

V-262 空気型わくの力学的挙動に関する実験的研究

北海道大学 正会員 上田 多門 北海道庁 吉田 安範
 清水建設 正会員 小原 由幸 清水建設 正会員 小野 定
 北海道大学 正会員 林川 俊郎 北海道大学 正会員 角田與史雄

1. はじめに

施工の省力化、安全性の向上をはかるために、エアマットをコンクリート型わくに用いることを考えた。エアマットは、従来のコンクリート型わくと比較すると軽量で、様々な形状にすることが可能である。また、空気を抜くことによって型わくの取り外しを容易にかつ安全に行える。本研究では、エアマットを用いた型わく(以降、空気型わくと呼ぶ)の載荷実験を行い、その変形を数値解析結果と比較し、さらに、トンネル断面を模擬した供試体を空気型わくを用いてコンクリート打設した。

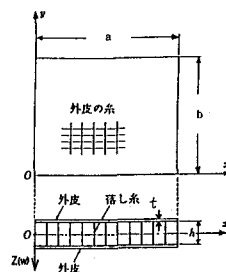
2. 空気型わくの基礎方程式

図1に示すように、空気型わくは、糸で補強された外皮と外皮の間隔 h を一定に保つ落とし糸からなっている。赤坂¹⁾のエアマットの基礎方程式を参考にし、以下のように膜力、曲げモーメント、せん断力に関する式が導かれる(図2参照)。

$$\frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial N_{xy}}{\partial y} = 0 \quad (1) \quad \frac{\partial M_x}{\partial x} + \frac{\partial M_{xy}}{\partial y} - Q_x = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial N_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} = 0 \quad (2) \quad \frac{\partial M_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial M_y}{\partial y} - Q_y = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} + q = 0 \quad (3)$$



さらに、エアマットのせん断変形を表わす α 、 β に関しては以下の式が導かれる(図3参照)。

$$Q_x = p h \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \alpha \right) \quad (6) \quad Q_y = p h \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \beta \right) \quad (7)$$

図1 空気型わく

式(1)~(7)に、線形理論より導かれる $N_x=N_y=ph$ 、 $N_{xy}=0$ 、Hookeの法則を用い、 w 、 α 、 β が求められる。

3. 実験概要

空気型わくとして、塩化ビニルで被覆したポリエステル製の織布(補強された外皮、または、補強膜)をポリエステル製の落とし糸で結んだものを使用した。内圧としては $0.2 \sim 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ まで安全にかけられる。寸法は板の載荷試験用供試体が、 $2000 \times 1000 \times 300 \text{ mm}$ であり、トンネルのライニング打設実験用は図4に示す。補強膜の材料定数は表1に示す。板の載荷試験は四辺単純支持($1800 \times 900 \text{ mm}$)で行い、変形を $1/1000 \text{ mm}$ 精度の変位計で測定した。打設試験においては、空気型わくの内圧を 0.1 kgf/cm^2 、コンクリートの厚さを概ね 150 mm とし、下部から順次打設した。コンクリート硬化後、空気を抜くことにより空気型わくを外し、コンクリートの型わくに接していた面の形状から、打設圧による空気型わくの変形を測定した。

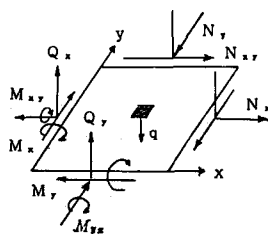


図2 膜力・モーメント・せん断力図

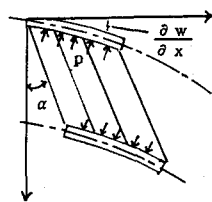


図3 α の定義

表1 補強膜の材料定数

ヤング率 (kgf/cm^2)		ポアソン比		せん断係数 (kgf/cm^2)	膜厚 (cm)
E_x (32)	E_y (37)	ν_x (32)	ν_y (37)		
800	1467	0.5	0.5	2385	0.15

