに、下部工と上部工の安定性のために、アンカーを設置した。
- 3) 上部工は、一部片持梁で突出することで擁壁の施工範囲を小さくすることを考えた。
- 4) 上部工とTブロックとの定着部のせん断は、Tブロックの頭部の頭部断面でせん断力を受け持たせ、引張力に対してはボルト接合とすることで、接合部の荷重伝達を確保した。
- 5) 擁壁内の裏込材は発泡モルタルを用いて、上部のプレキャスト構造物を支持するとともに、重量の軽減をはかった。

3. 施工実験及び載荷実験

3.1 目的



図－２ 上部工

試設計の結果、本工法の構造物は出来上がると安定度の非常に高い構造形式になるが、施工時は不安定であることが判明した。

施工時に、Tブロックと裏込発泡モルタルを設置、打設の繰返しを行う。裏込発泡モルタルがまだ固まらない時には、静水圧としてTブロックに作用するために、Tブロックのはらみ出し（谷側への水平変位の発生）が懸念された。

施工後は、供用開始後最も頻度が発生する自動車荷重に対し、構造物の挙動を予め明らかにしておく必要がある。

そこで、施工実験及び載荷実験を行い、施工時及び供用開始後の構造物の安定性を検討した。

3.2 試験体

(1) 上部工

上部工の形状を図－２に示す。幅2m、高さ2m、奥行き2.5mの片持梁形式である。プレキャスト部材として、4トン車で搬送可能である。

(2) Tブロック

Tブロックは図－３に示すように幅2m、高さ1m、奥行き1mのT字型の断面を持つ部材である。横方向に5個、縦方向に5個積み上げ、擁壁を構築する構造とした。

(3) 裏込発泡モルタル

裏込発泡モルタル²⁾は、単位容積質量 1.2ton/m^3 と軽量であり、圧縮強度は 100kN/m^2 と軟岩程度の強さの材料を選定した。

(4) ロックアンカー

上部工の1ブロック毎に1本設置し、アンカーの緊張定着は設計荷重 190kN/本 とした³⁾。

3.3 計測目的及び計測項目

施工実験および載荷実験時の計測項目と測定機器を表-1に示す。計測機器設置を図-3に示す。Tブロックおよび上部工の水平変位挙動は、図-3(a)のように擁壁全面にひずみゲージ式変位計（中央断面及び右側断面の2列）および光波測距儀反射板を設置し、計測した。Tブロックの曲げ応力はTブロック内のS-3及びS-4部（図-3(b)参照）に挿入した鉄筋のひずみゲージで、アンカー軸力はセンターホール型荷重計で計測した。

載荷実験は、上部工の路盤まで施工後、 25ton （ 250kN ）トラック荷重（輪荷重 100kN ）を片持梁の上部に載荷した。載荷時のTブロックの応力及び変形とともに、アンカーの引張応力の変動を計測した。

