

ひずみ仮定による補強板有限要素とその応用

—その2：屋根構造モデルの接触変形解析—

Assumed-Strain Stiffened Plate Element and Its Applications
(Part 2: Contact Deformation Analysis of Roof-Structure Model)

小橋 啓司*・都井 裕*・佐藤 國昭**・西平 英樹**
Keiji KOBASHI, Yutaka TOI, Kuniaki SATO and Hideki NISHIHIRA

1. はじめに

スティフナ付きの薄板構造に対し有効な補強板有限要素を前報¹⁾で提案した。スティフナ部の剛性は板要素からの外挿によるひずみ仮定に基づき評価されている。本報では、この補強板有限要素を住宅の屋根構造モデルの接触変形解析に応用し、屋根材の踏み割れ現象の力学的解明の一助としたい。

2. 屋根構造モデル

近年の住宅の多くは規格化された部品を取り入れて建造されている。屋根材もその例に漏れず規格化されたものが多く使用されている。これらの施工時や、テレビアンテナの取り付け時、修理時に人が屋根材の上を歩くことにより、屋根材に割れが生じることがある。屋根材は耐水性などの要求から複雑な重ね板構造となっているために、1枚の割れた屋根材を交換するためにも相当量の作業が必要となる。割れが生じやすい原因は、場所によって重なり方が異なり、ひずみ集中が起こるためである。

この問題に対しては、図1に示すような構造単位に対する実験が行われている。これは、スティフナ(垂木)で補強された野地板の上に4層の屋根材が置かれた重ね板構造で、その重なり具合を図2に示す。それぞれの屋根材は釘により野地板に固定されている。図2の中で最弱部と書かれた部分の周辺に荷重が加わる時に最もひずみ集中が起こりやすくなる。この時のひずみの発生量が実験によって計測されている。この屋根構造モデルの横荷重による接触変形挙動を補強板有限要素により解析し、計算結果を実験結果と比較するとともに、最適な屋根材形状を見出すためのパラメータ計算を実施した。

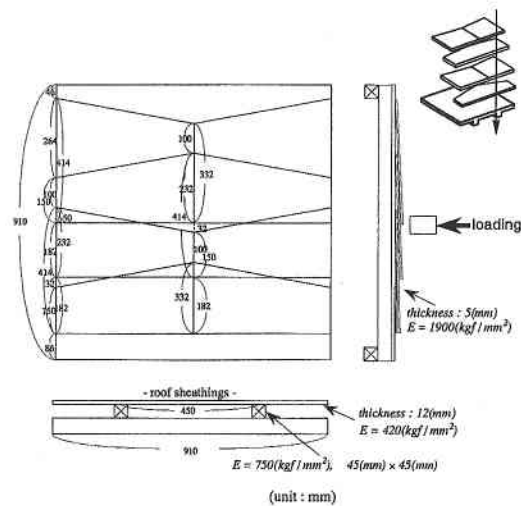


図1 屋根構造モデル (model 1)

