

第5章 日本の知見をベースとした技術基準の策定

5.1 活動の背景と概要

(1) 技術の社会実装へ向けた種々のアプローチ

これまでのフィリピンにおける建築規制制度、技術基準、技術認証制度などの調査、関係省庁、関係団体等との情報・意見交換などから、安全な補強コンクリートブロック造技術を社会的に定着させていくアプローチとして、以下の選択肢が考えられることが把握できた。

- ① フィリピンの建築規制制度において適用される基準の一つとして技術基準を作成する
- ② 公共建築物を設計、建設する場合に適用する標準仕様書などの技術文書に反映する
- ③ 政府機関により建設される低所得層向け住宅に適用する工法として認証を受ける
- ④ 2019年改訂のコンクリートブロック製品規格の実効的な施行によりブロックの品質向上を図る
- ⑤ ブロック工事を担う職人の技能訓練プログラムに当該技術を盛り込むことにより建物の質の向上を図る
- ⑥ 建物建設を行う施主(発注者)の安全性に対する意識の向上により、施主側からの質の確保(当該技術の採用)の働きかけを目指す

(2) 「技術基準作成」の選択と背景

上記のうち、2021年度より、①の技術基準の作成を重点的な活動として選択した。その選択の狙いと背景は、次の通り。

フィリピンでは、建築基準(NBCP National Building Code of the Philippines 1977年大統領令 1))により、構造基準、防火基準などの技術基準に適合した建設を行うことを求める建築規制制度が運用されている。建築物の構造安全性については、フィリピン構造基準(NSCP National Structural Code of the Philippines)の第1巻が整備されている。これは主に大規模建築物を対象としており、小規模住宅については、今後作成される第3巻によることとされている(構造基準の改訂の要点説明による)。しかしながら、第3巻はまだ作成されていない。また、非構造壁に関する基準も未整備の状態となっている。即ち、現状では、地震等による甚大な被害の主要な原因となっているコンクリートブロック造の低層の小規模建物や非構造壁についての技術基準が未整備の状態となっている。こうした状況下、この取り組みは、現在未整備のこれらの技術基準を作成することにより、現行の建築規制制度の枠組みを活用して、当該技術の普及を図ろうというものである。

このアプローチを選択した背景は以下のとおり。

① 建築規制制度と構造基準の社会的な定着実態の活用

前述のとおり、フィリピンにおける建築規制制度は、フィリピン建築基準(NSCP)に基づいて実施されている。その構造についての技術基準であるフィリピン構造基準(NSCP)は、1972年に作成された。その後、改訂を重ねて、2015年には第7版が出版されている。そして、同基準は、建

築基準、建築規制制度を主管する公共事業道路省により、建築許可に際して参照すべき基準として指定され、多くの技術者により実務で参照されている。このように、技術基準が建築規制制度により社会的に活用されるという状況が、フィリピンでは定着している。この確立されたシステムを有効に活用し、この制度上に位置付けられるコンクリートブロック造の技術基準を作成することにより、当該技術を効率的にフィリピンの建物に適用されるようにすることが期待できる。

② フィリピン側の意欲と日本側との信頼関係

フィリピンの構造基準は、民間の専門家の団体であるフィリピン構造技術者協会 (ASEP Association of Structural Engineers of the Philippines) が作成している。同協会は、本プロジェクトに大変意欲的に取り組んでいただいている。例えば、2019 年度に実施した、日本への招聘に際しては、日本側予算による招聘者 1 名に加えて、基準作成を担当する幹部会員 2 名を追加で自費参加させる (合計 3 名が参加) など、積極的な取り組みを行っている。(今年度も、招聘者に加えて、1 名の自費参加をいただいた)

また、これまで日本建築学会国際委員会地震防災小委員会は、海外の建築規制、建築基準などについての調査研究に取り組んでいる。その中で、フィリピン構造技術者協会とは、2011 年以降の連携により、日本側参加者との間に信頼関係が形成されており、本取組が、円滑かつ効果的な実施が期待できることも背景の一つである。

(3) 2022 年度の活動概要

現地との往来が、新型コロナウイルス感染拡大により困難だったため、2021 年度にフィリピン構造技術者協会と 8 回のオンライン会議を開催し、技術基準の案を作成することができた。今年度は、その案について、技術的な妥当性の確認、所用の修正などを、現地での打ち合わせ (2022 年 8 月) と、オンライン会議 (下記) により行った。併せて、同基準に基づく設計事例とそれについての構造計算、合理的な施工法 (あと施工アンカー)、構造計算のベースとなる壁体の強度試験を行った。それらの成果は、2023 年 1 月の招聘時に詳細にフィリピン側に説明し、2 月 22 日のオンラインワークショップにおいては、フィリピン側から発表いただくことができた。

* オンライン会議の開催状況 (下記以外に、フィリピン構造技術者協会とは、招聘関係、ワークショップの開催などについて、数度のオンライン会議 (2022 年 11 月 29 日、2023 年 2 月 2 日 WS 試験接続、同 2 月 21 日 WS 最終確認) を開催している)

- 第 1 回オンライン会議検討会 2022 年 9 月 12 日
- 第 2 回オンライン会議検討会 2022 年 10 月 10 日
- 第 3 回オンライン会議検討会 2022 年 11 月 14 日
- 第 4 回オンライン会議検討会 2022 年 12 月 12 日

(檜府龍雄)

Draft

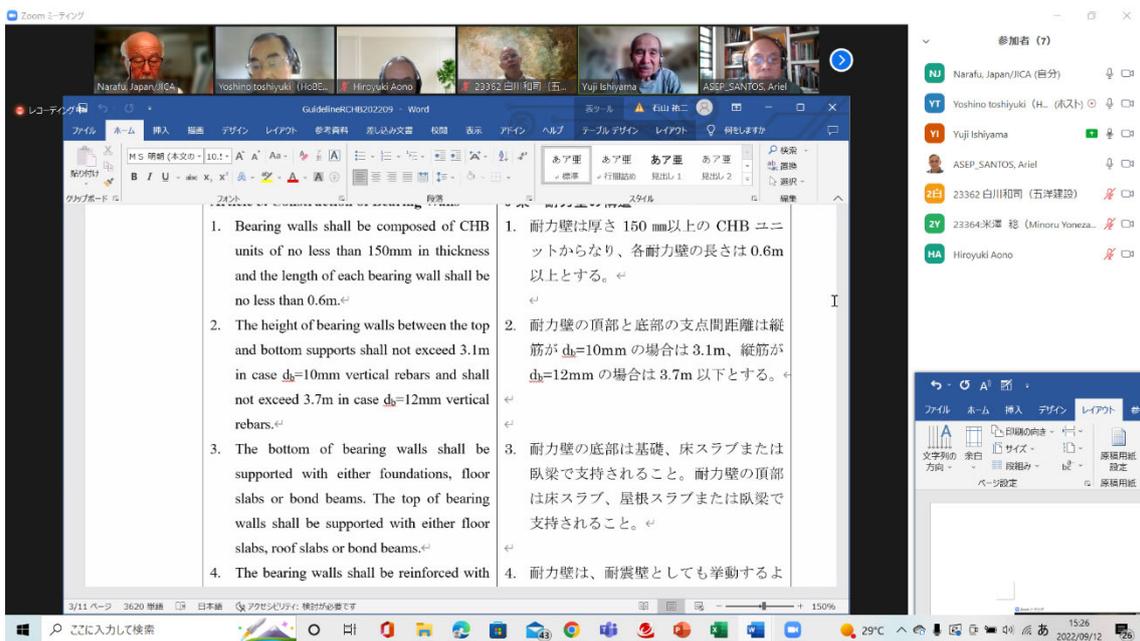
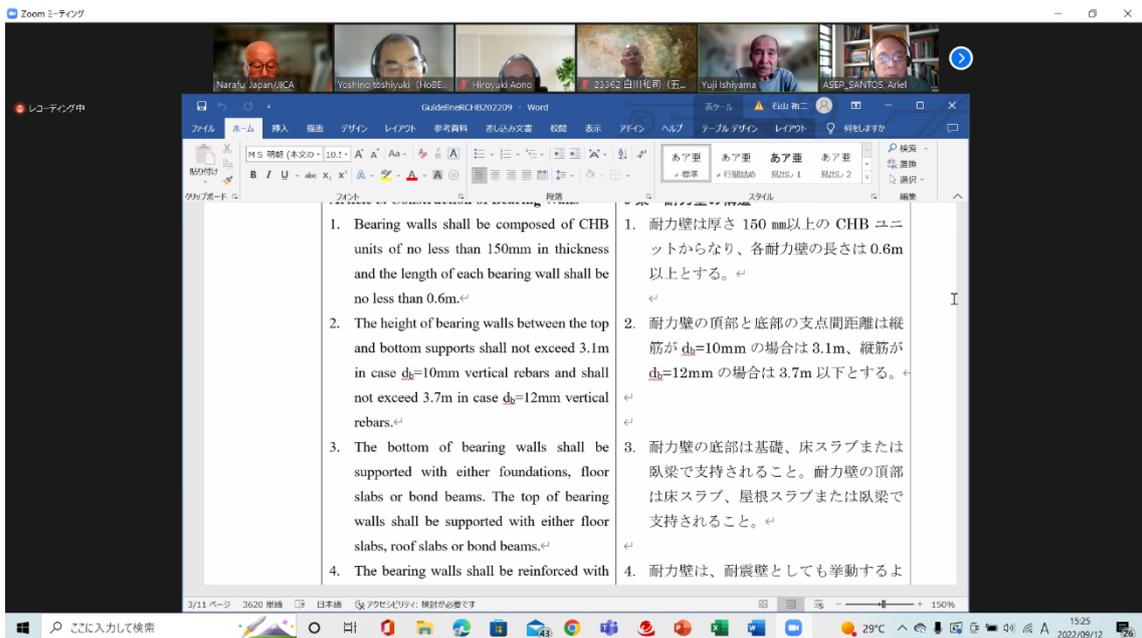
**Minutes of the 1st Technical Meeting on
Technical Guideline for CHB construction in the Philippines**

- Date** : September 12, 2022
- Time** : 14:00 (PST), 15:00 (JST)
- Venue** : The meeting was held on Zoom on-line platform. The participants attended from respective home/office/others.
- Participants** : ASEP : Ronald Ison, Ariel Santos

HoBEA:Yuji Ishiyama, Tatuso Narafu, Kazushi Shirakawa,
Hiroyuki Aono, Toshiyuki Yoshino

- Topic 1 Discussion on “Technical Guidelines “**
- ✓ Mortar strength: Note cut
 - ✓ Base: ASEP calculates according to NSCP and gives numerical value. It becomes quite complicated depending on the ground conditions, the number of floors, etc., and it is not possible to judge what kind of table is good. Calculate using a representative example of Japan. Created a plane example of the wall volume.
 - ✓ Calculation example from soil bearing capacity in the Philippines: Mr. Ariel will explain next time.
 - ✓ PNS: 9mm rebar 6,7,8mm: for non-structural use, but actually used.
 - ✓ Contractor: Informal
 - ✓ Design: not done by engineers
 - ✓ Housing: No building permit
 - ✓ No administrative means

- Topic 2 Discussion on “Invitation letter”**
- ✓ Invitation letter in preparation



Draft

**Minutes of the 2nd Technical Meeting on
Technical Guideline for CHB construction in the Philippines**

- Date** : **October 10, 2022**
- Time** : **14:00 (PST), 15:00 (JST)**
- Venue** : **The meeting was held on Zoom on-line platform. The participants attended from respective home/office/others.**
- Participants** : **ASEP : Ronald Ison, Ariel Santos**
- HoBEA:Yuji Ishiyama, Tatuso Narafu, Minoru Yonezawa, Kazushi Shirakawa, Hiroyuki Aono, Toshiyuki Yoshino**

- Topic 1 Discussion on “Invitation “**
- ✓ Send 6 letters. The rest will be in Quezon City, and Mr. Ison will contact Narafu with the address and send the letter of invitation with his signature to Mr. Ison promptly within the day.
 - ✓ Only a letter from the invitee is acceptable to ASEP (Letters for self-financed participants are not required).

- Topic 2 Discussion on “Technical guidelines”**
- ✓ Explanation of wall amount calculation
 - ✓ We will check the self-weight in the future (Short-term/long-term classification, relationship with load combination formula coefficients, etc.).
 - ✓ We will check the soil bearing capacity in the future (Different characteristics of soil bearing capacity itself, short-term/long-term classification, relationship with coefficient of load combination formula, etc.).
 - ✓
 - ✓

Topic 3 Discussion on “Request from Jackbilt”

- ✓ Regarding the following, reply from Tiger Machine (because it is an inquiry to the company).
- ✓ Block thickness: Jackbilt's module seems to be certified at 140 mm, but the revised PNS has a nominal value of 152 mm, and the RCHB guidelines mainly assume 150 mm (others are not excluded) and call attention to it.
- ✓ Informed that it is necessary to add a core puller device in order to make a dent for the block used to place horizontal rebar, and it is better to check the flow of the conveyor after molding. Informed that a mortar guard member is necessary for partial filling, as a simpler method, we will inform you of the method of making a dent with a press, too (along with the possibility that the thickness of the reinforcing bar cannot be secured).
- ✓ Narafu replied that blocks for beams are not permitted in Japan.

The screenshot shows a Zoom meeting with participants: Yuji Ishiyama, Toshiyuki Yoshi..., Hiroyuki Aono, ASEP_SANTOS, Ariel, and Kazushi SHIRAKAWA. The shared document is 'GuidelineRCHB2022.pdf'. The visible text in the document includes:

bearing capacity of soil is 50kN/m^2 or 100kN/m^2 .
 Total weight of 1 story building to be supported by foundation is 15kNm^2 . Then,
 $15/50=0.3$. Therefore, the footing area to floor area should not be less than 0.3 for 1
 story building on 50kN/m^2 bearing capacity soil. Similar calculation gives the footing
 area ratios as shown in Table A.

Table A. Footing area ratio
 (Sum of footing area / floor area of 1st story)

Allowable bearing capacity of soil (MPa)	50kN/m ² or 100kN/m ²	
	50kN/m ² (MPa)	100kN/m ² (MPa)
1 story	0.30	0.15
2 story	0.55	0.28
3 story	0.82	0.41

Figure F2 Continuous foundation

The bearing wall line length of Figure F is 36.0m in X direction and 36.0m in Y direction.
 For 2 story building and bearing capacity 100kN/m², $85.70 \times 0.28/52.0=0.46\text{m}$ is the width of footing B.

Zoom ミーティング

参加者 (7)

- TN tatsuo narafu (自分)
- TY Toshiyuki Yoshino (ホスト)
- YI Yuji Ishiyama
- RI RONALDO ISON
- ASEP_SANTOS, Ariel
- HA Hiroyuki Aono
- KS Kazushi SHIRAKAWA

GuidelineCH2022091.pdf - Adobe Acrobat Reader DC (64-bit)

ファイル名: 編集: 表示: 書き出し: ツール: ヘルプ

ホーム ツール GuidelineCH2022... x ログイン

Figure F1. Weight of the structure

Let us assume the weight of the building as shown in Figure F1 and the allowable bearing capacity of soil is 50 kN/m^2 or 100 kN/m^2 . Total weight of 1 story building to be supported by foundation is 15 kN/m^2 . Then, $15/50=0.3$. Therefore, the footing area to floor area should not be less than 0.3 for 1 story building on 50 kN/m^2 bearing capacity soil. Similar calculation gives the footing area ratio as shown in Table A.

Table A. Footing area ratio
(Sum of footing area / floor area of 1* story)

Allowable bearing capacity of soil	50 kN/m^2 (0.5 MPa)	100 kN/m^2 (1 MPa)
1 story	0.30	0.15
2 story	0.56	0.28
3 story	0.82	0.41

招待 ミュートを解除します

ここに入力して検索

32°C 11:30 2022/10/19

Draft

**Minutes of the 3rd Technical Meeting on
Technical Guideline for CHB construction in the Philippines**

- Date** : November 14, 2022
- Time** : 13:00 (PST), 14:00 (JST)
- Venue** : The meeting was held on Zoom on-line platform. The participants attended from respective home/office/others.
- Participants** : **ASEP : Ronald Ison, Ariel Santos, Juanito Cunanan**
- HoBEA:Yuji Ishiyama, Tatuso Narafu, Minoru Yonezawa, Kazushi Shirakawa, Hiroyuki Aono, Toshiyuki Yoshino**

Topic 1 Discussion on “Invitation “

- ✓ Quezon City, Davao City, and Mandaue City (Cebu Province) are currently in the process of recruiting. Requested to send passport PDF as soon as possible.
- ✓ Narafu will send the materials created by the inviting party that are necessary for the visa application (some of them are templates without the name of the target person).
- ✓ Reference: In the Philippines, Philippine Airlines round trip to Japan costs about US\$900 on the web.

Topic 2 Discussion on “Workshop on February 22, 2023”

- ✓ Confirmed Mr. Ison's plan.
- ✓ To provide a detailed explanation of the standards by explaining the standards themselves and calculation examples based on the standards so that practitioners in the Philippines can understand and use the guidelines, so that they can understand the guidelines and design methods based on them. The proposal to ensure a long time to. For the audience this time, I'm thinking of asking for consent as a final plan.

- ✓ HoBEA proposed a method of explaining the guidelines to the person in charge of ASEP as much as possible, explaining it from him, and providing supplementary explanations from HoBEA as necessary.
- ✓ The Japanese side will consider and propose this plan. In addition, presenter candidates are selected.
- ✓
- ✓

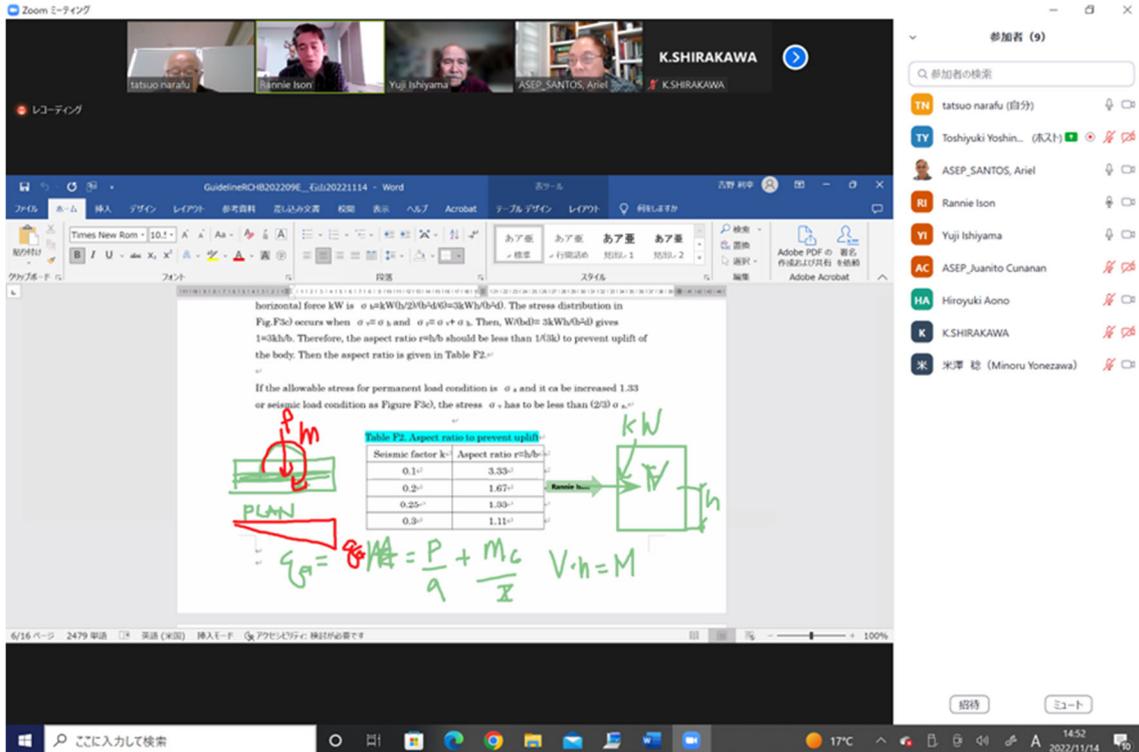
Topic 3 Discussion on “Technical Guidelines”

- ✓ The standard part is the same as the previous one. Added explanations, figures, etc. In the future, we will organize the order of the articles, etc., and proceed with the work so that they can be distributed at the WS on February 22, 2023.
- ✓ Since the next study meeting on December 12th will be the final study meeting before the WS, the draft explained today (Narafu will send it immediately) will be reviewed again in advance by the Philippine side and comments will be sent.
- ✓ There are comments from the Philippine side regarding the design of foundations (Table 301-1 of NSCP is not shown because it involves structural calculations).
- ✓ Confirmation of handling in the vicinity of faults (Specific calculation of p_d by N_a is shown).
- ✓ There are comments from the Philippine side about what HoBEA think about the vertical load of the slab. Here, the answer is that it is not considered.
- ✓ Beams can be used instead of slabs (Slabs are recommended to ensure horizontal rigidity. Especially for the part that will be the floor. Beams may be reasonable for the top floor (the part where the roof rests)).
- ✓ • Additional explanations are provided for the wall aspect ratio table.

Topic 4

- ✓ **Discussion on “Consideration by the Japanese side”**
- ✓ At the beginning of the WS, about 30 minutes of opening related matters such as national performances of both countries and opening remarks are required (not mentioned in the current Ison’s draft)

- ✓ In the guidelines, add that the standards are based on the premise of appropriate construction and mention about block piling work (explanation and recommendation of the Japanese skilled worker system as an explanation? Masonry units and mortar are described done).



Draft

**Minutes of the 4th Technical Meeting on
Technical Guideline for CHB construction in the Philippines**

- Date** : **Disember 12, 2022**
- Time** : **10:00 (PST), 9:00 (JST)**
- Venue** : **The meeting was held on Zoom on-line platform. The participants attended from respective home/office/others.**
- Participants** : **ASEP : Ariel Santos, Juanito Cunanan**
- HoBEA:Yuji Ishiyama, Tatuso Narafu, Kazushi Shirakawa, Hiroyuki Aono, Toshiyuki Yoshino**

Topic 1 Discussion on “Invitation “

- ✓ There was no response from Mandaue City. In Davao City, there is an acquaintance of Mr. Juanito who is highly interested in disaster prevention. It is possible that the letter of invitation has not reached such a person, so Mr. Juanito will ask him to contact.
- ✓ Reconfirm the necessity of obtaining visas and vaccination certificates.

Topic 2 Discussion on “Workshop on February 22, 2023”

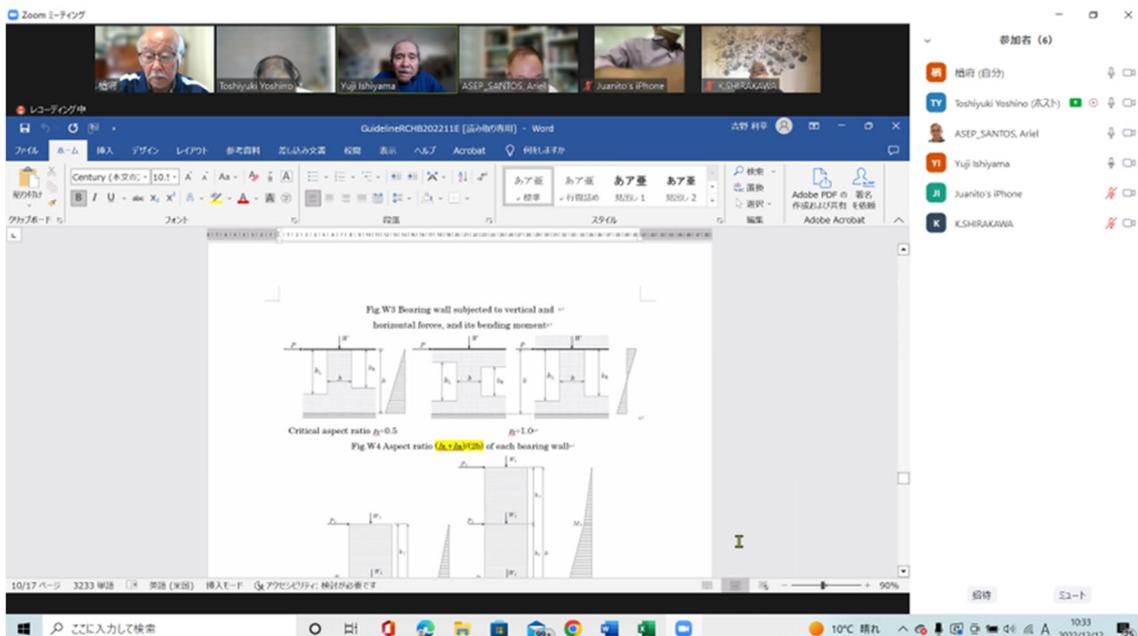
- ✓ Reconfirmed HoBEA's comments on Mr. Ison's proposal. Make sure we are moving in that direction.
- ✓ In the Philippines, both face-to-face venues and online are used. Mr. Narafu told them that HoBEA would be able to cover the venue expenses in that case. In that case, we ask that payment be made by credit card.
- ✓
- ✓

Topic 3 Discussion on “Technical Guidelines”

- ✓ Mr. Ishiyama explained the latest version.
- ✓ Main discussion
- ✓ - Added foundation design to Article 4
- ✓ -Added reinforcement rebar relations to Note "Footing width and depth of foundations" in Article 4
- ✓ - Added NSCP Chapter 4 to Note "NSCP Chapter 3" of Article 4. And decided to add 3 items to Article 2 and write this.
- ✓ (Isn't it necessary that the design of the foundation is determined by calculations by structural engineers? Mr.Ariel)
- ✓ -Reconfirm the description of F3
- ✓ -Reconfirm, including the comments this time, and send the revised version to ASEP by the end of the year or at the beginning of the year (prior to the invitation).

Others

For Mr. Ison, who was unable to attend due to poor communication, we sent the recording of the meeting to him and Ariel.



