

I-22 中詰と有する鋼製枠組の模型実験について

室蘭工業大学 学生員 ○松本 隆

室蘭工業大学 正 員 松岡 健一

室蘭工業大学 正 員 田中 功

1. まえがき

鋼製枠組特に、鋼製自在枠組は、木材、プレキャストコンクリート材などを枠材とし、その中に石材などの中詰を入けて壁体として外力に抵抗させる枠組工の安定性と、石材などを鉄線で包んで造る琺瑯かご、フロンかごなどのかご工の可塑性を合わせ持った構造物である。従って、この種の構造物は可塑性が大きい、ある程度自由に形を変えることができるため、凹凸のある地盤や軟弱な地盤などに建設しなければならない砂防ダム、土留擁壁などに用いて有効な構造物であり、現在広く用いられている。

この構造物は一種の重力式構造物であるので、重力式構造物の安定計算を行なうのはもちろんであるが、さらにこれを一種のセルラールバルクヘッドと考え、枠材が多少変形を生じても、中詰の流出などにより、構造体の形を著しく変えない限り外力に対し安定を保ち得るようセル壁体としての安定計算、すなわち中詰のせん断変形によって外力に抵抗するとの考えにより構造全体の安定計算を行ない、枠材は中詰を拘束するに足る強度を持つてば良いとし、中詰の土圧を外力として強度計算を行なっている。

鋼製枠組は以上のような考え方による設計されているが、セルラールバルクヘッドは、鋼鉄板を建て込んで壁体を造り、その中に土砂を詰めてセルを造るもので、この理論を鋼製枠組にそのまま適用できるか、実験的には十分確認しておくてはいない。中詰の挙動を純理論的に説明することは非常に困難であり、従って多くの実験を行なって、設計方法の妥当性及び構造物の安全性を確認しつつ、より合理的、経済的な設計方法を確立することは、この種の構造物にとって重要なことと思われる。特に、枠材については上で述べたように、中詰を拘束するため強度を有しなければならないことは当然なことであるが、むしろ構造形式を考えれば、外力に対して大部分は枠材が受け持ち、中詰材による補強をしていると考えることもできる。このように考えるとき、枠材に及ぼす中詰材の影響、すなわち、枠材と中詰材の荷重分担の状況と明らかにすることは重要なことである。本模型実験は、これらの点を明らかにすることを目的として行なったものである。

2. 実験内容

1) 模型

模型は12本の部材をほぼ立方体として組み立て軸方向の部材を付けるときにはボルトにスパーサーをいれて取り付ける。また、この立方体を運ぶときには部材の両側にかセットプレートを取り付ける。この構造物の特長として、軸方向に対しては剛結合であるが、長手方向に対してはある程度自由に變形できるようになっている。

2) 実験の種類

本実験は図に示すように立方体をいくつか組み合わせた、2連1段、2連L型(図-1)、1連2段、1連3段、1連4段、1連5段の6種類でそれぞれ石詰のものの中に何も詰めないもの(以下空枠とする)の斜材があるものと斜材がないものの4種類として行なう。

3) 載荷方法

模型の荷重側最下部材をボルトで固定し、荷重が直接かかる部材にL型の鉄板を置き、中央点にジャッキを取り付け線荷重となるように載荷する(図-3 参照)