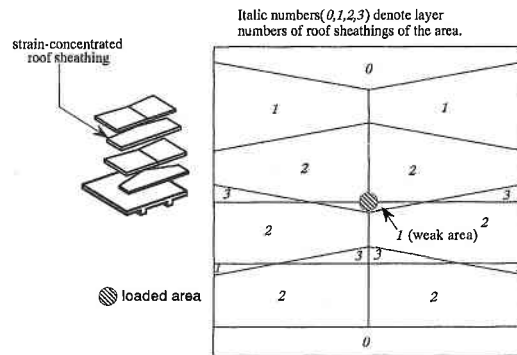


図2 屋根材の重なり具合

*東京大学生産技術研究所 第2部

**株式会社クボタ 住宅建材研究第一部

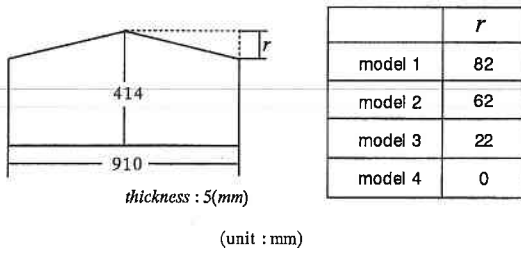


図3 屋根材の形状

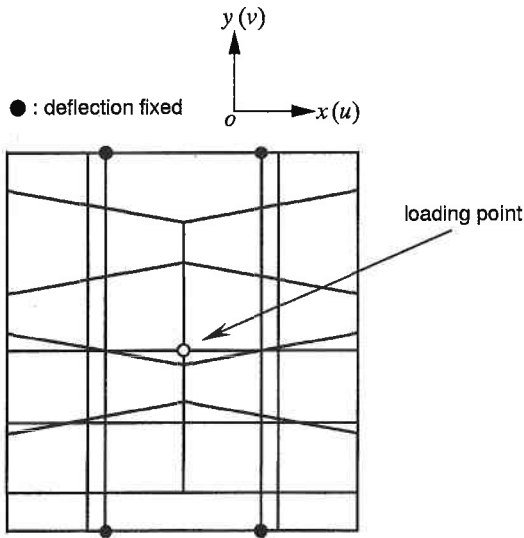


図4 屋根構造の計算モデル

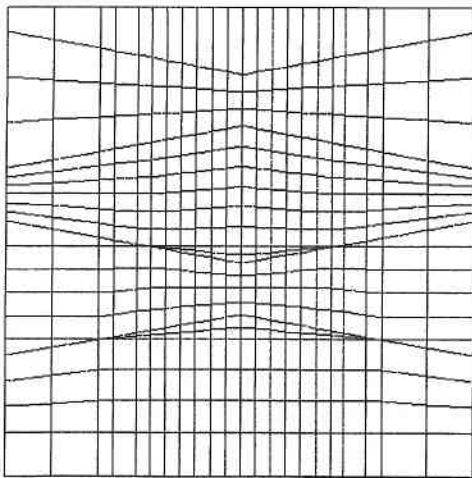
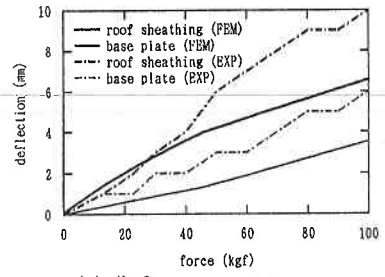
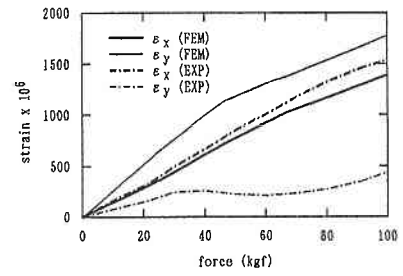


