

鉄骨・木造混合耐雪住宅構造の一提案

望 月 力 男

A Proposal of Steel-Wood Mixed Construction for Snow Weight-Proof Dwelling Houses.

Rikio MOCHIZUKI

Snow weight-proof dwelling houses by the traditional wooden structure are already put to practical use in the Hokuriku District. But the recommended conditions for structural design, such as principal columns and bearing walls should be same position at each floores or max span length should not exceed 2 Kens, considerably restrict freedom of dwelling space or planning design. That is to say, present snow-proof wooden houses are wanting adaptability for various needs of house planning especially in future.

The purpose of this study is to make some proposals for 2 ~ 3 meters deep snow weight-proof dwelling houses, 2 or 3 stories and having little restriction of free space design, by using steel-wood mixed construction.

1 はじめに

戸建住宅における間取りとか住空間計画の自由度は、敷地の形状や周辺環境、建築規模や工事予算などの与条件を別にすれば、適用する構造種別・構造形式に左右される。

特に北陸で既に実用段階に入っている載雪型の所謂耐雪木造住宅は、地方自治体の指導書または指針の類に示されているように、主として木造住宅のみを扱ってきた技能者または小工務店でも設計・施工できる事を前提としており、屋根上雪積による鉛直荷重と地震荷重の著しい増大への対応は、単純に在来からの非耐雪住宅の構造形式の枠内で部材断面を大きくしたり、壁量を増やすことが基本となっている。

このために、例えば主要な柱と耐力壁は上下階で通すとか、スパンは2間以下にするのを原則とするといった構造計画上の指針が当然必要となる。反面これを十分な検討なしに安易に無視すれば今まで全く問題とならなかった仕口部の耐力不足とか、めりこみ変形やはりの撓みによる建具の支障などで、耐雪住宅としての機能が失われる事になり、このような構造計画上の制約は反

面自由な住空間計画上の制約ともなっている。

一方今後の住宅には、ゆとりある住生活ビジョンとしての快適性や価値観の多様化とライフスタイルの変化などに適合する自由な住空間計画の可能性が重視される傾向にあり、さらに3階建住宅も含めて技能労働者の不足に対処できるように工業生産の比率を高め得るような構法が求められる時代となっている。

このような観点に立てば、構造計画上の制約が多くまた技術的に発展性の乏しいと思われる現在の耐雪木造住宅は将来的に広く住生活の変化に適合して普及するには問題があろう。より汎用性のある耐雪住宅としての新たな展開を技術的に見出すためには、在来の木造住宅とは異なる構法の導入も必要であり、本論はその一つとして、鉄骨と木造の混合構造を提案しその実用性を具体例を示して考察したものである。

2 耐雪木造住宅の現状と問題点

従来豪雪地帯における木造住宅は構造上からも工費の点からも耐雪とすることは無理であるとの共通認識の下に雪下ろしを前提として建てられ、今日でも多くの住民は雪下ろしを雪国に住む上での必然的な慣習として諦観してしているようである。しかし人手による屋根雪下ろしは、敷地内での落雪処理の困難さ路上排雪による道路除雪の障害などに加えて、高齢化による労働力不足とか作業に慣れぬ者の事故も問題となっている。

また、雪が滑り落ちるように屋根勾配を特に大きくしたり金属性の屋根葺材を使用する所謂自然落雪住宅が、構造耐力上の問題はなく雪下ろしの手間を省く事ができても、北陸では伝統的な木造住宅様式とは異なるその外観に強い抵抗感もあり、特に市街化区域においては自然落雪に不適な狭い敷地が増えている。

以上の様な状況より、新築住宅を対象とする耐雪木造住宅が注目されるようになり、その開発を地方自治体として最初に取り上げたのは富山県である。昭和57年頃、当時の東大内田教授を委員長とする調査委員会が発足し、調査と試作住宅による実験等の結果は「雪に強い住宅づくり研究調査報告書（S59・11）」で詳細に公表されている。