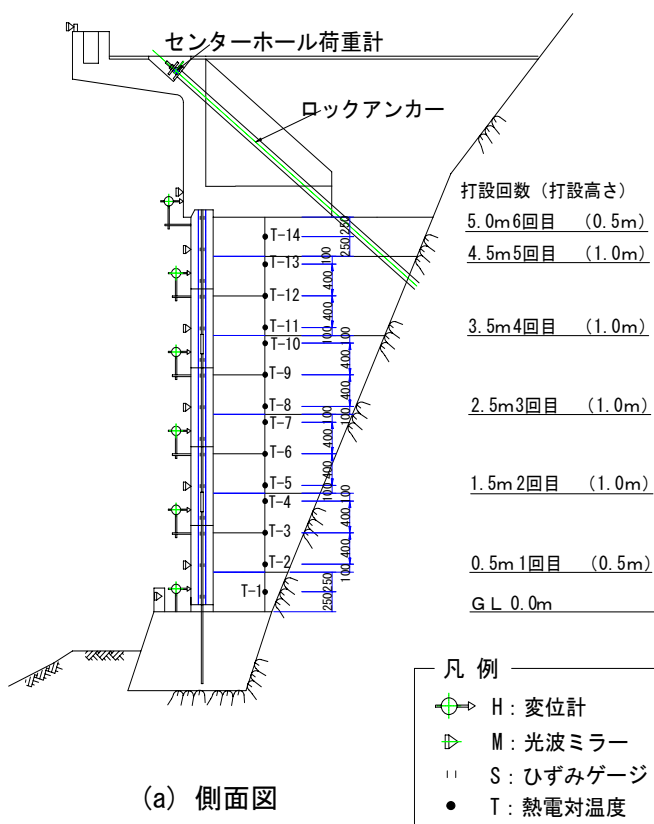
4. 施工実験における計測結果と考察

4.1 施工順序

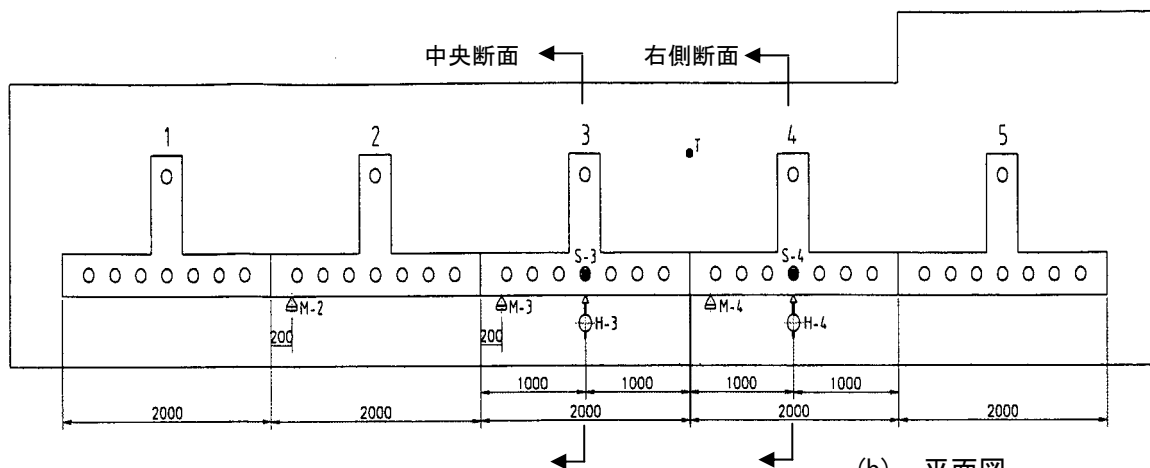
打設した下部工の上に1段目のTブロックを設置し、裏込発泡モルタルを 0.5m 打設した。2段目以降はTブロック設置と発泡モルタル 1.0m

表-1 測定機器と項目

測定項目	測定機器
Tブロック曲げ応力	ひずみゲージ
Tブロック水平変位	ひずみゲージ式変位計 光波測距儀
裏込発泡モルタル温度	熱電対温度計
上部工の変位	ひずみゲージ式変位計 光波測距儀
アンカーの軸力	センターホール型荷重

