

# 現代版土のう工法としてのD・BOX工法と その局所圧密効果および振動低減効果

松岡 元<sup>1</sup>・山本春行<sup>2</sup>・野本 太<sup>3</sup>

D・BOX工法とは、「土のう」を現代の地盤対策施工技術として活用できるように開発された工法であり、もはや「土のう」と呼べないほど進化しているためD・BOX (Divided Box) と名付けた。ここでは、碎石入りのD・BOXが透水層としても働き、最も強度を必要とする直下の軟弱地盤を局所的に3次元“圧力球根”状に圧密・強化し、1次元圧密(全面載荷)の場合と比べて短時間に小さい沈下量で収束させる状況を3次元弾性圧密FE解析結果と沼地でのD・BOX上の載荷試験結果より説明した。さらに、D・BOXが振動エネルギーを袋に包まれた土粒子間の摩擦熱エネルギーとして消散させる高減衰の減振装置としての機能を果し交通振動を低減させる効果(地震動についても多数の証言有り)について、振動実験結果と最新の道路施工での振動計測事例より示す。

キーワード：土のう、軟弱地盤対策、環境振動対策

## 1. 土のう工法についてのこれまでの成果

先人の知恵である「土のう」を科学的に解明し、現代の工法としてよみがえらせた主な解明点は次の通りである。

- 1) 摩擦性材料である土に対する最も有効な補強法は、「土を完全に包み込むこと」である。完全に包み込み袋の張力で拘束することによって中詰め粒子の粒子間力を大きくし、粒子間摩擦力を大きくする(区画拘束原理)。「土のう」はその典型的な適用例の一つである<sup>1),2),3)</sup>。
- 2) 「土のう」が驚異的な耐力を発揮する力学的なメカニズムを解明し、耐力式および見掛けの粘着力 $c$ の表示式を2次元および3次元で誘導した<sup>1),3),4)</sup>。包んで袋に張力を生じさせるだけで、接着剤(セメント)を入れなくても、確実に粘着力 $c$ を付けることができる。この粘着力 $c$ が土のうの驚異的な耐力の源である。40cm×40cm×高さ8~10cmの土のう(中詰め材：碎石)の耐力は200~400kNとなり、単位面積当たりに換算すると1250~2500kN/m<sup>2</sup>となる。これは、土のう自体は60~120階建ての高層ビルの荷重に耐えることを意味している<sup>3)</sup>。  
(注意点：土のう袋を日光(紫外線)にさらさない)
- 3) 碎石入りの土のうは、水は通すが土粒子はごく微細なものを除いて通さない(ちなみに十分な粘着力 $c$ を付与して、かつ透水性を確保するものは少ない)。この結果、水浸へドロ状態の粘性土地盤であっても、過剰間隙

水圧の消散を促し、土のう直下から“圧力球根”状に局所的に圧密させて土のう直下の周辺地盤を速やかに強化させる。これによって、人間にとって都合の悪い圧密沈下はほぼ施工期間中に終了し、都合の良い支持力の増加が得られるという可能性が生じる。これを、土のうの「局所圧密・強化作用」と呼んでいる<sup>3),5)</sup>。

4) 土のうはわずかなしなやかさを有するので、交通振動や地震動のエネルギーを、目には見えない微少な袋の伸縮によって中詰め土の粒子間の摩擦熱エネルギーとして消散させる。この結果、土のう積層体は高減衰の減振装置(減衰定数0.15~0.30(免振ゴムとほぼ同じ値)、固有振動数30~40Hz)としての機能を果たす<sup>3)</sup>。交通振動低減については5~15dBの振動低減が観測されており、多くの計測結果や現場の住民の喜びの声がある<sup>6)</sup>。地震についても、2棟並んだ同形式の集会所(1棟は土のう工法で基礎補強している)で振動が全然違う(震度にして1度程度下がった感覚)、振動がやわらかくなった、近くの建物が倒壊したのに被害がなかったなど多くの箇所合計100人規模の証言がある。

5) 碎石を入れた土のうは、凍上防止効果もある(中詰め粒子が大きいということは、粒子間の隙間も大きいので水が毛管上昇しない=水の補給がないので凍上しない)<sup>7)</sup>。

施工事例は、現在のところ国内外で1,500件以上となる。

<sup>1</sup>地盤工学会正会員 名古屋工業大学 名誉教授(〒486-0811 愛知県春日井市東山町4-8-17)

<sup>2</sup>地盤工学会国際会員 広島大学大学院 教授(〒739-8529 広島県東広島市鏡山1-5-1)

<sup>3</sup>地盤工学会正会員 メトリー技術研究所 代表取締役(〒347-0056 埼玉県加須市土手2-14-37)

