

弾性床上梁とモデル化した格子網構造の挙動

澤田 知之*・近藤 崇**・石倉 建治***

Behaviour of Gridwork-Net Modulated as Beam on Elastic Foundation

Tomoyuki SAWADA, Takashi KONDO and Kenji ISHIKURA

要 旨

本報告は、この構造の支配的部材の格子部外枠に注目する。周辺の部材の寸法は内部格子部材より大きく、断面2次モーメントも遥かに大きい為、この外枠桁を弾性床上の梁とモデル化しその挙動を模型実験とその理論値との比較検討より考察したものである。

Abstract

In this paper, there is comparison between several results of beam on elastic foundation and model tests of Gridwork Net structure modulated as such a beam on the foundation. The beam is the main member of the structure because of size and dimensions of geometrical moment of inertia as to hugeness.

1. ま え が き

消波工を海岸に設置する際に、格子構造を設ける効果は、砂の位置を安定させ、飛散消耗を防止するという重要な役割を果たすものである。格子網上に設置される消波工¹⁾は、ブロックの頭部が見えなくなるほど砂がつき、大シケでも侵食されないが、格子網のない消波工では、ブロックが散乱し、波のエネルギーも減らないので、道路までもが欠壊し、侵食される。飛散消耗の防止方法としては、格子網を砂地盤上に置き、その上にプロ

ックを積み上げた消波工では、波がブロック周辺の砂を削り取っても、ブロックは散乱せず、提体の背面の砂層の摩擦力が大きく、回転の中心が奥の方に移動する為に、水平方向の移動はほとんど生じない。つまり全体がほぼ一様に、底部や天辺が沈下して砂中に埋没し、安定する。

図1に示すような格子網構造は、形状が山形網や溝形網、I形網を組合わせたH形網を縦横に並べてボルト締めからなる交差点を持つ。構造全体は10m前後の大型の餅焼き網のようになっており、周辺の外枠桁部材が内側格子部より大きな寸法となる。この為、この外枠桁の断面2次モーメントが内側格子部材のそれより遥かに大きくなり、この外枠桁が構造の支配的部材となる。加えて、内側格子は交差点でボルト締めであるが、外枠同士の間隔は、堅固な接続となる必要はなく、消波工飛散を防ぐ為の支えとさっていればよい。

本研究は、これらの点からこの外枠桁に注目し3タイプの形状からなる弾性床上梁とモデル化して解析を行なう。また、既に報告した載荷実験の結果²⁾も考慮し、その模型実験結果との比較検討を行ない、工学的に有利な形状と材料を求め得る目安とするものである。

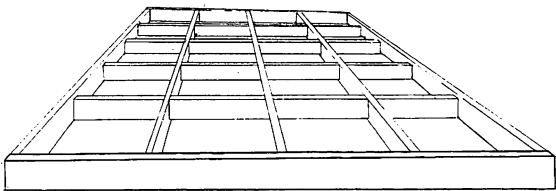


図1 格子網構造概要図

* 教授 環境都市工学科
** 助手 環境都市工学科
*** 創建工業株式会社(SOKEN)

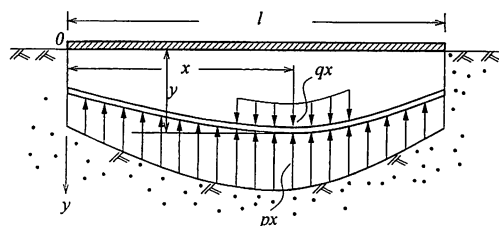


図2 解析モデル

2. 理 論

2-1 解析概要

図2に示すような弾性床土梁における釣り合い方程式は、部材の弾性係数E、および断面形状がx方向で変化しない場合（I：一定）に次の様に示される。

$$\frac{d^4 y}{dx^4} + \frac{Ky}{EI} = \frac{q_x}{EI} \quad q_x = qf(x)$$

この種の梁の色々な境界条件における解は既に発表している³⁾ので省略する。これを基にして解析値を求めるが、弾性床の特徴を示す要因に上式中のK（地盤反力係数）がある。