さらに富山県住宅供給公社はその成果を踏まえて2Mの積雪に耐える住宅22戸を月岡グリーンタウン団地に建造分譲した。これにより耐雪木造住宅が実用的に可能なことが実証され一般も認識するようになった。また福井県では61年に「雪に強い家造り手引き」を公表している。

さて、木造住宅の構造設計が他の一般的な建物の場合と異なる主要な点は、法的に壁量は規定されているが通常は構造計算の義務づけがないことである。それは構造部材の配置寸法などが伝統的に強度よりも木割り、建具との収まり、耐久性等により規格化されてきており、結果的に構造部材特に柱材は鉛直荷重に対して耐力上かなり余裕がある断面となっているから、技能者は経験的な判断だけで適正な断面を選定できるからである。

ところが耐雪木造住宅となると、例えば2M程度の積雪でも屋根部分の鉛直荷重は5倍地震荷重は3倍程度となるから在来の経験則は適用できず、原則として経済性も十分考慮の上構造計算に基づき断面を決める事が必要となる。

しかし、木造住宅の骨組はかなり複雑な場合が多くまともな構造計算は結構面倒であり、それは今まで木造住宅のみを扱ってきた多くの技能者があまり習熟していないことである。また例えば構造計算をしないで所要断面が求まる便利表の類が準備されていても、ある程度の構造計算の知識経験が無ければその適正な運用を誤る恐れがある。

従って前記の耐雪木造住宅に関する指導書・手引書の類には、無理な設計が行われないように構造計画上の原則または注意事項として、前述のような骨組配置上の制限などが示されている。これは耐雪とするための所要壁量の増大と共に、住空間計画の自由性の大きな制約となるが、このような耐雪住宅に在来的な木造住宅の構造形式を適用する上から必要とされる基本的な条件を十分に検討しないで無視すると、今まで木造住宅では全く考慮する必要の無かった次のようなことが問題となる可能性がある。

それは耐雪とする事による工費増をなるべく抑えるために、当然柱は耐力的に余裕が無い断面となり、またはり端部の支圧応力度もかなり大きくなるから、仕口部の繊維と直角方向のめり込み耐力と、めり込み変形が無視できなくなることである。また耐雪木造住宅は未だ豪雪の経験が無いだけに、このような局部的な変形をはりの撓みの影響も含めて十分検討しないと、耐力や建具開閉の支障により耐雪住宅としての機能が失われることである。

この点を如何に適正に評価すべきかについては、設計規準の許容値とは別に耐雪木造住宅特有の問題としての工学的対応が望まれるが、未だに指針の類での統一見解は示されていない。また仕口部の補強が必要か否かの判断とか、その具体的な方法にも研究の余地が残されている。

戸建住宅は一般的に構造設計に十分な時間や費用をかけるゆとりはなく、また木造構法の自由な適用とか新たな接合形式の開発は容易でないから、以上のような問題を含めてなるべく単純な構造計画の基本を規定すべきは当然だが、その反面としてこのような耐雪木造住宅に対する構造上の制約はそのまま平面や住空間計画上の制約となり、さらに構造的な発展性も失われることが問題点として指摘できよう。

以上のような木材の特性と在来構法に基づく構造上の問題を、あくまで純粋な木構造として解決することは困難であろう。これは別個の観点より、例えば自由な住空間の確保が容易な鉄骨構造の特長と、居住環境として優れた木造住宅の特長を、工費的に現状の耐雪木造住宅と大差なく実用的に組み合わせることができれば容易に解決できることである。

勿論、耐雪住宅ではないが鉄骨系プレファブ住宅の類は古くから開発販売されている。しかしその多くはいわば木造住宅の柱、はりを単に軽量鉄骨に置き換えたものであるのに対し、ここで提案する鉄骨・木造混合耐雪構造は、軽量鉄骨とかブレース構造ではなく、一般鉄骨をラーメン構造として住宅に取り入れることを意図したものである。