## 2. D・BOXの概要<sup>8)</sup>

D・BOXとは区画分割された箱状の単位 (Divided Box) を意味し、もはや「土のう」と呼べないほど進化しているため新たに名付けた。D・BOXは土の区画拘束原理を最大限に生かすよう工夫された箱状の袋である。袋の上面は完全に開口するので現場で中詰め材の投入が容易に行なえ、袋の閉口はマジックテープによりワンタッチで行なえる。D・BOXには下記 a)、b) の2系統がある。

### a) D・BOX-SS (Small Size の略称)

袋内部にガイドゲージというプラスチック製の連結治具を設けた小型 D・BOX で、重機の搬入が困難な現場などでも使用できる機動性を持ち、ガイドゲージにより構造物に合った正確な寸法で設置できる。ジョイントにより水平2方向に完全接続できるため、連続性と荷重分散効果が得られる (図-1 参照)。

種類：SS45 (寸法：45cm×45cm×高さ 8cm) と SS90 (寸法：90cm×90cm×高さ 8cm)

### b) D・BOX-LS (Large Size の略称)

袋内部にトラスバンドという補強バンドを有する吊り上げ設置式の大型 D・BOX で、中央のリフトバンドを吊り上げることによって、内部の土を強固に拘束し直方体形状を維持したままで吊り上げ移動ができる。このため設置作業の大幅な効率化が図れる (図-2 参照)。

種類：LS100 (寸法：100cm×100cm×高さ 25cm) と LS150 (寸法：150cm×150cm×高さ 45cm)



(a) 使用されるパーツ (b) 設置例

図-1 D・BOX-SS45 と設置状況



(a) 吊上げ状況 (b) 設置例

図-2 D・BOX-LS150 と設置状況

## 3. D・BOX 工法による軟弱地盤対策についての解析と試験

### (1) D・BOXによる「局所圧密・強化作用」の解析

砕石などを入れた D・BOX は、圧密を促進させる透水層としても働くので、D・BOX 自身が大きな耐力を持つだけでなく、D・BOX 直下の軟弱地盤をも局所的に圧密し強化させるという大変有益な作用を有する。ここでは、この D・BOX の「局所圧密・強化作用」を 3 次元弾性圧密 FE 解析の結果に基づいて説明する。弾性体仮定をしているので、この解析結果は少なくとも地盤の破壊に対して十分安全な状況のもとで適用されるべきものである。

図-3 は、局所載荷を受ける地盤の 3 次元弾性圧密解析モデルと解析定数を示している。地盤の解析領域は  $D \times D \times$  高さ  $H$  とする。解析定数としては、ラーメ定数  $\lambda = 1.0$ 、 $\mu = 1.0$ 、圧密係数  $c_v = 3.0$  とし、載荷領域  $B \times B$  の上に等分布荷重  $p = 1.0$  が作用するものとする。なお、後述するように解析結果は 1 次元圧密の場合 ( $B=D$ ) との比で表示するので、パラメーターの値は適当に選ばれている。なお、変位に関する境界条件は上面を自由、下面を鉛直方向のみ固定、側面を水平方向のみ固定とし、透水に関する境界条件は上・下面で排水、側面は非排水とした。

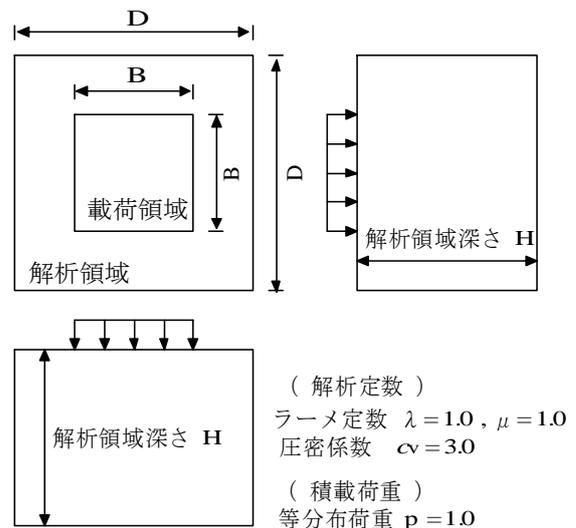


図-3 局所載荷を受ける 3 次元弾性圧密解析モデルと解析定数

図-4 は、1 次元圧密 ( $D/B = 1$ ) の場合の圧密度 95% 時の沈下量に対する同時点での局所載荷の沈下量の比と  $D/B$  の関係を示したものである (解析領域の深さ  $H = 3.75B$  の場合)。同図より、 $D/B$  の増加と共に沈下量比は減少し、 $D/B$  が 5 以上になると沈下量比はほぼ 0.3 に収束するのが見られる。この解析結果より、 $D/B$  が 5 以上の局所載荷の場合は、全面に載荷する 1 次元圧密の沈下量の 0.3 倍まで沈下量の絶対値が小さくなるのが分かる (ただし、 $H = 3.75B$  の場合)。これは、1 次元圧密 (全面載荷) の場合は深さ方向にわたって一様に載荷圧  $p = 1.0$  が作用するのに対して、局所載荷の場合は載荷による地中の全応力が“圧力球根”状に下へ行くほど