2-2 地盤反力係数

地盤反力係数は基礎の弾性的な変位や地盤反力を求めるために必要な基礎設計上の基本的定数であり、次式に示す関係にある。

一般の基礎の地盤反力係数は、次式に示す関係になる。

(1) 鉛直地盤反力係数

$$K_v = K_{v0} \left(\frac{B_v}{30} \right)^{-3/4} = 12.8 K_{v0} \cdot B_v^{-3/4}$$

ここに、

K_v ：鉛直地盤反力係数（kgf/cm³）

K_{v0} ：直径30cmの剛体円板による平板載荷試験に相当する鉛直地盤反力係数（kgf/cm³）

$$K_{v0} = \alpha E_0 / 30$$

B_v ：基礎の換算載荷幅（cm）で、次式により求める。但し、円形の場合は直径とする。

$$B_v = \sqrt{A_v}$$

E_0 ：推定した設計の対象位置での地盤の変形係数（kgf/cm³）

α ：常時、地震時に用いる係数（表1参照）

A_v ：鉛直方向の載荷面積

(2) 水平地盤反力係数

$$K_h = K_{v0} \left(\frac{B_v}{30} \right)^{-3/4} = 12.8 K_{v0} \cdot B_v^{-3/4}$$

各記号は、上記(1)の鉛直を水平に読み換えるとよい。

(3) 水平せん断ばね係数

$$K_s = \lambda \cdot K_h$$

ここに、

K_s ：水平せん断ばね係数（kgf/cm³）

λ ：鉛直地盤反力係数に対する水平せん断ばね係数の比で、 $\lambda = 1/3 \sim 1/4$ とする。

ここで、変形係数 E_0 について述べておかねばならない。地盤と基礎の相互作用である地盤反力係数には、次の性質がある。

1. ひずみ依存性
2. 載荷依存性
3. 載荷時間依存性

各測定方法により求めた変形係数は、測定方法の相違から上記の性質が含まれたものとなっている。これらを総合的に評価し、平板載荷試験による変形係数を基準とした場合の変形係数の測定方法に対する補正係数は次の第1表の値となる。

表1 K_{v0} の算定における荷重条件に対する補正係数

E ₀ の 算 定 方 法*	α	
	常 時 荷 重	地 震 時 荷 重
平 板 載 荷 試 験	1	2
ボーリング孔内載荷試験	4	8
三 軸 圧 縮 試 験	4	8
一 軸 圧 縮 試 験	4	8
標 準 貫 入 試 験	1	2
経 験 値	1	2

*特殊な地盤条件の場合には、荷重条件に応じて補正しなければならない。

3. 実験

3-1 実験概要

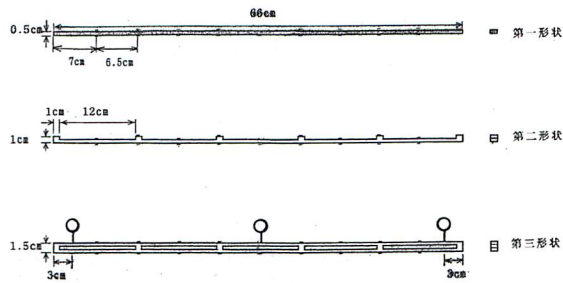


図3 実験供試体

図3に示すような3タイプの構造形状で、スチール、プラスチック及び木材の各材質による計9種類、全長66cmの梁の模型実験を行った。これは実際の格子網構造の外枠の梁を上記の3種類の構造形状の梁でモデル化して実験を行ったものである。これは、弾性床上に直接梁を置いて集中荷重をかけひずみ測定を行うと同時に、梁の両端から3cmと梁中央のダイヤルゲージによる変位測定も行った。弾性床として、アクリル板の上に段ボールとタオル地を敷いたものを用いた(写真1-2参照)梁の載荷状態は図4に示す。