その根拠は、一般に小住宅のような軽微な構造への一般鉄骨の使用が不適当であることは周知であるが、各種の試算結果（その一例は後記試設計で示す）より、大きい雪荷重を支持させることが、特に中規模以上の住宅規模に対して一般鉄骨ラーメン構造の実用的な適用を可能とすると判断されるからである。

現在は、ゆとりある生活空間が新しい風潮として住宅に求められるようになっている。また住宅の規模は2世帯とか3階建と大きくなる傾向があり、さらに設備や意匠面での住宅の高級化は建築費のなかで構造工費の占める割合を減少させている。このような住宅の大型化、高級化傾向は広い居室空間や自由な部屋割りの可能性とか、間取りの変更・改造の容易さ等を可能とする構法のウエイトをさらに高めて行くものと思われる。

このような展望の下に延べ30～80坪程度、2階または3階建の戸建住宅を対象として主要骨組みのみを鉄骨としこれと在来的な木構造または工業化による木質系構造を適宜組み合わせ構成する耐雪住宅構法を以下で具体的に考察する。

3 混合耐雪住宅の基本構想とその効果

3.1) 基本構想

この提案の基本概念には、載雪による大きな鉛直ならびに地震荷重を容易に支持できる鉄骨造スノーシェドを考え、その中に雪荷重から開放された自由な住空間を木造で構成する仮称スノーシェド方式耐雪住宅がある。これはそのまま集合住宅などに適用できる可能性があるが、戸建住宅の場合には鉄骨と木造とを構造的に混合させることにより木造部分に作用する鉛直荷重、地震荷重も同時に鉄骨で支持させることで現実的な構造が可能となる。従って鉄骨は木造形式の小屋組、床組などを直接支持する構造とし、工費増大となるデッキプレート・RCスラブの類はバルコニーその他で特に必要とする場合以外は併用しない。基本項目を以下に示す。

- a) 構造体は鉄骨と木造それぞれの特長を生かせる混合構造とする。
- b) 主要構造は、ユニット化した一般鉄骨による純ラーメン構造を適宜組合せ、相互を接合材で連結して構成する。
- c) 鉛直荷重は総て鉄骨フレームより基礎に伝達させる。また地震荷重は総て鉄骨ラーメン構造で支持させる。
- d) 主要構造以外の、垂木・もや・小屋ばりを含む屋根構造、根太を含む床構造および外壁・内壁は在来の木造またはパネル方式の木質系構造とする。
- e) 雪荷重の特殊性を考慮して、最大積雪荷重の35%を考慮した場合の地震時層間変位角は $1/170$ 以内、また最大雪荷重による鉄骨ばりの撓みは $1/400$ 以内を目安とする。
- f) 雪の変動荷重による鉄骨ばりの撓みで、壁体に雪荷重が間接的に作用したり、建具の開閉に支障が起らないように、壁体と屋根部分の鉄骨は上下方向の相対変位が拘束されないような接合とする。
- g) 鉄骨は一般の鉄工所で製作可能、かつ容易に部分標準化により自動設計とか、CAM などによる工業生産化に結びつくものとする。
- h) 基礎は地下室部分を除き基礎ばりを配した独立フーチング基礎とし、鉄骨ラーメンの柱脚はこれに固定するか柱脚部に鉄骨繋ぎばりを設けて基礎にピン支持させる。