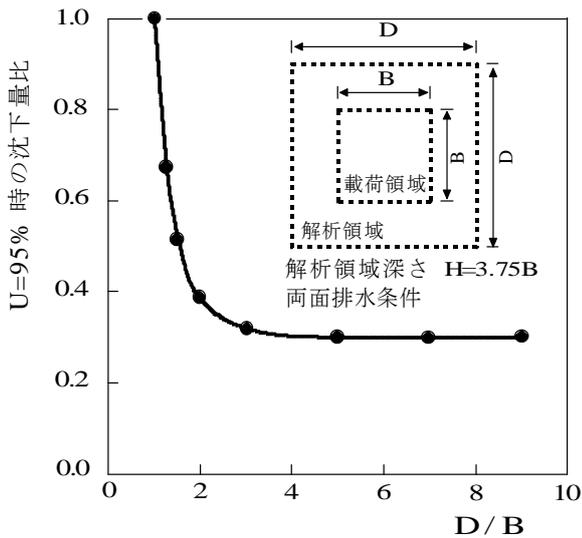


図-4 沈下量比～D/B 関係

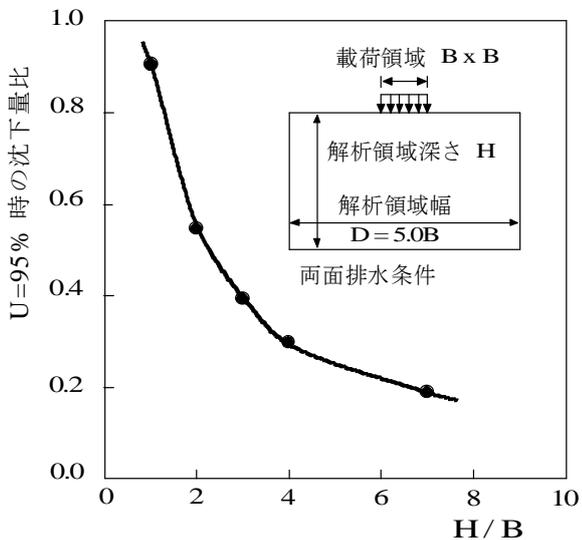


図-5 沈下量比～H/B 関係

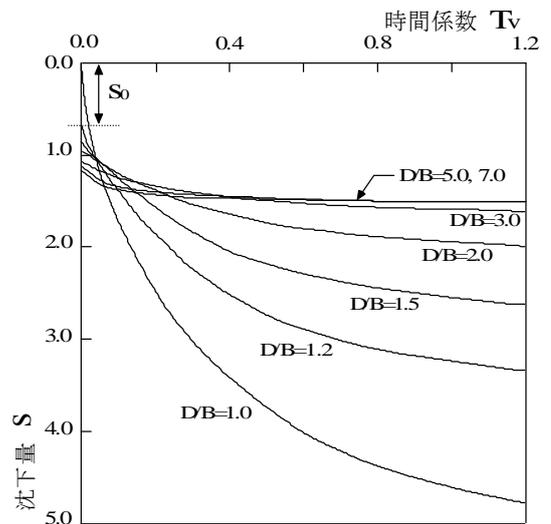


図-6 沈下量S～時間係数Tv 関係

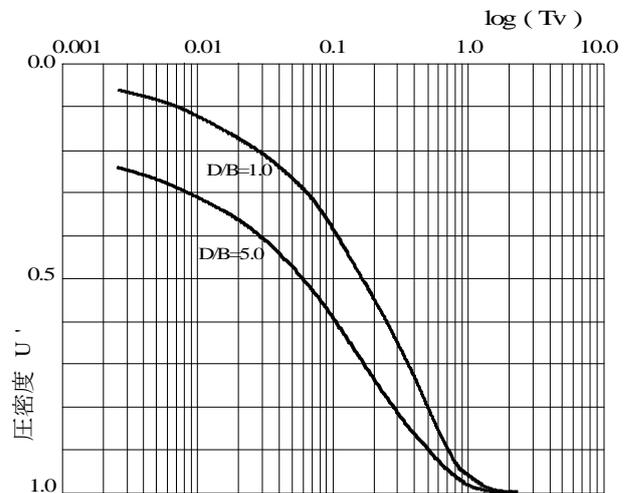


図-7 算定し直した圧密度  $U'$  ～ $\log(Tv)$  関係

減少するので、全応力=有効応力となる圧密終了時の圧密沈下量が小さくなると考えられる。

図-5 は、1次元圧密の圧密度 95%時の沈下量に対する同時点での局所載荷の沈下量の比と解析領域の深さ  $H/B$  の関係を示したものである ( $D/B=5$  の場合)。同図より、 $H/B$  が 4 程度以上になれば、沈下量比は 0.3 以下になるのが見られる (図-4 は  $H/B=3.75$  の場合であった)。