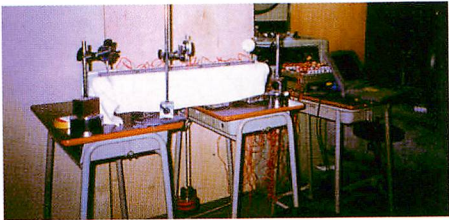


写真1 実験状況

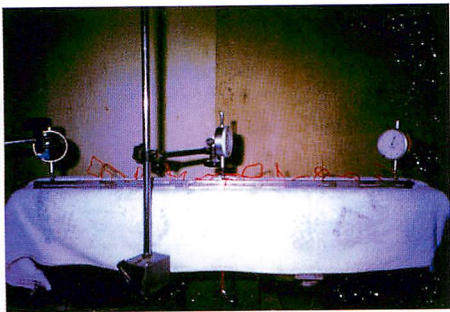


写真2 供試体(スチール3形状)

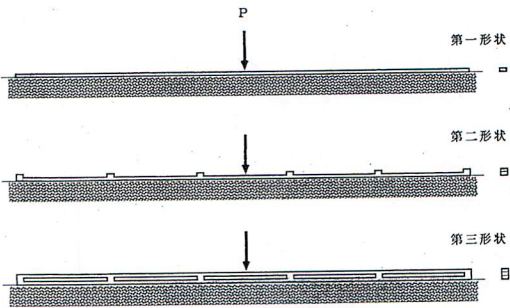


図4 弾性床と載荷状態

この時、弾性床上に載荷実験を行って、その変位と荷重から平均的弾性係数を得て、これを弾性床の地盤反力係数として計算に用いた。

尚、各材質の弾性係数は以下ようになった。

プラスチック	$2.25 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
スチール	$1.96 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$
木材	$8.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$

3-2 実験結果と考察

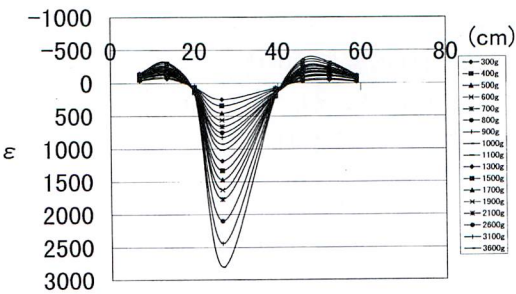


図5 プラスチック1形状(引張側)

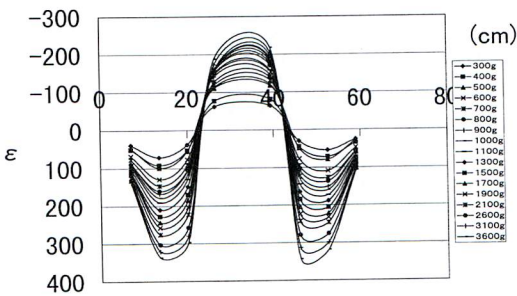


図6 プラスチック1形状(圧縮側)

図5と図6は、プラスチック材の1型による、載荷300g~3600gにおけるひずみ(応力)の結果を示す。図5は供試体載荷裏面側つまり引張り側の測定結果を示し、図6は同時点の載荷表面の圧縮側の結果である。載荷表面(圧縮側)が絶対値では $\frac{1}{10}$ 位と小さいが、引張(+), 圧縮(-)が逆転して表われている。

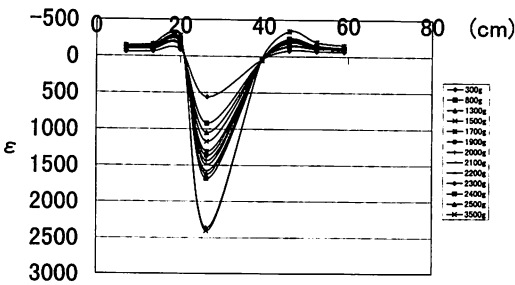


図7 プラスチック2形状 (引張側)