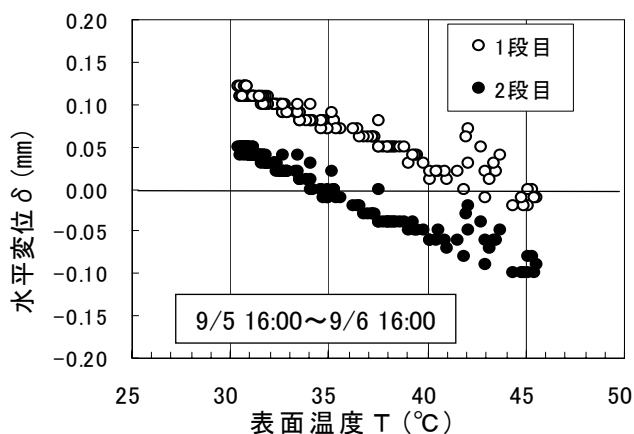


(a) 側面図



(b) 平面図

図-3 計測機器設置図



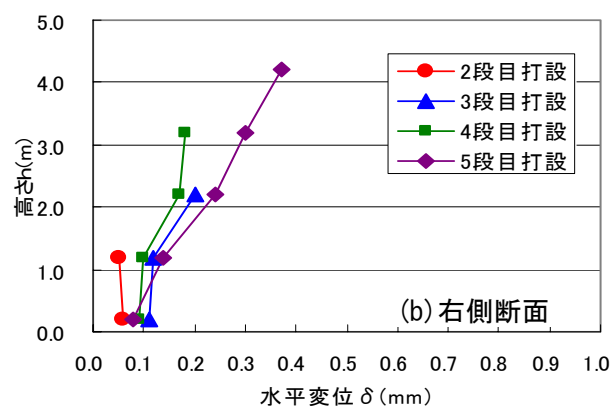
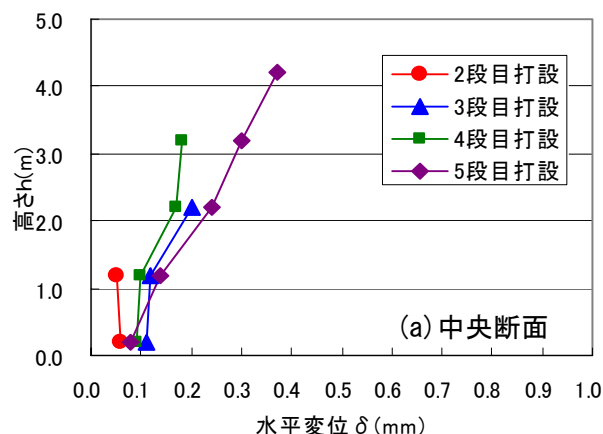
図－4 日射による変位挙動（中央断面）

打設を繰返した。5mの高さまで構築したTブロック上に上部工を設置し，上部工と地山とをロックアンカーで連結した。

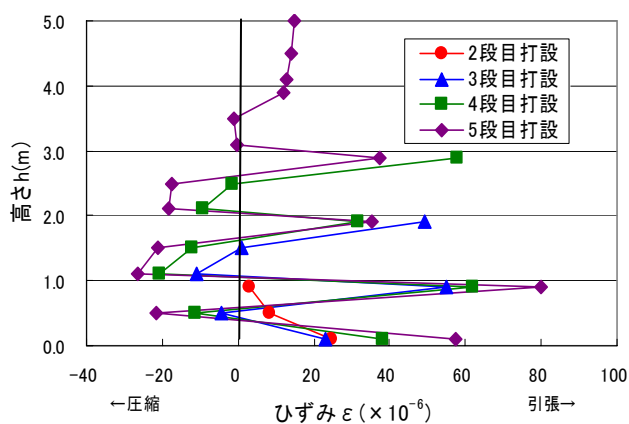
4.2 Tブロックの水平変位

日射による表面温度とTブロックの水平変位の関係を図－4に示す。Tブロック施工段階でのひずみゲージ式変位計で測定したTブロックの水平変位を図－5に示す。水平変位は、Tブロック1段目打設後をゼロとして、以降継続して測定した。Tブロックの温度は、昼になると表面温度が45℃を超え、夜になると30℃まで低下する。変位量の符号は温度が下がる夜間にプラスとなる。このTブロックの水平変位と表面温度の負の相関は、上下段のTブロックの設置が相対的に傾いているために生じるものである。

1日の温度変化による水平変位は0.15mm程度である。この値は、図－5に示すように原点の変位がゼロとはならず、上述の挙動と一致する。温度履歴による変形は、毎日の温度変化により図－4のように各ブロックともにループを描き、日々の温度変化により水平変位が積分されている。Tブロックの水平変位は図－5に見られるように、初めは大きいですが、最終的には0.1mm程度の値に収束している。図－5より(a)中央断面および(b)右側断面ともに、Tブロックの積上げが高くなるほど、水平変位が大きくなっている。その大きさは最大でも0.3mm程度であり、施工誤差よりも小さな値である。Tブロックの積上



図－5 Tブロックの水平変位（変位計）



図－6 鉄筋ひずみ（中央断面）

げ段数の増大とともに、変形は大きくなる傾向を示す。これは、まだ固まらない裏込発泡モルタルの静水圧により変形したTブロックの水平変位が積分され、全体の変形に影響を及ぼしているためと考えられる。