3.2 目標とする効果

- a) 主骨組を鉄骨とすることにより、耐雪木造住宅では無理な住空間を可能とする。

- b) 耐力壁が不要のため、平面計画の自由度が高く、大部屋続き部屋も可能となる。
- c) 外壁・内壁は耐力壁でなく、カーテンウォールとして工業生産によるパネル方式も可能、また改造模様替も容易である。
- d) 壁位置の制約はなく上下階の部屋割りが互いに関連なく計画できる。
- e) 屋根（屋根勾配、屋根葺材）、建物の外観・仕上げなどは木造住宅と同様任意に選定でき多様な形式が可能である。
- f) 元来鉄骨は工業生産品であるが、さらにモジュール化・標準化と情報処理手法の導入により設計、生産の自動化が可能である。
- g) 鉄骨の耐火・防蝕対策は鉄骨系プレファブ住宅に準じて対処できる。

4 構造モジュールの具体的提案

4.1) 鉄骨ラーメン

住空間計画上の自由度を高め、かつ現状の耐雪木造住宅と構造工費が大差なく一般鉄骨ラーメンが適合する具体的構法を試行錯誤的に各種試算した結果より、下記のようなコアラーメンとサイドラーメンの2種の標準形式を設定する。これを図-1に示すように適宜組み合わせる事により、多様な住空間の構成が可能となる。

a) コアラーメン 1スパンの2層または3層のラーメン4面で構成する立体的骨組であり、各種の荷重条件とラーメンスパンの組合せに対する試設計の結果より、前述で対象とする住宅規模の範囲においては、耐力（応力度）と剛性（層間変位角）よりの必要断面が略一致し不経済設計とならないための適正なラーメンスパンは5.5m程度となる。また□形柱断面の幅は2層の場合21cm3層の場合で24cm程度が必要であり、またH形鋼はり断面のせいは約30cm（3m積雪の場合は屋根部分大ばりでは35cm）が適正となる。

b) サイドラーメン 1スパンの2層または3層のラーメン1面で構成する平面的骨組でスパンはコアラーメンと一致させまたコアラーメンとの間隔を2.8m程度とする。なお部材断面は柱はり共に溶接組立の軽H形鋼（せい25cm程度）使用がより経済的となる。

c) 他の鉄骨部材 木造はり部材が過大にならないように、小屋ばり・床根太の最大支間長を約3mとし、このため必要な鉄骨小ばりを配する。またラーメン間の繋ぎばり、水平ブレース、ラーメン柱材以外の補助柱などを設け主要骨組が鉄骨だけで安定し所定の耐力を確保できるものとする。

4.2) 木構造・仕上げ・基礎

木構造としての小屋組み、床組み、内外壁などには、在来の木造または木質系住宅の構法を自由に適用する。これら木造部材と鉄骨との接合は、工場では接着剤、現場ではボルト、特殊金具によるが、これらは特に基本的な問題ではない。

基礎を独立フーチング基礎とした場合で地耐力が少なくフーチングの建物外部への突出が特に支障となる時は偏心フーチングとするなど何等かの設計上の配慮を必要とする。

5 試設計

5.1) 一般事項

以下の試設計で主要構造部の具体例を示す。

a) 設計条件 2 M耐雪、2 階建(延べ面積 190 m² ラーメンスパン 5.6 メートル)

立面、平面、伏図を図-2～図-4に示す。

b) 想定荷重

固定荷重 屋根 140 kg/m² 床 120 kg/m² 外壁 120 kg/m² (壁面)

積載荷重 床用 180 kg/m² ラーメン用 130 kg/m² 地震用 140 kg/m²

雪荷重 最大積雪時 600kg/m²(短期) 常時 420kg/m²(長期) 地震時 210kg/m²

地震荷重 層せん断力係数より換算した屋根陸っぱり、床面に作用する水平力は

屋根陸っぱり面 $H_R = 0.2 W_2 A_2$ 2階床面 $H_2 = 0.2 W_1 A_1 - H_R$

(記号は建築基準法施行令による)

c) 使用材料 鋼材: SS41 鉄筋: SD30 コンクリート: $f_c = 70$ (長期)

d) 地耐力 7 t/m² (長期)