(榎府龍雄)

5.2 技術指針策定の方針

(一社)北海道建築技術協会では 2018 年度後期から国交省の補助金を受け「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」に関するプロジェクトを進めている。その中で、補強コンクリートブロック造に対する技術指針を次のような方針で策定した。

(1) 北海道建築技術協会報告書の提案についての再検討

(社)北海道建築技術協会の 2007 年の報告書*1 によると、「現状の組積造における課題に対する解決方法の提案」について次のような指摘がある。

*1 (社)北海道建築技術協会「新北方型 RM 住宅研究委員会報告書」2007.3

- ① 構工法の改良
 - 1)技能依存の減少
 - 2)現場 RC の減少
- ② 施工性の改善
 - 3)階高充填
 - 4)開口部の施工方法
- ③ ユニットの改良
 - 5)ユニットの軽量化
 - 6)ユニットの意匠性向上
- ④ イニシャルコストの低減とライフサイクルコスト
 - 7)イニシャルコストの低減
 - 8)ライフサイクルコストの考え方の浸透
 - 9)販売対象とイニシャルコスト
- ⑤ フレキシブルな構造規準
 - 10)仕様規定から根拠を規定した計算規準
- ⑥ ユーザーへの組積造の浸透
 - 11)組積造がユーザーの選択肢となるような対策
 - 12)ユーザーの要望に応じたメニューの充実

(2) 提案工法の方針

フィリピンに CB 造の改善工法(RCHB)を提案するに当たって、上記の 1)~12)に対する解決策を次のように考えた。

- 1) 技能依存の減少
 - 技能を有する多数の人材を将来的に確保することは難しいため、熟練工でなくとも CB を積む

ことができる工法が望ましい。その解決策の一つが**空積み工法**である。日本の機械で作製された CB ユニットの寸法精度はかなり高いので、(目地モルタル無しで)単に積み重ねても面内の傾斜はほとんどなく、面外の傾斜も一般的には極わずかで、CB ユニットの積み重ねていく段階で面外に傾斜が生じた場合は、楔などを用いて適宜修正することで問題を解決できる。鉄筋は工場でユニット寸法に合わせ格子状に加工し、それを現場に搬入し、複数の格子を組み合わせて、それにユニットを嵌め込み積み上げていく**鉄筋先組工法**(このため新しいユニットが必要である)が有望である。

2) 現場 RC 工事の減少

縦横筋を配置するため基本ユニットの他に横筋用のユニットが必要である。さらに、壁端部の収まりを簡単にするため、ユニット端部が塞がった端部ユニットを採用する。CB 造に関する従来の考え方では、端部には現場打ちの柱形の中に太めの鉄筋が入ったものの必要性が強調されているが、耐力壁に作用する鉛直荷重を考慮すると、壁端部に大きな引張力が生じないような設計が可能である。このため、端部鉄筋に大きな期待をしない設計を行い、引張力が生じる場合は耐力壁が負担するせん断力を低減させるアスペクト比に応じた低減係数を導入する。

3) 階高充填

流動性のあるコンクリートまたはモルタルを用いる階高充填では下向きの空洞にも、閉じ込められている空気を圧縮しグラウトされるので、階高充填で充填されない部分が生じる心配はほとんどない(北海道で行われた 1994 年と 2020 年の施工実験で実証されている)。一方、グラウトを充填しない部分を確保するにはグラウト浸入を防ぐ手立てが必要であるため、全充填用のユニットを用い、耐力壁の許容耐力を増大させ(2 倍程度が可能)、必要壁量を減らし設計の自由度を高めることも考えられる。なお、目地からのグラウトの漏れを防ぐため、目地には外側からモルタルを塗り込む必要がある。

4) 開口部の施工方法

ほとんどの部分には基本ユニットを用いるが、開口部の側部には端部ユニットを用い、上下部には(ユニットの種類を少なくするため)端部ユニットを縦に用いることを考える。

5) ユニットの軽量化

CB ユニットの軽量化にはフェイスシェルやウエップの厚み(20mm 程度でも製造可能と思われる)の減少、ユニットの寸法変更が考えられる。ユニット寸法を 40×20cm から 45×15cm にするとユニットは若干小さくなり、軽量化に寄与する。

6) CB ユニットの意匠性の向上

報告書*1 によると「現状 CB ユニットの形状はプロポーションが美しくなく、日本人の潜在的な

美意識に適合していないとの指摘もある」と書いてある。また、フィリピンでは破れ目地が通常用いられているため、意匠性を向上させる横長のユニットを採用する(ユニット寸法 40×20cm の縦横比は 1:2、45×15cm は 1:3となる)ことが考えられる。また、芋目地ばかりでなく破れ目地も(縦筋の上端までユニットを持ち上げることなく)容易に可能となるユニットを用いることによって施工性も意匠性を向上させることができる。

7) 建物全体の意匠性の向上

ユニット長さの 1/2 ずれる破れ目地が可能な CB ユニットを用いると、任意のずれ(現実的にはユニットの厚み 15cm)の破れ目地が可能となり、その他の多彩な目地パターンも可能となる。

8) イニシャルコストの低減

鉄筋先組・空積み・階高充填による施工の合理化、臥梁の省略・簡素化、壁交差部・端部詳細の簡略化などを図り、イニシャルコストを低減することを目指す。

9) ライフサイクルコスト

組積造のライフサイクルコストが低くなることは既に分かっているので、それを説明する分かり易いパンフレットなどを作成し、建築関係者のみならず一般ユーザーにも理解させる活動を行う。

10) 販売対象とイニシャルコスト

コストの低減を目指す大衆向けのものと、富裕層向けの高級感を持ったものの両者が可能であることを示す必要があると考えられるので、両者の設計例を示す。(北海道には外断熱・2 重壁工法の住宅があり、高温多湿地でも寒冷地でも快適な室内空間と同時に省エネにも寄与するなどのメリットを周知する必要もある。)

11) 仕様規定から根拠を示した計算規準

仕様規定を極力少なくし、規定内容も構造計算や構造実験などで緩和できる技術指針とする。

12) ユーザーへの組積造の浸透

一般ユーザーにとって RCHB 造が選択肢の一つとなるようにアピールするため、ユーザーの要望に応じたメニューを充実させる必要があり、魅力的な CB 造建物などの紹介するパンフレットを作る。

(3) 2つの提案工法の特徴

以上のような方針の下、提案 I と提案 II を示し、両方を包含する技術指針を提案する。

ア 提案Ⅰ(日本の補強 CB 造を改良した工法)

それには次のような特徴がある。

- 1) 柱は不要である。
- 2) 重要なのは耐力壁である。
- 3) 耐力壁は径 10mm 以上の縦横筋@0.5m 以下で補強される。
- 4) 耐力壁の開口周囲と端部の補強筋は径 12mm 以上とする。
- 5) 強固な床スラブ、屋根スラブはダイヤフラムである。
- 6) 臥梁は不要または簡易化する。
- 7) 型枠は不要または最小限とする。
- 8) 基礎も CHB ユニットで可能である。

イ 提案Ⅱ

提案Ⅱには提案Ⅰの特徴に加え次のような特徴がある。

- 1) 芋目地も破れ目地も容易に可能である。
- 2) 鉄筋先組が可能で、格子状の鉄筋に CHB ユニットの嵌め込むことができる。
- 3) 目地モルタルを用いないで CHB ユニットの積層できる。
- 4) 流動性のあるモルタルを用いて階高充填が可能である。

(石山祐二)

5.3 壁式 RCHB の技術基準(案)及び解説

<p style="text-align: center;">(Draft) Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Block (RCHB) Construction in the Philippines</p> <p>Article 1. Scope</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. This guideline shall be used for buildings of reinforced concrete hollow block (RCHB) construction, where concrete hollow block (CHB) walls are reinforced with vertical and horizontal rebars to resist vertical load, seismic forces, wind pressure, etc. 2. RCHB buildings shall not exceed three stories nor 12m in height excluding the basement. <p>Article 2. Terminology and Notation</p> <p>CHB: Concrete hollow block</p> <p>RC: Reinforced concrete</p> <p>Shear wall: A wall that resists horizontal forces, e.g. seismic forces and wind pressure. It also resists vertical forces in CHB construction.</p> <p>Bearing wall: A wall that resists vertical forces. It also resists horizontal forces in CHB construction.</p> <p>Bearing wall line: A line on the plan where bearing walls are placed.</p> <p>Wall ratio: The sum of horizontal sectional areas of bearing walls, including hollows but excluding openings, in X or Y direction divided by the floor area of the story concerned.</p> <p>Bond beam: A beam that connects the top of bearing walls on the bearing wall line.</p>	<p>Note) See Commentary C.</p> <p>In order to apply this guideline, RCHB construction should be executed by skilled workers with good quality materials, appropriate arrangement of rebars and firm grout to all hollows where rebars are placed.</p> <p>Note) Structural safety of basement should be confirmed through structural calculation against loads including soil and water pressure. Basement walls should be of waterproofing and are recommended to be of reinforced concrete (RC) construction.</p>
---	--

<p>d_b: The nominal diameter of rebars. The smaller diameter of rebars at lap joints of rebars with different diameters.</p> <p>psi: pounds per square inch</p> <p>PNS: Philippine National Standards</p> <p>JIS: Japanese Industrial Standards</p>	<p>Note) 1psi ≐ 0.0069Mpa, 1Mpa ≐ 145psi</p>
<p>Article 3. Quality of Materials</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Net compressive strength of CHB units used for walls shall not be less than 12MPa ≐ 1740psi (gross compressive strength 6MPa ≐ 870psi). 2. Yield strength of rebars shall not be less than 230MPa ≐ 33350psi. 3. The design strength of cement mortar to grout hollows and joints shall not be less than 15MPa ≐ 2175psi. 	<p>Note) For example, PNS ASTM C90-2019 load-bearing CHB, JIS A 5406 Type B, etc. (see Fig.C2)</p> <p>Note) For example, PNS 49:2020 230R, 280R, 280W, JIS G 3112 SD295A, SD345, JIS G3117 SDR295, etc.</p> <p>Note) Recommended cement-sand volume ratio is 1:4 ~1:1.25.</p>
<p>Article 4. Foundations</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. RC or equivalent continuous foundations shall be placed to support bearing wall lines of the ground floor. 2. The thickness of foundation wall shall not be less than the thickness of the bearing walls. 3. Design of foundations shall be in accordance with NSCP Chapters 3 and 4. 	<p>Note) See Commentary F.</p> <p>Note) See Fig.C1 and Fig.F1.</p> <p>Note) Footing width and depth of foundations should be decided based on NSCP Chapter 3 (see Table F1).</p>
<p>Article 5. Construction of Bearing Walls</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bearing walls shall be composed of CHB units of no less than 150mm in thickness and the length of each bearing wall shall be no less than 0.6m. 2. The bearing walls shall be reinforced with horizontal and vertical rebars, so that they 	<p>Note) See Commentary W.</p> <p>Note) See Figs.C1, C3 and C4. Rebars are usually spaced every CHB unit length (0.4m). It is</p>

<p>can behave as shear walls. The rebars shall be at least $d_b=10\text{mm}$ that are spaced no more than every 0.5m.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. The bottom of bearing walls shall be supported with either foundations, floor slabs or bond beams. The top of bearing walls shall be supported with either floor slabs, roof slabs or bond beams. 4. The height of bearing walls between the top and bottom supports shall not exceed 3.1m in case $d_b=10\text{mm}$ vertical rebars and shall not exceed 3.7m in case $d_b=12\text{mm}$ vertical rebars. 5. The vertical rebars shall be continuous from the top to bottom supports and shall not be spliced at the middle part of walls. 6. The ends of vertical rebars shall be embedded into foundations, bond beams, slabs or bearing walls no less than $30d_b$, or can be spliced no less than $30d_b$ with anchors that are embedded no less than $30d_b$ into foundations, bond beams, slabs or bearing walls. 7. The anchors can be replaced by post-installed anchors or rebars of $d_b=12\text{mm}$ that is embedded at least $10d_b$. 8. The ends of horizontal rebars shall be hooked to the vertical rebars or spliced to adjacent horizontal rebars with no less than $30d_b$ lapping. 9. Hollows where horizontal and vertical rebars are placed shall be grouted. Rebars shall be covered by concrete or cement mortar no less than 30mm in thickness. <p>Article 6. Installation of Bearing Walls</p>	<p>recommended that the rebars at the end of walls and around openings are $d_b=12\text{mm}$.</p> <p>Note) See Table W1.</p> <p>Note) Adhesive should be used for post-installed anchors or rebars.</p> <p>Note) Hollows without rebars need not to be grouted (see Figs.C3 and C4). The thickness may include the thickness of face shell or web of CHB units.</p>
---	--

<p>1. Bearing walls shall be installed on bearing wall lines in the entire building in balance horizontally and vertically.</p> <p>2. Openings in bearing wall lines shall not exceed 4m in length. The sum of opening lengths shall be less than 2/3 of the bearing wall line.</p> <p>3. The bearing wall lines shall be placed no more than 7.5m apart in X and Y directions.</p> <p>4. The bearing wall lines of the upper story shall be on the bearing wall lines of the lower story. In case the upper and lower bearing wall lines are placed more than the thickness of the bearing wall, the safety of that part shall be confirmed by structural calculation.</p> <p>5. The wall ratio of each story for X and Y directions shall not be less than the value shown in Table 1. For the bearing wall that is inclined θ from X or Y direction, the horizontal sectional area shall be multiplied by $\cos^2 \theta$. The wall ratio of upper story shall include only the effective parts of bearing walls on the lower bearing walls.</p>	<p>Note) This requirement is usually realized, if Requirements of Items 2 to 6 of this Article are fulfilled.</p> <p>Note) See Fig.W1.</p> <p>Note) See Fig.W1.</p> <p>Note) See Fig.W2.</p> <p>Note) See Commentary W3) for required wall ratios p_d.</p> <p>Note) See Commentary W7) for inclined walls.</p> <p>Note) See Commentary W8) for effective parts.</p>																			
<p>Table 1: Required wall ratios p_d of the story</p>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Number of stories</th> <th colspan="3">Story number</th> </tr> <tr> <th>1st</th> <th>2nd</th> <th>3rd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.20%</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2.76%</td> <td>1.46%</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4.32%</td> <td>3.20%</td> <td>1.70%</td> </tr> </tbody> </table>	Number of stories	Story number			1 st	2 nd	3 rd	1	1.20%	—	—	2	2.76%	1.46%	—	3	4.32%	3.20%	1.70%	
Number of stories		Story number																		
	1 st	2 nd	3 rd																	
1	1.20%	—	—																	
2	2.76%	1.46%	—																	
3	4.32%	3.20%	1.70%																	
<p>6. In case the aspect ratio r of the bearing wall exceeds the critical aspect ratio r_c, the horizontal sectional area to calculate the wall</p>	<p>Note) See Commentary W4) and Commentary W5) for aspect ratio r, critical aspect ratio r_c and reduction factor β.</p>																			

ratio shall be multiplied by the reduction factor β in Table 2.

Table 2: Reduction factor β of bearing walls

Bearing wall stories	1	2	3
Critical aspect ratio r_c (Fixed top wall)	0.5 (1.0)	0.91	1.1
Reduction factor β	r_c / r		

Article 7. Floor and Roof Slabs

1. The floors shall be constructed with RC or equivalent slabs so that they can be used as diaphragms to transmit horizontal forces to bearing walls.
2. In case there is no diaphragm, a continuous bond beam shall be installed.

Note) For example, RC slabs of no less than 100mm in thickness, steel deck slabs with no less than 50mm thick concrete, etc. Structural safety of slabs should be confirmed through structural calculations.

Note) Structural safety of bond beams without diaphragms should be confirmed through structural calculation against in-plane and out-of-plane loads. See Commentary W9).

COMMENTARY

C. RCHB CONSTRUCTION

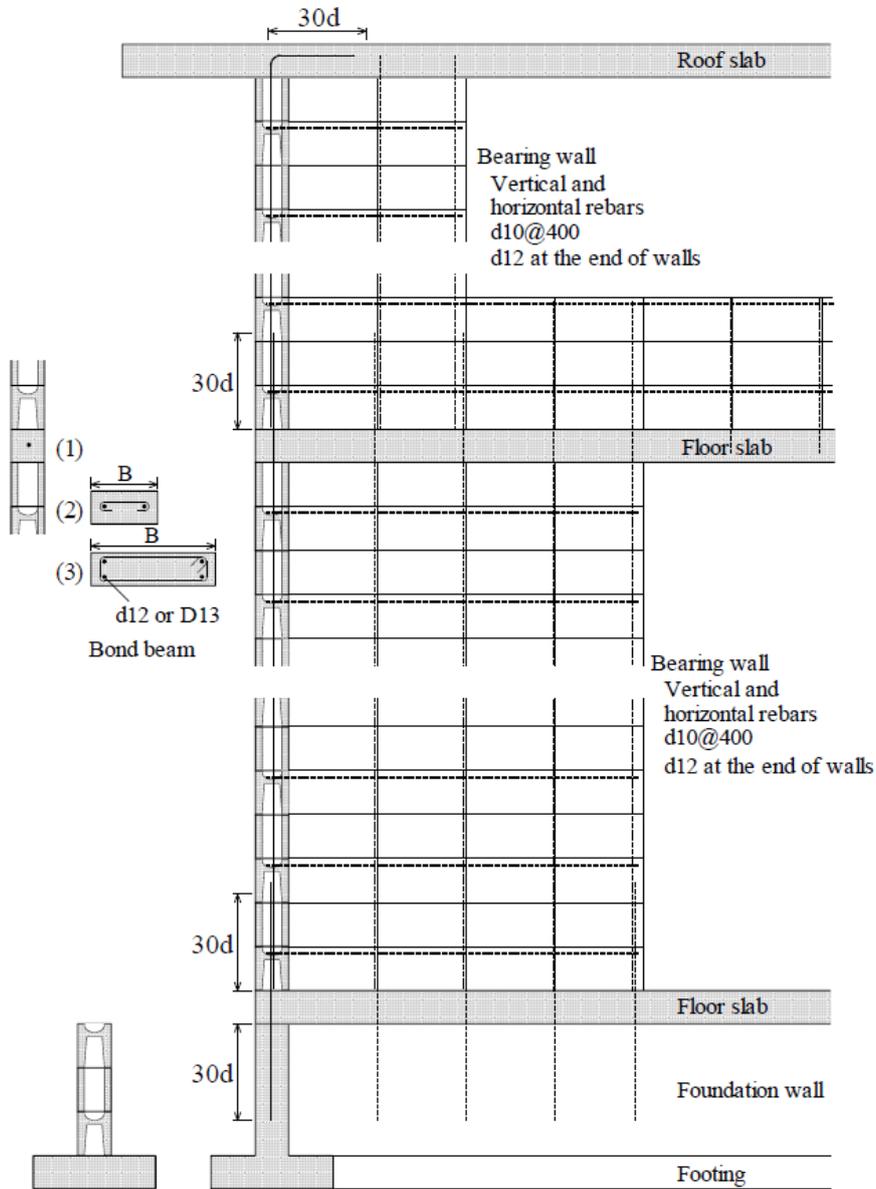
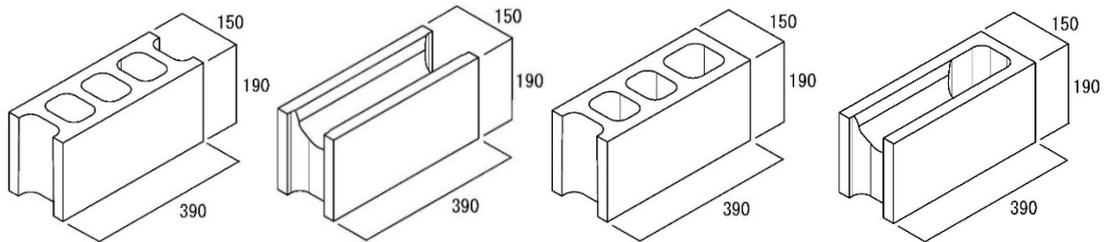


Fig.C1 Outline of Engineered RCHB Construction



a)Basic unit b)Horizontal rebar unit c)Basic end unit d)Horizontal rebar end unit

Fig.C2 Various types of CHB units (390×190×150mm)

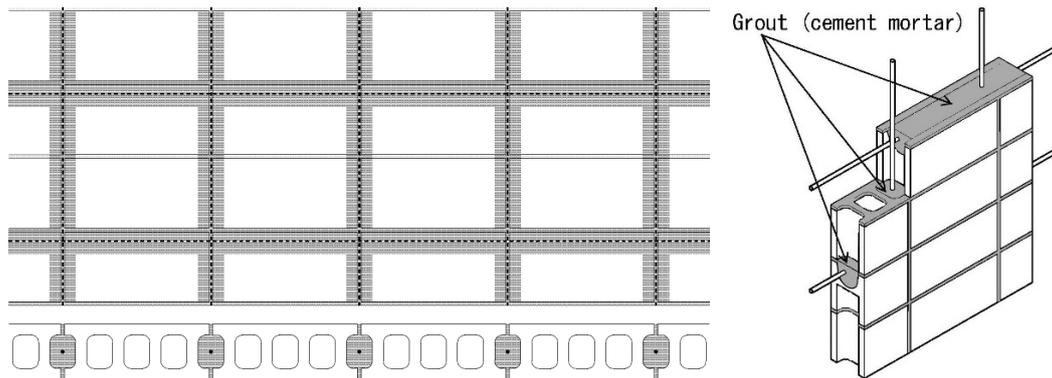


Fig.C3 Grout, joint mortar and rebars

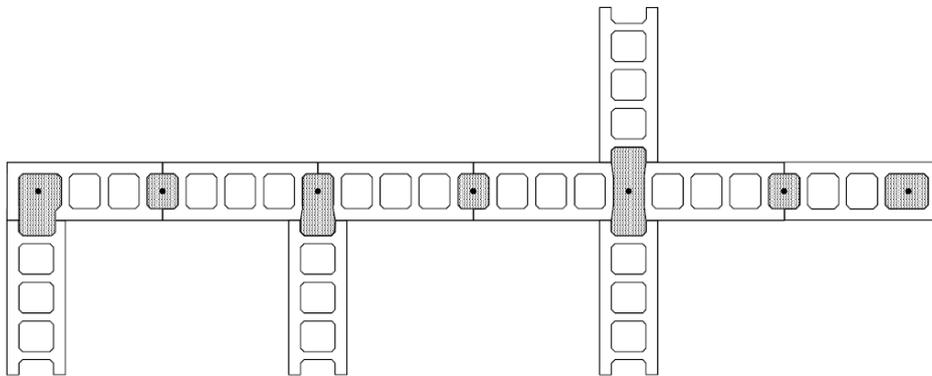


Fig.C4 Grout at corners and intersections of bearing walls

F. FOUNDATIONS

F1) Continuous foundation

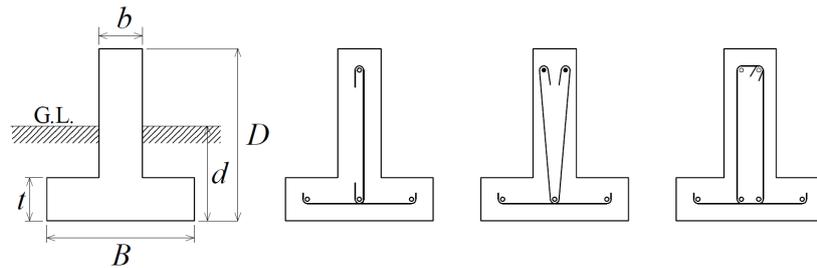


Fig.F1 Continuous foundation

Table F1 Minimum requirements for foundation (mm)

Thickness of foundation wall b	Width of footing B	Thickness of footing t	Depth below ground level d
150	300	150	300

F2) Soil stress and footing area ratio

Let us assume that a building is a rigid body on the ground as shown in Fig.F2a) and

the stress σ_v distributes uniformly, where $\sigma_v=W/(bd)$. The stress σ_h in Fig.2b) caused by the horizontal force kW is $\sigma_h=kW(h/2)/(b^2d/6)=3kWh/(b^2d)$, where k is the seismic factor. The stress distribution in Fig.F2c) occurs when $\sigma_v=\sigma_h$ and $\sigma_r=\sigma_v+\sigma_h$. Then, $W/(bd)=3kWh/(b^2d)$ gives $1=3kh/b$.

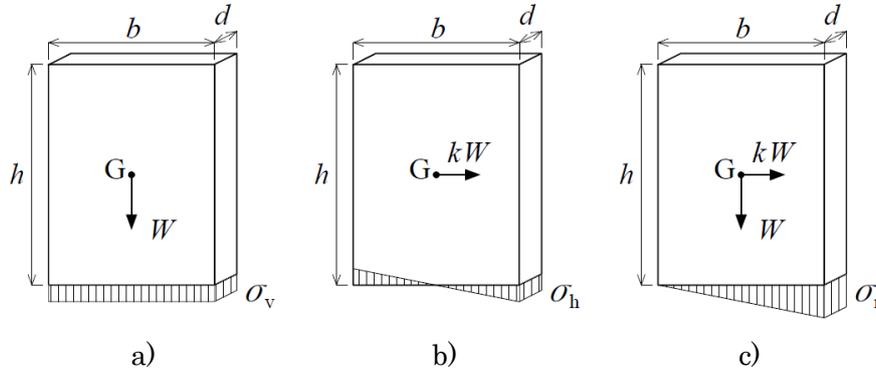


Fig.F2 Stress caused by vertical and horizontal forces

In case the allowable capacity for seismic load condition can be $1.33 \sigma_a$ where σ_a is the allowable soil capacity. When the stress caused by vertical and horizontal forces σ_r (Fig.F2c) becomes $1.33 \sigma_a$, the stress σ_v has to be less than $(2/3) \sigma_a$. Therefore, the stress caused by permanent vertical load should not exceed 33.3kN/m^2 for 50kN/m^2 allowable capacity soil, and 66.7kN/m^2 for 100kN/m^2 allowable capacity soil.

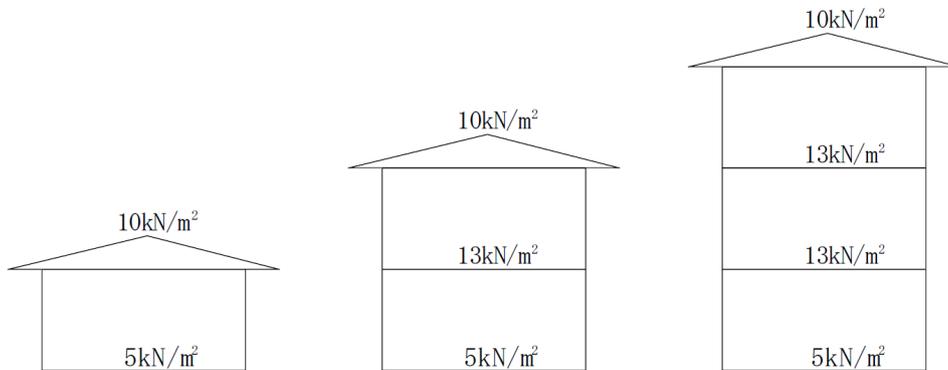


Fig.F3 Weight of the stories

If we assume the weight of the building as shown in Fig.F3, the total weight of 1 story building to be supported by foundation is 15 kN/m^2 . Since $15/33.3=0.45$, the footing area to floor area should not be less than 0.45 for 1 story building on 50kN/m^2 bearing capacity soil. Similar calculation gives the footing area ratios as shown in Table F2.

Table F2 Footing area ratio
(Sum of footing area / floor area of 1st story)

Allowable bearing capacity of soil	50kN/m ² (MPa)	100kN/m ² (MPa)
1 story	0.450	0.225
2 story	0.841	0.420
3 story	1.231	0.615

F3) Aspect ratio to prevent uplift

The stress distribution in Fig.F2c) gives $1=3kh/b$. Therefore, the aspect ratio $r=h/b$ should be less than $1/(3k)$ to prevent uplift of the body. Then the aspect ratio to prevent uplift is given in Table F3.

Even if the uplift occurs to a building, the building may not be overturned, because of the size effect (the larger the body, the less probability to be overturned).

Table F3 Aspect ratio to prevent uplift

Seismic factor k	Aspect ratio $r=h/b$
0.1	3.33
0.2	1.67
0.25	1.33
0.3	1.11

F4) Calculation of footing width

The bearing wall line length of Fig.W7 is 56.45m ($7.05 \times 3 + 4.4 \times 2 + 8.3 \times 2 + 3.75 + 6.15$). For 2 story building and bearing capacity 100kN/m², 0.636m ($85.575 \times 0.420 / 56.45$) is the minimum footing width B (see Fig.F1).

F5) Design of foundations

Detailed foundation design should be done according to the NSCP and/or other technical documents. Commentary F may give some information on the design of foundations.

W. BEARING WALLS

W1) Height of bearing walls

The height of bearing walls in Article 5, Item 4 is derived assuming the seismic factor is 0.7.

Table W1 Bearing wall height*

Vertical rebar	Seismic factor k	
	0.7	1.0
d=10mm@400mm	3.12m	2.61m
d=12mm@400mm	3.73m	3.12m

*Distance between the top and bottom supports

W2) Bearing walls on bearing wall lines

Bearing walls are placed on the bearing wall lines as shown in Fig.W1.

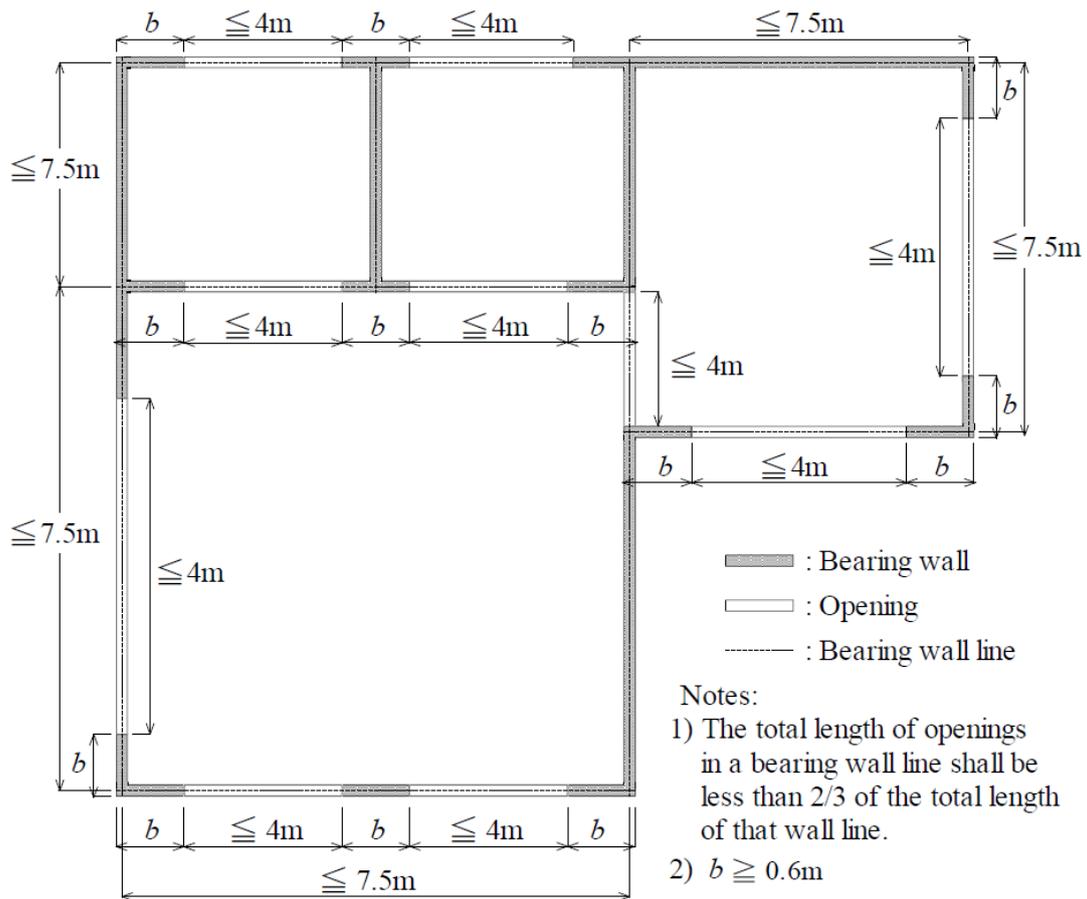


Fig.W1 Bearing walls, openings and bearing wall lines

Bearing walls of the upper story should be on the bearing walls and/or bearing wall lines of the story underneath (Fig. W2). Structural calculation is required for the slab

in case Fig.W2c) and for the beam in case Fig.W2d).