図-1 Z通L型模型

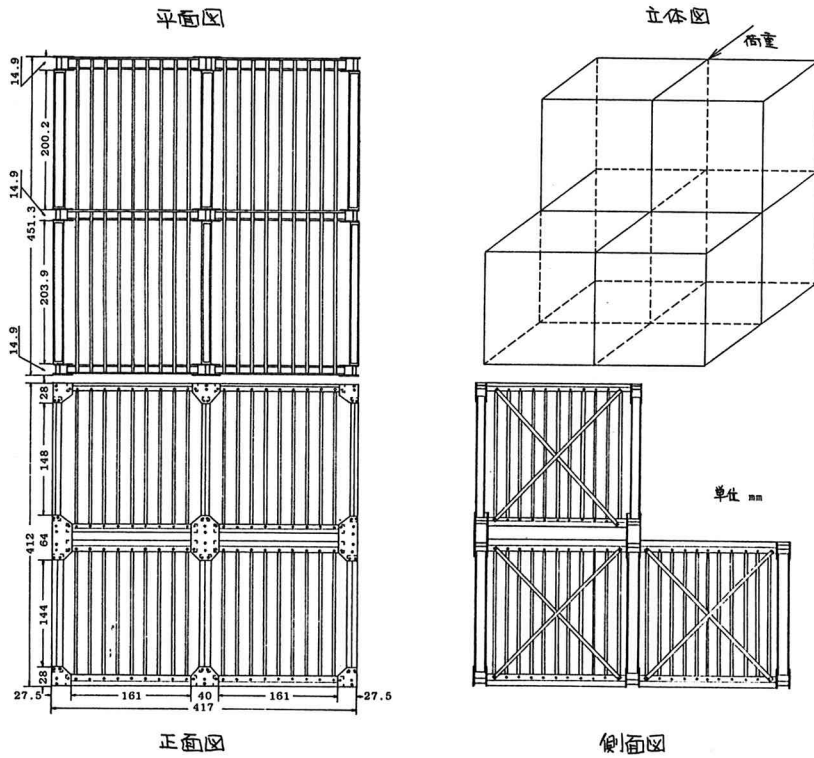


図-3 載荷装置

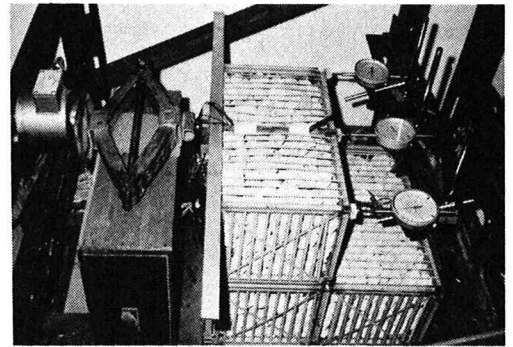
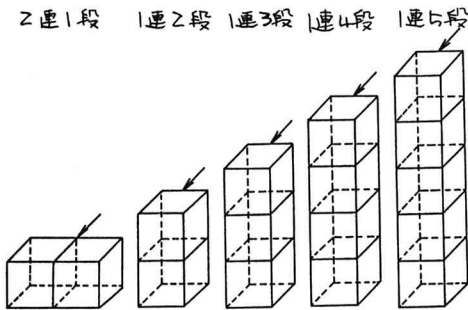


図-2 模型の立体図



4) 測定方法

部材の代表的な点にストレーンゲージをはり、その点のひずみを測定し、部材の軸ひずみ、曲げひずみを求めるとともに節点の数箇所にはダイヤルゲージを取り付け、変位を測定する。

3. 理論

いま、先述している構造物を平面骨組構造と考え、これを剛性マトリックス法によって解くものとする。その場合、斜材のないもの、引張斜材だけのもの、引張・圧縮斜材両方のものの3種類によって行なった。また、支点は一端は回転支点として他端はすべりローラー支点として計算を行なった。

4. 結果及び考察

ひずみの測定は各点4箇所、柱については中心と上下端から1.5cmのところ計3箇所、はりについては端から1.5cmのところ2箇所にてゲージははりで測定するが、はりの中心にゲージははらずそのもある。そのひずみを平均して、曲げモーメント及び軸力を計算しその図に示す。図の値は荷重1kgに対するものである。記号は実験値と線は理論値である。理論値は単純な平面うーくとして計算したものであるが継手部の状態、荷重のかけ方等を考えれば必ずしも適当とはいえず、一応実験結果を考察するための資料とした。

1) 2連L型

a) 空枠斜材無 (図-4, 図-5)

曲げモーメントは実験値、軸力はほとんどの点で理論値と比べて小さくできている。これは節点状態が完全に剛とは、ていないためと考えられる。軸力は非常にばらついているが実験値の方がだいたい大きくなっている。

b) 空枠斜材有、石詰斜材無、石詰斜材有 (図-6, 図-7)

曲げモーメントは斜材がない場合は石詰であり、これも空枠斜材有よりは非常に大きな値になり、2連、3連、斜材の影響が大きく特に、引張斜材の影響が大きいと考えられる。実験において空枠斜材無のときは荷重25kgに対して変位13mmであり、たが、石詰斜材無では荷重50kgに対して変位7mmであり、正ことから斜材の有無と石詰とでは、石詰の方が約2倍以上の抵抗力を有することになる。斜材のある場合は空枠と石詰との差があまりでない。計算によれば斜材を考慮するとき、継手部のサビットプレートには大きな曲げモーメントがかかっている。軸力は曲げモーメントほど空枠と石詰の差がでない。また、荷重側の上の柱だけ理論とは反対になっている。