5.2) 標準ラーメンの構造概要

断面・変形・鋼重・コンクリート量などを求める専用プログラムによる計算結果のみを示す。

a) コアララーメン

柱 : □-210 × 210 × 9 × 9

はり : 大はり GR H-300 × 150 × 6.5 × 9 G2 H-300 × 150 × 5.5 × 8

小はり BR H-300 × 150 × 5.5 × 8 B2 H-250 × 125 × 5 × 8

最大層間変位角(地震時) 1層 1/170

2層 1/195

GRの最大撓み(2メートル積雪時) 1.19 cm

b) サイドラーメン断面

柱 : 軽H-250 × 125 × 4.5 × 6

はり: GR 軽H-250 × 125 × 4.5 × 6

G2 軽H-250 × 125 × 3.2 × 4.5

最大層間変位角(地震時) 1層 1/211

2層 1/195

GRの最大撓み(2メートル積雪時) 1.15 cm

(注) JIS H形鋼使用の場合は

柱 : H-250 × 125 × 5 × 8

はり: GR H-250 × 125 × 5 × 8

G2 H-200 × 100 × 4.5 × 7

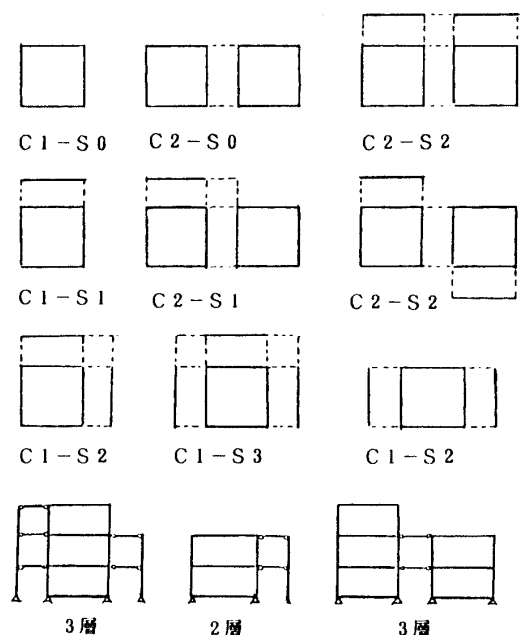


図-1 ラーメンユニット組み合わせ

最大層間変位角(地震時) 1層 1/230

2層 1/211

GRの最大撓み(2メートル積雪時) 0.90 cm

c) 鋼重 コアラーメン(小ばり含む) 3618 kg

サイドラーメン 1709

繋ぎばり、ブレースその他 977

計 6304 kg

(33.2kg/m²)

(110 kg/坪)

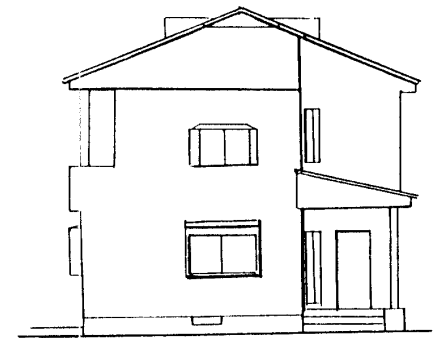
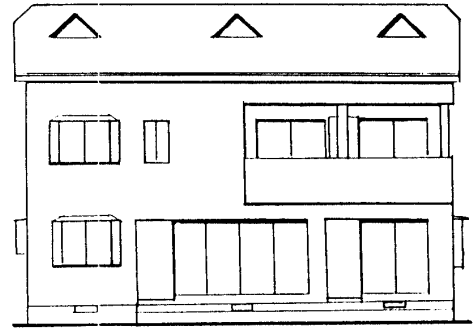