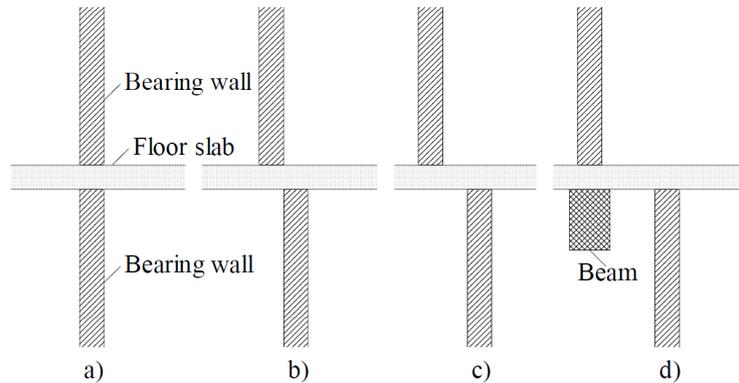


Fig.W2 Bearing walls of the upper story and the story underneath
(Structural calculation is required for c) and d))

W3) Required wall ratios and base shear factor

Table 1 has been derived assuming that the shear stress is 0.25N/mm^2 for gross horizontal area of CHB bearing walls and the base shear factor is 0.2 in allowable stress design (Japanese practice), or the shear stress is 0.30N/mm^2 and the base shear factor is 0.244 in strength design (Philippine practice).

The values in Table 1 can be adjusted by multiplying $Z/0.4$, and should be increased by Near-Source Factor N_a if $N_a > 1.0$. The values can also be reduced using better CHB units, stronger grout mortar, full grout construction, etc. and conducting structural experiments/calculation, but the values should not be less than one-half of the values in the table.

(BSL of Japan)

According to Building Standard Law (BSL) of Japan, the design base shear factor of short period structures is 0.2 for allowable stress design, that is applied to moderate earthquake motions, in most areas in Japan including Tokyo. Previous experiments of RCHB walls, the shear strength of ultimate capacity level is approximately three times of the allowable stress level. Therefore, design base shear factor of 0.2 at allowable stress level means that the base shear factor at ultimate shear level becomes approximately 0.6. This indicates that design base shear factor is 0.6 for ultimate capacity level, i.e. the structural characteristic factor is $D_s=0.6$ in Japanese seismic code. Since the maximum (conservative) value of D_s is 0.55 for the least ductile RC structures, $D_s=0.6$ is acceptable comparing this value with the values of other types of structures. Furthermore, the required wall ratios in Table 1 are 1.5 times of the calculated wall ratios taking into account local stress concentration. Therefore, the base shear factor for the ultimate capacity level of RCHB construction is no less than 0.9 on average.

(NSCP)

According to “Sec. 208.5.2 Static Force Procedure” of NSCP 2015, the design base shear V of short period structures is given as follows (NSCP Eq.(208-9)).

$$V = (2.5 C_a I/R) W$$

where, $C_a = 0.44 N_a$ for the zone $Z = 0.4$ and for the soil profile type S_b or S_e . The near-source factor $N_a = 1.0$ for the distance to the fault is more than 15km regardless of seismic source types. The importance factor for ordinary structures is $I = 1.0$. R is the reduction factor to consider overstrength and ductility, and $R = 4.5$ for masonry shear walls (NSCP Table 208-11C). W is the total weight of the structure. Therefore, the base shear factor $C_B = V/W$ is obtained as follows.

$$C_B = (2.5 \times 0.44 \times 1.0 \times 1.0) / 4.5 = 0.244$$

According to AIJ documents, the allowable shear stress per gross sectional area of Type B CHB unit is 0.25 N/mm^2 for allowable stress design. This may be increased 0.30 N/mm^2 for strength design. Then the base shear factor $C_B = 0.244$ using 0.30 N/mm^2 for strength design is almost equivalent to $C_B = 0.2$ using 0.25 N/mm^2 for allowable stress design ($0.244/0.3 = 0.81$, $0.2/0.25 = 0.8$). Therefore, the required wall ratio p_d of Table 1 that is derived for the base shear factor $C_B = 0.2$ can be accepted in the Philippines. However, in case Near-Source Factor $N_a > 1.0$, p_d should be increased by multiplying N_a (i.e. $N_a = 2.0$, the required wall ratios should be $2.0 p_d$ of Table 1).

W4) Aspect ratio and reduction factor

A bearing wall is subjected to horizontal force P and vertical force W as shown Fig.W3. The wall should not be uplifted at allowable capacity level, i.e. its shear stress is 0.25 N/mm^2 . Neglecting tensile strength of the wall and its rebars, the critical aspect ratio r_c to prevent uplift of the wall is 0.5 for the bending moment distribution (i) and 1.0 for the bending moment distribution (ii). The height of the wall and critical ratio are shown in Fig.W4. Aspect ratios for 2 or 3 story bearing walls are shown in Fig.W5. In case the aspect ratio exceeds the critical ratio, the capacity of the wall is reduced multiplying the reduction factor β , where β is r_c/r (See Table 2 in Article 6).

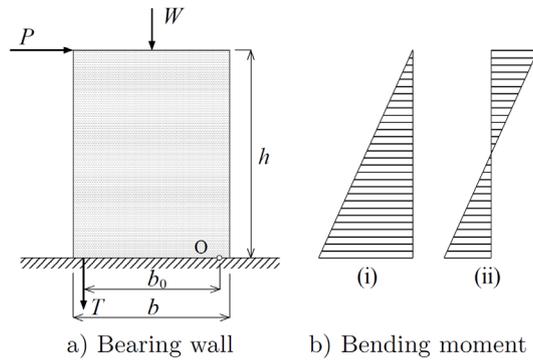


Fig.W3 Bearing wall subjected to vertical and horizontal forces, and its bending moment

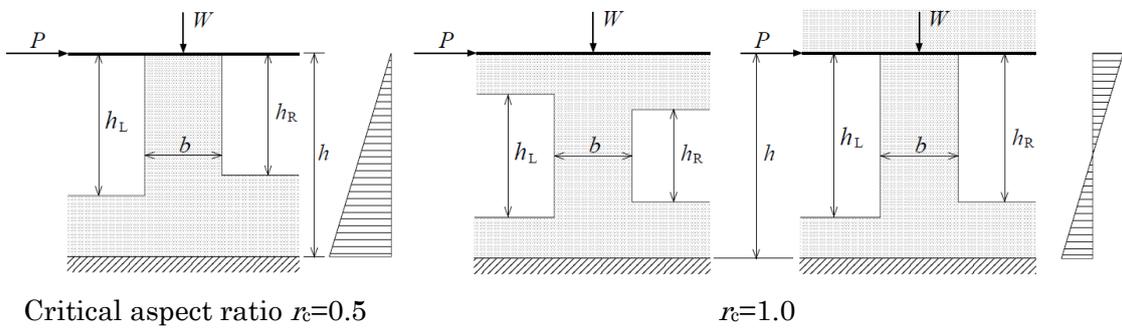


Fig.W4 Aspect ratio $(h_L+h_R)/(2b)$ of each bearing wall

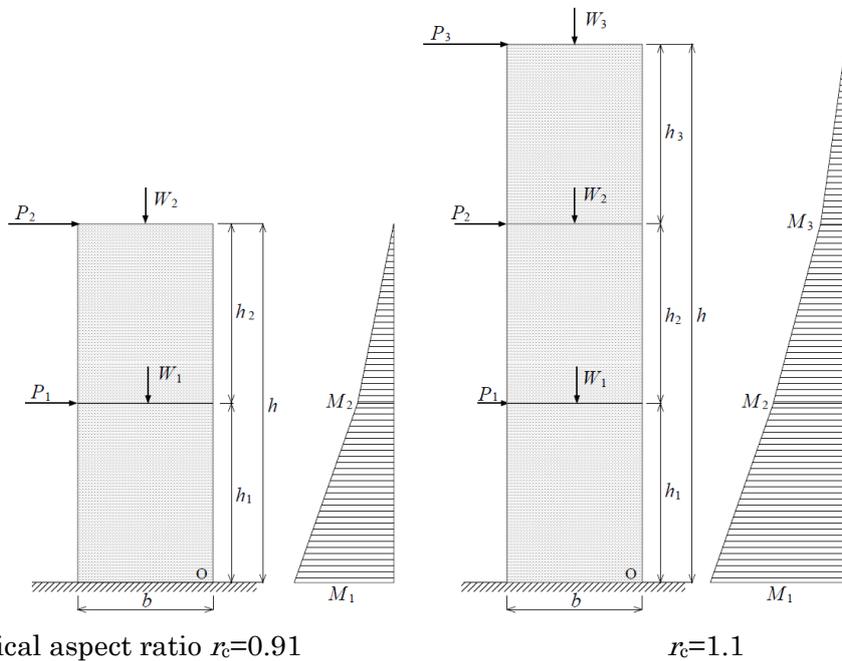


Fig.W5 Aspect ratio h/b and critical wall ratio r_c for 2 and 3 story bearing walls

W5) Calculation of reduction factor

Calculation of reduction factors of Fig.W6 is conducted as follows.

1. Calculate aspect ratio r for each wall (A, B, C . . .) as Fig.W4, and determine reduction factor β according to the aspect ratio of each wall.
2. Calculate aspect ratio (h/b) of multi-story wall, and determine reduction factor β according to the aspect ratio of the multi-story wall.
3. Reduction factor β of 1 or 2 to reduce the most is used.

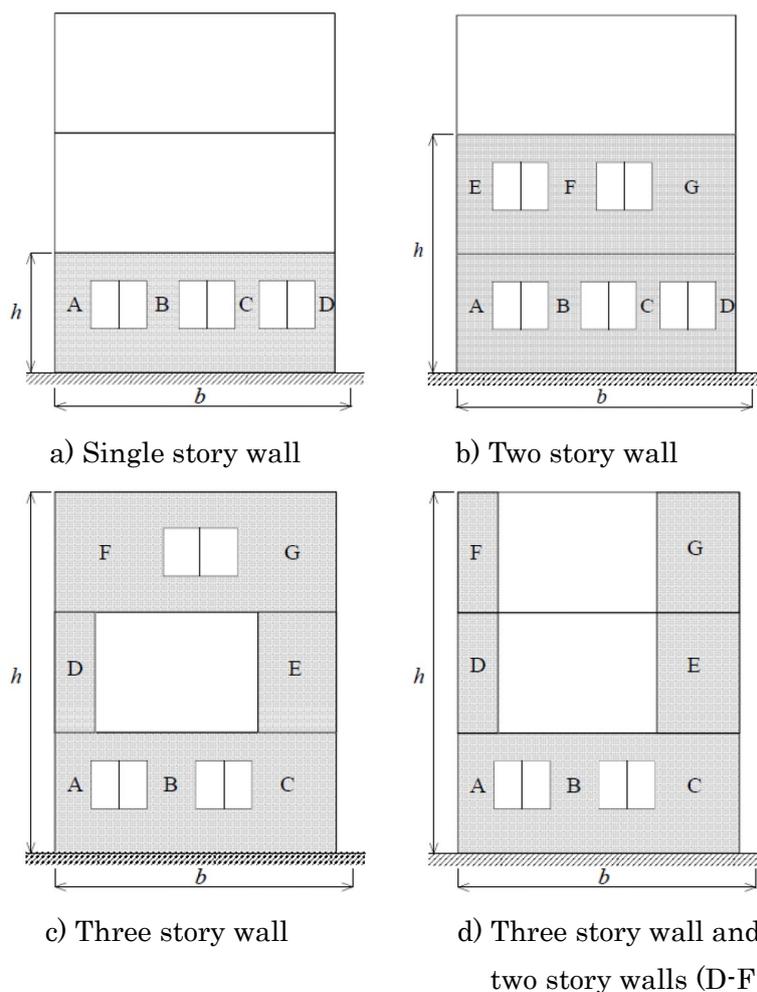


Fig.W6 Aspect ratio and reduction factor

W6) Calculation of wall ratios

The wall ratios for Fig.W7 is calculated as follows.

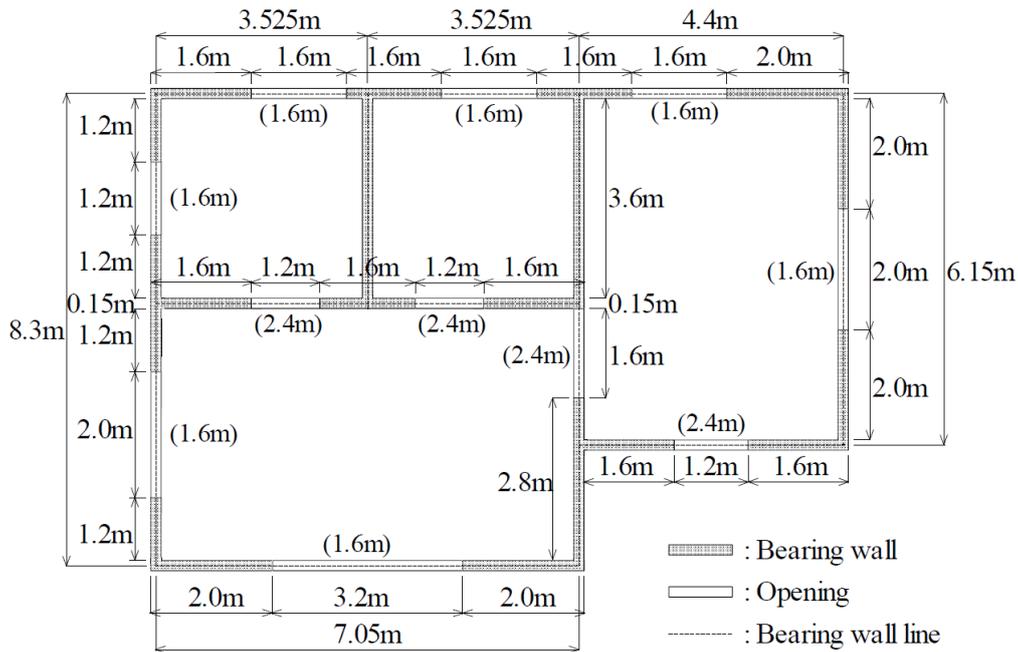


Fig.W7 Bearing wall floor plan

(2.4m) or (1.6m) indicates the height of openings

Floor area is $7.05 \times 8.3 + 4.4 \times 6.15 = 58.515 + 27.06 = 85.575 \text{m}^2$

Bearing wall length

The value in (()) indicates the reduction factor β depending on the slenderness ratio. Story height h is 2.4m (distance between the top and bottom supports). Critical aspect ratio is 1.0.

Effective wall length and wall ratio

(X direction)

$$2.0 \times ((1.0)) \times 2 + (1.6 + 0.15) \times ((1.75/2.4)) \times 1 + 1.6 \times ((1.6/2.4)) \times 4 + 1.6 \times ((1.6/2.0)) \times 1 + 1.6 \times ((1.0)) \times 2 + 2.0 \times ((1.0)) \times 1 = 4.0 + 1.28 + 4.27 + 1.28 + 3.2 + 2.0 = 16.03 \text{m}$$

$$\text{Wall ratio: } 16.03 \times 0.15 / 85.575 = 0.0281 \rightarrow 2.81\% > 2.76\%$$

This satisfies the required wall ratio for the 1st floor of 2 story building.

(Y direction)

$$(1.2 + 0.075) \times ((1.275/2.0)) \times 1 + (1.2 + 0.15 + 1.2) \times ((1.0)) \times 1 + (1.2 + 0.075) \times ((1.275/1.6)) \times 1 + (3.6 + 0.15) \times ((1.0)) \times 2 + (2.8 + 0.075) \times ((1.0)) \times 1 + (2.0 + 0.075) \times ((1.0)) \times 2 = 0.813 + 2.55 + 1.016 + 7.5 + 2.875 + 4.15 = 18.904 \text{m}$$

$$\text{Wall ratio: } 18.904 \times 0.15 / 85.575 = 0.0331 \rightarrow 3.31\% > 2.76\%$$

This satisfies the required wall ratio for the 1st floor of 2 story building.

W7) Bearing walls inclined from X or Y directions

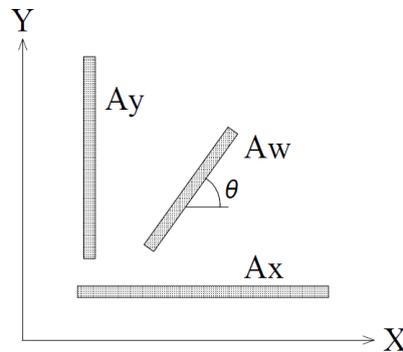


Fig.W8 Bearing walls inclined

Sectional area of bearing walls

X direction : $A_x + A_w \cos^2 \theta$

Y direction : $A_y + A_w \cos^2(\pi/2 - \theta) = A_y + A_w \sin^2 \theta$

W8) Effective parts of bearing walls of upper story

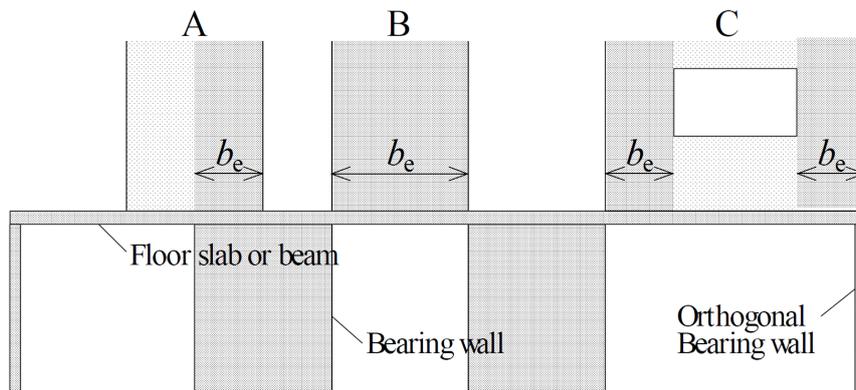


Fig.W9 Effective parts (b_e) of bearing walls for wall ratio calculation

Only an effective part of an upper story bearing wall, where there is a bearing wall underneath, should be included in the calculation of wall ratios, e.g. the part b_e of Wall A in Fig.W9. Wall B in the same figure can be included to the wall ratio, since both ends of the wall are supported by bearing walls underneath. Wall C in the figure is also can be treated as a bearing wall, but the width of an opening should be excluded from the calculation of the wall ratio.

W9) Bond beam

In case there is no slab that acts as a diaphragm (Fig.C1), a bond beam is required. The

bond beam should sustain vertical and out-of-plane horizontal loads. The vertical load can be supported by the RCHB wall on or under the bond beam.

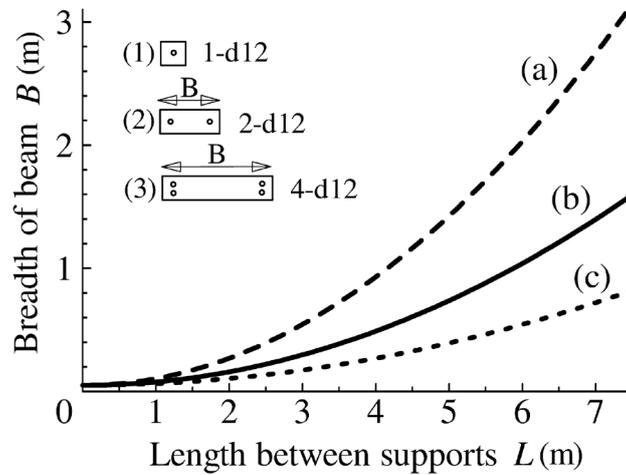


Fig.W10 Breadth of beam B and length of supports L

The out-of-plane load w for a bond beam may be assumed to be

$$w = k \times \rho \times h \times t = 1.0 \times 20 \times 3 \times 0.15 = 9.0 \text{ kN/m} \rightarrow 10 \text{ kN/m}$$

(For a roof bond beam: 5kN/m)

Maximum bending moment of the bond beam is

$$M_{\max} = wL^2/8 = 1.25L^2 \text{ (for a roof bond beam: } 0.625L^2 \text{)}$$

Allowable tensile force of d12 bar is 26kN. Then, the allowable bending moment of bond beam Ma is

$$\text{Beam (1)} \quad 0.875 \times 0.075 \times 26 = 1.71 \text{ kNm}$$

$$\text{Beam (2)} \quad 0.875(B - 0.05) \times 26 \text{ kNm}$$

$$\text{Beam (3)} \quad 0.875(B - 0.05) \times 52 \text{ kNm}$$

For Beam (1), $1.25L^2 = 1.71$, then $L = 1.17$ (m). Therefore, Beam (1) can be used up to the length of supports is less than $L = 1.17$ (m) (for a roof bond beam $0.625L^2 = 1.71$, then $L = 1.65$ (m)).

For Beam(2), $1.25L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 26$, then $B = 0.055L^2 + 0.05$. This is shown in Fig.W10 Curve (a) (for a roof bond beam: $0.625L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 26$, then $B = 0.0275L^2 + 0.05$ that is shown in Fig.W10 Curve (b)).

For Beam(3), $1.25L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 52$, then $B = 0.0275L^2 + 0.05$. This is shown in Fig.W10 Curve (b) (for a roof bond beam: $0.625L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 52$, then $B = 0.0137L^2 + 0.05$ that is shown in Fig.W10 Curve (c)).

<p style="text-align: center;">補強空洞コンクリートブロック(RCHB)造 技術基準 (案)</p> <p>1条 適用</p> <p>1. 本基準は、空洞コンクリートブロック (CHB) の壁を鉛直力、地震力、風圧力などに抵抗するように縦横筋で補強した補強空洞コンクリートブロック (RCHB) 造の建物の構造設計に適用する。</p> <p>2. RCHB 造の建物は地下階を除く階数が 3 以下、かつ高さ 12m 以下とする。</p> <p>2条 用語と記号</p> <p>CHB : 空洞コンクリートブロック (concrete hollow block)</p> <p>RC : 鉄筋コンクリート (reinforced concrete)</p> <p>耐震壁 : 水平力 (地震力・風圧力など) を負担する壁、RCHB 造では耐力壁としても働く</p> <p>耐力壁 : 鉛直力を負担する壁、RCHB 造では耐震壁としても働く</p> <p>耐力壁線 : 耐力壁を配置する平面上の線分</p> <p>壁率 : X または Y 方向の耐力壁の空洞を含むが開口部を除く水平断面積の和をその階の床面積で除した値</p> <p>臥梁 (結合梁) : 耐力壁線上の耐力壁の上部を結合する梁、スラブがこれに代わることがある</p> <p>d : 鉄筋の公称径、異なる径の重ね継手では小さい方の径</p> <p>JIS : 日本産業規格 (Japanese Industrial Standard)</p>	<p>注) 本基準の適用にあつては、熟練した作業員が良質の材料を用い、補強筋を適切に配置し、補強筋が通る全ての空洞をグラウトする。</p> <p>注) 地下階は土圧・水圧を含む荷重に対して構造計算によって、その構造安全性を確認する。地下壁には防水処理を施すこと。また、RC 造とすることが推奨される。</p>
--	--

<p>3条 材料の品質</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 壁に使用する CHB の実断面圧縮強度は 12MPa（全断面圧縮強度は 6MPa）以上とする。 2. 鉄筋の降伏強度は 230MPa 以上とする。 3. 空洞部のグラウトと目地に用いるモルタルまたはコンクリートの設計強度は 15MPa 以上とする。 	<p>注) 例えば JIS A 5406 Type B 等</p> <p>注) 例えば JIS G 3112 SD295A, SD345, JIS G3117 SDR295 等</p> <p>注) セメントと砂の容積率は 1:4~1:1.25 とする。</p>
<p>4条 基礎</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 最下階の耐力壁線を支持するように RC 造または同等の布基礎を設けること。 2. 基礎の立ち上がり部分の幅は耐力壁の厚さ以上とする。 3. 基礎の設計は適切な技術書などに従うこと。 	
<p>5条 耐力壁の構造</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 耐力壁は厚さ 150 mm以上の CHB ユニットからなり、各耐力壁の長さは 0.6m 以上とする。 2. 耐力壁の頂部と底部の支点間距離は縦筋が D10 の場合は 2.8m 以下、縦筋が D13 の場合は 3.7m 以下とする。 3. 耐力壁の底部は基礎、床スラブまたは臥梁で支持されること。耐力壁の頂部は床スラブ、屋根スラブまたは臥梁で支持されること。 4. 耐力壁は、耐震壁としても挙動するように縦横筋によって補強すること。 5. 補強筋は少なくとも D10 とし、その間隔は縦横とも 0.5m を超えないこと。 	<p>注) 1 ユニットのみの耐力壁は耐力壁率の計算には含まない。</p> <p>注) 面外水平震度を 1.0 と仮定した高さで、他の震度を用いる場合は構造計算を行う（解説表 W1 参照）。</p> <p>注) 補強筋の間隔は通常 CHB ユニットの長さ（0.4m または 0.45m）である。壁の端部と開口周囲の補強筋は D13 とすることが望ましい。</p>

<p>6. 縦筋は壁の中央部付近に重ね継手を設けない。</p> <p>7. 縦筋の端部は基礎または臥梁に 30d 以上定着、または基礎または臥梁に 30d 以上定着したアンカー筋と長さ 30d 以上の重ね継手とすることができる。アンカー筋の代わりに埋め込み長さ 10d 以上とした D13 のあと施工アンカーまたは鉄筋を用いることができる。</p> <p>8. 横筋の端部は縦筋にフック掛け、または横筋と 30d 以上重ね継ぐこと。</p> <p>9. 縦横筋の入る空洞はグラウトすること。</p> <p>10. コンクリートまたはモルタルによる鉄筋の被り厚さは 30 mm 以上とする。</p>	<p>注) 耐力壁の両端部が単純支持される場合、曲げモーメントは中央で最大となる。</p> <p>注) あと施工のアンカーまたは鉄筋には接着剤を用いること。</p> <p>注) 鉄筋の入らない空洞をグラウトする必要はない (図 C4 参照)。</p> <p>注) 被り厚さには CHB ユニットのフェイスシェルまたはウェブの厚さを加えてもよい。</p>
<p>6 条 耐力壁の配置</p> <p>1. 耐力壁は建物全体に平面的かつ立面的に釣合いよく配置する。</p> <p>2. 耐力壁線の中の開口幅は 4m 以下とする。開口幅の和はその耐力壁線の 2/3 以下とする。</p> <p>3. 耐力壁線は X, Y 方向とも 7.5m 以上離れないように配置する。</p> <p>4. 上階の耐力壁線は下階の耐力壁線の上に配置する。上下階の耐力壁線が耐力壁の厚さ以上離れている場合は構造計算によりその部分の安全性を検討する。</p> <p>5. 各階の壁率は X, Y 方向それぞれ次の表 1 の値以上とする。X, Y 方向から θ 傾いた耐力壁については、その水平断面積に $\cos^2 \theta$ を乗じる。上階の壁率には、下階の耐力壁の直上にある耐力壁の有効部分のみを含める。</p>	<p>注) この用件は本条の 2~6 が満足されるならば通常実現される。</p> <p>注) 図 W1 参照</p> <p>注) 耐力壁線によって囲まれる最大面積は 56.25m^2 となる。</p> <p>注) 図 W1 参照</p> <p>注) 図 W1 参照</p>

表 1 各階の必要壁率

建物 階数	階数		
	1階	2階	3階
平屋	1.20%	—	—
2階建	2.76%	1.46%	—
3階建	4.32%	3.20%	1.70%

6. 耐力壁のアスペクト比が限界アスペクト比 r_c を超える場合は、必要壁率を計算する際の耐力壁の水平断面積は表 2 の低減係数 β を乗じて減少させる。

表 2 耐力壁の低減係数 β

耐力壁の層数	1	2	3
限界アスペクト比 r_c (上端固定の場合)	0.5 (1.0)	0.91	1.1
低減係数 β	r_c / r		

7条 床と屋根スラブ

1. 床と屋根地震力や風圧力による水平力を耐力壁に伝達できるダイヤフラムとなるように RC 造スラブまたはそれと同等の構造とすること。
2. ダイヤフラムのない場合は、連続する臥梁（結合梁）を設けること。

注) 表 1 の値は地震地域係数を乗じて低減させることができる。多雪区域では積雪 1m につき平屋・最上階で 11%、その下の階で 5%、その下の階（3 階建の 1 階）で 3%増加させる。構造実験・構造計算を行い、高品質のユニット、高強度のグラウトモルタル、全充填の採用などによって値を低減することができるが、表 1 の値の 1/2 を下回ってはならない。

注) 解説参照

注) 例えば、厚さ 100mm 以上の RC スラブ、コンクリートの厚さ 50mm 以上のデッキスラブなどとする。スラブは構造計算によってその構造安全性を確かめること。