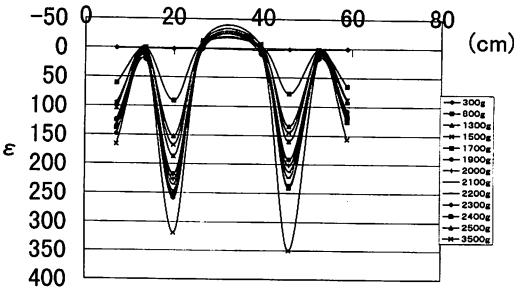


図8 プラスチック2形状 (圧縮側)

図7及び図8は、同材質の2型の結果であり、同様な傾向を示す。図7は材質の弾性係数が小さい為に12cm毎の変断面の影響は見られないが、図8では値は小さいが、この変断面の所で小さな値となっており影響が明瞭に示された。

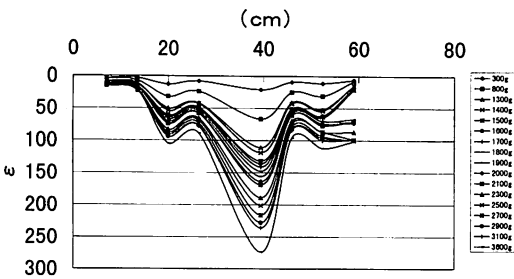


図9 スチール2形状 (引張側)

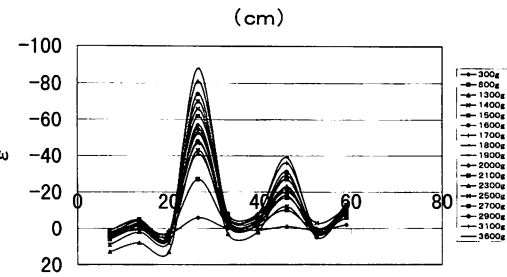


図10 スチール2形状 (圧縮側)

図9～10は、スチール材の2形状の結果を示す。材質が硬く(弾性係数Eが大きい)、数値的には小さくなるが、2形状の特徴の変断面での効果がさらに明らかに示された。

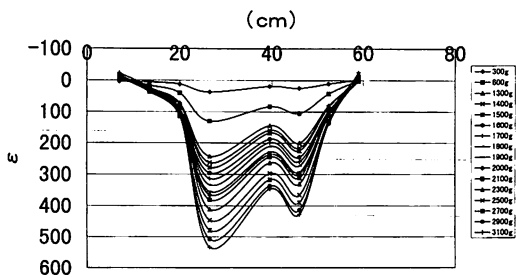


図11 木材3形状 (引張側)

図11は3形状(木材)の結果を示す。構造的に剛性が大きくなり、変断面部分の効果も表われていると考えられる。次に、載荷重を1300gの場合における実験結果を形状ごとにまとめ、材質で比較したものを図12～図14に示す。