図-3 立面図

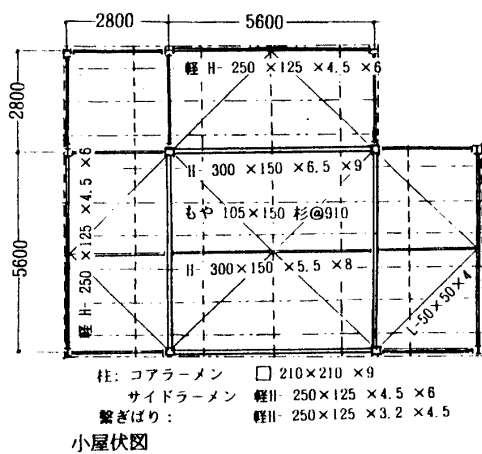
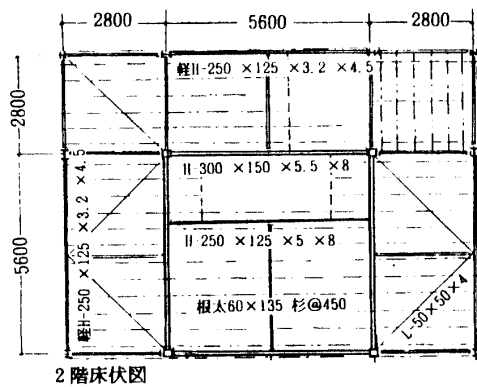
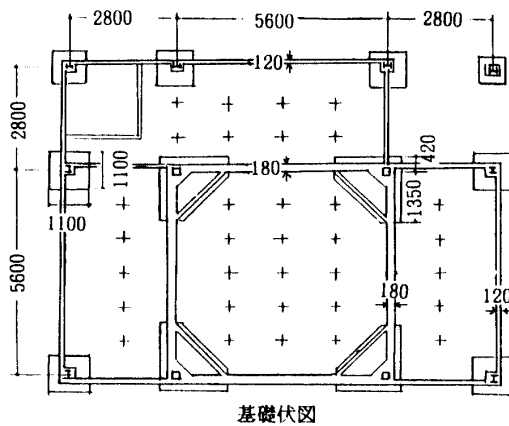


図-2 伏図

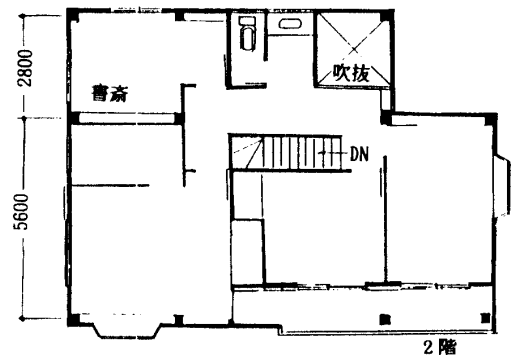
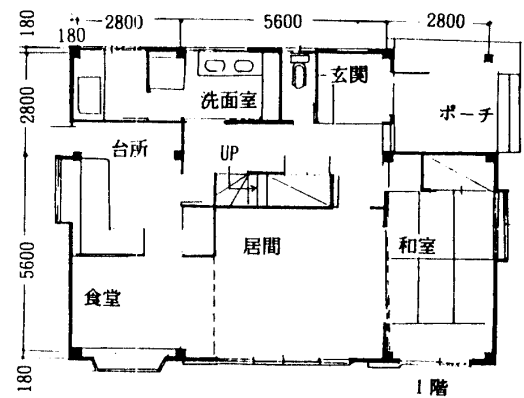


図-4 平面図

(注) J I S H形鋼使用の場合

サイドラーメン 2052 kg

計 6647 kg

(35.0kg/m² , 116 kg/ 坪)

d) 基礎コンクリート(m³)

コアラーメン 5.04

サイドラーメン 2.52

その他 1.51

計 9.07m³

基礎鉄筋(kg)