注) ダイヤフラムに接していない臥梁については、面内と面外荷重について、構造計算を行い、構造安全性を確認すること。

解説

本基準はフィリピン向けに作成した RCHB 造をもとに日本に適用する場合について記述したものである。（このため日本の材料を用いるために変更した部分もある。）

C. RCHB 造の概要

RCHB（Reinforced Concrete Hollow Block）造とは従来の補強コンクリートブロック造を改善した工法で次のような特徴がある。

- 1) 臥梁を省略（または簡素化）し施工方法の改善と施工期間の短縮を図る。
- 2) 壁の縦筋の引張力に過度に期待しないため、縦筋を壁の上部または下部で重ね継手とすることができる。

- 3) 耐力壁の面内・面外耐力を向上させるため縦横筋は 0.5m 以下とする。
- 4) 鉄筋先組・グラウトの階高充填にも対応できる。

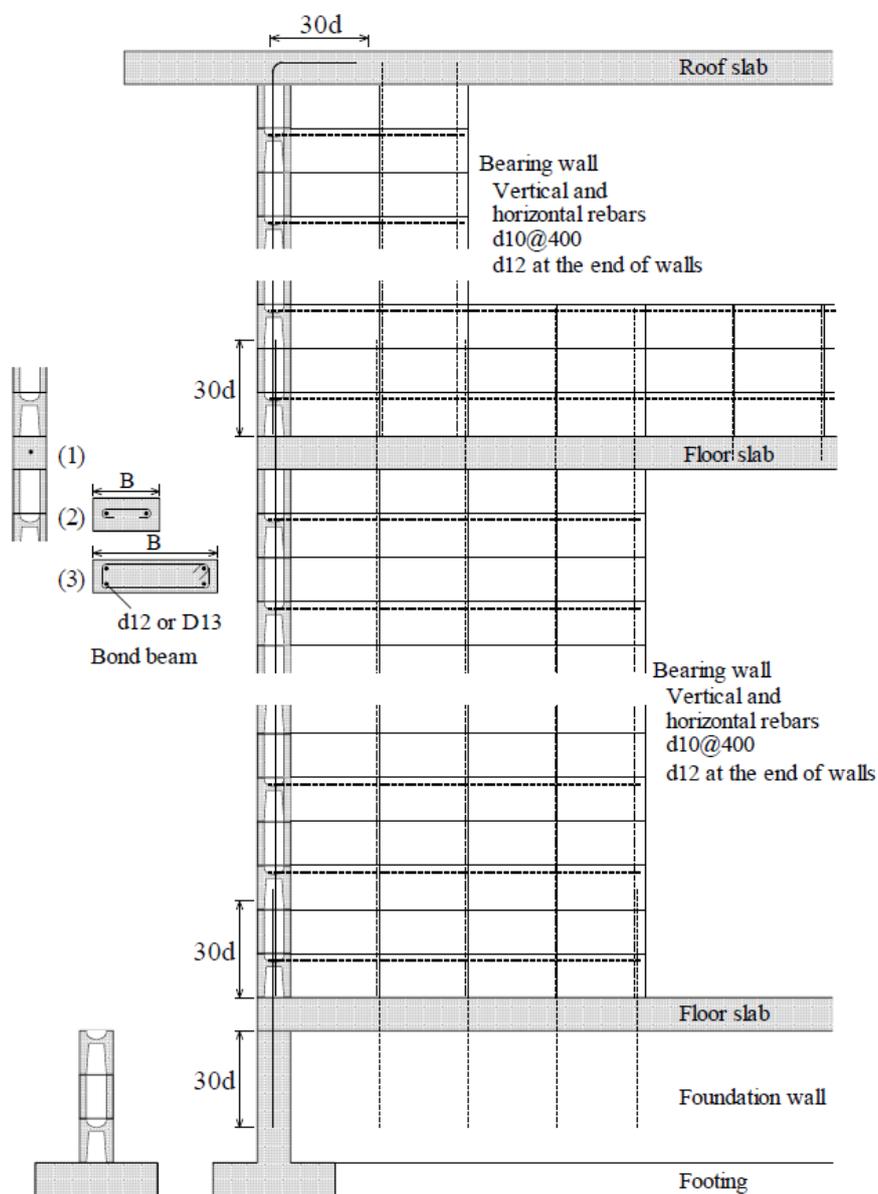
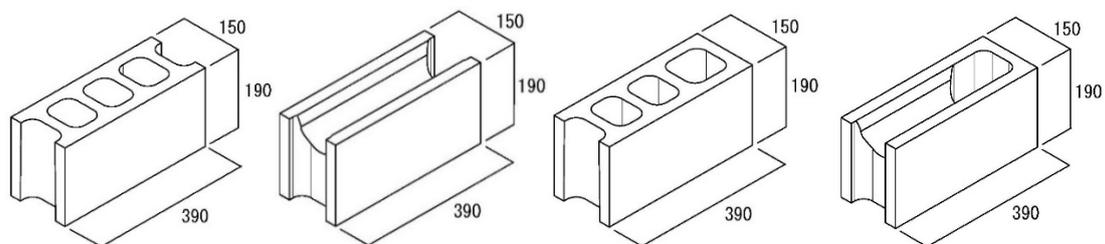


Fig.C1 RCHB造の概要



a)基本ユニット b)横筋用ユニット c)基本端部ユニット d)横筋用端部ユニット

Fig.C2 種々の CHB ユニット(390×190×150mm)

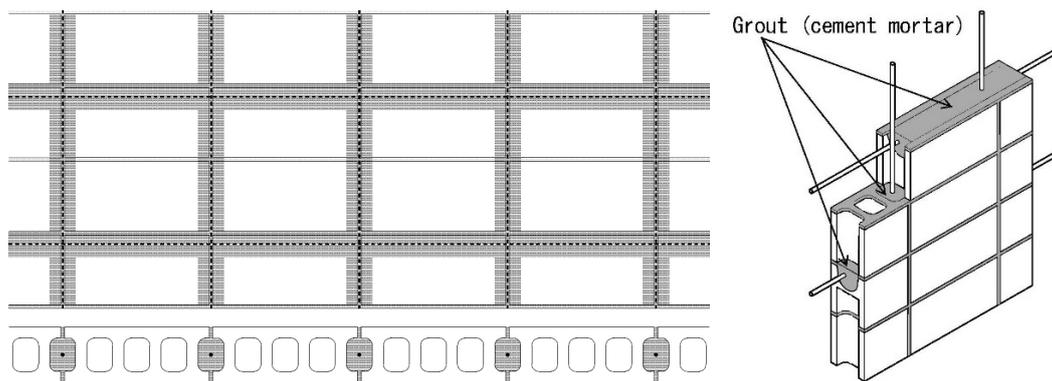


図 C3 グラウト、目地モルタルと補強筋

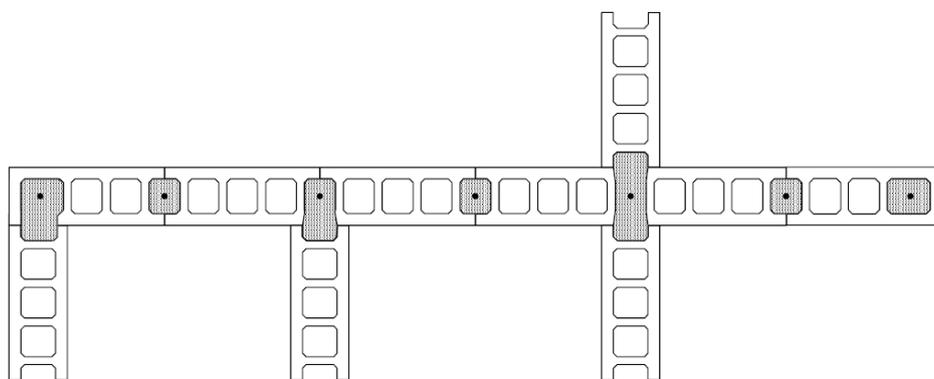


図 C4 耐力壁の端部と交差部グラウト

F. 基礎

F1) 布基礎

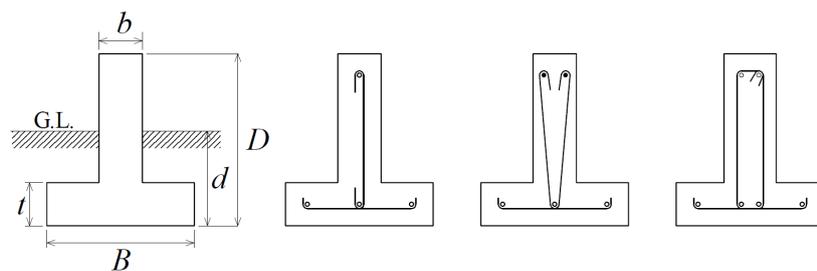


図 F1 布基礎の例

表 F1 布基礎の最小寸法(mm)

基礎壁厚	フーチング幅	フーチング厚	地盤面からの深さ
b	B	t	d
150	300	150	300

F2) 設土圧とフーチング面積

図 F2a)のように剛体が地盤上にあり、その接地圧は $\sigma_v=W/(bd)$ で一様に分布すると仮定する。水平震度 k による水平力 kW によって生ずる接地圧は $\sigma_h= kW(h/2)/(b^2d/6) = 3kWh/(b^2d)$ となると仮定すると、図 F2c)のように接地圧が分布するのは、 $\sigma_v=\sigma_h$ すなわち $\sigma_r=\sigma_v+\sigma_h$ の場合である。よって、 $W/(bd)= 3kWh/(b^2d)$ から $1=3kh/b$ が得られる。

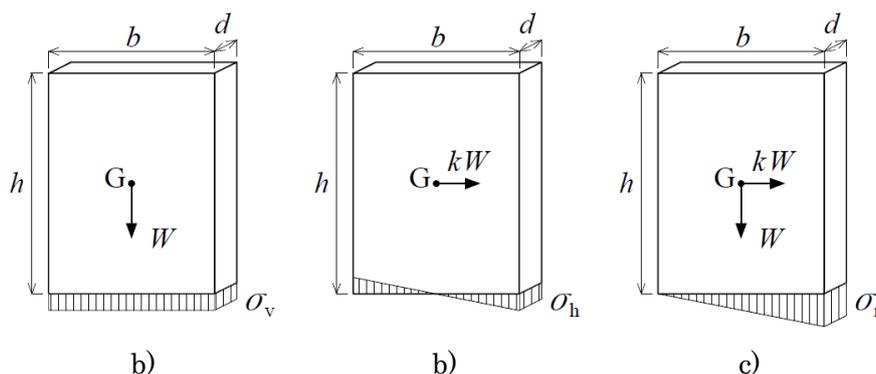


図 F2 鉛直力と水平力による接地圧

地震荷重との組合せ時の地盤の許容耐力は $1.33 \sigma_a$ (σ_a 地盤耐力) とすることができる。鉛直力と水平力による地盤応力 (図 F2c) が σ_r となり、これが $1.33 \sigma_a$ になったとすると、図 F'a)の応力 σ_v は $(2/3) \sigma_a$ 以下となる必要がある。よって、長期鉛直荷重による応力は、地盤許容耐力が 50 kN/m^2 の場合 33.3 kN/m^2 以下、地盤許容耐力 100 kN/m^2 の場合 66.7 kN/m^2 以下である必要がある。

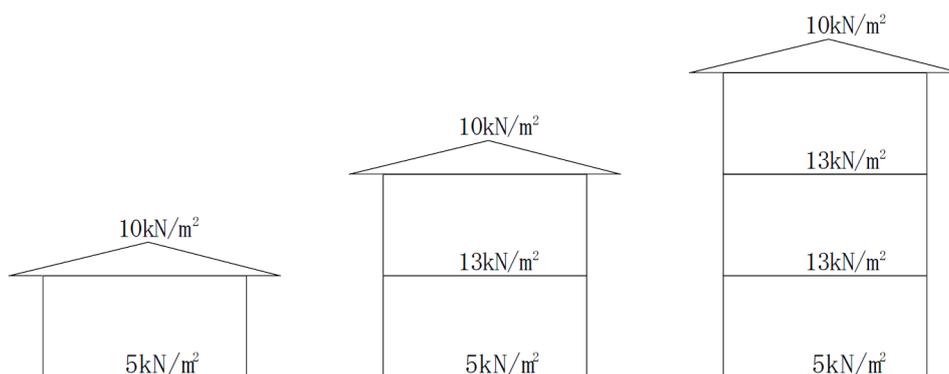


図 F3 各階の重量

建物の単位面積当たりの重量が図 F3 とすると、平屋の場合の基礎が支持する重量は 15 kN/m^2 となり、地耐力 50 kN/m^2 の場合、床面積に対する基礎フーチングの面積比 (フーチング面積率) は $15/50=0.3$ 以上必要となる。同様の軽暖から表 F2 が得られる。

表 F2 フーチング面積率
(フーチング全面積 / 1階床面積)

許容接地圧	50kN/m ² (MPa)	100kN/m ² (MPa)
平屋	0.30	0.15
2階建	0.56	0.28
3階建	0.76	0.38

F3) 浮上り防止アスペクト比

図 F2c)の応力分布から $1=3kh/b$ が得られる。よって、浮上りを防ぐためにはアスペクト比 $r=h/b$ は $1/(3k)$ 以下である必要がある。すると、浮上りを防止するアスペクト比が表 F3 のようになる。建物の浮上りが生じても（物体が大きいほど転倒の可能性は低下する）建物は転倒しないと考えられる。

表 F3 浮上り防止アスペクト比

水平震度 k	アスペクト比 $r=h/b$
0.1	3.33
0.2	1.67
0.25	1.33
0.3	1.11

F4) フーチング幅

図 W7 の耐力壁線の長さの合計は 56.45m ($7.05 \times 3 + 4.4 \times 2 + 8.3 \times 2 + 3.75 + 6.15$) である。2階建建築物で許容地耐力が 100kN/m² の場合、基礎フーチング幅 B は 0.636m ($85.575 \times 0.420/56.45$) となる（図 F1 参照）。

F5) 基礎の設計

基礎の設計は日本建築学会の規準などに従って行うが、解説 F には基礎設計に関する有意義な情報が含まれている。

W 耐力壁

W1) 耐力壁の高さ

耐力壁高さを規定している 5 条 2 項は水平震度 1.0 で計算したものであるが、場合によっては水平震度 0.7 とすることができる。

表 W1 耐力壁の内法高さ*

縦筋	水平震度 k	
	0.7	1.0
D10@450mm	3.12m	2.8m
D13@450mm	3.73m	3.7m

*耐力壁を支持する底部と頂部の距離

W2) 耐力壁線上の耐力壁

図 W1 は耐力壁線上の耐力壁と開口部を示している。

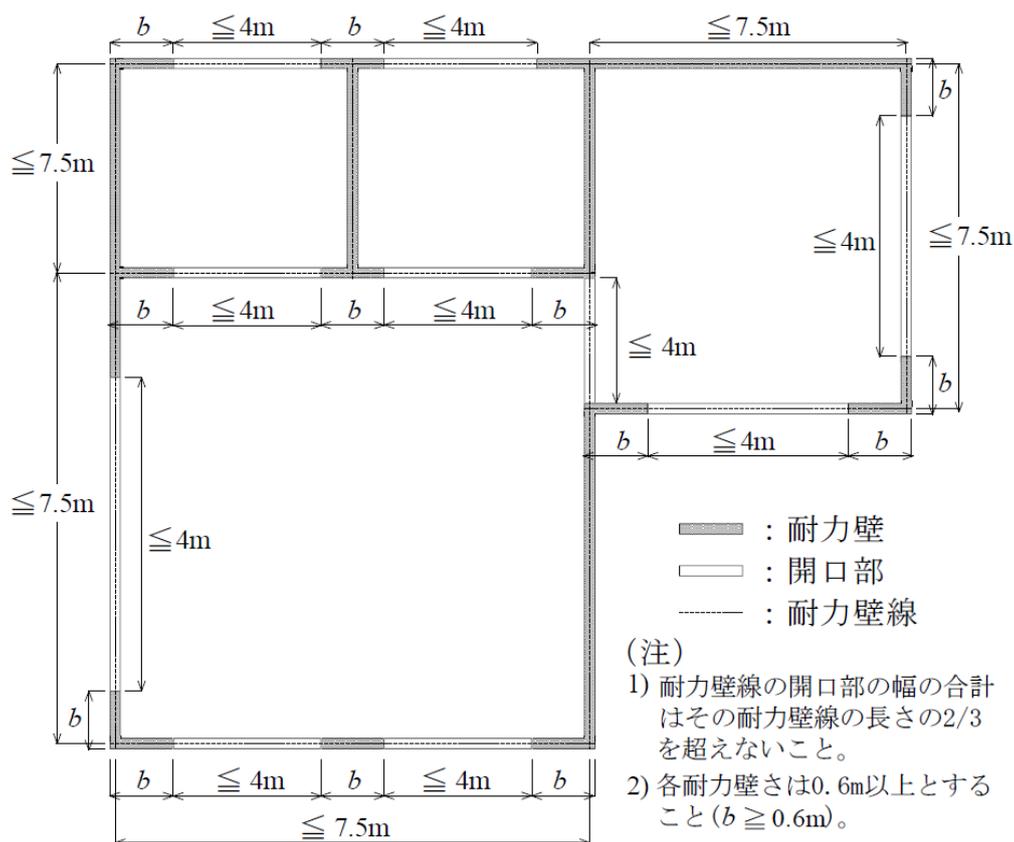


図 W1 耐力壁、開口部と耐力壁線

上階の耐力壁は下階の耐力壁または耐力壁線の上に配置されること (図 W2)。上階の耐力壁が下階の耐力壁からスラブ厚以上離れる場合 (図 W2c) はスラブについて構造計算によ

ってその安全性を確かめる。耐力壁が梁によって支持される場合（図 W2d）は梁について構造計算によって安全性を確かめる。

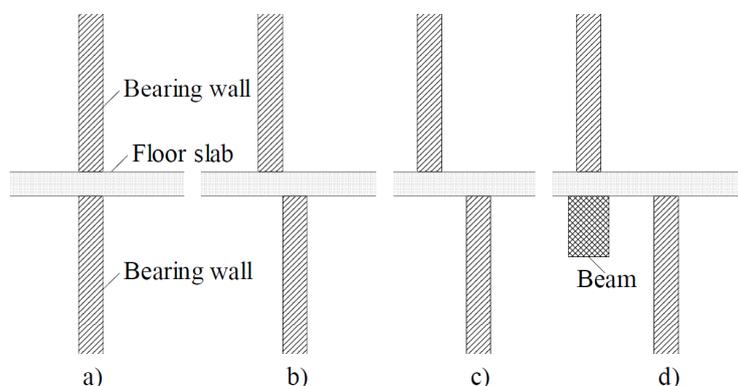


図 W2 上階と下階の耐力壁

（ c）と d）の場合は構造計算が必要）

W3) 耐力壁の必要壁率とベースシヤ係数

表 1 はベースシヤ係数が 0.2 とし耐力壁の全水平断面について短期許容せん断応力度が 0.25N/mm^2 として得られた壁率である。表 1 の値は地震地域係数を乗じて低減させることができる。多雪区域では積雪 1m につき平屋・最上階で 11%、その下の階で 5%、その下の階（3 階建の 1 階）で 3%増加させる。構造実験・構造計算を行い、高品質のユニット、高強度のグラウトモルタル、全充填の採用などによって値を低減することができるが、表 1 の値の 1/2 を下回ってはならない。

（建築基準法による計算）

日本の建築基準法によると、東京を含む日本の大部分で中地震動に対する許容応力設計に用いる短周期建物のベースシヤ係数は0.2である。過去の構造実験によると終局レベルの耐力は許容応力レベルの3倍程度である。よって、許容応力レベルで0.2のベースシヤ係数は終局強度レベルで0.6程度になる。これは構造特性係数 $D_s=0.6$ となることを示している。RC建物の D_s は最大で0.55なので、 $D_s=0.6$ は他の構造と比べて受け入れることができる値である。更に、表1のpdは応力集中を考慮し1.5倍された値となっている。よって、RCHB建物の終局ベースシヤ係数が平均的には0.9以上と考えられる。

（フィリピンの基準NSCPによる計算）

フィリピンの構造基準NSCP2-15の“Sec. 208.5.2 Static Force Procedure”によると短周期建物の設計用ベースシヤは遅疑のようになる（NSCP Eq.(208-9)）。

$$V = (2.5 C_a I / R) W$$

ここで、 $Z = 0.4$ の地域で地盤種別 S_b または S_E では $C_a = 0.44 N_a$ である。断層近傍係数は断

層から15km以上離れている場合 $N_a=1.0$ である。重要係数は通常の建物で $I=1.0$ である。余剰強度と靱性による低減係数 R は組積耐震壁構造の場合 $R=4.5$ である (NSCP Table 208-11C)。 W は構造物の全重量である。よって、ベースシヤ係数 $C_B = V/W$ は次のようになる。

$$C_B = (2.5 \times 0.44 \times 1.0 \times 1.0) / 4.5 = 0.244$$

日本建築学会の資料によると、タイプBのCHBのせん断強度は許容応力設計で 0.25 N/mm^2 である。この値は強度設計では 0.30 N/mm^2 と考えてよいであろう。 0.30 N/mm^2 を用いて強度設計を行った場合のベースシヤ係数 $C_B=0.244$ は 0.25 N/mm^2 を用いて許容応力設計を行った場合のベースシヤ係数 $C_B=0.2$ と同程度である ($0.244/0.3=0.81$, $0.2/0.25=0.8$)。よって表1に示した $C_B=0.2$ で許容応力計算して求めた設計設計用壁率 p_d はフィリピンで用いることができる。ただし、断層近傍係数が $N_a > 1.0$ の場合は p_d には N_a を乗じて割ります必要がある ($N_a=2.0$ の場合は表1による壁率を $2.0p_d$ にする)。

W4) アスペクト比と低減係数

耐力壁が図 W3 のように水平力 P と鉛直力 W を受けている。耐力壁は許容耐力レベル

(応力度 0.25 N/mm^2) では浮上らない必要がある。耐力壁とその補強筋の引張耐力を無視すると、浮上りを防止する臨界アスペクト比 r_c は曲げモーメント分布が(i)の場合 0.5 、曲げモーメント分布が(ii)の場合 1.0 となる。2層と3層の耐力壁のアスペクト比は図 W5 に示されている。耐力壁の高さと臨界アスペクト比が図 W4 に示されている。アスペクト比が臨界アスペクト比を超えた場合は、耐力壁の耐力に低減係数 β ($\beta = r_c/r$) を乗ずる (第6条の表2参照)。

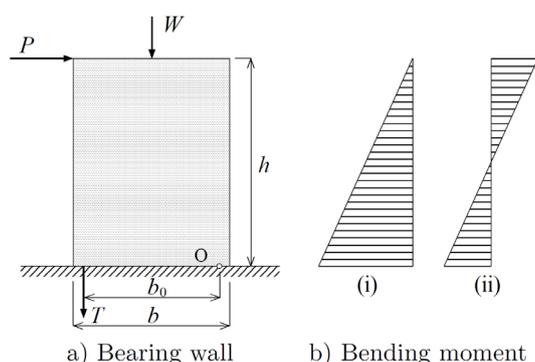
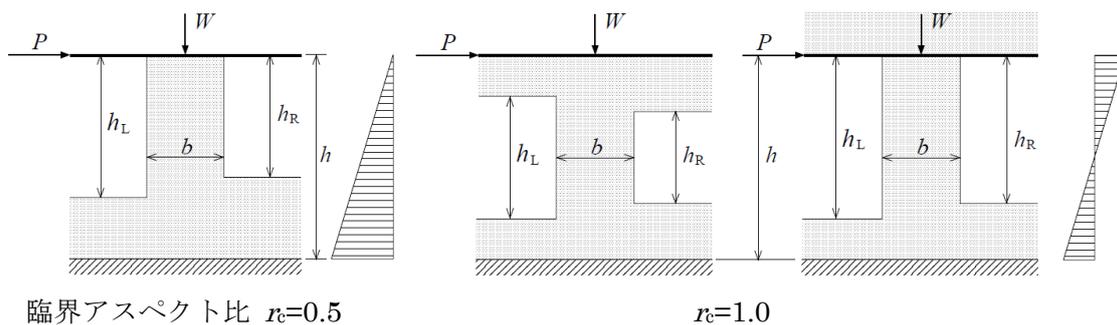


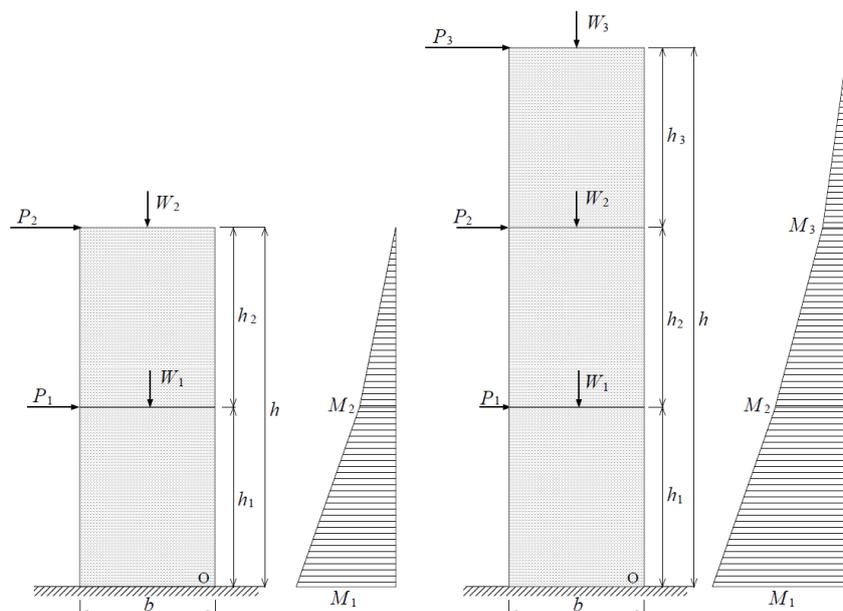
図 W3 鉛直力と水平力を受ける耐力壁と曲げモーメントの分布



臨界アスペクト比 $r_c=0.5$

$r_c=1.0$

図 W4 個々の耐力壁のスペクト比 $(h_L+h_R)/(2b)$



臨界アスペクト比 $r_c=0.91$

$r_c=1.1$

図 W5 2,3層耐力壁のアスペクト比 h/b と限界アスペクト比

W5) 低減係数の計算

図 W6 の低減係数は次のように行う。

4. 図 W6 について各耐力壁 (A, B, C・・・) を個別にアスペクト比から低減係数を計算する。
5. 多層壁のアスペクト比 (h/b) から低減係数 β を計算する。
6. 1 または 2 の内、最も小さな低減係数を採用する。

