

海外における簡易工法 D-Box (内部拘束式箱型補強土) の普及活動

Dissemination Activities of a New Simple Method D-Box (Reinforced Soil Method with Internal Binding System) in Overseas

嶋田 宏 門田 浩一
Shimada Hiroshi Kadota Hirokazu

ミャンマーのエーヤワディデルタ地帯は軟弱土が厚く堆積しており、盛土道路や避難施設では毎年のように沈下が生じ、高潮や集中豪雨による浸水時には、避難場所や輸送道路が機能しない状況である。筆者らは簡易な地盤補強工法である D-Box を用い、その実証試験として、① 載荷試験による 1 年以上の沈下計測、② 27 t 重機の仮設足場基礎として利用する支持力補強試験を実施し、D-Box の地盤補強の有効性を確認した。また実験報告のセミナーをミャンマー工学会 (MES) にて開催するなど、普及活動を行った。

The Ayerwaddy Region of Myanmar is located in an estuary delta of thick soft soil, and roads and evacuation shelters suffer from sinking every year. It is crucial to introduce a low cost method to address to the sinking and increasing bearing capacity of the ground. The authors introduced D-Box (box shaped sandbag) and carried out an experiment on site in the Ayerwaddy Region to verify the effectiveness of the D-Box method. It was found that the D-Box method is effective and useful for a ground work in the Ayerwaddy Region as a solution. Furthermore, Seminars were held at Myanmar Engineering Society (MES) to share the findings from the experiment.

キーワード：D-Box, 簡易な地盤補強工法, 軟弱地盤対策, 避難所対策, 海外での普及活動

はじめに

1.1 D-Box とは

本文 D-Box とは名古屋工業大学の松岡元名誉教授による土の区画拘束原理¹⁾に基づきメトリー技術研究所が開発した内部拘束式箱型補強土である。筆者らの所属するパシフィックコンサルタンツ (株) は、メトリー技術研究所 (株) と業務提携を行い主に海外での普及を行っている。D-Box は土のう型の補強土であり、ポリプロピレン製の箱型の袋 (1 × 1 × 0.25 m, 1.5 × 1.5 × 0.45 m の 2 形状) に砂、碎石などの摩擦材料を投入し、バックホウ等により、D-Box の拘束バンドの頂点部を一点吊りにして製作する。一点吊りによる自重によって袋やバンドに張力を発生させ、内部の土粒子間の摩擦力を増大させ耐力を向上させる。また拘束バンドによって張力を保ち軟弱盤上でも形状保持可能な耐力と柔軟性を併せ持つ構造である (写真 1, 写真 2)。

D-Box の施工は簡単で次の 5 つの特徴がある。

① D-Box に中詰め材 (砂, 碎石) を詰めることにより軟弱地盤の補強が可能となる



写真1 D-Boxの概要 (拘束バンドによる張力保持)



写真2 D-Boxの概要 (ミャンマーでの設置状況)

- ② 透水性が高く道路や鉄道の液状化対策、噴泥対策、排水対策となる
- ③ 交通振動、施工重機走行時の振動低減効果がある
- ④ 特殊な重機や施工技術が不要であり開発途上国での利用が期待される
- ⑤ 施工性がよく、4人で100袋/日の中詰め

及び設置をした例もある（バックホウ併用時）

国内では軟弱地盤対策、液状化対策、振動対策、噴泥対策等において年間数万袋の実績があるが、海外における使用実績がほとんどないことから、弊社は平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業（本邦技術活用等途上国支援推進事業）に応募し、採択され、ミャンマーにおける軟弱地盤対策工法としての普及活動を行っている。また、インドネシアのカリマンタンにおいて、植林地帯の湿地帯での仮設道路としてのデモンストレーションも実施している。

1.2 普及目的

ミャンマーのエーヤワディ管区の南部では2008年5月のサイクロンNargisにより約14万人の死者・行方不明者が出ている。軟弱地盤である広大なデルタ地帯では、地盤沈下等の問題により、高潮時の浸水高約3mよりも高い避難場所としての道路盛土、鉄道盛土、建物等がなく、洪水に見まわれた際、被害が拡大した。このような状況を踏まえて、D-Boxを活用して高潮時にも冠水しない高さを確保した道路等の盛土を造成できる可能性（避難所対策）、及び緊急時に重機が作業可能な仮設道路を設置できる可能性について検討した。この実証試験として、デルタ地帯の感潮河川（図1）の軟弱地盤において、次の2つの現場試験を実施した。

- ① 载荷試験：D-Boxの上に载荷高約3mに相当する荷重を作用させ、1年以上の沈下観測を行い、沈下予測値と実測値を比較して、沈下低減効果を確認
- ② 支持力補強試験：27t重機（バックホウ）の仮設足場基礎にD-Boxを設置して（写真3）、沈下観測を行い、支持力補強効果を確認