図-6 は、沈下量  $S$  と時間係数  $Tv$  の関係を解析領域幅と載荷領域幅の比  $D/B$  に対して示したものである ( $H/B=3.75$  の場合)。同図より、1次元圧密 ( $D/B=1$ ) 以外では、載荷直後にせん断変形による即時沈下  $S_0$  が発生し、 $D/B$  の増加と共に  $S_0$  も増加していくが、 $D/B=5$  以上ではほぼ一定値に収束し、その後発生する圧密沈下量と時間の関係はほぼ同一となっているのが見られる。

図-7 は、図-6 の沈下量から即時沈下量  $S_0$  を除き、1次元圧密 ( $D/B=1$ ) における  $U=95\%$  時での各圧密沈

下量を 100% (1.0) にして、算定し直した圧密度  $U'$  と  $\log(Tv)$  の関係を示したものである。同図より、局所載荷の場合には、載荷直後において、かなり早く圧密が進行しているのが見られる。例えば、 $U'=30\%$  では、1次元圧密 ( $D/B=1$ ) の場合に比べて局所載荷 ( $D/B=5$ ) の場合には、約 8 倍早く圧密が進行するのが分かる。

以上より、局所載荷の場合は 1次元圧密の場合と比べて圧密沈下の進行がかなり早く (例えば、約 8 倍)、圧密沈下量の絶対値もかなり小さいこと (例えば、図-4 によれば 3 割程度) が分かる。このことは、圧密沈下の主要な部分がほぼ施工期間中に終了し、沈下量の絶対値も小さいこと、合わせて土の直下の軟弱地盤の強度が大きくなるという人間にとって都合な状況をもたらす可能性があることを意味している。

## (2) 沼地での D・BOX 上の載荷試験

D・BOX による「局所圧密・強化作用」を実験によって確かめるため、ある沼地において図-8 に示すように

D・BOX-SS45 を積層して配置し、その上にコンクリートの平板（1枚の重量約 225N、寸法 40cm×40cm×高さ 6cm）を載せて載荷試験を行なった<sup>3),5),8)</sup>。なお、**図-8**の最下段の 3 個×3 個=9 個の土のうは人が立つための足場用のものであり、無連結状態の土のうを適当に配置した。この上に D・BOX-SS45、3 個×3 個=9 個を 2 段と、2 個×2 個=4 個を 1 段設置した。これらは、それぞれガイドゲージによって連結されており、袋の間にヘドロが隆起するのを抑制している。中詰め材には碎石（C-30）を用い、袋を閉じた後プレートコンパクターで転圧した。この D・BOX-SS45 を沼地に設置してから 12 日後に上記のコンクリート平板（4 枚×10 段）約 9kN を載荷し、さらに約 90 日後に約 9kN を追加して計約 18kN とし、さらに約 80 日後に約 9kN を追加して計約 27kN とした。**図-9**はこのときの様子を示したものである。4 枚のコンクリートの平板を 30 段積み上げているが、コンクリートの平板は単に置いただけで互いに連結されていない。このような不安定な形のコンクリート平板積層体（高さ約 1.9 m）が、沼地上の正味 3~4 段の D・BOX-SS45 の上に傾くことなく安定して立っている。しかも、この沼地は深さ約 2m のヘドロ層（その下も粘性土層が 30m 程度続く）で、人が立つと腰まで沈むような超軟弱地盤である。

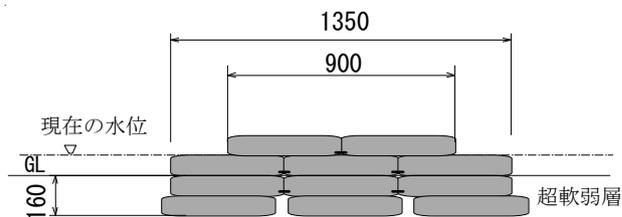
**図-10** は、実測された沈下量（mm）～時間（週）関係図を示したものである。27kN 載せた時点での沈下量は約 7cm であり、9kN 載せるごとに 2~2.5cm ずつ沈下している。地盤の軟弱さを考慮すれば、沈下量は小さいように思われる。さらに興味深いのは、各荷重（9kN）を載荷するごとに発生する主要な沈下がおさまる日数が 1~4 週間とほぼ通常の施工期間内に対応することである。すなわち、主要な沈下は施工期間中にほぼ終了してしまい、必要とする地盤強度の増加・支持力の増大だけが得られるということである。