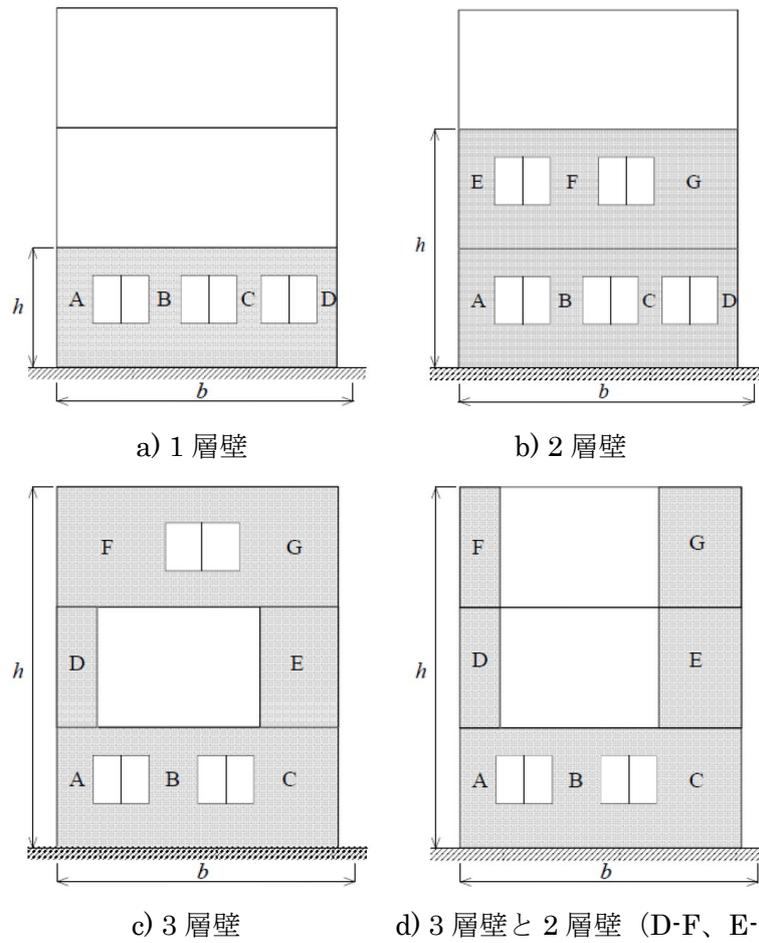


図 W6 アスペクト比と低減係数

W6) 耐力壁の壁率の計算

図 W7 の壁率は次のようになる。

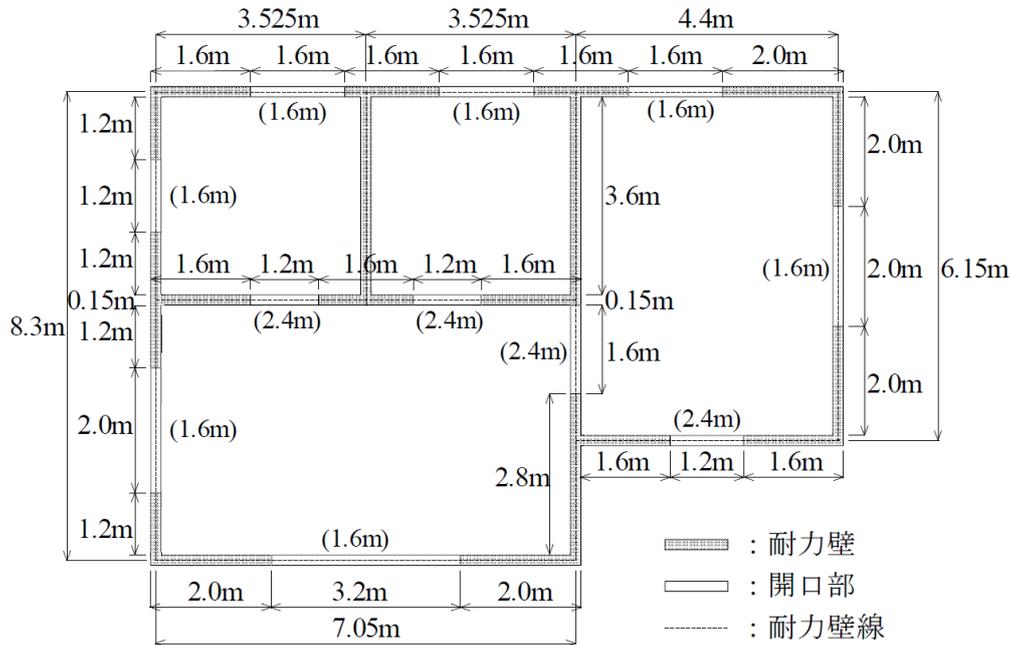


図 W7 耐力壁の平面図
(2.4m)または(1.6m)は開口高さ

床面積： $7.05 \times 8.3 + 4.4 \times 6.15 = 58.515 + 27.06 = 85.575\text{m}^2$

耐力壁の長さ

次の計算で(()) 内の値はアスペクト比に依存する低減係数 β 、階高（耐力壁の高さ） h は 2.4m、限界アスペクト比は 1.0 としている。

有効壁長さと壁率

(X 方向)

$$2.0 \times ((1.0)) \times 2 + (1.6 + 0.15) \times ((1.75/2.4)) \times 1 + 1.6 \times ((1.6/2.4)) \times 4 + 1.6 \times ((1.6/2.0)) \times 1 + 1.6 \times ((1.0)) \times 2 + 2.0 \times ((1.0)) \times 1 = 4.0 + 1.28 + 4.27 + 1.28 + 3.2 + 2.0 = 16.03\text{m}$$

壁率： $16.03 \times 0.15 / 85.575 = 0.0281 \rightarrow 2.81\% > 2.76\%$

この値は 2 階建の 1 階の必要壁率を満足する。

(Y 方向)

$$(1.2 + 0.075) \times ((1.275/2.0)) \times 1 + (1.2 + 0.15 + 1.2) \times ((1.0)) \times 1 + (1.2 + 0.075) \times ((1.275/1.6)) \times 1 + (3.6 + 0.15) \times ((1.0)) \times 2 + (2.8 + 0.075) \times ((1.0)) \times 1 + (2.0 + 0.075) \times ((1.0)) \times 2 = 0.813 + 2.55 + 1.016 + 7.5 + 2.875 + 4.15 = 18.904\text{m}$$

壁率： $18.904 \times 0.15 / 85.575 = 0.0331 \rightarrow 3.31\% > 2.76\%$

この値は 2 階建の 1 階の必要壁率を満足する。

W7) X 軸または Y 軸から傾斜している耐力壁

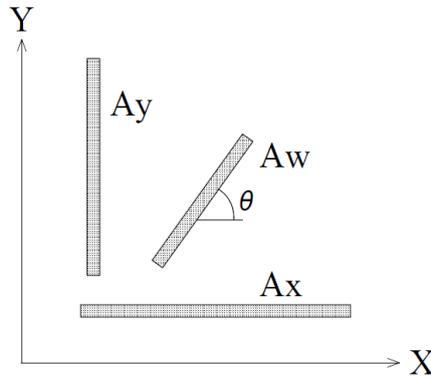


図 W8 X,Y 軸から傾斜している耐力壁

耐力壁の面積

X 方向 : $A_x + A_w \cos^2 \theta$

Y 方向 : $A_y + A_w \cos^2(\pi/2 - \theta) = A_y + A_w \sin^2 \theta$

W8) 上階の耐力壁の有効部分

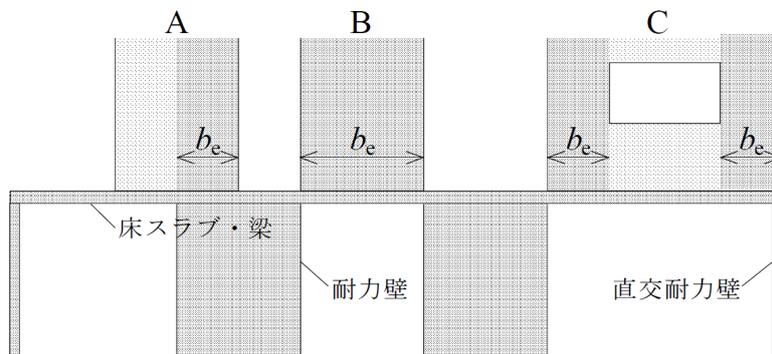


図 W9 耐力壁率の計算に含める耐力壁の有効部分(b_e)

上階の耐力壁の壁率の計算においては、下階の耐力壁の上にある部分を有効部分と考える。例えば、図W9において耐力壁 A では b_e 部分が有効、耐力壁 B は両下端の下に下階耐力壁があるので全幅が有効、耐力壁 C は開口部を除いて有効と考える。

W9) 結合梁 (臥梁)

ダイヤフラムと考えられるスラブがない場合は、結合梁 (臥梁) が必要である (図 C1 参照)。結合梁は鉛直荷重と面外方向の水平荷重に抵抗する必要がある。鉛直荷重は結合梁と一体なる垂れ壁や腰壁で支持することができる。

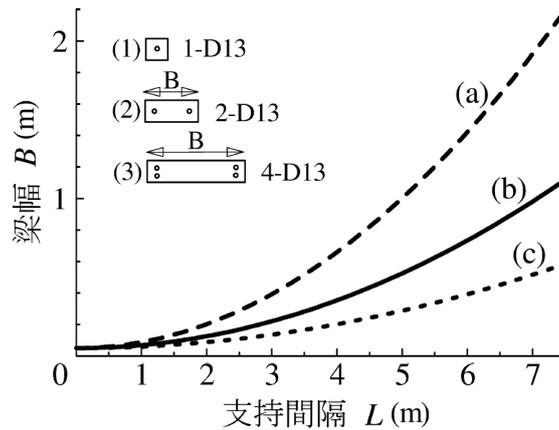


図 W10 結合梁の幅 B と支持間隔 L

結合梁を水平梁と考え、その単位長さ当たりの荷重 w は次のように仮定する。

$$w = k \times \rho \times h \times t = 1.0 \times 20 \times 3 \times 0.15 = 9.0 \text{ kN/m} \rightarrow 10 \text{ kN/m} \quad (\text{屋根結合梁では } 5 \text{ kN/m})$$

この梁の最大曲げモーメント M_{\max} は次のようになる。

$$M_{\max} = wL^2/8 = 1.25L^2 \quad (\text{屋根結合梁では } 0.625L^2)$$

D13 の短期許容応力度は 37.5kN となるので、結合梁の許容曲げモーメント Ma は次のようになる。

$$\text{結合梁(1)} \quad Ma = 0.875 \times 0.075 \times 37.5 = 2.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{結合梁(2)} \quad Ma = 0.875 (B - 0.05) \times 37.5$$

$$\text{結合梁(3)} \quad Ma = 0.875 (B - 0.05) \times 75.0$$

結合梁(1)では $1.25L^2 = 2.46$ なので $L = 1.40(\text{m})$ となる。よって結合梁(1)は支持間隔 1.40m (屋根結合梁では $0.625L^2 = 2.46$ なので 1.98m) まで使用できる。

結合梁(2)では $1.25L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 37.5$ となるので、 $B = 0.0381L^2 + 0.05$ となり、これが図 W10(a)に示されている。(屋根結合梁では $0.625L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 37.5$ となるので $B = 0.0190L^2 + 0.05$ となり、図 W10(b)に示されている。)

結合梁(3)では $1.25L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 75.0$ となるので、 $B = 0.0190L^2 + 0.05$ となりこれも図 W10(b)に示されている。(屋根結合梁では $0.625L^2 = 0.875(B - 0.05) \times 75.0$ となるので $B = 0.0095L^2 + 0.05$ となり、図 W10(c)に示されている。)

22 Feb. 2023

Background of Guideline for Engineered Reinforced Concrete Hollow Block (RCHB) Construction - based on Experience in Japan -

Yuji Ishiyama, Dr.Eng.

Advisor, Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA)
Professor Emeritus, Hokkaido University, Japan

Reinforced Concrete Hollow Block (RCHB) Improving Japanese Construction

- In order to introduce RCHB construction to the Philippines, Hokkaido Building Engineering Association (HoBEA) started the project in 2018 that has been supported by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) of the Japanese Government.
- The RCHB construction to be proposed is not a copy of Japanese CHB construction, but it is the improved one.
- The draft of the “Guideline for the Engineered RCHB construction in the Philippines” has been prepared in cooperation with Association of Structural Engineers of the Philippines (ASEP) and HoBEA.
- The background of the guideline will be explained.

CHB Construction in the Philippines and Japan

- Concrete hollow blocks (CHB) are widely used in the Philippines for low-rise buildings and also for non-structural walls.
- Most of CHB units are manufactured by small-scale factories with little quality control, and the buildings of CHB construction are often damaged by natural disasters such as earthquakes and typhoons.
- The buildings of CHB construction in Japan, on the other hand, are well reinforced and have survived many severe earthquakes, tsunamis and typhoons.



CHB Construction in Japan after Tsunami

CHB construction in Japan is strong against earthquakes, tsunami, typhoon and fire.

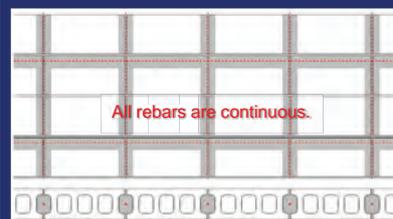


Many houses of CHB construction had survived 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami. On the other hand, most wooden houses around there were destroyed by tsunami.

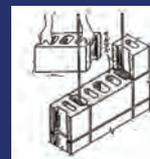


CHB Construction in Japan

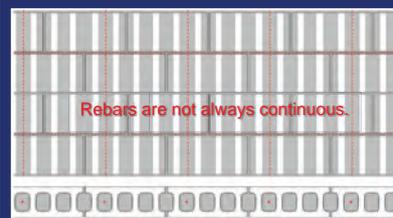
No columns are required.
No finishing is required on CHB walls.
(Walls may be covered with finishing materials.)



Japanese practice (stack bond)



Hollows of rebars only are filled with cement mortar.



Philippine practice (running bond)

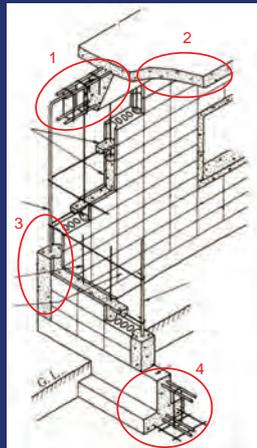
All hollows are filled with cement mortar.

Conventional Japanese CHB Construction

Strong structure, but improvements are expected.

1. Simplification of **bond beams**
2. Simplification of **floor and roof slabs**
3. Simplification of **corners**
4. Simplification of **foundations**, etc.

The guideline is for improved Japanese CHB Construction.

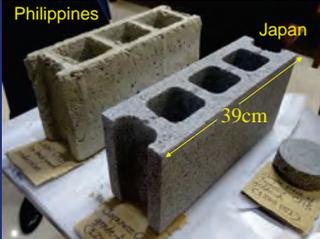


Construction of CHB house in Japan

Less form work is necessary to shorten construction period and reduce construction cost.



Philippines

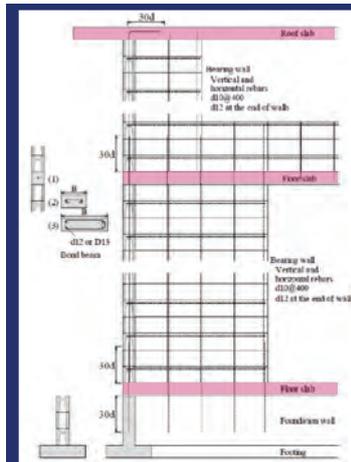
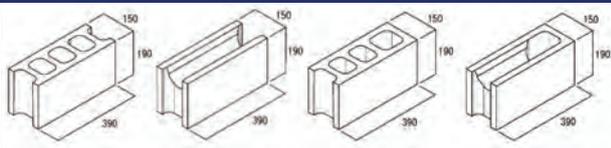


Basic CHB unit

Both units look similar in size and shape. The quality is very different.

CHB units are more environment-friendly.
Less energy!
Less air pollution.
Easily reinforced.

Various types of CHB units for less form work



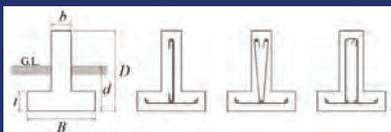
Proposal I

Improved Japanese CHB construction

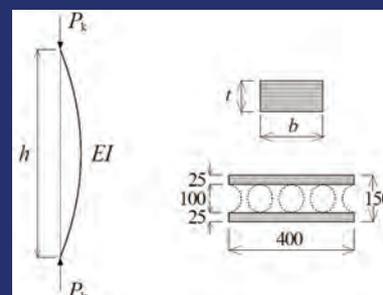
- No columns
- Bearing walls
- Vertical and horizontal rebars of $d_b=10\text{mm}$ @400
- Rebars of $d_b=12\text{mm}$ at wall ends and around openings
- Strong floor and roof slabs (diaphragm)
- No (less) bond beams
- No (less) use of forms
- Foundation of CHB units

Article 4. Foundation

1. RC continuous foundation for the bearing wall lines of ground floor
2. Thickness of foundation wall \geq bearing wall
3. In accordance with **NSCP Chapters 3 and 4**.



Vertical load bearing capacity of CHB wall

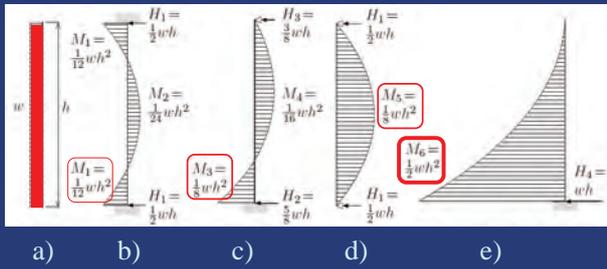


Buckling stress
3.0 MPa
Allowable stress
1.4 MPa
Acting stress
0.4 MPa

More than 3 times allowance

CHB walls have enough capacity against vertical load (at least up to 3 story buildings).

Out-of-plane capacity of walls and vertical rebars



- Walls should be supported at top and bottom of walls against shear forces caused by out-of-plane lateral forces, i.e. earthquakes, typhoons (see Figs.b,c,d).
- Vertical rebars should be continuous from the bottom to the top of walls.
- Vertical rebars need to be anchored but need not to transmit tension forces.
- For cantilever walls like fences (see Fig.e), vertical rebars should be anchored to transmit tension forces, and the height should be 1/2 of other walls.

Considering out-of-plane capacity
Height of CHB wall is given in this table.

Rebar and height of CHB wall

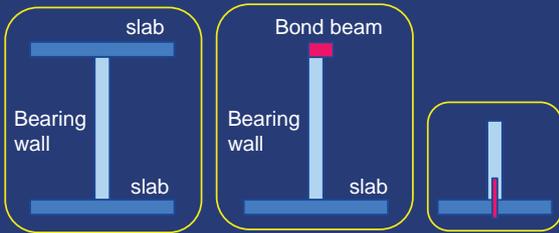
Vertical Rebar	k = 0.7	k = 1.0
d=10mm@400mm	3.12m	2.61m
d=12mm@400mm	3.73m	3.12m

“k” is the out-of-plane horizontal seismic factor

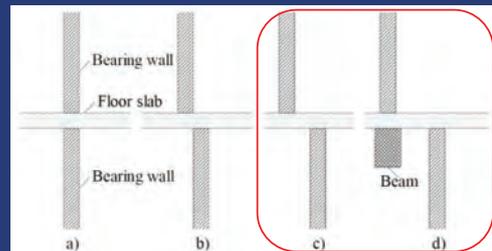
CHB walls should be supported at top and bottom.

Article 7. Floor and Roof Slabs

- Slabs of RC, i.e. diaphragm
- In case no slabs, continuous bond beams

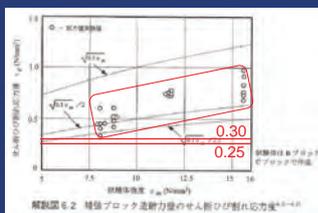


- Upper story bearing wall supported by lower story bearing walls



Structural calculation is required for c) and d).

In-plane shear capacity of CHB bearing wall is **most important** parts of the guideline against earthquakes.



Previous experiments of CHB
shear strength of cracking
by Architectural Institute of Japan (AIJ)

Design method	Shear strength MPa
Allowable strength design	0.25
Strength design	0.30

Using above strength the wall ratios have been calculated.

How much bearing (shear) walls are required?

Base shear factor C_B according to NSCP

$$V = \frac{2.5 C_n I W}{R} \quad C_B = \frac{2.5 \times 0.44 \times 1.0 \times 1.0}{4.5} = 0.244$$

Base shear factor $C_B = 0.244$ using 0.30 for strength design is almost equivalent to $C_B = 0.2$ using 0.25 for allowable stress design ($0.244/0.3 = 0.81$, $0.2/0.25 = 0.8$). Therefore, the design wall ratio p_d of Table 3 that is derived for the base shear factor $C_B = 0.2$ can be accepted in the Philippines. However, in case Near-Source Factor $N_a > 1.0$, p_d should be increased by multiplying N_a .

NSCP seismic code is equivalent to Japanese seismic code in terms of design base shear factor.

Wall ratio for each story and direction

Number of stories	1 story		2 story	
	Story concerned			
Required wall ratio* p_r	0.0080	0.0184	0.0097	
Design wall ratio* p_d	0.0120	0.0276	0.0146	
Wall length** (mm/m ²)	80	184	97	
ALJ Standard** (mm/m ²)	150	180	150	

Number of stories	3 story		
	Story concerned		
Required wall ratio* p_r	0.0288	0.0213	0.0113
Design wall ratio* p_d	0.0432	0.0320	0.0170
Wall length** (mm/m ²)	288	213	113
ALJ Standard** (mm/m ²)	250	180	150

* Sum of horizontal sectional area of walls for each direction divided by the floor area
 ** Wall length per floor area for 150 mm thick wall (Article 62 of BSL Enforcement Order, it shall be more than 150 mm/m².)

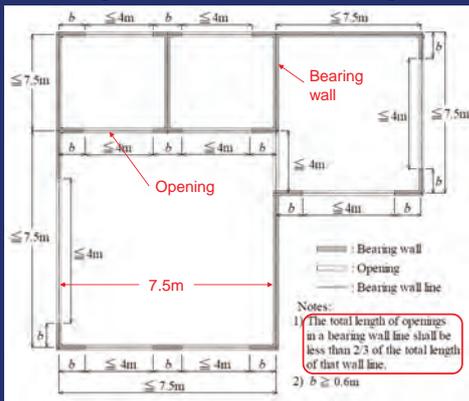
5. Wall ratio of bearing walls \geq required

Table 1 Required design wall ratios of the story

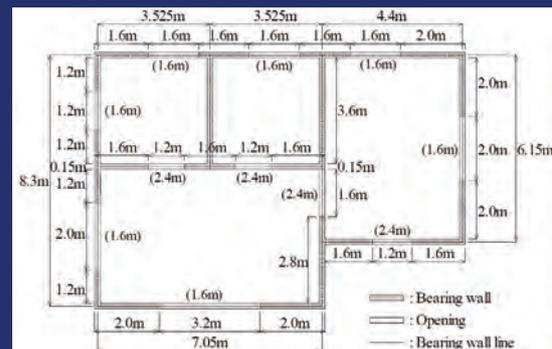
Number of stories	Story number		
	1st	2nd	3rd
1	1.20%	—	—
2	2.76%	1.46%	—
3	4.32%	3.20%	1.70%

Required design wall ratios satisfy NSCP seismic forces. The values can be reduced down to 1/2 using better CHB units, stronger grout mortar, full grout, etc.

Bearing wall lines and bearing walls



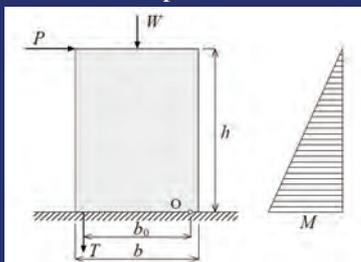
Bearing walls for 1st story of 2 story building



This satisfies guideline requirement.

Anchors of shear walls?

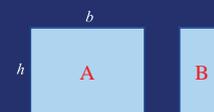
Lateral force P and uplift of the wall



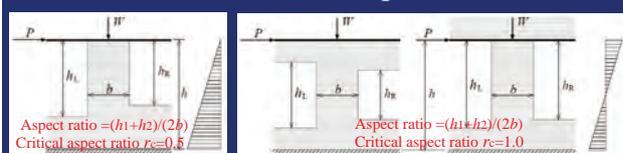
- Lateral force P to uplift the wall considering vertical load W .
- Critical aspect ratio r_c of wall, i.e. without uplift, neglecting tensile strength of wall and vertical rebars

Aspect ratio of wall and reduction factor

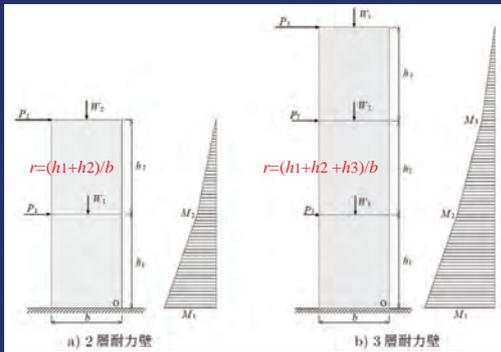
- In case aspect ratio $h/b \leq$ critical aspect ratio r_c , no reduction is necessary.
- In case $h/b \geq r_c$, reduce the capacity of wall multiplying reduction factor r_c/r .



Bond beams and aspect ratio



Aspect ratio and reduction factor



Critical aspect ratio $r_c = 0.91$

$r_c = 1.1$

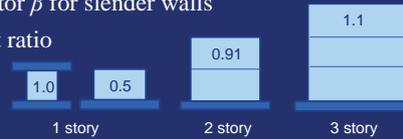
Reduction factor $\beta = r_c / r$

Table 2 Reduction factor β of bearing walls

Bearing wall stories	1	2	3
Critical aspect ratio r_c (Fixed top wall)	0.5	0.91	1.1
Reduction factor β	r_c / r		

Reduction factor β for slender walls

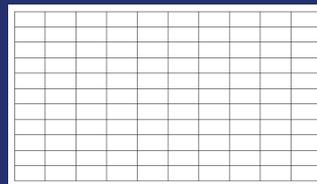
Critical aspect ratio



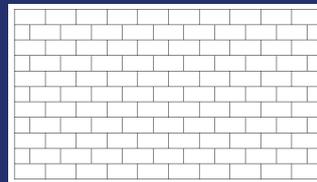
Need not rely on **vertical rebars and anchors** preventing uplift of walls at design earthquake level (they are effective to give **additional capacity and ductility**).

Further Improvement of RCHB Construction Proposal II

1. Running bond and stack bond
2. Rebars first, then CHB units
3. Laying CHB units without joint mortar
4. Story high grout with super plasticized mortar

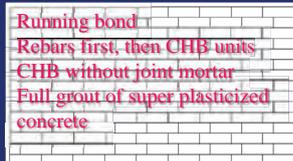


Japanese practice
Stack bond

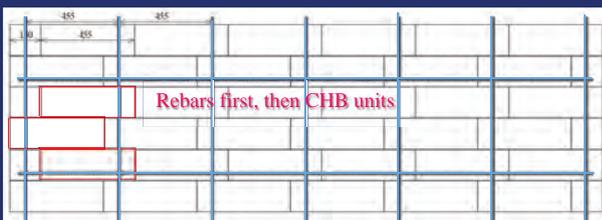
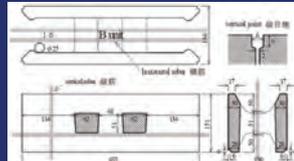


Philippine practice
Running bond

New Construction with new unit



Using the same guideline



CHB laying work by skilled workers in Okinawa, Japan



It takes time to lay CHB units and grout mortar.

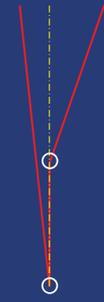
Experiments of story high grouting with super plasticized mortar



Super plasticized grout, poured from the wall top, filled all hollows, even concave hollows compressing trapped air.

Inclination of CHB units with out joint mortar (by M. Watanabe)

試験番号	試験体	試験条件	結果	備考
1	標準型	標準型	標準型	標準型
2	標準型	標準型	標準型	標準型
3	標準型	標準型	標準型	標準型
4	標準型	標準型	標準型	標準型
5	標準型	標準型	標準型	標準型
6	標準型	標準型	標準型	標準型
7	標準型	標準型	標準型	標準型
8	標準型	標準型	標準型	標準型
9	標準型	標準型	標準型	標準型
10	標準型	標準型	標準型	標準型
11	標準型	標準型	標準型	標準型
12	標準型	標準型	標準型	標準型
13	標準型	標準型	標準型	標準型
14	標準型	標準型	標準型	標準型
15	標準型	標準型	標準型	標準型
16	標準型	標準型	標準型	標準型
17	標準型	標準型	標準型	標準型
18	標準型	標準型	標準型	標準型
19	標準型	標準型	標準型	標準型
20	標準型	標準型	標準型	標準型
21	標準型	標準型	標準型	標準型
22	標準型	標準型	標準型	標準型
23	標準型	標準型	標準型	標準型
24	標準型	標準型	標準型	標準型
25	標準型	標準型	標準型	標準型
26	標準型	標準型	標準型	標準型
27	標準型	標準型	標準型	標準型
28	標準型	標準型	標準型	標準型
29	標準型	標準型	標準型	標準型
30	標準型	標準型	標準型	標準型
31	標準型	標準型	標準型	標準型
32	標準型	標準型	標準型	標準型
33	標準型	標準型	標準型	標準型
34	標準型	標準型	標準型	標準型
35	標準型	標準型	標準型	標準型
36	標準型	標準型	標準型	標準型
37	標準型	標準型	標準型	標準型
38	標準型	標準型	標準型	標準型
39	標準型	標準型	標準型	標準型
40	標準型	標準型	標準型	標準型
41	標準型	標準型	標準型	標準型
42	標準型	標準型	標準型	標準型
43	標準型	標準型	標準型	標準型
44	標準型	標準型	標準型	標準型
45	標準型	標準型	標準型	標準型
46	標準型	標準型	標準型	標準型
47	標準型	標準型	標準型	標準型
48	標準型	標準型	標準型	標準型
49	標準型	標準型	標準型	標準型
50	標準型	標準型	標準型	標準型



Only a few units need to be adjusted

Structural Safety of Engineered RCHB Construction has been confirmed:

1. Vertical load bearing capacity
2. Out-of-plane capacity of CHB walls
3. In-plane shear capacity of CHB walls
4. Uplift of walls and reduction factor of shear capacity of walls according to the aspect ratio

The Guideline has been proposed.

The guideline proposed is applicable to not only Proposal I but also Proposal II.

I hope that **RCHB** construction will be prevailed in the Philippines to give comfortable houses and reduce damage caused by earthquakes, typhoons, tsunamis, fires, etc.