コアラーメン 476

サイドラーメンその他 171

計 647 kg

e) 考察

上記で部材の応力度を省略しているが、コアラーメンでは、はりにJ I S H形鋼を使用して所要強度と層間許容変形が丁度見合ったものとなっている。

またサイドラーメンでは、H形鋼使用の場合剛性で断面が決まり耐力的にはかなり余裕があるので、溶接による軽H形鋼の使用が鋼重の軽減となる。

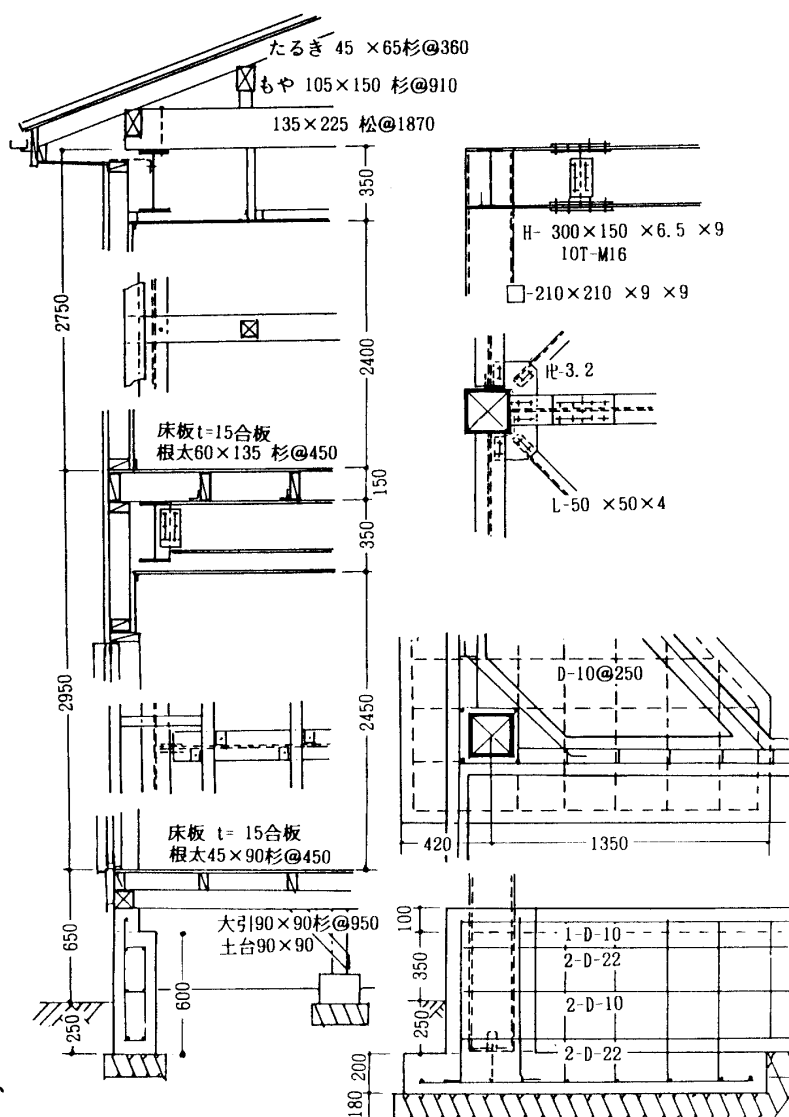


図-5 部分詳細図

なお鉄骨と鉄筋コンクリートの所要量より、主要構造部の工費が推定できるが全体工費に占める割合は妥当な範囲と判断される。

6 結語

本論は在来的な木造住宅の構法を踏襲した現状の耐雪住宅は、多様化する住生活ビジョンや快適性などを考慮した住空間計画の自由性に対する構造上の制約、また技術的な発展性と技能者の不足に対する工業生産比率の向上などの観点から将来的に問題があるとの認識の下に、このような問題を工費的に耐雪木造住宅と大差なく解決する方法として、鉄骨・木造混合構造を提案しその概要を示したものである。各種の試算結果よりその実用性に関する一応の目処を得たが、さらに全般的に考察すべき点が多く残されており、これを次の課題としたい。

(平成2年10月22日 受理)