その後、コンクリート平板ではこれ以上積み上げられないため、コンクリート平板を鉄板に置き換えて荷重を上げていった。**図-10** から分かるように、コンクリート平板の荷重 27kN と同じ鉄板の荷重 27kN の時にはほとんど沈下せず、35kN、45kN、54kN と沈下がほぼ止まったと判断した時点で荷重を上げていった。27kN の 2 倍の荷重 54kN の時の最初からの総沈下量はほぼ 9.6cm であった。なお、このとき土のうの重量も考慮すると、土のう最下面（地盤面）に働く荷重は約 64kN となり、単位面積当りに換算すると約 35kN/m<sup>2</sup>となる。

**図-11** は正方形等分布荷重による圧力球根図を概念的に描いたものであるが、このような分布で D・BOX 層直下から圧密をはじめ、D・BOX 層直下の強度の最も必要な所から地盤強度を増加させるというのは効率的な方法である。実際、D・BOX の下の沼地へ手をつっ込んでみると非常に固くなっており、D・BOX 直下の軟弱地盤が局所的に圧密されて固化しているのがうかがわれた。なお、載荷用鉄板の中央部には穴がけられており、後ほど碎石入り D・BOX を突き破ってスエーデン式サウンディング試験を行う予定である。

この実験用の沼地の大きさは 2.8m×7.9m であり、**図-8** より載荷幅 B=1.35m であるので、前述の解析での D/B=2~6 程度であることが分かる。深さについては、換算 N 値 0~3 の軟弱地盤が少なくとも 7m 以上続いていることが分かっているので、H/B=5 以上と考えられる。定性的な話であるが、**図-6** の D/B=2~6 の場合の即時沈下量 S<sub>0</sub> を除いた沈下曲線の形と**図-10** の各荷重段階での沈下曲線の形が似ているのが見られる（実測では即時沈下量は測定できていない）。

なお、この沼地は大きな沼地の端に位置しており、その沼地中央部に D・BOX 工法により国道が建設された。沼地中央部には深さ 3~4m の超軟弱地盤層が堆積していたが、原則土のう 5 段（厚さ 8cm×5 段=40cm）で対応した。開通後の 10 ヶ月間における D・BOX 工法を採用した約 25m の区間（沼地区間）の平均地表面沈下量が約 2cm であったのに対して、同じ期間の隣接する通常施工区間（沼地のない区間）の平均地表面沈下量は約 7cm であった。碎石入り D・BOX-SS45 による「局所圧密・強化作用」の効果と考えられる。



**図-8** 沼地載荷試験での D・BOX 配置図（寸法：mm）



**図-9** 沼地（深さ約 2m のヘドロ層）載荷試験での D・BOX 上のコンクリート平板の積層状態（80cm×80cm×高さ約 1.9m）

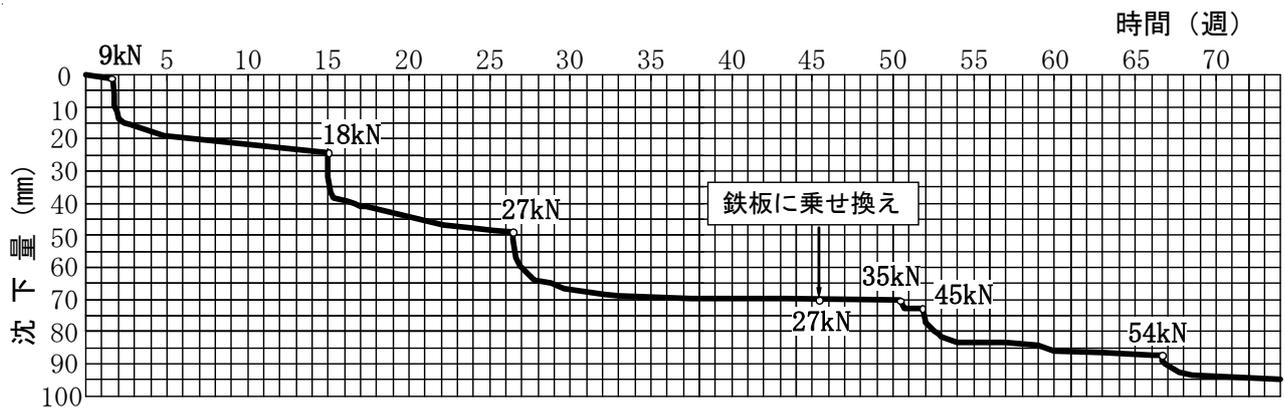


図-10 沼地載荷試験による沈下量 (mm) ~時間 (週) 関係  
(46週目にコンクリート平板を鉄板に置き換えた)