Thank you for your attention

Any comments or questions to
Yuji Ishiyama, to-yuji@nifty.com

5.4 技術基準(案)に基づく魅力的な RCHB 造住宅設計事例

(1) 概要

技術基準(案)に基づくどのような RCHB 造住宅が実現できるかをフィリピンの方々に例示することによって、RCHB 技術基準に関心する高まりを期待し、フィリピンにおいて住宅パースの DX 化やブロック製品の製造販売に携わっている日系企業の株式会社 NEKO に依頼して、フィリピンの設計者による実現性を考慮した魅力的な RCHB 造住宅のデザイン設計事例を作成した。

設計事例は、フィリピンにおいて一般的な規模・仕様の中価格帯戸建て住宅と低価格帯タウンハウスで、5.5の技術基準(案)による構造設計の対象とすることを考慮した。

(吉野利幸)

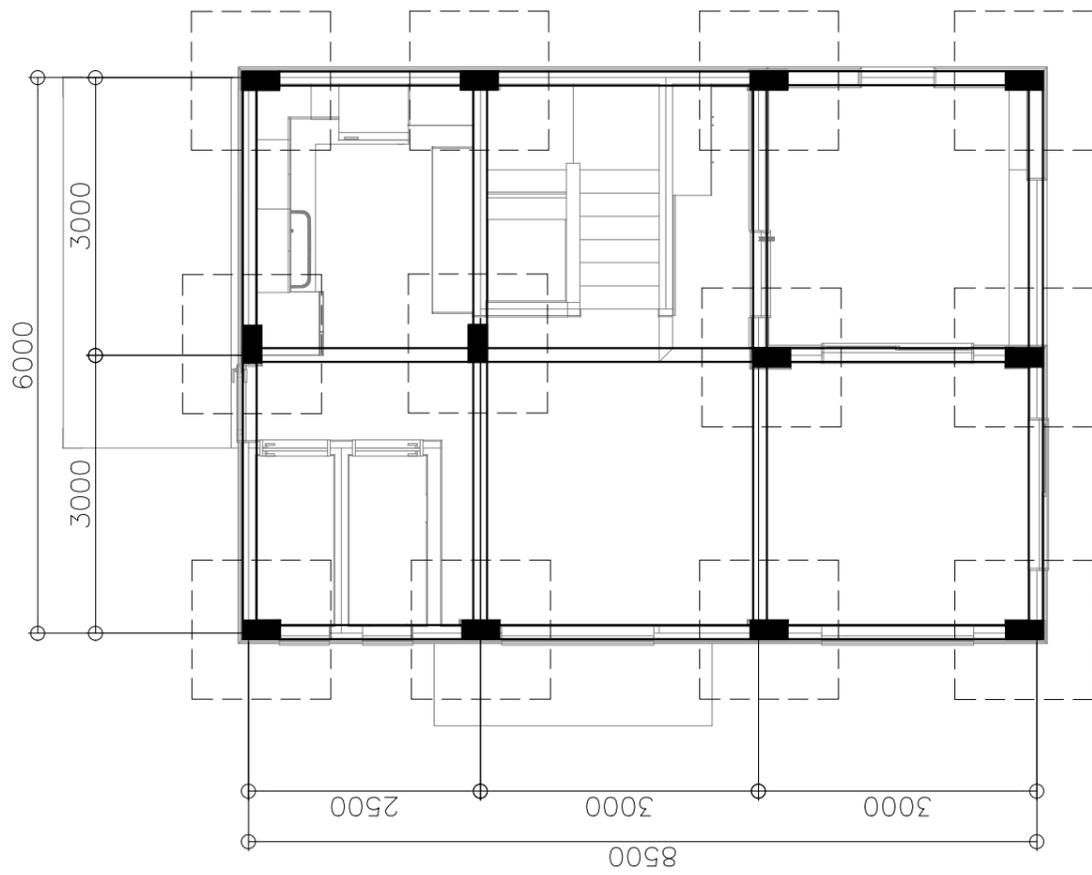
(2) 中価格帯戸建て住宅の設計例((株)NEKO)

① 設計上の考慮事項

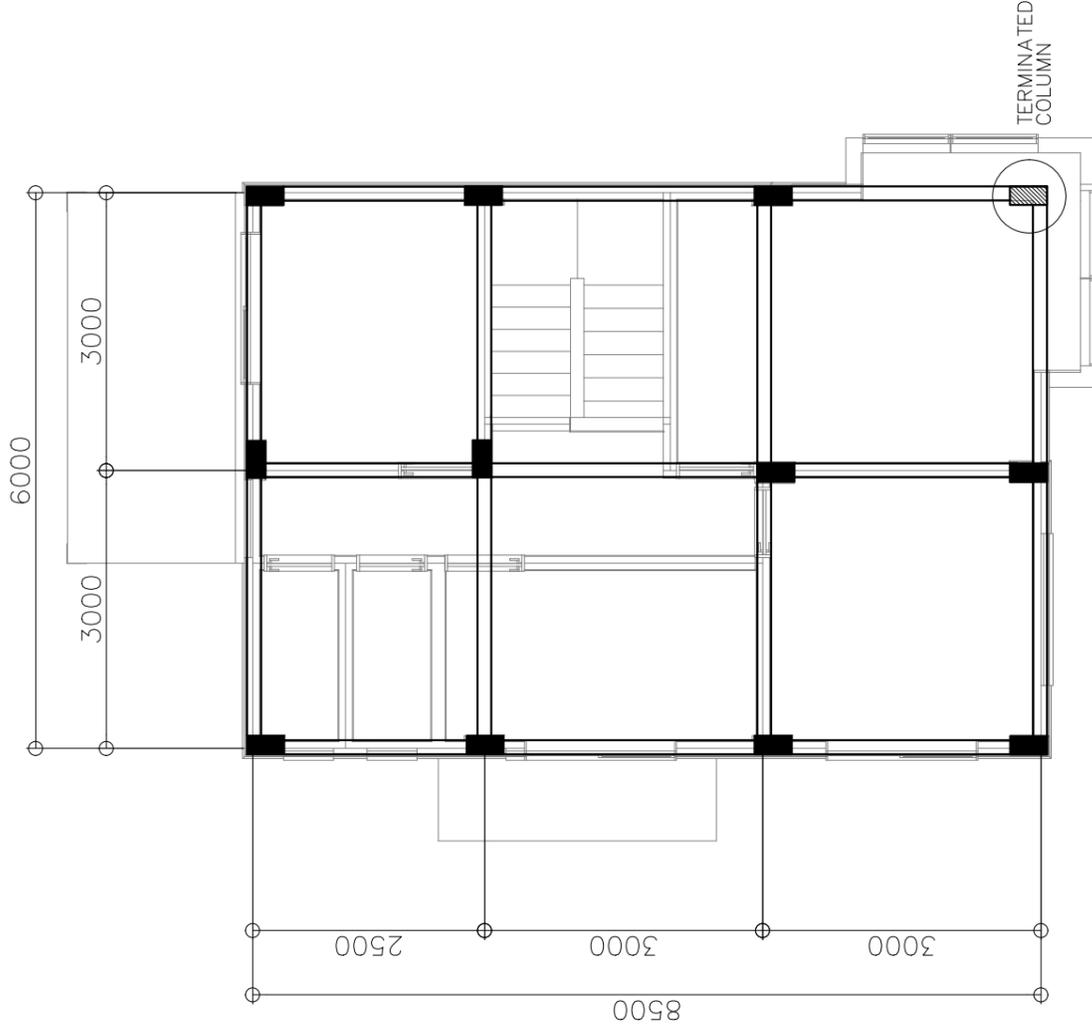
この家のモデルは、1つのオープンスペースと複数のベッドルームが必要な方に最適な家です。このモデルは、子供連れの家族に対応するために4ベッドルームを備えた設計です。手頃な価格でシンプルモダンなデザイン。

② 面積・仕上表

SPACE 1F	FLOOR AREA (SQM)	FINISHING
PORCH	9.00 sqm	40x40cm rough textured tile ceramic
GENKAN	3.00 sqm	40x40cm rough textured tile ceramic
LIVING DINING KITCHEN	30.00 sqm	60x60 cm smooth textured tile porcelain
STAIRS	5.00 sqm	Concrete tread, riser
SHOWER 1F	2.00 sqm	30x60cm textured tile
TOILET 1F	2.00 sqm	30x60cm textured tile
SERVICE AREA	8.00 sqm	40x40cm rough textured tile ceramic
SPACE 2F	FLOOR AREA (SQM)	FINISHING
ROOM 1	12.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
ROOM 2	9.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
ROOM 3	7.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
ROOM 4	7.5 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
HALLWAY	6.5 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
SHOWER 2F	2.00 sqm	30x60cm textured tile
SHOWER 2F	2.00 sqm	30x60cm textured tile
TOTAL	105.00 sqm	

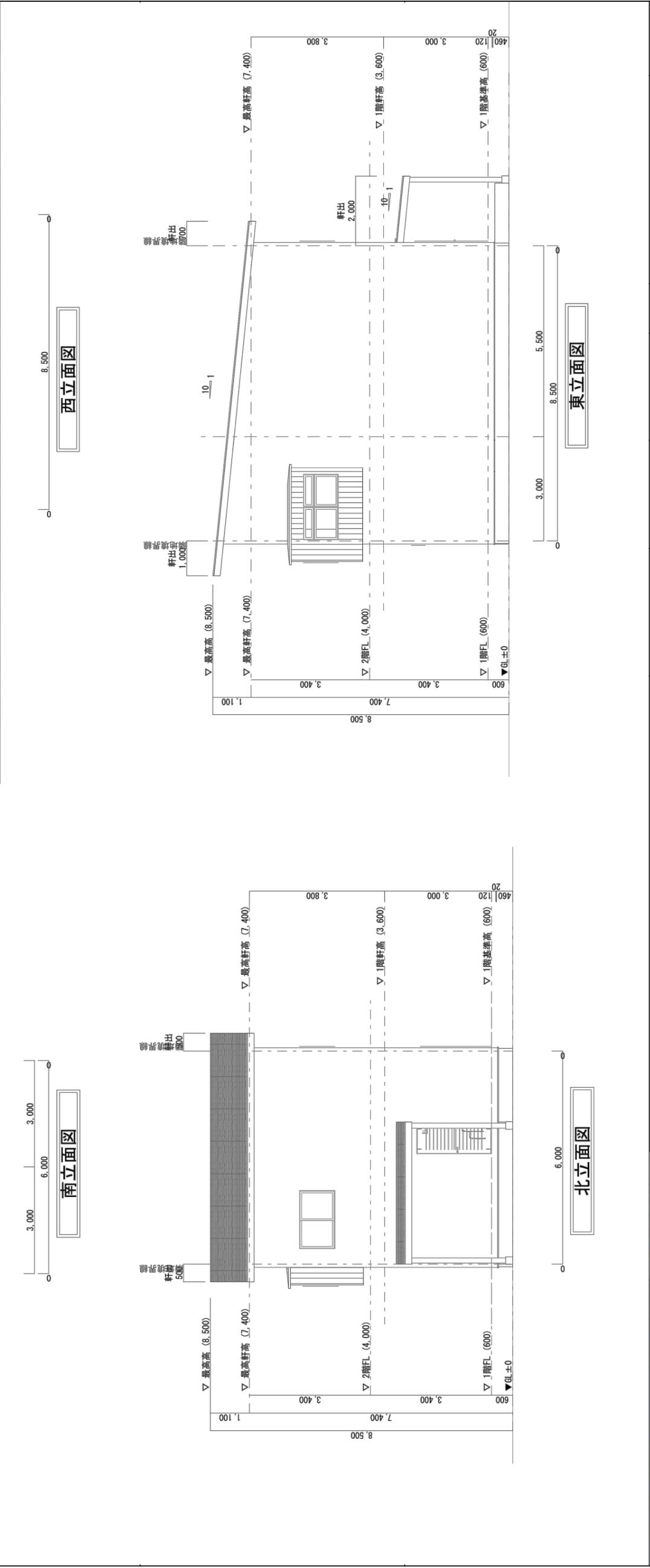
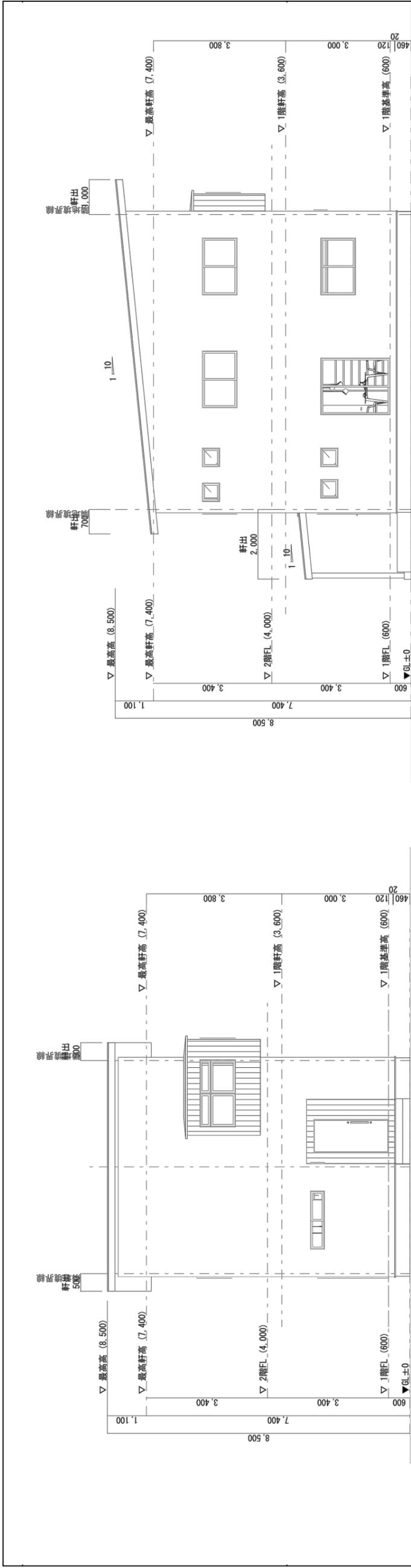


FOUNDATION PLAN

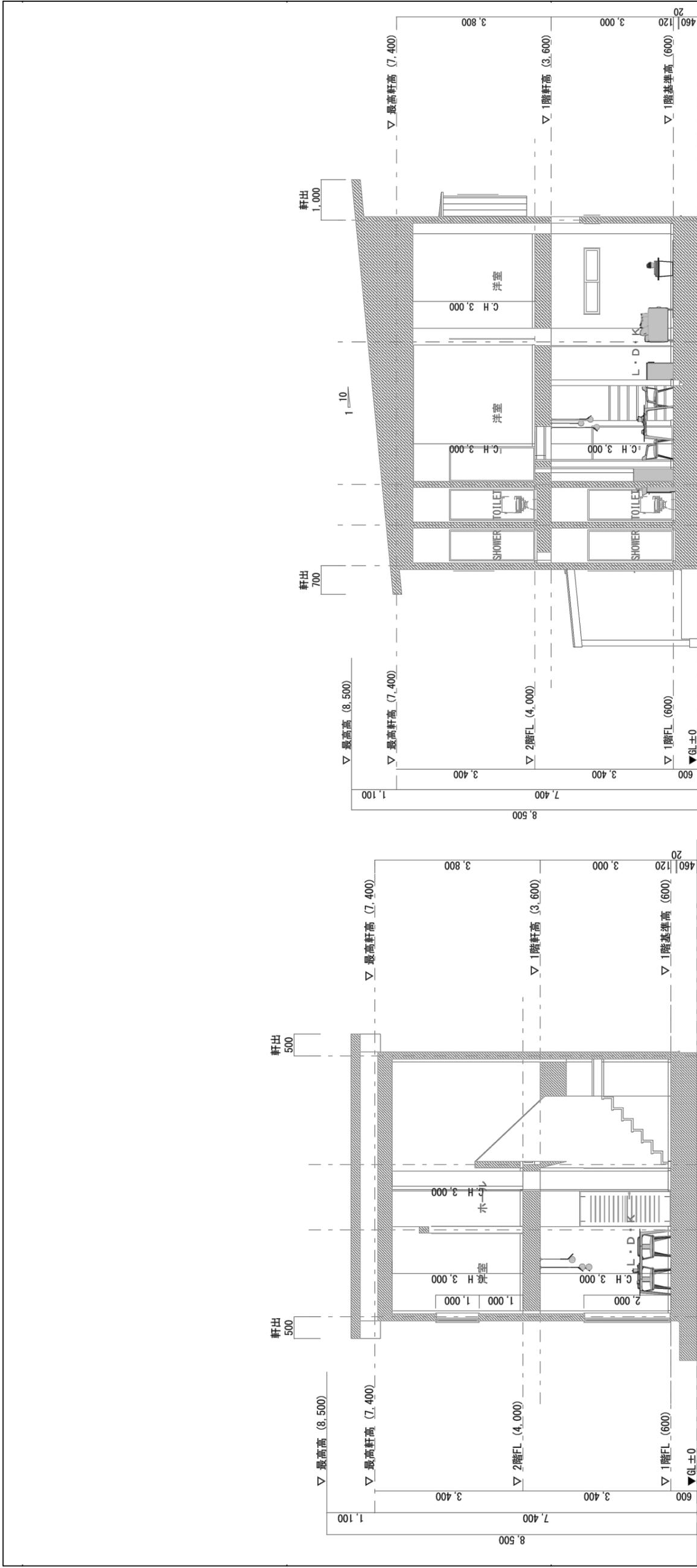


SECOND FLOOR FRAMING PLAN

NOTE: THIS DRAWING IS FOR CONCEPTUAL VISUALIZATION ONLY. NO SCHEDULE OF FOOTING, COLUMN, & BEAM AS IT MAY VARY AS PER STRUCTURAL ENGINEER'S COMPUTATION.



ELEVATION	2022.11.21
<p>  EIJYU REALTY INC. Eijyu Blg. 1st, Purok 5, Kapitangan, Paombong, Bulacan, Philippines 3301 @eijyreality@gmail.com (044) 233-2458 +63 917-791-0631 </p>	



断面図

断面図

SECTION	2022.11.21
<p>  EIJYU REALTY INC. Eijyu Blng 1/B, Purok 5, Kapitangan, Pambong, Buisan, Philippines 2001 @eijyreality@gmail.com (044) 233-2439 +63 917-791-0831 </p>	

⑦ パース



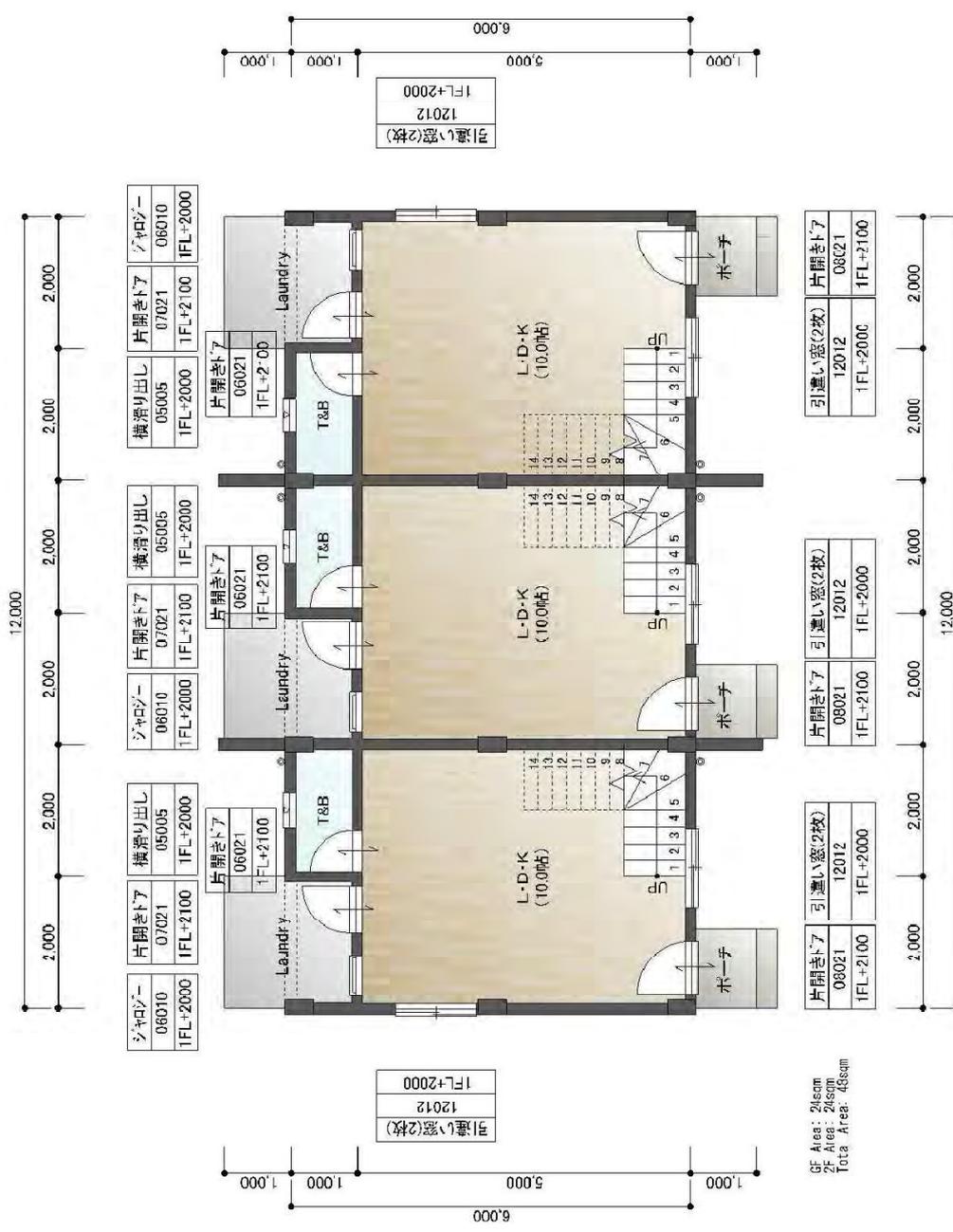
(3) 低価格帯タウンハウスの設計例((株)NEKO)

① 設計上の考慮事項

このタウンハウスは、手頃な価格で大きなオープンスペースが必要な方に最適な家です。人数の少ないご家族向けの2ベッドルームタイプです。

② 面積・仕上表

SPACE 1F	FLOOR AREA (SQM)	FINISHING
PORCH	1.50 sqm	40x40cm rough textured tile ceramic
LIVING DINING ITCHEN	20.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
TOILET & BATH	2.00 sqm	40x40cm textured tile ceramic
LAUNDRY	4.00 sqm	40x40cm rough textured tile ceramic
SPACE 1F	FLOOR AREA (SQM)	FINISHING
ROOM 1	10.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
ROOM 2	9.00 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
HALLWAY	2.5 sqm	10x90cm Vinyl tile wood texture
TOTAL	49.00 sqm	



引違い窓(2枚)
12012
1FL+2000

GF Area: 214sqm
2F Area: 243sqm
Total Area: 458sqm

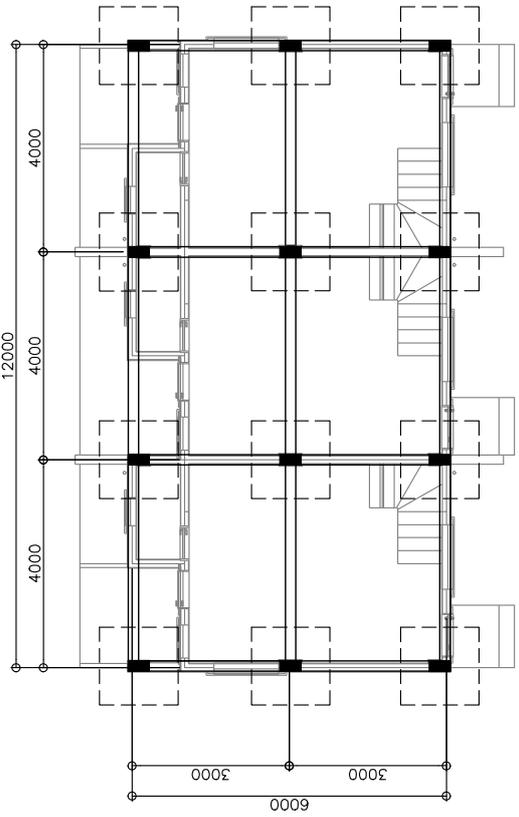
GROUND FLOOR PLAN



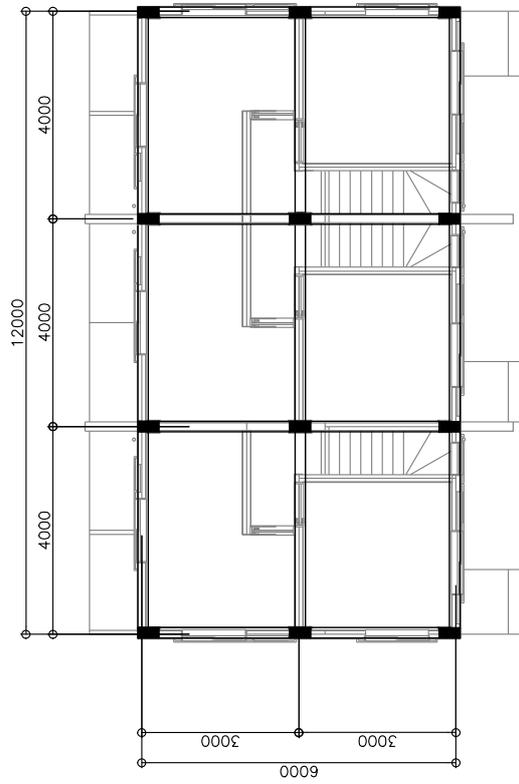
Office: 1F, No. 10, 10th St., Marikina City, Marikina, Rizal, Philippines 1801
 @eijyurealty@gmail.com
 +63 917 279 4241

GROUND FLOOR PLAN

2022.11.30



FOUNDATION PLAN



SECOND FLOOR FRAMING PLAN

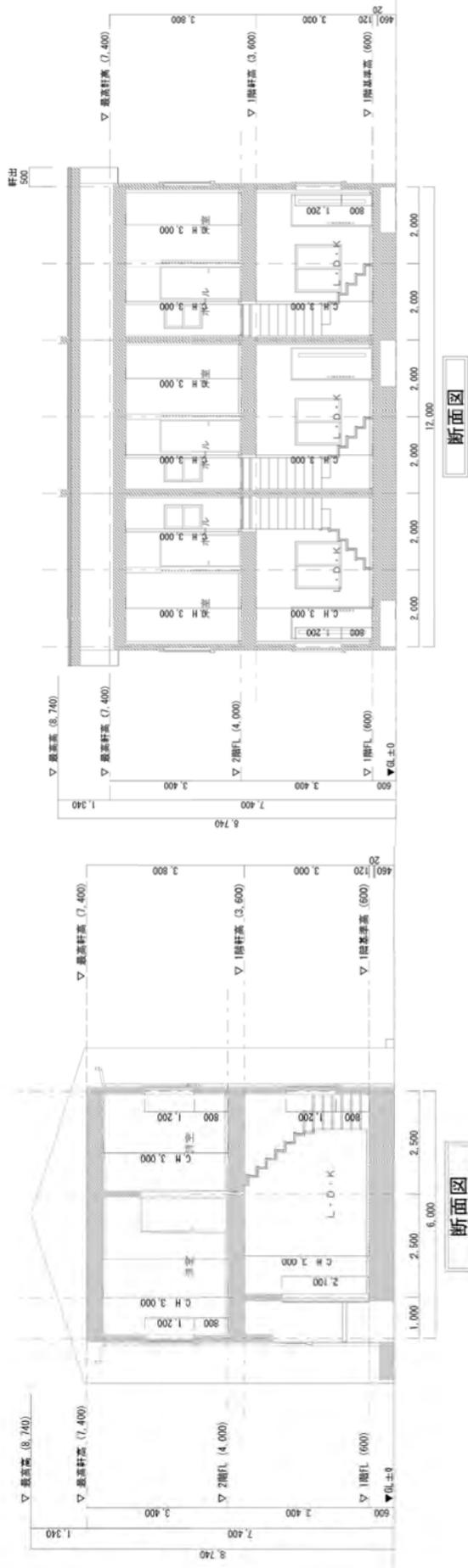
NOTE: THIS DRAWING IS FOR CONCEPTUAL VISUALIZATION ONLY. NO SCHEDULE OF FOOTING, COLUMN, & BEAM AS IT MAY VARY AS PER STRUCTURAL ENGINEER'S COMPUTATION.