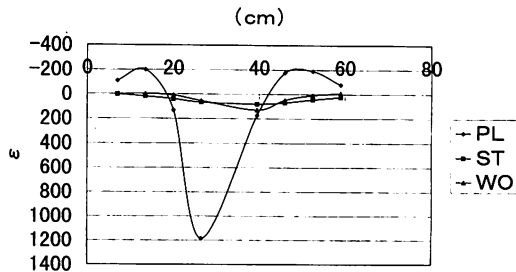


図12 1形状における比較

PL: プラスチック
ST: スチール
WO: 木材

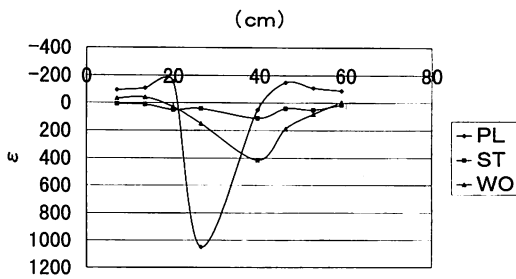


図13 2形状における比較

PL: プラスチック
ST: スチール
WO: 木材

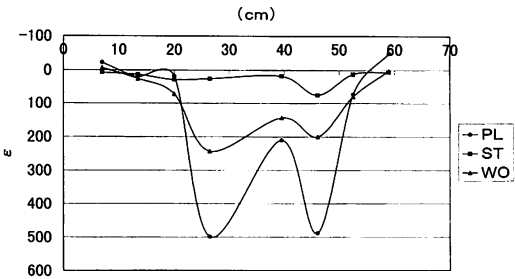


図14 3形状における比較

PL: プラスチック
ST: スチール
WO: 木材

いずれも材質の剛性が大きくなるスチールが小さな値となり、最も軟らかい木材が大きな値を示

す妥当な傾向を示している。一方、絶対値的に見ると1形状と2形状の場合は木材であり差異が見られないが、3形状のように断面2次モーメントが遥かに大きく剛性に富む場合は軟らかい木材で1/2程度、スチール材では大きく減少し、その形状効果が表われることを示している。