4.3 鉄筋ひずみ

Tブロック内に挿入した鉄筋のひずみを図－6に示す。Tブロック（高さ1m）の継ぎ目断面で鉄筋ひずみが大きくなっている。この断面では鉄筋のみでの連結となっており、鉄筋に応力



(a) 全体図（正面）



(b) 載荷状況

写真－１ 載荷実験の状況

が集中した結果である。応力集中した継手鉄筋でさえ、最大で 80μ 程度であり、小さな応力しか内部に作用していないことがわかる。

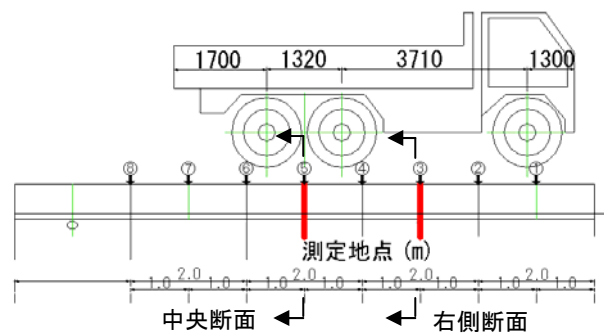
5. 載荷実験における計測結果と考察

5.1 載荷実験の方法

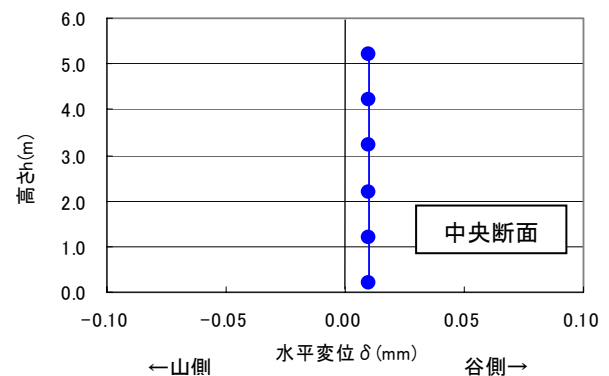
載荷実験の状況を写真－１ (a), (b) に示す。構築した擁壁の路面に、T 荷重である 25ton (250kN) トラックを後ろ向きに侵入させ、片側後輪荷重 100kN の中心が車道部分の端部より 25cm となるように載荷した。

載荷実験に先立って、トラックの載荷位置の検討を行った。上部工が片持梁形式となっているために片側後輪荷重により谷側に傾くことが予測できる。しかし、トラックの載荷位置によっては、もう片方の後輪荷重とバランスすることが考えられた。そこで、トラックを山側に接近させ、両輪荷重とも片持梁部にかからないように載荷させた場合の変形挙動を測定した。その結果、Tブロックおよび上部工とも応力の変化は見られず、本載荷実験での載荷には、左車軸（写真－１ (b) に示す山側の車軸）の影響はなく、右車軸（片持ち梁側の車軸）のみの荷重が下部の構造物に影響することが確認できた。

載荷位置を図－７に示す。トラック後輪中心線が 1 m 毎に設定した測定箇所と一致するように移動させ、静置 20 分間の Tブロックと上部工の水平変位及び鉄筋ひずみ等の計測を行った。



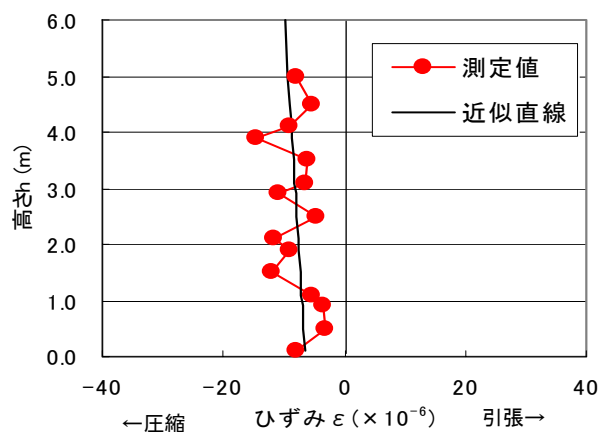
図－７ 載荷位置



図－８ 載荷実験での水平変位（変位計）

5.2 Tブロックの水平変位

後輪荷重を中央断面上に設置した時に生じた水平変位量を図－８に示す。いずれの高さでも、載荷に伴う Tブロックの水平変位の発生は見られず、極めて安定している。原点が 0.01mm 程度谷側に移動しているが、これは図－４で説明したように、日中の温度変化による変位の発生によるものと考えられる。