11th Floor, 11th Street, Bldg. 3
 Alabang, Muntinlupa City
 Business, Philippines 1501
 eijyurealty@gmail.com
 +63 917 729 4281

STRUCTURAL CONCEPTUALIZATION

2022.11.30



断面図

断面図

SECTION		2022.11.30
EIJYU REALTY INC.		株式会社 株式会社 EIJYU REALTY INC. 〒100-0001 東京都千代田区千代田1-1-1 TEL: 03-5561-1111 FAX: 03-5561-1112

⑧ パース



以上

5.5 技術基準(案)に基づく構造設計事例

5.3で RCHB 造の技術基準(案)を示したが、これに基づいて、モデル住宅の構造設計を行う。

(1) モデル住宅のタイプと構造形式

モデル住宅は5.4に示された次の2タイプであり、いずれもフィリピンで建てられているRC柱梁フレームの内部にコンクリートブロックを組積した「コンファインドメーソリー構造(枠組み組積造)」で設計されたプランを、この技術基準(案)に適合するように、プランを多少アレンジしている。

住宅タイプ		① 2階建て戸建住宅	② 2階建てタウンハウス (1層3戸、全6戸)
規模	延床面積	106.88 m ²	155.63 m ²
	階高	1階:3.0m 2階:3.0m	1階:2.95m 2階:3.0m
構造形式	耐力壁厚	150mm	150mm
	屋根構造	RC造陸屋根	軽量鉄骨トラスによる切妻屋根
	R階水平構面	RC造スラブ 200mm ※臥梁内蔵	RC造臥梁(スラブなし) ※扁平臥梁
	2階床構面	RC造スラブ 200mm ※臥梁内蔵	RC造スラブ 150mm ※臥梁内蔵、一部T形
	基礎形式 1階床	RC造布基礎 土間コンクリート床	RC造布基礎 土間コンクリート床

【構造設計の元にした住宅モデル】

① 2階建て戸建て住宅



② 2階建てタウンハウス



(2) 使用材料

使用するコンクリートブロックは、「JISA5406 建築用コンクリートブロック」のB種相当としている。

使用材料	強度	形状等
コンクリートブロック (空洞ブロック)	圧縮強度 12MPa ※JIS 基準の B 種相当	長さ 390mm×高さ 190mm× 厚さ 150mm
モルタル	圧縮強度 15MPa	
鉄筋	規格降伏点 230MPa	Φ10、Φ13

③ 日本の補強コンクリートブロック造の設計と大きく異なる点

- (ア) 耐力壁の許容応力レベルでの水平耐力は、自重による耐力壁の浮き上がり抵抗より決めている。各耐力壁のアスペクト比を求め、それに応じた水平耐力を考え、基本的に耐力壁端の曲げ補強筋の引張には期待しない。これによって、曲げ補強筋をΦ13以下に抑えている。
- (イ) スラブに扁平の臥梁を内蔵させている。また、スラブを設けない場合でも扁平臥梁とすることで、施工の簡略化を図っている。①に挙げたように、耐力壁端の曲げ補強筋に引っ張り力を期待しないことで、面内方向の曲げモーメントが大きくなるため扁平断面が可能になっている。

基準(案)に基づく構造設計事例 (札幌市立大学教授 西川 忠)

モデルハウス① 2階建て戸建て住宅

モデルハウス② 2階建て長屋住宅

モデル住宅① 2階建て戸建て住宅

1.構造概要

1-1 一般事項

構造	補強コンクリートブロック造		
階数	2階建て		
床面積	2階	53.44 m ²	※構造上の床面積
	1階	53.44 m ²	
	計	106.88 m ²	
基礎構造	RC造布基礎		
耐力壁厚さ	150 mm		
階高	2階	3.0 m	
	1階	3.0 m	
CB積み高さ	2階	2.8 m	
	1階	2.8 m	
水平構面	屋根	RC造屋根	200 mm
	2階床	RC造床	200 mm
	1階床	RC造土間床	150 mm
材料強度	CB	12 MPa	
	モルタル	15 MPa	
	鉄筋	230 MPa	

1-2 元プラン

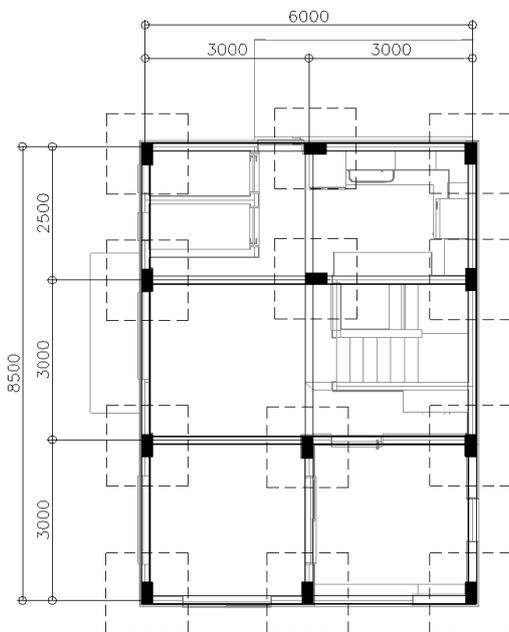
以下のCB壁付きRC造住宅をCHB造にアレンジし、構造図を1-3に示す。



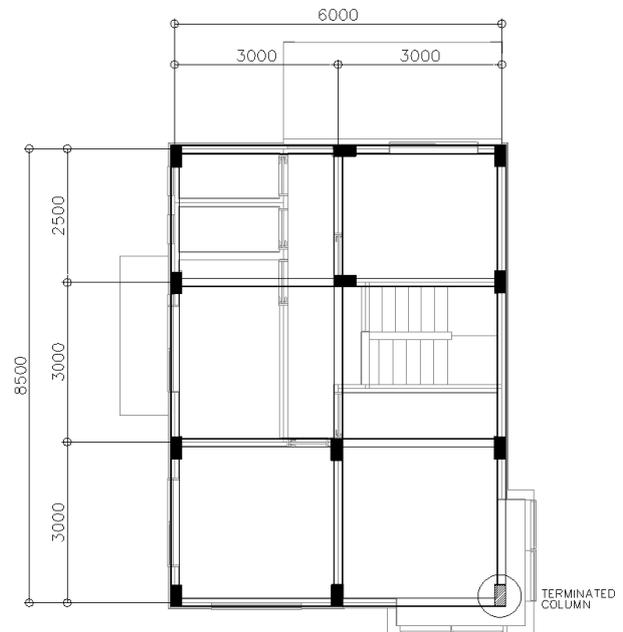
1階平面図



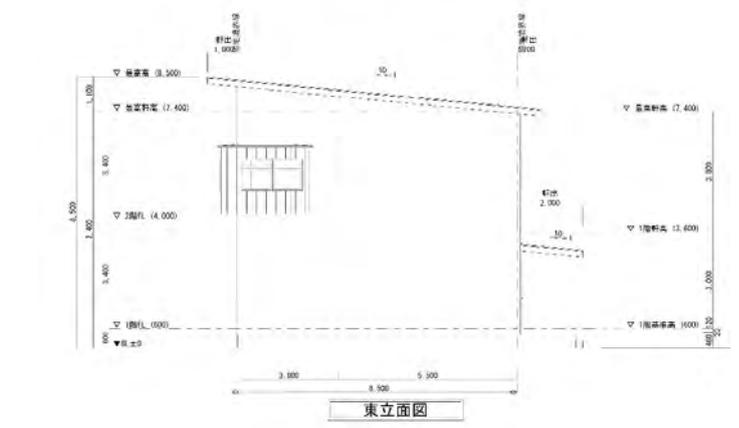
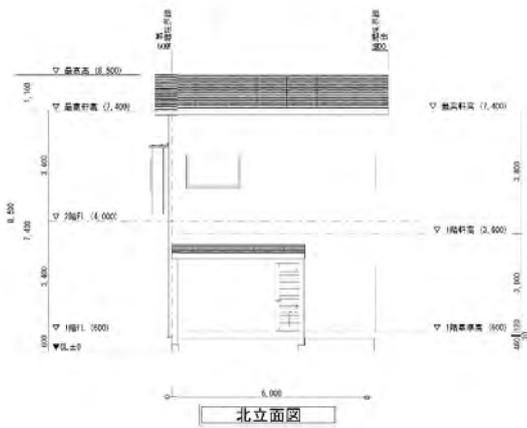
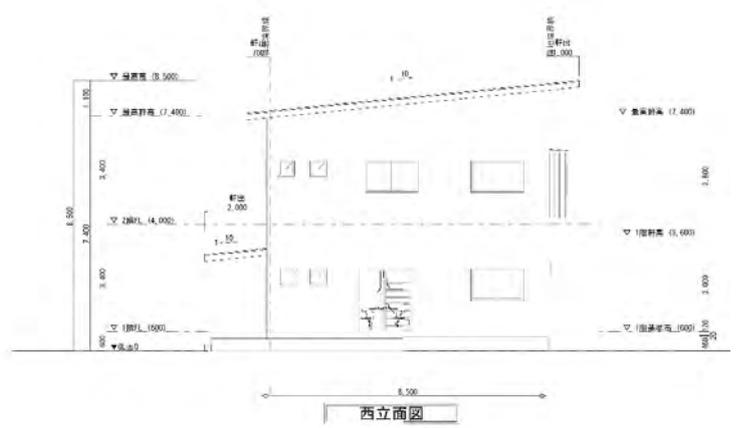
2階平面図



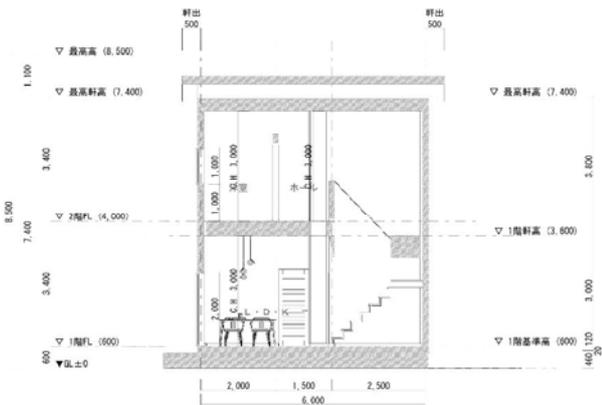
1階柱梁・基礎伏図



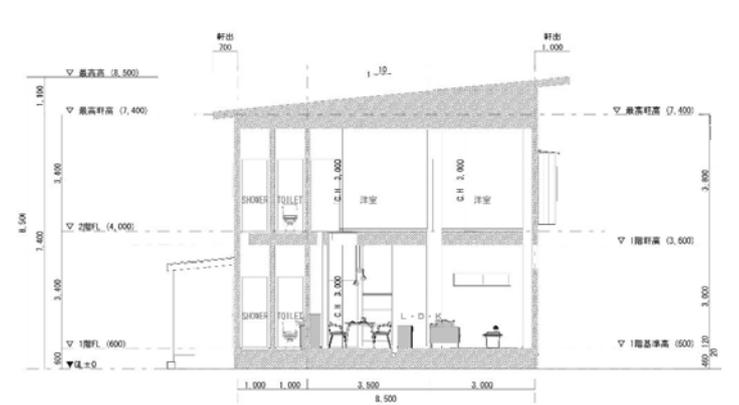
2階柱梁伏図



立面图



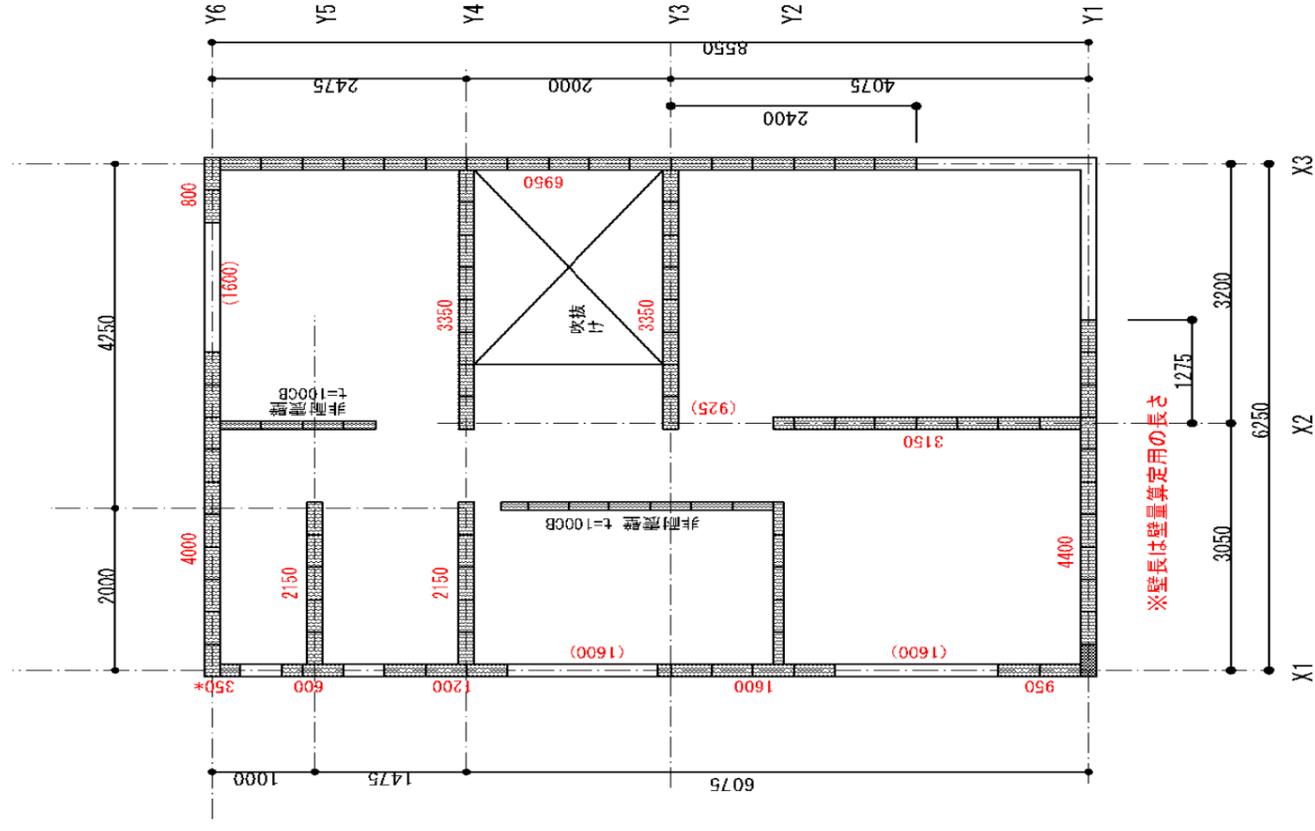
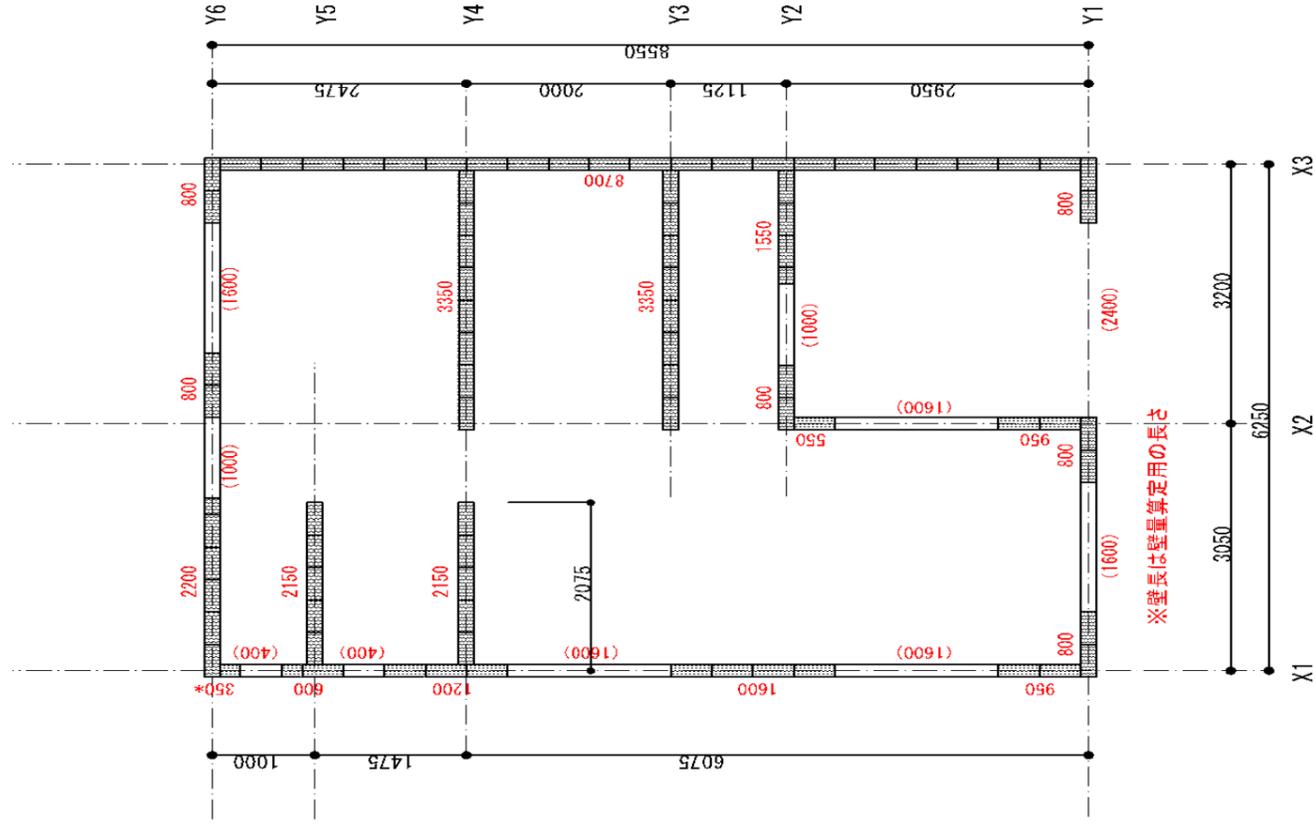
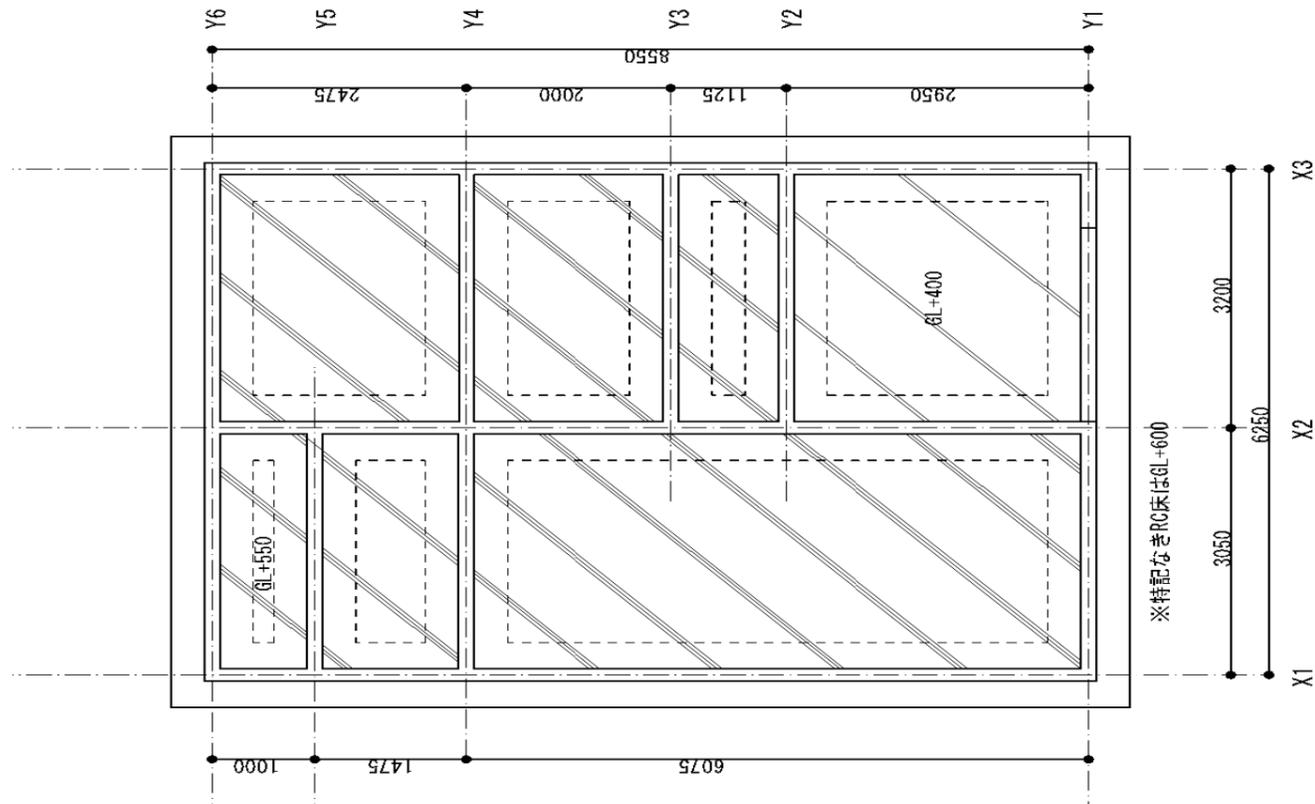
X方向断面图