図5 要素分割図

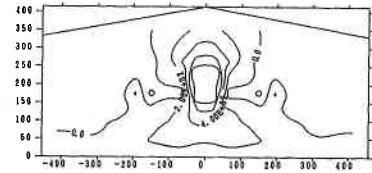


(a) 荷重・たわみ曲線

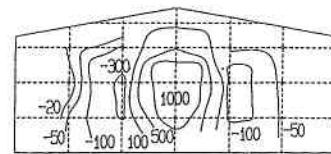


(b) 荷重・ひずみ曲線

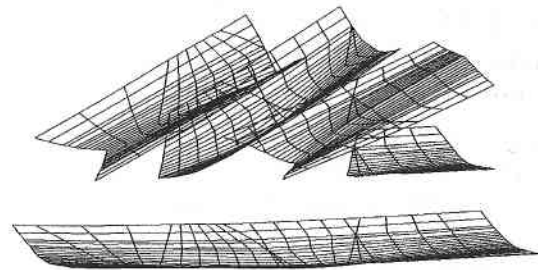
FEM



EXP



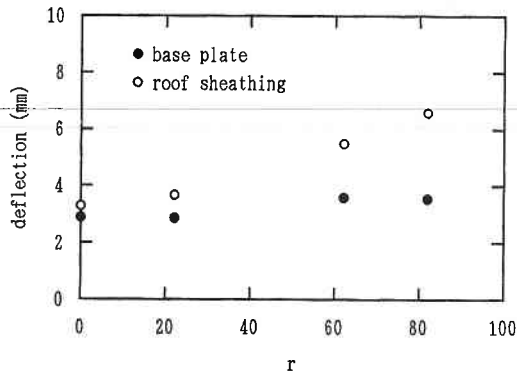
(c) ひずみ分布図



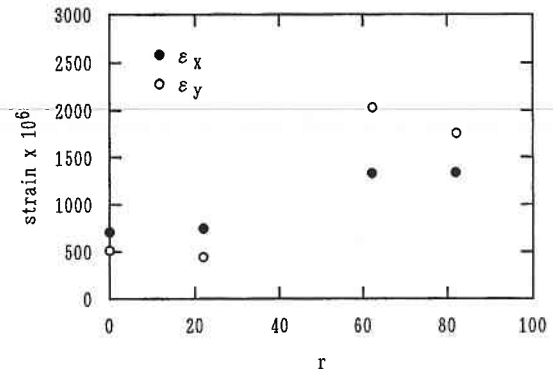
(d) 全体変形図

図6 有限要素解析結果と実験結果の比較

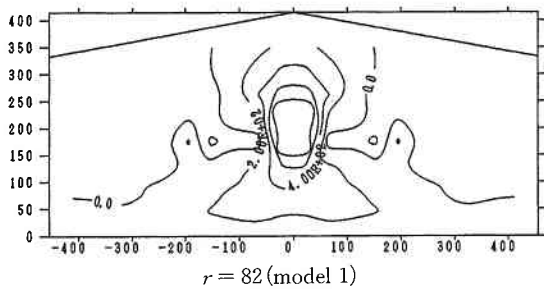
研 究 速 報



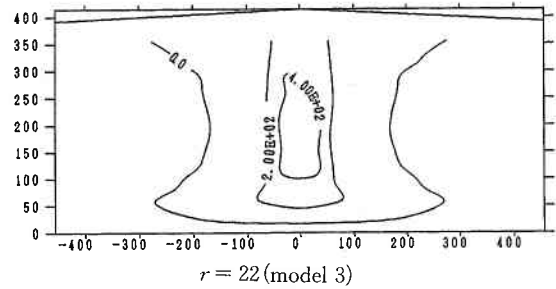
(a) たわみ



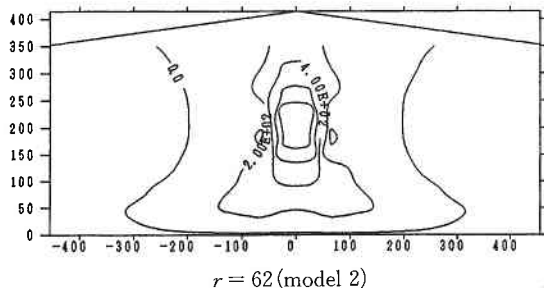
(b) ひずみ



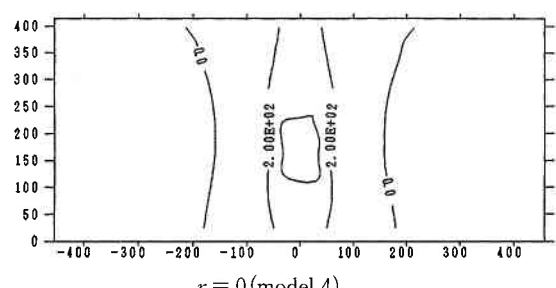
r = 82 (model 1)



r = 22 (model 3)



r = 62 (model 2)



r = 0 (model 4)

(c) ひずみ分布 ε_x

図 7 屋根材の形状の影響

3. 屋根構造モデルの有限要素解析

図 1, 図 2 に示したような屋根構造モデルを図 4 のようにモデル化する。これに図 5 のような要素分割を施して有限要素解析を行った。接触ばねを用いた処罰法により屋根材相互および屋根材・野地板間の接触・はく離を考慮した。釘の影響は本解析では無視した。自重・荷重後、横荷重を増分的に加えて、接触変形挙動を解析した。図 6(a)で、荷重点直下の屋根材(ひずみ集中のおこる屋根材)および野地板のたわみの解析結果を実験値と比較した。図 6(b)では、最もひずみの集中する部分における荷重・ひずみ曲線を実験結果と比較している。ひずみは屋根材の裏面の値であり、引っ張りを正の値で表している。図 6(c)は、ひずみ集中部

を含む屋根材における等ひずみ線図(荷重100kgf時)である。図 6(d)は全体変形図である。本構造モデルでは、施工時の釘の打ち方により初期変形状態にかなりのバラつきがあるものと考えられ、また実験誤差の存在も想定され(図 6(b)の ε_y など)、その結果たわみの値など定量的には改善の余地を残す結果となっているが、実験結果の定性的な傾向は捉えられていると判断される。

図 7 は、形状の異なる 4 種類の屋根材(図 3)を用いた場合の荷重 100 (kgf) 時のたわみおよびひずみの比較であり、図 7(a)では荷重点直下のたわみ値が、図 7(b)では荷重点近傍のひずみ値が比較されている。横軸のパラメータ r は図 3 に示した量である。形状変化により ε_x, ε_y の大小関係が逆転することは、経験的な知識と合致している。図

7(c)は各モデルにおいて最もひずみの集中する屋根材の等ひずみ線図である。 $r \geq 50$ で、図 2 において最弱部と記されている屋根材が 1 層になる部分が現れ、ひずみ集中が起こりやすくなることがわかる。しかしながら、 r の値を過度に小さくすることは経済的な面からは不利になる。設計においては、本解析結果による割れ発生の可能性（最大ひずみ値）を参照しながら、適切な r の値を判断する必要がある。

4. 結 論

本報告では前報で提案したひずみ仮定に基づく補強板有限要素を住宅屋根構造モデルの横荷重による接触変形解析に応用した。すなわち、屋根材による重ね板構造を支持す

研 究 速 報
る垂木・野地板部を補強板有限要素によりモデル化し、垂木幅および垂木に対する境界条件を正確に考慮した。

得られた解析結果は、同じ構造モデルに対する踏み割れ試験とほぼ良好に対応しており、本解析の妥当性が示された。また、屋根材形状に関するパラメータ計算結果は、ひずみ分布などに関する経験的知見とも一致しており、最適な形状設計を行う際に有用な資料となろう。

(1994年 5 月 2 日受理)

参 考 文 献

- 1) 都井 裕・小橋啓司：ひずみ仮定による補強板有限要素とその応用（その 1：定式化と簡単な数値例），生産研究 Vol. 46, No. 8, (1994), 432-435.