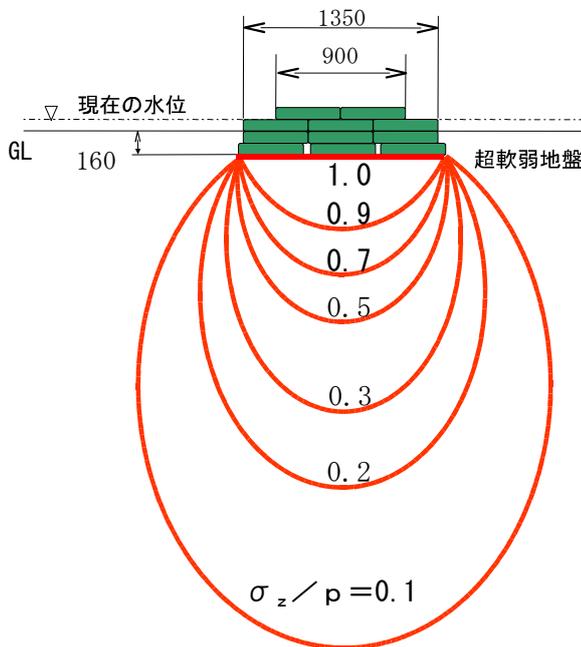


図-11 D・BOX 下の圧力球根図

#### 4. D・BOX 工法による環境振動対策

##### (1) D・BOX による振動低減特性<sup>6,8)</sup>

ジョイントで連結された2個×2個=4個のSS45を3段積層したもの、1個のSS90を3段積層したもの、1個のLS100の1段のもの、1個のLS150の1段のもの、それらと比較のため、連結されていない2個×2個=4個の通常の土のうを3段積層したものを並べて、それらの上面中心部に振源を置いて振動実験を行なった(図-12参照)。振動計測器は、上記のD・BOXおよび土のう積層体中心位置より1.5m離れた位置にセットした。振源は、質量67kgのプレートコンパクターをフルスロットルで稼働させた状態(振動数:95Hz)とし、10秒毎の最大振動レベル(dB;垂直方向)を計測した。以下の表中の計測値は、いずれも5回の計測の平均値を意味する。な

お、振源を地盤上に直接置いた状態で、1.5m離れた位置での振動計測も行ない比較した。

表-1より、振源を地盤上に直接置いた場合と比べて、従来の土のうを3段積層したものが数dBしか低減しないのに対して、SS45、SS90を3段積層したものは約10dB、LS100、LS150については10dB以上低減しているのが見られる。SS45やSS90が、通常の土のうよりも大幅に振動低減する理由としては、内蔵されているプラスチック製のガイドゲージによる拘束効果と連結効果のためと考えられる(SS90の中には、45cm角のガイドゲージが4個連結して内蔵されている)。また、大型D・BOXのLS100やLS150が1段でも10dB以上も振動低減することは、振動エネルギーが振動時の袋のごく微小な伸縮によって生じる中詰め土粒子間のズレに基づく摩擦熱エネルギーとして消散されるというメカニズムが卓越していることを意味している。このようにD・BOXは、振動エネルギーの消散メカニズムを内蔵する高減衰の減振装置と考えることができる。

表-2は、SS45 1個を1~3段積層した状態でのガイドゲージの有無の影響を調べたものである。積層段数1段と2段においては、ガイドゲージ有りのほうがガイドゲージ無しと比べて2dB多く低減しており、袋の中に内蔵されているガイドゲージによる拘束効果が効いていると思われる。なお、SS45の袋の上面は4辺からの4枚のフタを折りたたんでマジックテープで止めるため、袋材が4重に重なった構造になっている。

表-3は、LS150の振動低減特性に及ぼすトランスバンドの有無の影響を調べたものである。この場合、振源を地盤上に直接置いたときは約73dB、トランスバンド無しLS150の上に置いたときは約66dB、トランスバンド有りのLS150の上に置いたときは約58dBであった(図-13参照)。トランスバンドの有無で約8dBも低減量が異なるのは興味深い。トランスバンド有りのほうが、土粒子の拘束効果が大きいため、土粒子間の摩擦力も大きくなり、土粒子間の摩擦熱エネルギーによる消散が大きくなると考えられる。

表-1 各種D・BOXおよび土のう積層体の振動レベルの比較（単位：dB）

	地盤上直	土のう	SS45	SS90	LS100	LS150
計測平均値	72.0	69.8	61.3	62.2	59.8	60.7
振動低減量	-	2.2	10.7	9.8	12.2	11.3

表-2 SS45 1個を1～3段積層した状態でのガイドゲージの有無の影響（単位：dB）

	地盤上直	ガイドゲージ 無			ガイドゲージ 有		
		SS45 1段	SS45 2段	SS45 3段	SS45 1段	SS45 2段	SS45 3段
計測平均値	72.0	70.2	68.0	66.0	68.2	66.0	65.8
振動減衰量	-	1.8	4.0	6.0	3.8	6.0	6.2