図－9 鉄筋ひずみ（中央断面）

5.3 鉄筋ひずみ

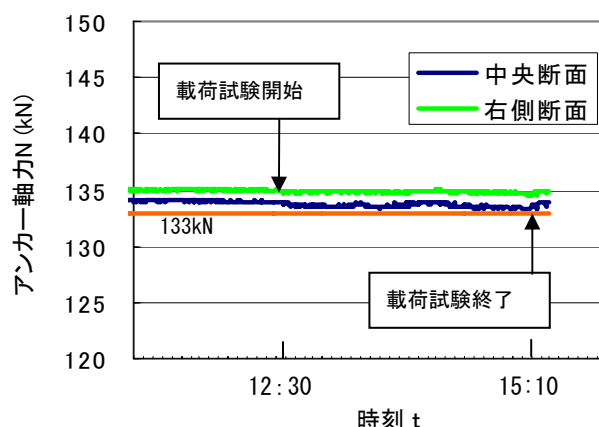
後輪荷重を中央断面上に設置した時の中央断面の鉄筋ひずみを図－9に示す。鉄筋ひずみはいずれの高さでも圧縮側にあり、载荷に伴ってTブロックの応力状態は圧縮が卓越していることを表している。図中には測定値の近似直線を併記するが、高くなるに従い鉄筋ひずみが大きくなる傾向がある。この傾向は载荷に伴って擁壁が谷側に傾く方向にあるということと一致する。しかし、いずれの高さでも、鉄筋ひずみは小さく、载荷に伴う応力増分の影響は小さい。

5.4 アンカー軸力

载荷試験開始から载荷試験終了時までのアンカー軸力の変化を図－10に示す。グラウンドアンカーの緊張力は設計荷重 190kN の 70% の値である 133kN としている。上部工に設置したアンカーの軸力は、中央断面および右側断面ともに、载荷においてもほとんど変化はない。このことは、構造物が不安定となる谷側への変位はほとんど生じていないことを裏付けている。

6. まとめ

本論文では、提案する道路拡幅用プレキャスト擁壁の施工実験および载荷実験について述べた。施工実験では、裏込発泡モルタルが未固結時に生じる静水圧によるTブロックの挙動に着目した。その結果、Tブロックの水平変位は無く、安定した施工ができていることが明らかと



図－10 アンカー軸力の変化

なった。さらに、供用後の自動車荷重による载荷実験を行った。その結果、自動車荷重によるTブロックの応力および変位は小さく、高い安定性を有していることが明らかとなった。

今後は、本構造物の三次元数値解析を行い、本論文の現場施工実験結果とともに、本工法の優位性について検証を進めていく所存である。

謝辞

本論文の遂行にあたり、香川大学工学部学生黒田裕伸氏には、データ解析に協力いただいた。試験施工及び各種計測は、(株)テクノネットワーク四国、広島特殊コンクリート(株)、辻村建設(株)、(株)ダイソクの協力によるものである。ここに、感謝の意を表する次第である。

なお、本論文は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の平成14年度大学発事業創出実用化研究開発事業（補正公募）に採用された「急峻な山岳地形の道路拡幅に適用できる安価な新擁壁工法の開発」の助成によるものである。

参考文献

- 1) 森本 励：地域に応じた道路構造の見直し、交通工学、Vol.38、増刊号、pp.21-25、2003.
- 2) 日本道路公団：気泡混合軽量土を用いた軽量盛土工法の設計・施工指針、1996.
- 3) 地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準同解説、2000.