4. 実験と解析値の比較及び考察

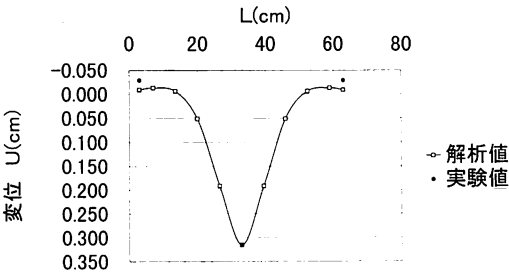


図15 プラスチックの1形状

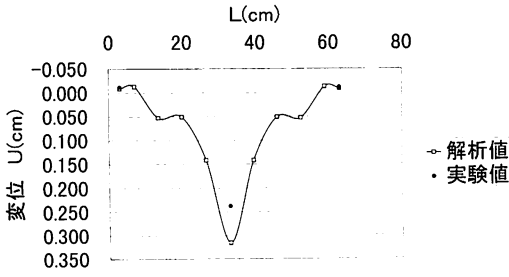


図16 プラスチックの2形状

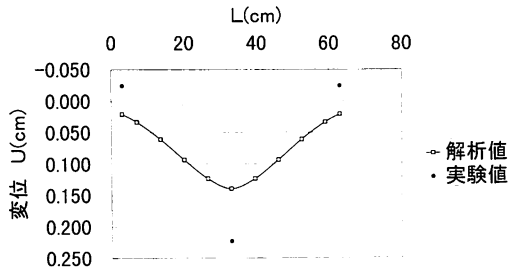


図17 プラスチックの3形状

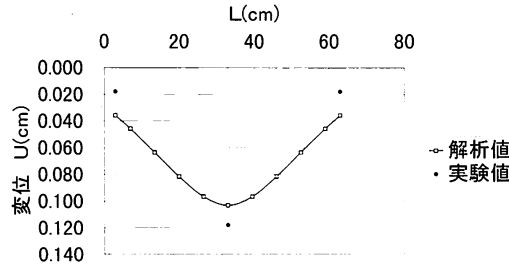


図18 スチールの1形状

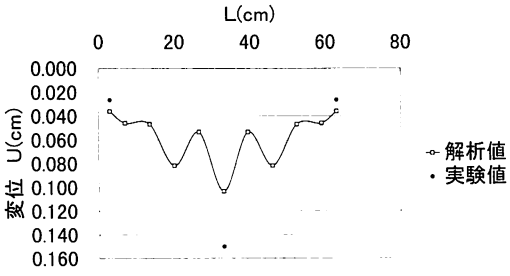


図19 スチールの2形状

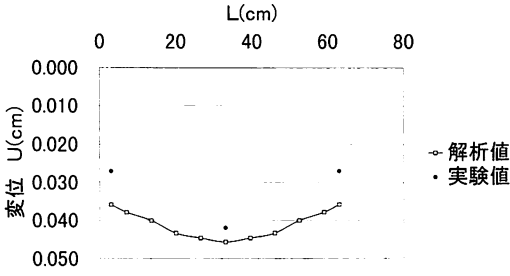


図20 スチールの3形状

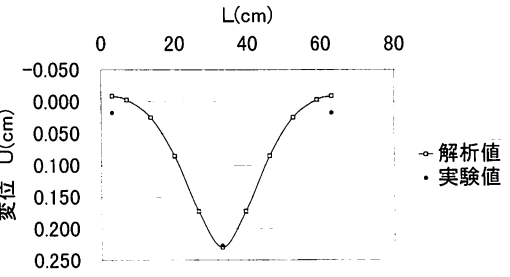


図21 木材の1形状

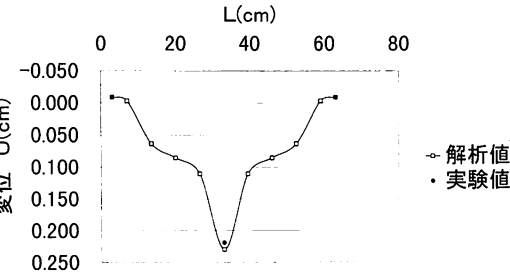


図22 木材の2形状

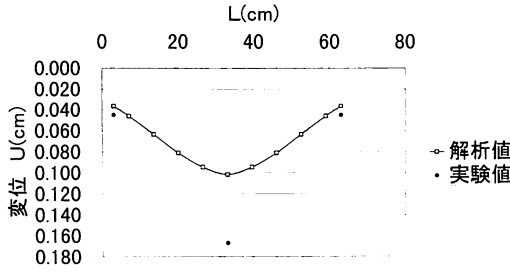


図23 木材の3形状

図15～23に実験値（●印）と解析値（○印）の変位の比較を示す。図15～17はプラスチック材質で順次1形状，2形状，3形状である。図18～20はスチール材であり，図21～23は木材の場合である。いずれも載荷重は1300g，解析に用いたK値は $K = 0.268 \text{ kgf/cm}^2$ であった。いずれも，模型供試体の分解能から考えてよく一致しており，解析値に用いた地盤反力係数の値もほぼ妥当と考えられる。

特に，図16，19および図22における2形状の構造的特徴が変位としてよく表われており，絶対値としての比較においても剛性の大きい形状，材質に従って小さな値となり，実験値と解析値の差も小さくなる傾向を呈している。

5. まとめと今後の課題

弾性床上梁の模型実験より，材質ではスチール，形状では3形状が一番剛性が高く示され，9タイプのなかでは最も丈夫であるという結論となった。しかしながら，数値的に見て2形スチール，3形のプラスチックなどもかなり剛性を発揮することが伺える。地盤反力係数は，シミュレーション値が 0.268 kgf/cm^2 となり，実験における弾性床とほぼ妥当な近似を見ていると思えるが，今後の検討が必要である。また，模型のサイズが小さく，測点リード線の影響が大きい点，載荷位置としてのスペースの小ささ等，実験分解能として劣る点が問題であり，今後の改善が必要である。

参 考 文 献

- 1) 石倉建治：自然の海岸をとりもどす，創建工業株式会社発行，1997。
- 2) 澤田・近藤・石倉：弾性係数と断面形状の違いによる弾性床上梁の載荷模型実験，苫小牧工業高等専門学校紀要，第35号，pp.105-111，2000。
- 3) 澤田・近藤・石倉：格子網構造の解析モデル化についてー弾性床上梁の解としてー，苫小牧工業高等専門学校紀要，第34号pp.109-120，1999。

（平成12年11月29日受理）