手前より LS100、SS90、土のう、LS150

図-12 各種D・BOXの振動実験



図-14 ジョイントで連結されたD・BOX-SS45

表-3 LS150の振動低減特性に及ぼすトラスバンドの影響（単位：dB）

	地盤上直	トラスバンド無	トラスバンド有
計測平均値	73.0	66.3	58.2
振動低減量	-	6.7	14.8



図-13 トラスバンド有無のD・BOX-LS150の様子

表-4 連結された2個×2個=4個のSS45を1～3段積層した場合の振動レベルの比較（単位：dB）

	地盤上直	SS45 1段	SS45 2段	SS45 3段
計測平均値	72.0	68.2	62.7	61.3
振動低減量	-	3.8	9.3	10.7

表-4は、図-14に示すようにジョイントで連結された2個×2個=4個のSS45を1～3段積層した場合の振動低減の様子を示したものである。この表より、2段以上積層すれば、振動低減効果が大きいのが見られる。

### (2) D-BOX 工法による道路交通振動の対策工事例

S 県 H 市においてセメントによる路床改良を行ったにもかかわらず、住民による交通振動の強い苦情が出た区間で、地盤改良・振動低減工法として D・BOX 工法が採用され、事前事後の振動計測も行ったので報告する。図-15はD・BOX 工法施工前の道路状況を、図-16はアスファルト舗装を剥がした後の水浸地盤の軟弱さを、図-17はその水浸軟弱地盤上にD・BOX-LS100（寸法：100cm×100cm×高さ25cm）を原則1段敷設している状況を、図-18はほぼD・BOXの敷設が終わってジャンピングランマーとローラーで転圧している状況を、図-19はその上に上層路盤（厚さ150mm）と舗装（厚さ100mm）を施工した道路完成時の状況を示したものである。



図-15 施工前の道路状況



図-16 施工前の地盤状況



図-17 D・BOXの敷設状況



図-18 D・BOX敷設後の転圧状況



図-19 道路完成時の状況

D・BOX-LS100の敷設は原則1段としたが、セメントによる路床改良がほとんど効いていないような水浸軟弱箇所には、部分的に2段敷設した。D・BOX-LS100の施工速度は極めて速く、1日で約580袋敷設でき、延長約100mの施工区間を、掘削から舗装完了までわずか3日間で完成させた。

図-20は、事前(図-15の状況)と事後(図-19の状況)における振動周波数特性の比較(鉛直方向:上位5ピークのエネルギー平均による振動加速度レベル)を示したものである。計測地点は、振動被害の最も大きかった民家のすぐ横の道路脇である。同図より、人体が特に感じやすい周波数(5Hz付近)を含む広い周波数帯(1~12.5Hz)で振動加速度レベルがほぼ10dB程度低減しているのが見られる。このような大幅な振動低減の理由としては、振動エネルギーが袋の微小な伸縮に伴う中詰め粒子間のズレに基づいた摩擦熱エネルギーとして消散されることが考えられる。最後に今回の施工における振動低減効果を示す逸話として、このD・BOX内蔵道路の完成後、振動苦情を強く訴えていた住民より、発注機関に対して「振動をほとんど感じなくなって良く眠れるようになった」との喜びとお礼の電話があったことを紹介する。

## 5. まとめ

碎石入りD・BOXはそれ自体が大変強固である<sup>1),2),3)</sup>。耐荷重はSS45で約340kN(約1,700kN/m<sup>2</sup>)、SS90で約1,300kN(約1,600kN/m<sup>2</sup>)、LS100で約1,900kN(約1,900kN/m<sup>2</sup>)、LS150で約2,400kN(約1,100kN/m<sup>2</sup>)と算定される<sup>4)</sup>。それに加えて、圧密促進透水層としても働き、最も強度を必要とするD・BOX直下の軟弱地盤を3次元的な“圧力球根”状に局部的に圧密・強化して直下の軟弱地盤の支持力を増大させ沈下を抑制する。このことを3次元弾性圧密FE解析と沼地でのD・BOX上の載荷実験によって検証した。主要な沈下がおさまる期間が比較的短く、ほぼ通常の施工期間内に対応することも沼地での載荷実験から実証された(軟弱地盤の層厚や圧密係数他の条件による)。このことは、人間にとって都合の悪い沈下は施工期間中にほぼ終了し、都合の良い地盤強度の増加・支持力の増大が得られることを意味する。補強材の内側だけでなく、直下の軟弱地盤をも短期間に強化するというのは興味深い。

さらに、本D・BOX工法は、地盤補強だけでなく振動低減工法としても有望であり、10~15dBという振動低減の計測事例が得られた。特に、D・BOX-LS100やLS150が1段でも10dB以上低減するという事は、振動エネルギーを袋の微小な伸縮に伴う中詰め粒子間の摩擦熱エネルギーとして消散させるというメカニズムが卓越していることを示唆している。