4. 結果および考察

部分分布荷重（300x300mm）を受ける四辺単純支持された空気型わくの変形の実験値と計算値とがよく一致していることが図5に示されている。また、内圧が変形量に大きく影響を与えることが明らかである（図6参照）。本研究のような条件では、内圧pは大きくなるとともに、空気型わくの厚さhは厚くなるとともに、変形量は小さくなるが、これと比較すると補強膜の剛性および厚さの変形量に与える影響は小さい。これは、空気型わくの変形成分のうち、80%程度が空気型わくの厚さと内圧の関数であるせん断変形であるからである。

鋼板に空気型わくを重ね、部分分布荷重（300x300mm）をかけた場合の変形の分布を図7に示す。分布形が、両者を単独にしそれぞれに部分分布荷重をかけた場合の分布形に類似している。したがって、空気型わくと鋼板との重ね板に部分分布荷重をかけると考えることにより、重ねた場合の変形を概略求めることができる。

図8にトンネルライニングの打設試験における、空気型わくの変形を示す。打設圧が空気型わくの内圧0.1kgf/cm²以上になると考えられる、コンクリート最上表面から40cmより深いところにおいて空気型わくの変形がみられる。空気型わくの取り外しは容易で、空気型わくに接していたコンクリート面の仕上げは良く、空気型わくの内圧をコンクリート打設圧以上とすれば、空気型わくの実用は十分可能と考えられる。

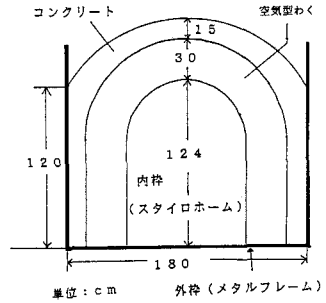


図4 トンネル断面の打設実験図

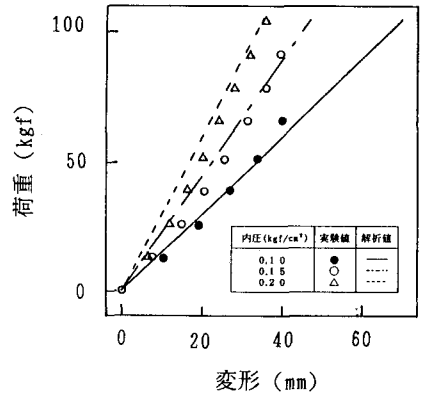


図5 荷重と変形の関係

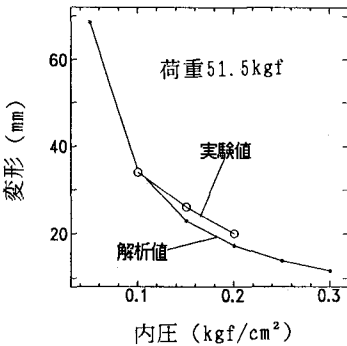


図6 内圧と変形の関係

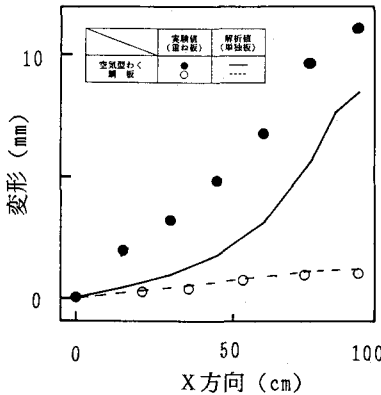


図7 部分分布荷重がかかった時の鋼板と空気型わくの変形分布

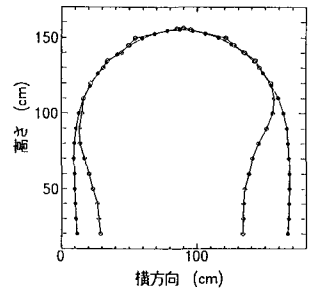


図8 トンネル打設による空気型わくの変形

5. あとがき

実際の施工条件を考えればさらに高い内圧で検討する必要があるなど、実用化に向けてさらに検討を進める予定である。最後に、空気型わくの製造を担当した太陽工業（株）の本城豊氏に謝意を表す。

参考文献

(1) 林毅・赤坂隆ほか：「軽構造の理論とその応用 下」 日本科学技術連盟、1966