図-4 曲げモーメント図

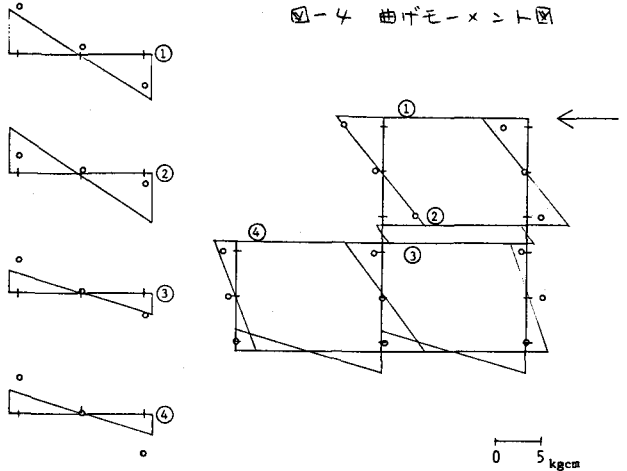
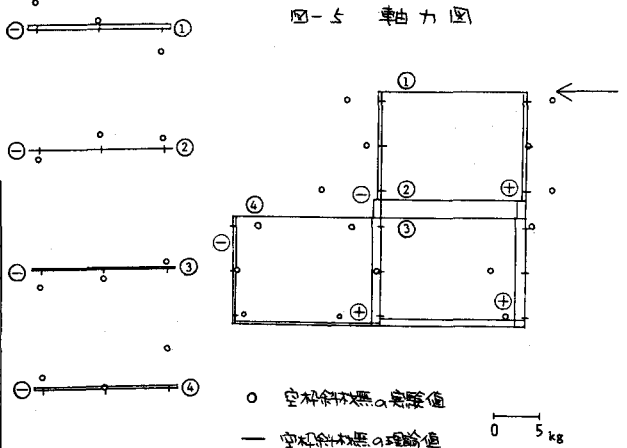


図-5 軸力図



2) 1連3段

a) 空枠斜材無 (図-8, 図-9)

やはりL型同様、曲げモーメントの実験値は理論値に比べて小さく、2連、軸力は大きくなっている。また、いずれも各点ごとのばらつきが非常に大きく、構造的に不安定な、ていと思われ。

表-1 最大荷重及び最大変位

	状態	最大荷重(kg)	最大変位(mm)
2連L型	空枠斜材無	25	13
	空枠斜材有	50	4
	石詰斜材無	50	7
	石詰斜材有	70	2
1連3型	空枠斜材無	20	35
	空枠斜材有	50	16
	石詰斜材無	40	25
	石詰斜材有	50	18

b) 空材斜材有
石詰斜材無
石詰斜材有

(図-10, 図-11)

このモデル同様、実験において、空材斜材無のときは荷重 20kg に対して変位 35mm であったが石詰斜材無では荷重 40kg に対して変位 25mm であったことから斜材無のときには、空材と石詰とでは石詰の方が約 2 倍以上の抵抗力を有することになる。また、空材では斜材無のときは非常に大きな値になり、やはり斜材の効果ははっきり、このことになる。

軸力は理論値の方が実験値より比較的大きくなる。これも、曲げモーメントほど空材と石詰の差がでておらず、斜材の影響の方が大きいように思われる。計算によれば、中間でのほりの軸力がさほどわからなく、特に、引張斜材のみを考慮した場合は、ほとんどわからなない。

5. 北島の理論との比較

この種の構造物はセル式岸壁の設計理論である北島の理論による設計されているものであるが、その最適化かどうかの1つの資料として実験結果を北島の理論と比較してみる。

北島の理論によれば、セル断変形抵抗モーメントは

前後壁面での壁面摩擦が働かない所

$$M_0 = \frac{1}{24} \gamma h^3 \Delta^2 (K_p - K_a) (3 - \Delta \cos \phi) \cos^2 \phi$$

凝結伏所

$$M' = \frac{1}{22} \gamma h^3 \Delta^2 (K_p - K_a) (3 - \Delta \cos \phi) \sin^2 \phi$$

ここで、

γ : 詰石の単位体積重量

h : 高さ

ϕ : 内部摩擦角

K_a : 主動土圧係数

K_p : 受働土圧係数

$\Delta = b/h$

b : 壁幅

いま、 $\gamma = 1.44 \text{ t/m}^3$, $\phi = 40^\circ$ とすると $K_a = 0.2$, $K_p = 4.6$ となる。