以上より、本D・BOX工法が軟弱地盤対策と環境振動

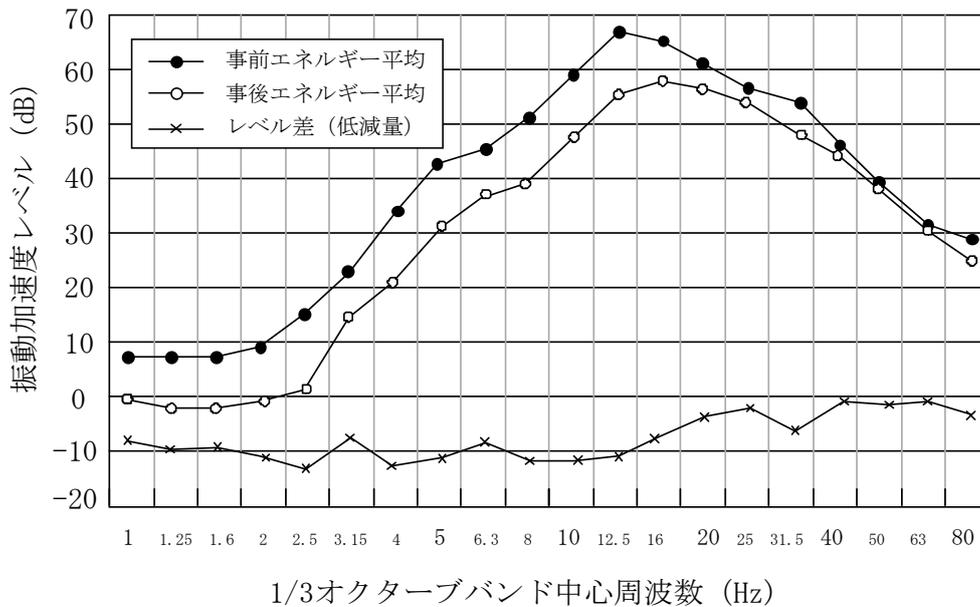


図-20 事前と事後における振動加速度レベルの周波数特性の比較

対策の両方に有効な工法であることが検証されたが、このように一度の施工で複数の効果をもたらす同工法のコストパフォーマンスの高さは注目に値する。

### 参考文献

- 1) 松岡 元：地盤工学の新しいアプローチ—構成式・試験法・補強法—, 京都大学学術出版会, pp. 228-311, 2003.
- 2) Matsuoka, H. and Liu S.: A new earth reinforcement method using soilbags, Taylor & Francis, pp. 1-111, 2006.
- 3) 松岡 元：土のう (ソイルバッグ), 技術手帳, 地盤工学会誌, Vol. 56, No. 11, pp. 47-48, 2008.
- 4) 山本春行, 松岡 元：ソルパック工法における中詰め材の3次元拘束効果について, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 20226, pp. 451-452, 2003.
- 5) 松岡 元, 野本 太：土のうによる超軟弱地盤の「局所圧密・強化」工法, 第 43 回地盤工学研究発表会講演集, 301, pp. 601-602, 2008.
- 6) 松岡 元：土のう (soilbag) による地盤環境振動対策工法, 地盤環境振動対策工法講習会, 地盤工学会, pp. 45-59, 2010.
- 7) 鈴木輝之, 山下 聡, 松岡 元, 山口啓三郎：袋詰めした砂利の凍上抑制効果, 第 35 回地盤工学研究発表会講演集, 308, pp. 609-610, 2000.
- 8) 松岡 元, 野本 太：D・BOX 工法による超軟弱地盤対策および環境振動対策, ジオシンセティックス論文集, Vol. 24, pp. 143-150, 2009.

## D・BOX METHOD AS A MODERN SOILBAG TECHNOLOGY AND ITS LOCAL CONSOLIDATION AND VIBRATION REDUCTION EFFECTS

Hajime MATSUOKA, Haruyuki YAMAMOTO and Futoshi NOMOTO

The divided box bag method (D・BOX Method) has been developed as a modern earth reinforcement method using “soilbags”. Based on the results of 3D elastic consolidation analysis by FEM and the loading test on the D・BOX bags set at a very soft clay ground, it is reported that the D・BOX bags with crushed stones inside act as a permeable layer and develop the local consolidation and strengthening of the very soft clay soil just under the D・BOX bags in a few weeks. In addition, the D・BOX bags also act as an apparatus damping the traffic vibration, because the vibration energy is dissipated as the frictional heat energy between soil particles in the D・BOX bags. The case study of the in-situ vibration test on a road constructed by the D・BOX method is also reported.