さらにミャンマー工学会（MES）において、D-Boxの日本での施工事例紹介と、ミャンマーでの実証実験結果の報告セミナーを開催し、簡易な地盤補強工法であるD-Boxの普及活動を行った。

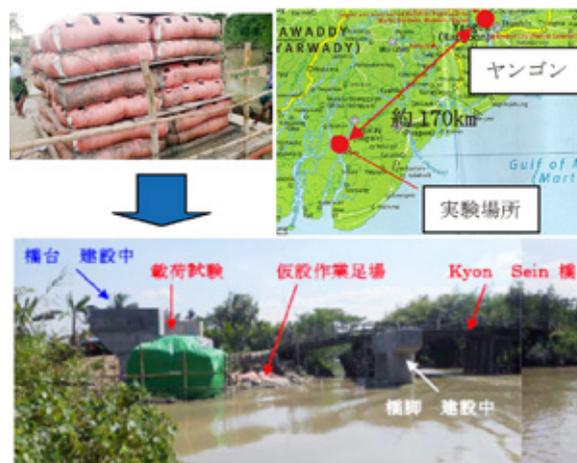


図1 D-Box载荷試験実験場所（満潮時に撮影）



写真3 D-Boxによる27tバックホウの作業足場

ここでは、これらの普及活動について紹介するものである。

2 D-Boxの実証実験

2.1 実証実験の対象地

(1) 実験場所

実験場所は、ミャンマー公共事業省（PW）の要望によりサイクロンNargisによる被害が大きかった地区の一つである、ヤンゴンから約170km離れたボガレー南部の電気もないKyon Sein村における建設中の橋の端部とした（図1）。

なおボガレーから実験場所に至る橋は木製であり、载荷試験に使用する重機（27tバックホウ）は通行できないことから、上陸用舟艇型の船からの揚陸と作業足場の確保が必要となった。

(2) 対象地の土質状況

現地の载荷試験に先立ち、土質調査により原地

盤の圧密定数及びせん断強度を求めた。D-Box (1.5×1.5×0.45 m) に砂を入れて基礎とし、その上に载荷盛土高3 mに相当する荷重を乗せ、原地盤のすべり破壊及び沈下の観測を行った。原地盤はシルト質粘土(正規圧密状態)であり、表層から5 mまでの N 値は $N=0$ 、粘着力は $c_{cu}=5\sim 10\text{ kN/m}^2$ 程度と、非常に軟弱であった。

2.2 支持力補強試験

载荷試験を実施するため、27 tバックホウを河川から揚陸する必要があったが、上記の土質状況より、バックホウの走行性(トラフィカビリティ)が不足していた。そこで、作業足場基礎の支持力補強として、6袋のD-Box(1.5×1.5×0.45 m/個:中詰材 砂)を人力で地表面に設置した。D-Box上には荷重が均等に作用するようにベニア板(1 cm厚)で覆い、運搬船から27 tバックホウを揚陸させ、载荷試験の作業足場とした(写真3)。

作業足場は4日間使用し、総沈下量は7 cm~29 cmであったが、作業開始日に約70%沈下し、それ以降は安定した状態であった。

2.3 载荷試験

D-Boxを軟弱土の表面に1段設置し、その上に荷重が均等になるようにベニア板(1 cm厚)を敷設し、载荷重として掘削土を中詰とした1.5 m角のD-Boxを7段(高さ2.6 m, 17 kN/袋)载荷した。沈下計測点は、地表面に設置したD-Box上のP1~P8の8点に加え、中間点にPVCパイプを設置して、その天端をP0点とし計9点とした(図2, 写真4)。

沈下計測は、2013年11月~2015年1月までの1年3カ月間にわたって行った。载荷試験の沈下予測は、軟弱土のボーリング調査結果と土質調査結果を用いて地層モデルを作成し、D-Boxの7段分の载荷重(50.6 kN/m²)を矩形モデルとし、荷重の3次元分散を考慮した次元圧密計算を実施した。

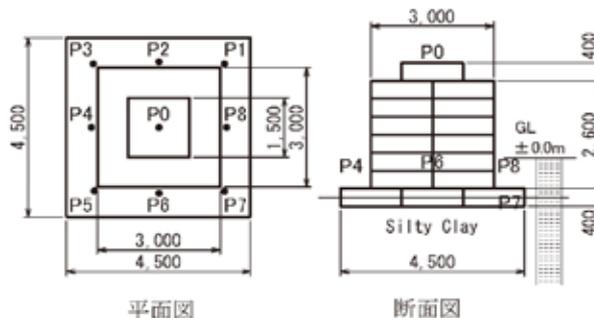


図2 沈下計測位置(単位:mm)