図-6 曲げモーメント図

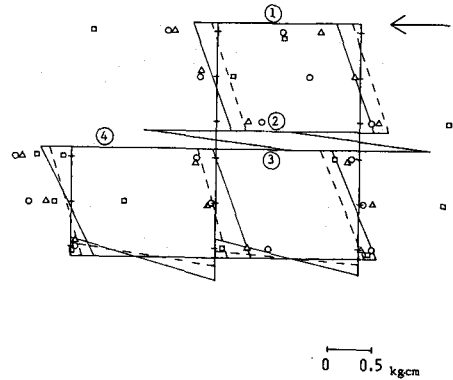
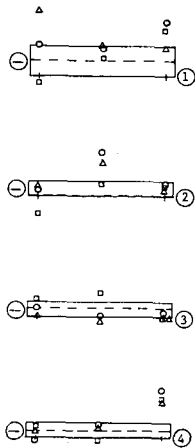


図-7 軸力図



実験値

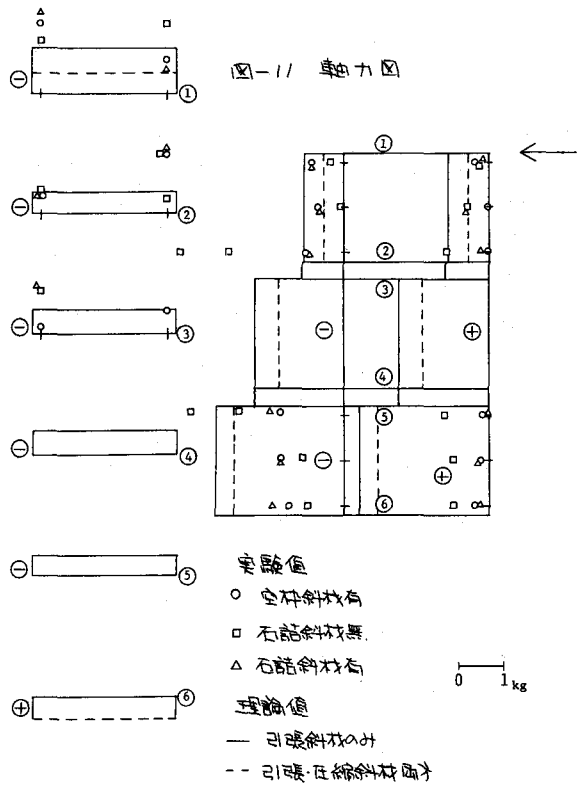
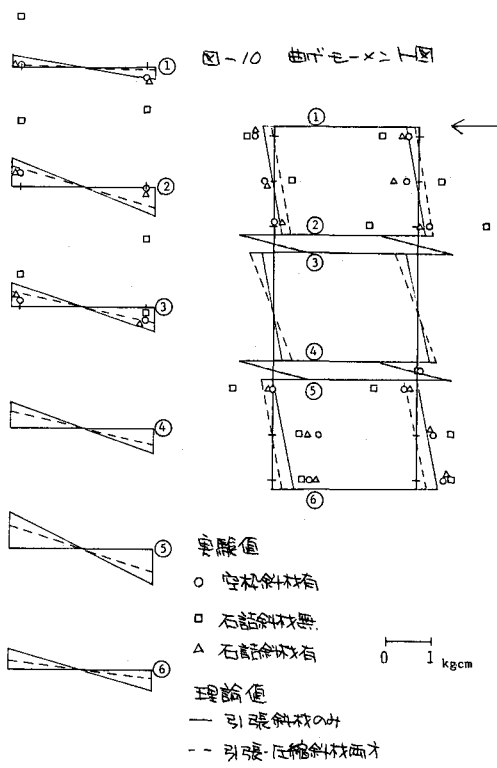
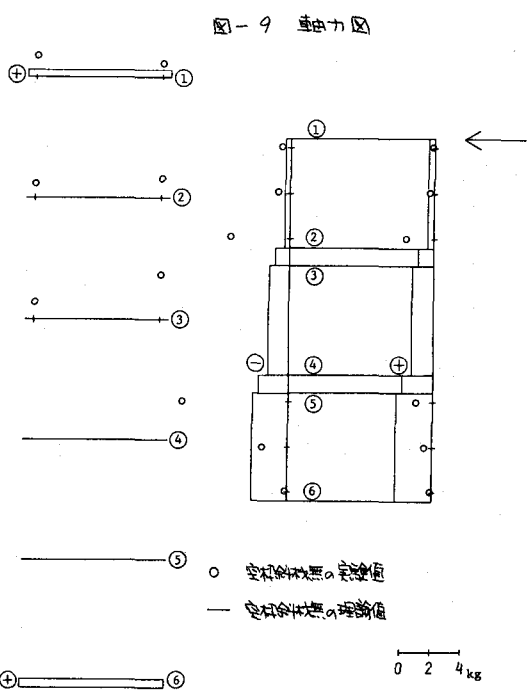
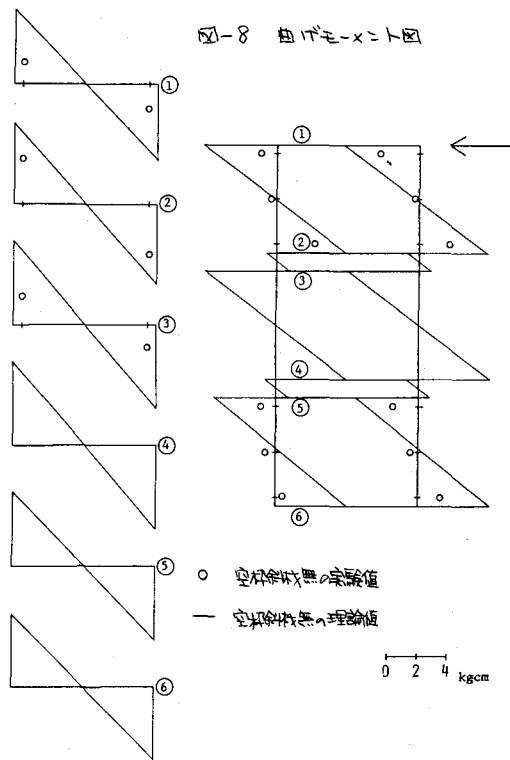
○ 空材斜材有
□ 石詰斜材無
△ 石詰斜材有

理論値

— 引張斜材のみ

-- 引張・圧縮斜材両方

0 1 2 kg



1) 2連し型の場合

壁幅 b は全長が等しくなる幅を考えた、 $b = 33.7\text{ cm}$ 、 $h = 41.2\text{ cm}$ であるから $\Delta = 0.8$ となる

$$\text{よって、 } M_0 = 17.6 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

$$M' = 9.9 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

2) 1連3段の場合

$b = 22.5\text{ cm}$ 、 $h = 61.8\text{ cm}$ であるから $\Delta = 0.36$ となる

$$\text{よって、 } M_0 = 13.6 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

$$M' = 7.9 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

これに対して実験では、ほぼ弾性範囲内であるが外力から石詰の枠組に作用したモーメントを計算すれば

3) 2連し型の場合

$$\text{斜材無 } 50 \times 41.2 / 41.7 = 49.4 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

$$\text{斜材有 } 70 \times 41.2 / 41.7 = 69.2 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

4) 1連3段の場合

$$\text{斜材無 } 40 \times 61.8 / 21.6 = 114.4 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

$$\text{斜材有 } 50 \times 61.8 / 21.6 = 143.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}$$

以上の結果から、模型実験は北島の理論と比べてかなり大きな抵抗モーメントを有すると思われる。

6. おとこき

全体的に見て構造の複雑さが影響して単純な平面構造としての理論値とはかなりちがう値になる。また実験では、時間的及び経済的な制約から測定点をかなり制限しなければならぬ十分なデータを得られなかった向きもあるが、これまでの実験からは、斜材(特に引張斜材)の効果は大きいこと、斜材が有効に作用しないとした場合、石詰により枠組の抵抗モーメントをこの実験の場合の2倍以上に大きくできること、この模型では石詰の抵抗モーメントはセル壁体に通ずる北島の理論による値よりかなり大きいことなどがわかる。しかし、特に継手部の構造から継手部のボルト及びガセットプレートに大きな力が作用していると思われるので、この点の詳しい検討が必要であるし、理論についてもより実際に近いようにモデル化し、骨組の挙動と石詰の効果をさらに詳しく検討することが必要である。

なお、本実験を行なうにあたり、模型材料の提供等種々の面で日鉄金属株式会社(現、日鉄建設株式会社)の多大の御援助をいただいたことを感謝致します。また、室蘭工業大学土木工学科構造力学研究室の渡部良和技官研究生の面谷宏二氏にも実験及び資料整理に対して御協力いただいたことを合わせて感謝致します。

7. 参考文献

- 1) F.W.ビンツェ, W.H.ローアン, D.G.ホードレイ, R.M.ハケット: コンピュータによる骨組構造解析
- 2) 北島昭一: 土と基礎 1962.10 P25~33
- 3) 新日本製鉄株式会社: 鋼天板マニュアル 設計編 P235~262