写真4 载荷試験設置状況

沈下計測結果の実測値と沈下予測値との比較は図3に示すとおりであり、実測値は沈下予測値の約1/2~1/3程度の沈下量であった。これは最下段のD-Boxの柔軟性等により、荷重分散効果が大きくなり、沈下抑制されている可能性がある。なおD-Boxによる沈下抑制効果については検証中である。

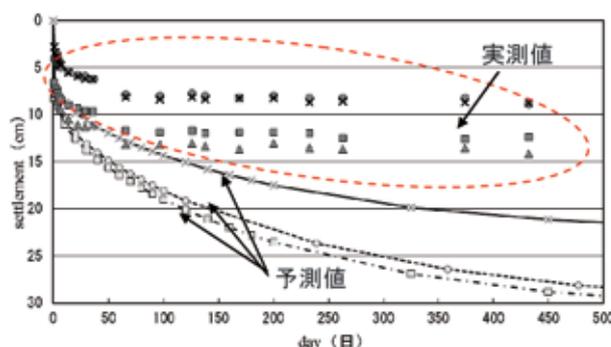


図3 载荷試験結果:沈下予測と実測値との比較

3 ミャンマー工学会での普及活動

2013年10月と2013年12月の2回にわたり、ミャンマー工学会(MES)において、D-Boxの理論や日本での施工事例の紹介、及びボガレーでの実証試験方法と結果の報告セミナーを実施した(写真5, 写真6)。また、同時にD-Boxの活用可能箇所についてのアンケートを実施し60人からの回答があり(図4)、今後の海外での普及活動の参考とした。



写真5 MESセミナーでの発表状況



写真6 U Win Khaing MES会長(右2人目)との記念写真

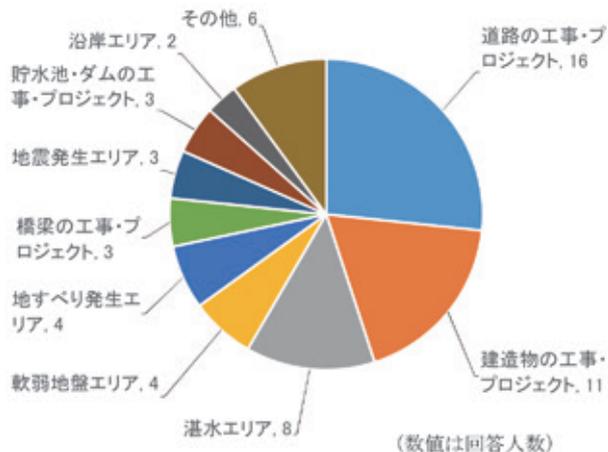


図4 セミナーにおけるD-Boxの活用可能箇所のアンケート結果

4 今後の展開

D-Boxの使用を望む声がミャンマー国内でも挙がっており、メトリー技術研究所(株)とともに筆者らは、ミャンマーのデルタ地帯の鉄道軌道部基礎の噴泥対策などの実証事業を計画中である。将来的には現地でのD-Boxの生産を行いデ

ルタ地帯の避難所対策及び道路/鉄道の盛土対策として、図5に示すようなD-Boxを用いた安価な簡易工法の普及を目指すものである。

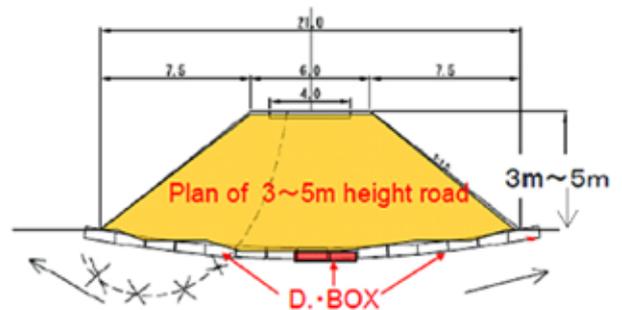


図5 デルタ地帯における盛土の地盤補強案

5 おわりに

本工法は砂か碎石があれば、人力のみでも実施可能な工法であり、軟弱地盤対策が必要な発展途上国における有効な工法の一つとして、現地生産を視野に入れた海外での普及活動の展開を考えている。なお、本業務は平成25年度外務省政府開発援助海外経済協力事業(本邦技術活用等途上国支援推進事業)の委託費「案件化調査」で実施したものである。

<参考文献>

- 1) 松岡元: 地盤工学の新しいアプローチ, p.244-309, 京都大学学術出版会, 2003年6月

嶋田 宏 (しまだ ひろし)
技術士(建設/水産/総合技術監理部門)

パシフィックコンサルタンツ(株)
港湾部 技術部長
APEC Engineer (Civil, Structural)
e-mail: hiroshi.shimada@ss.pacific.co.jp



門田 浩一 (かどた ひろかず)
技術士(建設/総合技術監理部門)

パシフィックコンサルタンツ(株)
地盤技術部 副部長
博士(工学)
e-mail: hirokazu.kadota@ss.pacific.co.jp