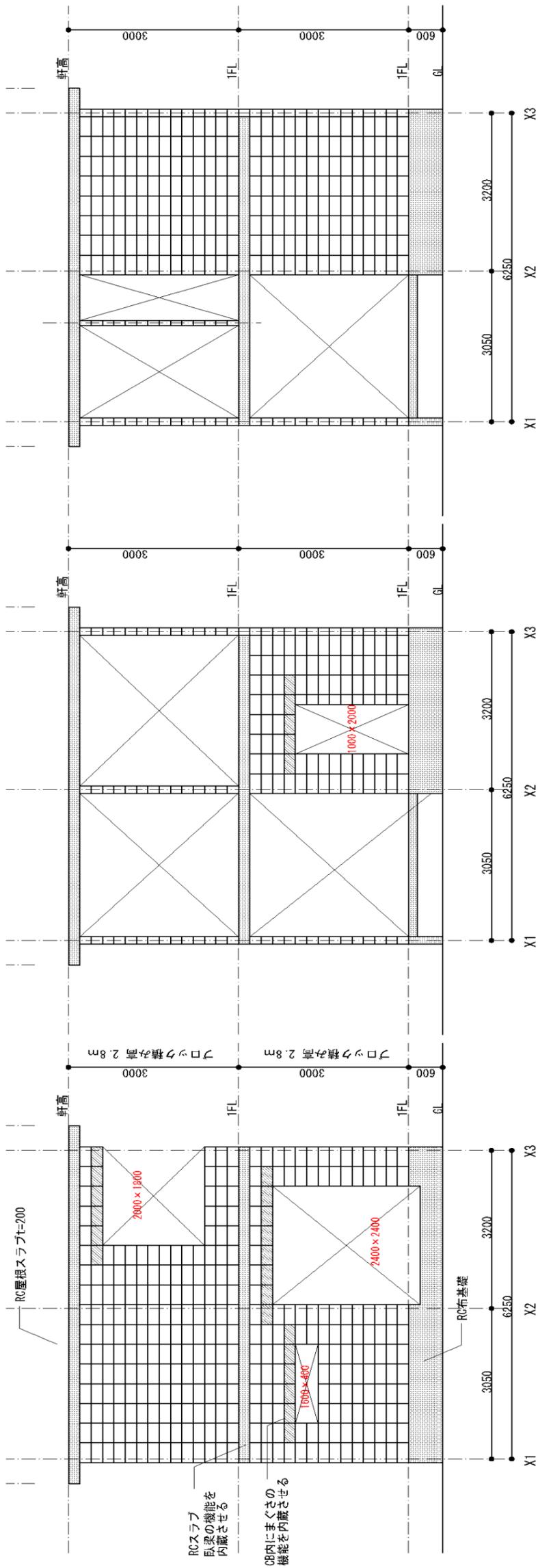


Y方向断面图

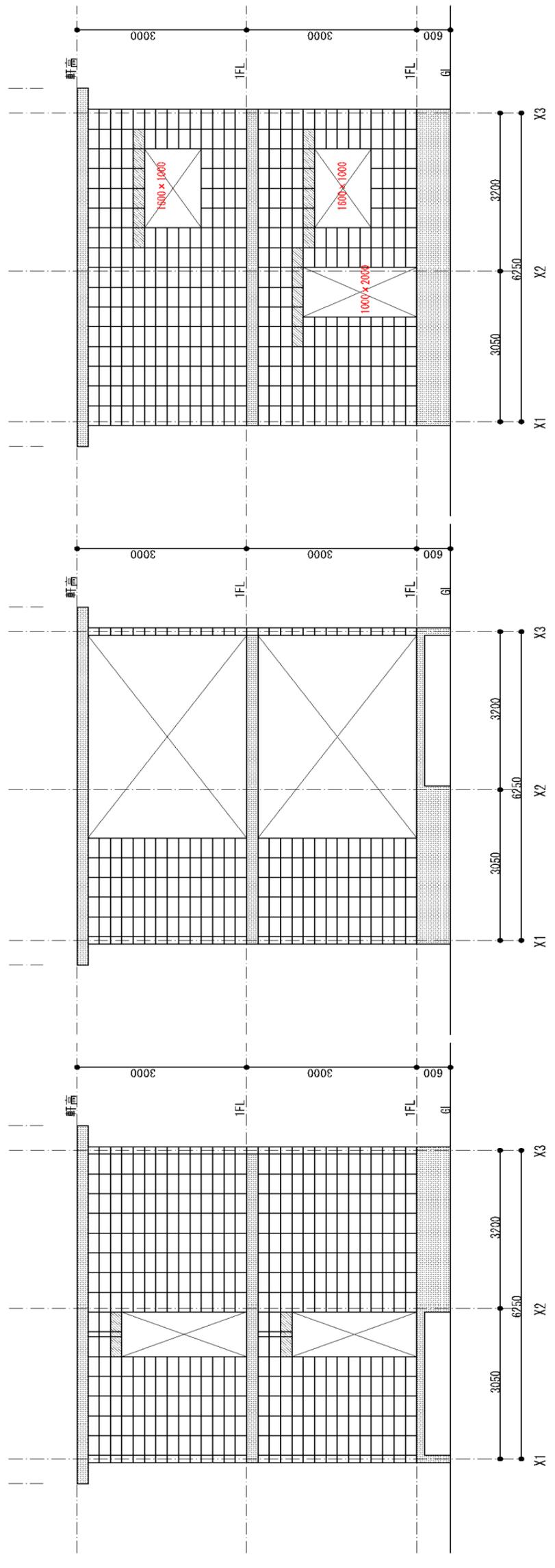
1-3 構造図

CB壁付きRC造の元プランをCHB造に置き換えた。





Y 3 通り軸組図



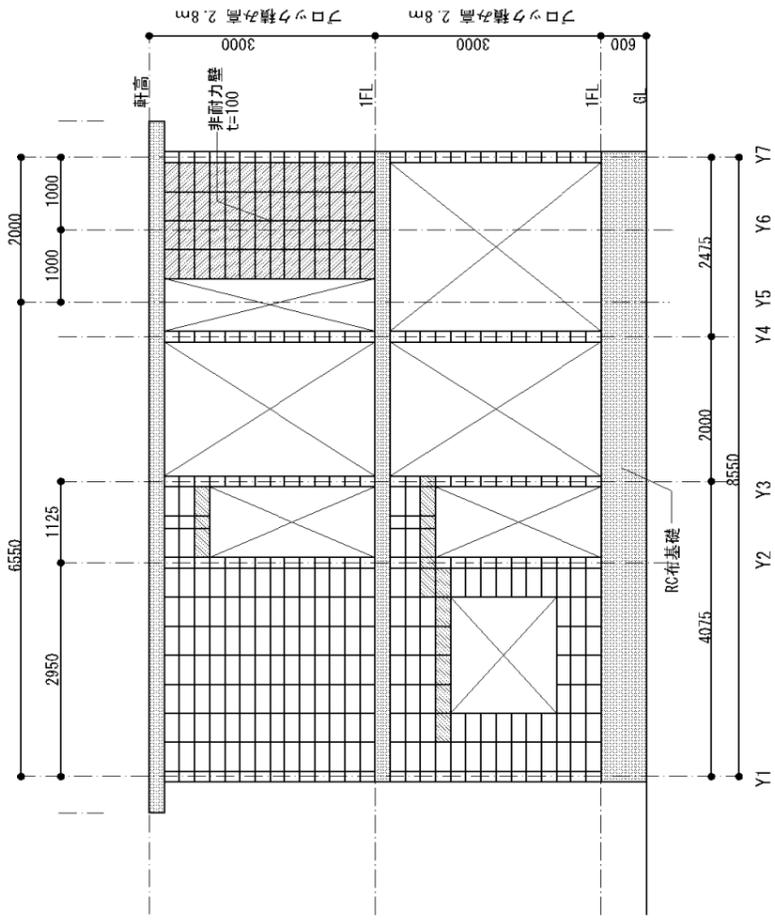
Y 2 通り軸組図

Y 1 通り軸組図

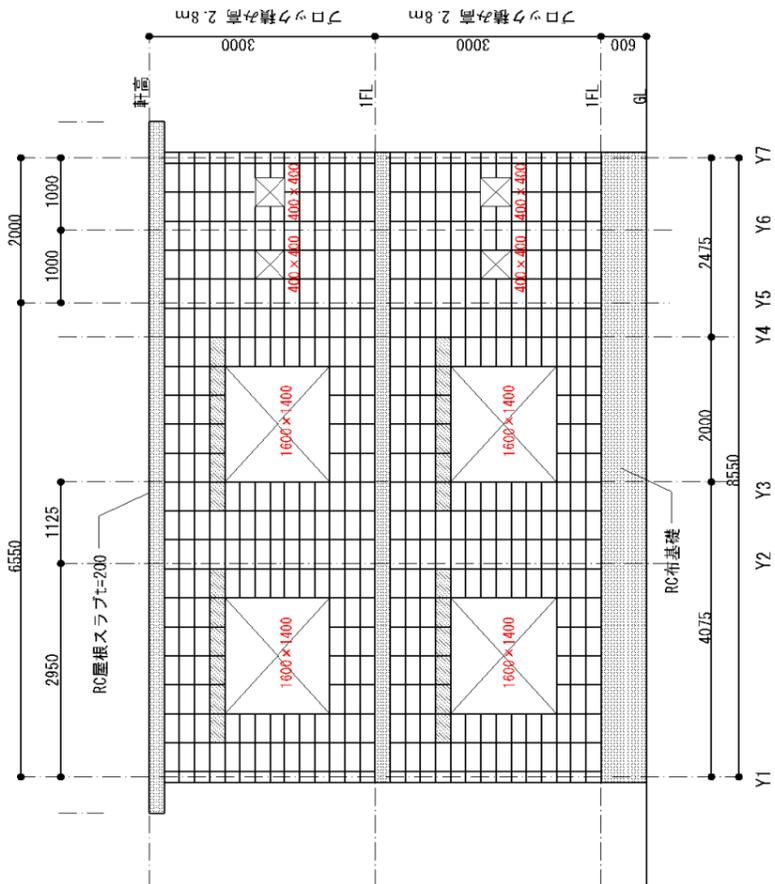
Y 6 通り軸組図

Y 5 通り軸組図

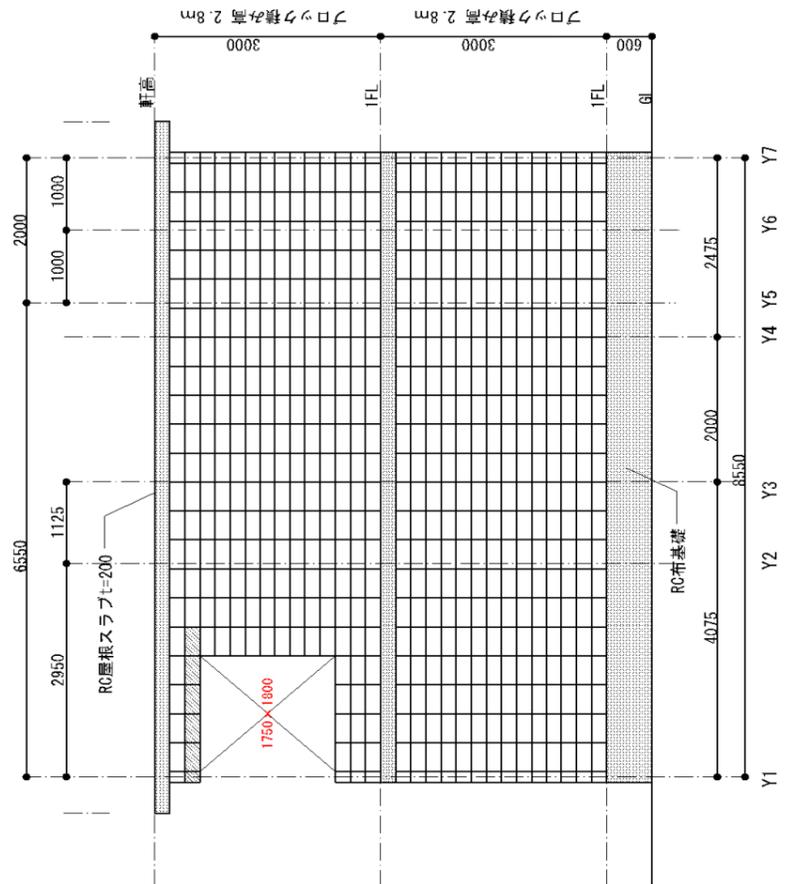
Y 4 通り軸組図



X 2 通り軸組図



X 1 通り軸組図



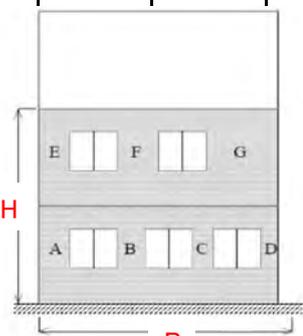
X 3 通り軸組図

2.壁率計算

2-1 X方向の有効水平断面積

(1) 構面のアスペクト比

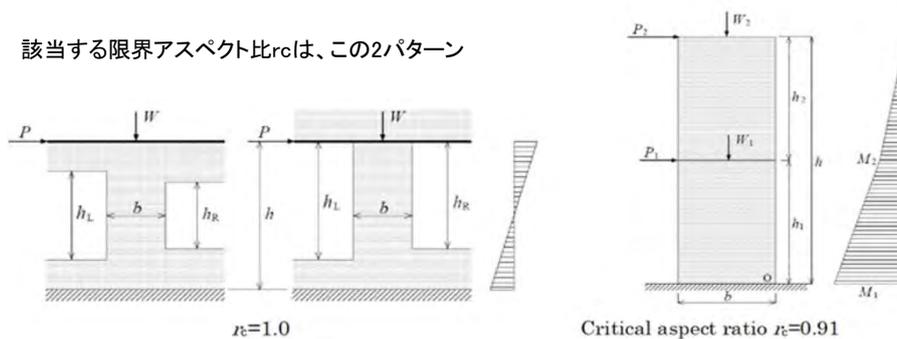
階	通り	構面長 B (mm)	構面高さ H (mm)	アスペクト比 r_1
2	Y1	4,400	6,000	1.36
	Y3	3,350	6,000	1.79
	Y4	6,400	6,000	0.94
	Y5	2,150	6,000	2.79
	Y6	6,400	6,000	0.94
	1	Y1	6,400	6,000
Y2		3,350	6,000	1.79
Y3		3,350	6,000	1.79
Y4		6,400	6,000	0.94
Y5		2,150	6,000	2.79
Y6		6,400	6,000	0.94



(2) 耐力壁のアスペクト比

階	通り	壁長 b (mm)	壁厚 t (mm)	水平断面積 A (mm ²)	開口高 h_l (左) (mm)	開口高 h_r (右) (mm)	開口高 h (平均) (mm)	アスペクト比 r_2	採用値 r $\max(r_1, r_2)$	限界アスペクト比 r_c	低減係数 β	有効水平断面積 A_e (mm ²)
2	Y1	4,400	150	660,000	2,800	1,800	2,300	0.52	1.36	1.00	0.73	484,000
	Y3	3,350	150	502,500	5,800	5,800	5,800	1.73	1.79	0.91	0.51	255,312
	Y4	2,150	150	322,500	2,800	2,800	2,800	1.30	1.30	1.00	0.77	247,634
		3,350	150	502,500	2,800	2,800	2,800	0.84	0.94	1.00	1.00	502,500
	Y5	2,150	150	322,500	2,800	2,800	2,800	1.30	2.79	0.91	0.33	105,162
	Y6	4,000	150	600,000	2,800	1,000	1,900	0.48	0.94	1.00	1.00	600,000
		800	150	120,000	1,000	2,800	1,900	2.38	2.38	1.00	0.42	50,526
計				3,030,000								2,245,134
1	Y1	800	150	120,000	2,800	400	1,600	2.00	2.00	1.00	0.50	60,000
		800	150	120,000	400	2,400	1,400	1.75	1.75	1.00	0.57	68,571
		800	150	120,000	2,400	2,800	2,600	3.25	3.25	1.00	0.31	36,923
	Y2	800	150	120,000	2,800	2,000	2,400	3.00	3.00	1.00	0.33	40,000
		1,550	150	232,500	2,000	2,800	2,400	1.55	1.79	1.00	0.56	129,813
	Y3	3,350	150	502,500	2,800	2,800	2,800	0.84	1.79	1.00	0.56	280,563
	Y4	2,150	150	322,500	2,200	2,200	2,200	1.02	1.02	1.00	0.98	315,170
		3,350	150	502,500	2,200	2,800	2,500	0.75	0.94	1.00	1.00	502,500
	Y5	2,150	150	322,500	5,800	5,800	5,800	2.70	2.79	1.00	0.36	115,563
		2,200	150	330,000	2,800	2,000	2,400	1.09	1.09	1.00	0.92	302,500
	Y6	800	150	120,000	2,000	1,000	1,500	1.88	1.88	1.00	0.53	64,000
800		150	120,000	1,000	2,800	1,900	2.38	2.38	1.00	0.42	50,526	
計				2,932,500								1,966,129

該当する限界アスペクト比 r_c は、この2パターン



2-2 Y方向の有効水平断面積

(1) 構面のアスペクト比

階	通り	構面長 B (mm)					構面高さ H (mm)	アスペクト比 r1				
2	X1	8,700					6,000	0.69				
	X2	3,150					6,000	1.90				
	X3	8,700					6,000	0.69				
1	X1	8,700					6,000	0.69				
	X2	3,150					6,000	1.90				
	X3	6,950					6,000	0.86				

(2) 耐力壁のアスペクト比

階	通り	壁長 b (mm)	壁厚 t (mm)	水平断面面積 A (mm ²)	開口高 hl (左) (mm)	開口高 hr (右) (mm)	開口高 h (平均) (mm)	アスペクト比 r2	採用値 r max(r1,r2)	限界アスペクト比 rc	低減係数 β	有効水平断面面積 Ae (mm ²)
2	X1	950	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,464
		1,600	150	240,000	1,400	1,400	1,400	0.88	0.88	1.00	1.00	240,000
		1,200	150	180,000	1,400	400	900	0.75	0.75	1.00	1.00	180,000
		600	150	90,000	400	400	400	0.67	0.69	1.00	1.00	90,000
	X2	3,150	150	472,500	2,800	2,800	2,800	0.89	1.90	1.00	0.53	248,063
	X3	6,950	150	1,042,500	2,800	2,800	2,800	0.40	0.69	1.00	1.00	1,042,500
	計			2,167,500								
1	X1	950	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,464
		1,600	150	240,000	1,400	1,400	1,400	0.88	0.88	1.00	1.00	240,000
		1,200	150	180,000	1,400	400	900	0.75	0.75	1.00	1.00	180,000
		600	150	90,000	400	400	400	0.67	0.69	1.00	1.00	90,000
	X2	950	150	142,500	2,800	1,400	2,100	2.21	2.21	1.00	0.45	64,464
		550	150	82,500	1,400	2,800	2,100	3.82	3.82	1.00	0.26	21,607
	X3	8,700	150	1,305,000	2,800	2,800	2,800	0.32	0.86	1.00	1.00	1,305,000
計			2,182,500									1,965,536

2-3 壁率

方向	階	有効水平断面面積 ΣAe (m ²)	床面積 (m ²)	壁率 (%)	必要壁率 (%)	余裕率	判定
X	2	2.245	53.44	4.20	1.46	2.88	OK
	1	1.966	53.44	3.68	2.76	1.33	OK
Y	2	1.865	53.44	3.49	1.46	2.39	OK
	1	1.966	53.44	3.68	2.76	1.33	OK

3.耐力壁端部曲げ補強筋の検討

限界アスペクト比以下の耐力壁には、浮き上がりは生じないので引っ張り力は生じない。

限界アスペクト比を超える耐力壁については、計算上浮き上がり力が生じるが、次の理由により曲げ補強筋の検討は省略する。

- ・限界アスペクト比を超える耐力壁については耐力低減している。
- ・計算外の浮き上がりの押さえ込み効果として、以下を期待できる。

耐力壁端の直交壁の効果

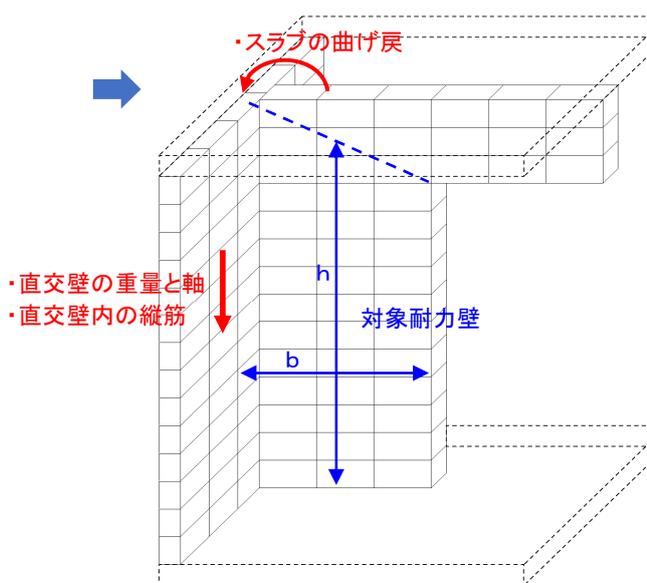
スラブの曲げ戻し効果

壁率規定値算出時の壁軸力の余裕(検討方向の壁量に対して直交方向に3倍の壁量を有する)

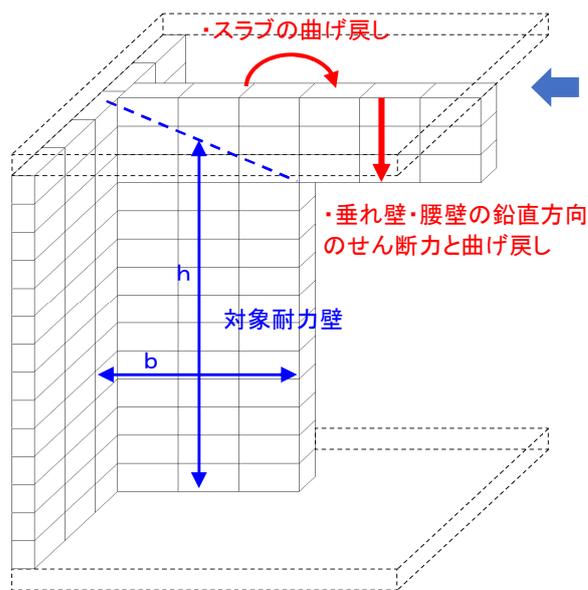
(参考)耐力壁の計算外の浮上り抵抗

本計算規準では、耐力壁の浮上り抵抗要素として、当該耐力壁が負担する鉛直荷重(=耐力壁の軸力)のみを考慮しているが、計算外として下図に示す要素がある。

○正加力時



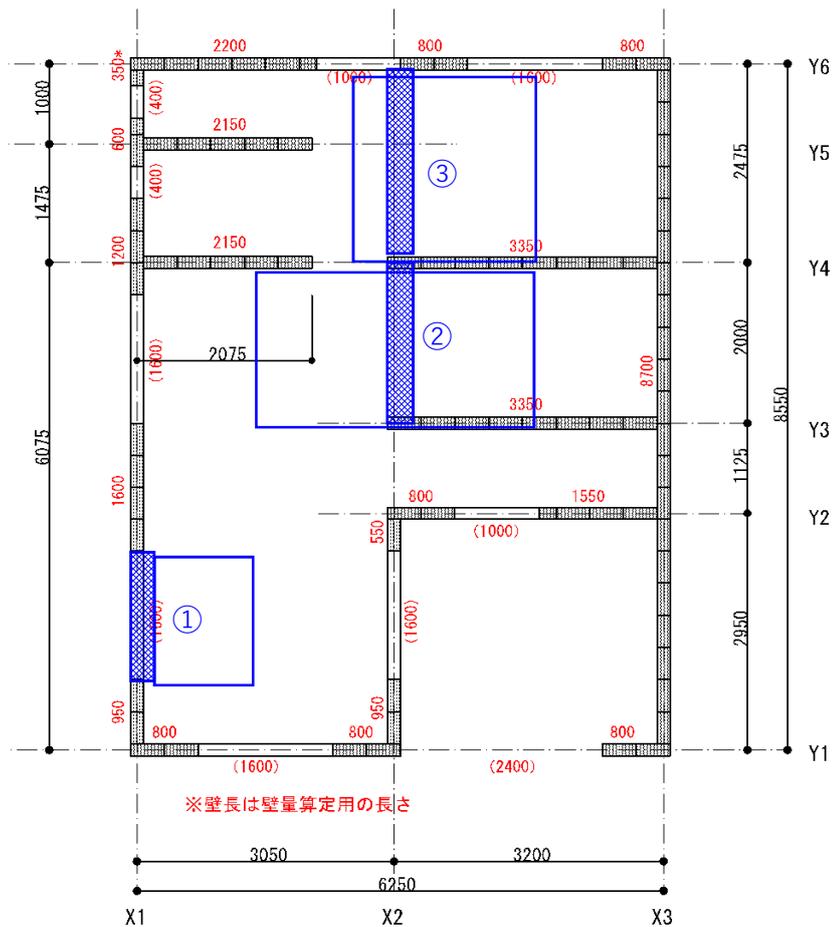
○負加力時



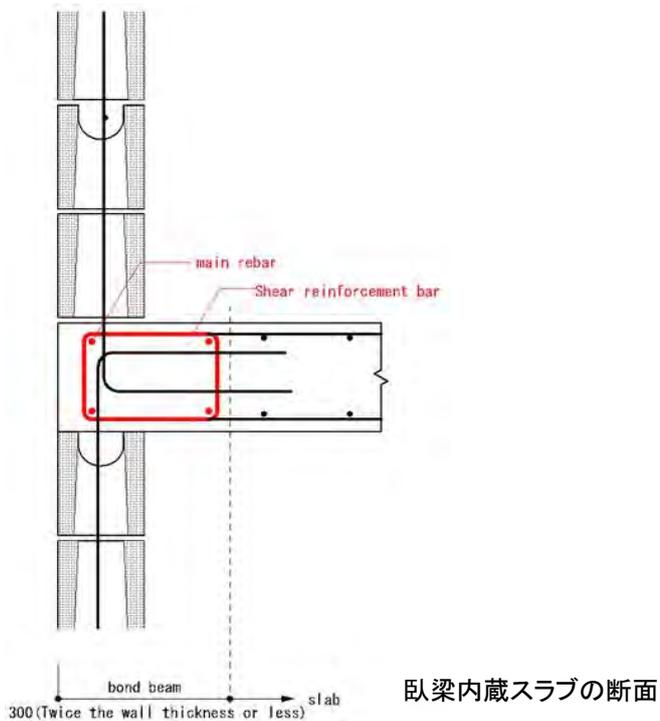
4.スラブ内蔵臥梁・床梁の検討

4-1 面内方向の検討

(1) 検討対象臥梁・床梁



1階壁伏図



臥梁内蔵スラブの断面

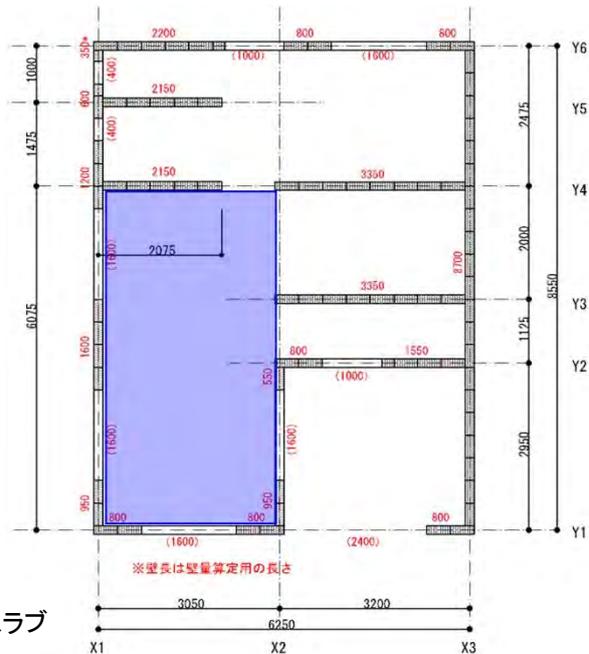
(2) 断面検討

検討部材番号			①	②	③	
部材種類			臥梁	床梁	床梁	
断面・ スパン	臥梁せい(スラブ内蔵)	mm	200	200	200	
	臥梁幅(壁厚の2倍)	mm	300	300	300	
	臥梁スパン L	mm	1600	1850	2325	
荷重	床単位重量	RCスラブ	N/m ²	4800	4800	4800
		床仕上げ	N/m ²	200	200	200
		積載荷重	N/m ²	1800	1800	1800
		計	N/m ²	6800	6800	6800
	床内法スパン/2	m	1.45	3.05	2.06	
	臥梁の分布荷重(床分)	N/m幅	4930	10370	7013	
	臥梁自重(壁厚分)	N/m幅	720	0	0	
	2階CB腰壁	N/m幅	1800	0	0	
	臥梁の分布荷重 w	N/m幅	7450	10370	7013	
	同	kN/m幅	7.5	10.4	7.0	
曲げ モーメント	支持条件		両端固定	両端固定	Y4固定 Y6支持	
	端部(左)	kN・m	1.59	2.96	4.74	
	中央	kN・m	0.79	1.48	2.67	
	端部(右)	kN・m	1.59	2.96	0.00	
必要鉄筋量・ 配筋	鉄筋の長期許容応力度 ft	N/mm ²	153	153	153	
	有効せい d	mm	150	150	150	
	応力中心間距離 j	mm	131	131	131	
	必要鉄筋断面積 at	端部(左)	mm ²	79	147	235
		中央	mm ²	39	73	132
		端部(右)	mm ²	79	147	0
	主筋	端部(左)		2-Φ12	2-Φ12	3-Φ12
		中央		2-Φ12	2-Φ12	2-Φ12
		端部(右)		2-Φ12	2-Φ12	2-Φ12

4-2 面外方向の検討

2階、R階ともにRCスラブなので省略

5.スラブの検討



検討対象スラブ

1階壁伏図

検討スラブ				X1-X2	Y1-Y4
スパン	短辺 Lx		m	2.90	
	長辺 Ly		m	5.93	
荷重	床単位重量 w		N/m ²	6800	
	w _x		N/m ²	6431	
曲げ モーメント	短辺	端部 M _{x1}	kN・m	4.51	
		中央 M _{x2}	kN・m	3.00	
	長辺	端部 M _{y1}	kN・m	2.38	
		中央 M _{y2}	kN・m	1.59	
厚さ 有効せい	スラブ厚 t		mm	200	
	有効せい	短辺 dx	mm	160	
		長辺 dy	mm	150	
	応力中心間距離	短辺 j _x	mm	140	
長辺 j _y		mm	131		
鉄筋の長期許容応力度 f _t			N/mm ²	153	
必要鉄筋 断面積 a _t	短辺	端部	mm ²	210	
		中央	mm ²	140	
	長辺	端部	mm ²	118	
		中央	mm ²	79	
配筋	短辺	端部		Φ 10@200	
		中央		Φ 10@200	
	長辺	端部		Φ 10@300	
		中央		Φ 10@300	

(参考)耐力壁の平均せん断応力度

1.建物重量

階	位置	仕様	見付面積 (㎡)	単位重量 (kN/㎡)	重量 (kN)	備考		
R階	屋根	RCスラブ t=200	71.78	4.8	344.5	庇含む		
		防水、仕上げ	71.78	0.4	28.7			
	2階壁 (上半分)	Y1通		6.75	3.0	20.3		
		Y3通		4.60	3.0	13.8		
		Y4通		7.95	3.0	23.9		
		Y5通		2.80	3.0	8.4		
		Y6通		8.11	3.0	24.3		
		X1通		10.69	3.0	32.1		
		X2通		4.91	3.0	14.7		
		X3通		10.22	3.0	30.7		
		非耐力壁 t=100		9.24	2.0	18.5		
		2階開口 (上半分)	Y1通		2.00	0.4	0.8	
	Y3通			0.00	0.4	0.0		
	Y4通			0.80	0.4	0.3		
	Y5通			0.00	0.4	0.0		
	Y6通			0.64	0.4	0.3		
	X1通			1.28	0.4	0.5		
	X2通			0.80	0.4	0.3		
	X3通			1.75	0.4	0.7		
	合計					562.7		
2階	2階床		RCスラブ t=200	49.68	4.8	238.5		
		仕上げ	49.68	0.2	9.9			
		階段	6.00	0.5	3.0			
	積載荷重	地震時	51.24	0.6	30.7			
	2階壁 (下半分)	Y1通		7.15	3.0	21.5		
		Y3通		4.60	3.0	13.8		
		Y4通		7.35	3.0	22.1		
		Y5通		2.80	3.0	8.4		
		Y6通		7.79	3.0	23.4		
		X1通		9.41	3.0	28.2		
		X2通		4.31	3.0	12.9		
		X3通		10.57	3.0	31.7		
		非耐力壁 t=100		9.24	2.0	18.5		
		2階開口 (下半分)	Y1通		1.60	0.4	0.6	
	Y3通			0.00	0.4	0.0		
	Y4通			1.40	0.4	0.6		
	Y5通			0.00	0.4	0.0		
	Y6通			0.96	0.4	0.4		
	X1通			2.56	0.4	1.0		
	X2通			1.40	0.4	0.6		
	X3通			1.40	0.4	0.6		
	1階壁 (上半分)		Y1通		4.61	3.0	13.8	
			Y2通		3.88	3.0	11.6	
		Y3通		4.48	3.0	13.4		
		Y4通		6.85	3.0	20.6		
		Y5通		2.80	3.0	8.4		
		Y6通		7.65	3.0	23.0		
		X1通		10.05	3.0	30.2		
		X2通		1.37	3.0	4.1		
		X3通		11.97	3.0	35.9		
		非耐力壁 t=100		0.00	2.0	0.0		
	1階開口 (上半分)	Y1通		3.04	0.4	1.2		
		Y2通		0.60	0.4	0.2		
		Y3通		0.00	0.4	0.0		
		Y4通		0.80	0.4	0.3		
		Y5通		0.00	0.4	0.0		
		Y6通		1.56	0.4	0.6		
		X1通		1.92	0.4	0.8		
		X2通		2.76	0.4	1.1		
X3通			0.00	0.4	0.0			
合計					631.5			

2.壁量及び平均せん断応力度

層せん断力係数 C_o

0.2

方向	階	建物重量・地震力			耐力壁の水平断面積		平均せん断応力度			
		当該階の重量 W_i	当該階が支える重量 $\sum W_i$	地震力 P_i	水平断面積 A	有効水平断面積 A_e	$\tau 1$ ※ $=P_i/A$	$\tau 2$ ※ $=P_i/A_e$	圧縮強度に対する比	
		(kN)	(kN)	(kN)	(mm ²)	(mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)		
X	2	562.7	562.7	112.5	3,030,000	2,245,134	0.04	0.05	1/	239
	1	631.5	1194.2	238.8	2,932,500	1,966,129	0.08	0.12	1/	99
Y	2	562.7	562.7	112.5	2,167,500	1,865,027	0.05	0.06	1/	199
	1	631.5	1194.2	238.8	2,182,500	1,965,536	0.11	0.12	1/	99

※ $\tau 1$:アスペクト比による水平断面積の低減を考慮しない場合

$\tau 2$:アスペクト比による水平断面積の低減を考慮した場合(=本基準による場合)

平均せん断応力は、CB単体の圧縮強度の1/100程度であり、大きな余裕を有している。

<参考>

日本建築学会 補強コンクリートブロック造の場合

ブロック種別	短期許容せん断応力度 (N/mm ²)
A種	0.21
B種	0.26
C種	0.30

モデル住宅② 2階建て長屋住宅

1.構造概要

1-1 一般事項

構造	補強コンクリートブロック造		
階数	2階建て		
床面積	2階	77.81 m ²	※構造上の床面積
	1階	77.81 m ²	
	計	155.63 m ²	
基礎構造	RC造布基礎		
耐力壁厚さ	150 mm		
階高	2階	3.0 m	
	1階	2.95	
CB積み高さ	2階	2.8 m	
	1階	2.8 m	
水平構面	屋根	RC造臥梁の上、軽量鉄骨造トラス切妻屋根	
	2階床	RC造床	150 mm
	1階床	RC造土間床	150 mm
材料強度	CB	12 MPa	
	モルタル	15 MPa	
	鉄筋	230 MPa	

1-2 元プラン

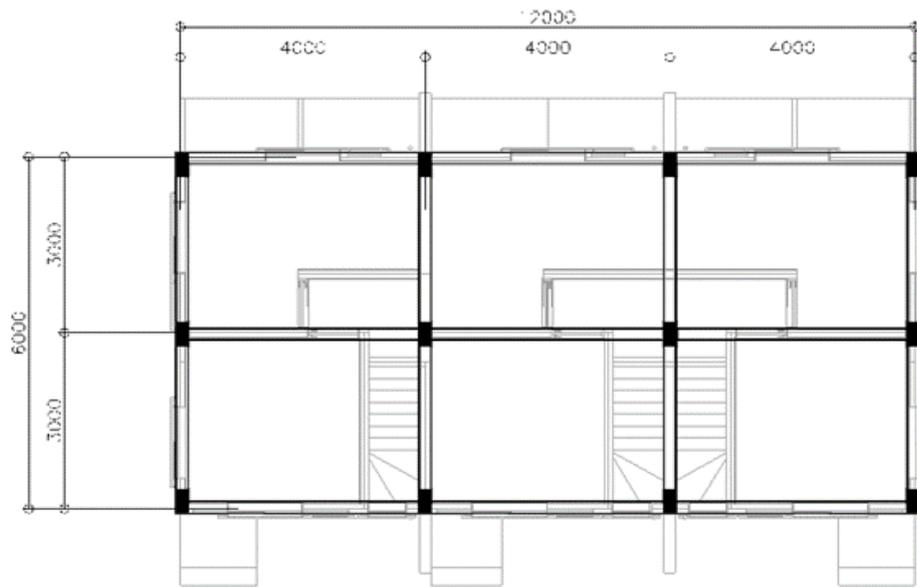
以下のCB壁付きRC造住宅をCHB造にアレンジし、構造図を1-3に示す。



SECOND FLOOR PLAN 2階平面図

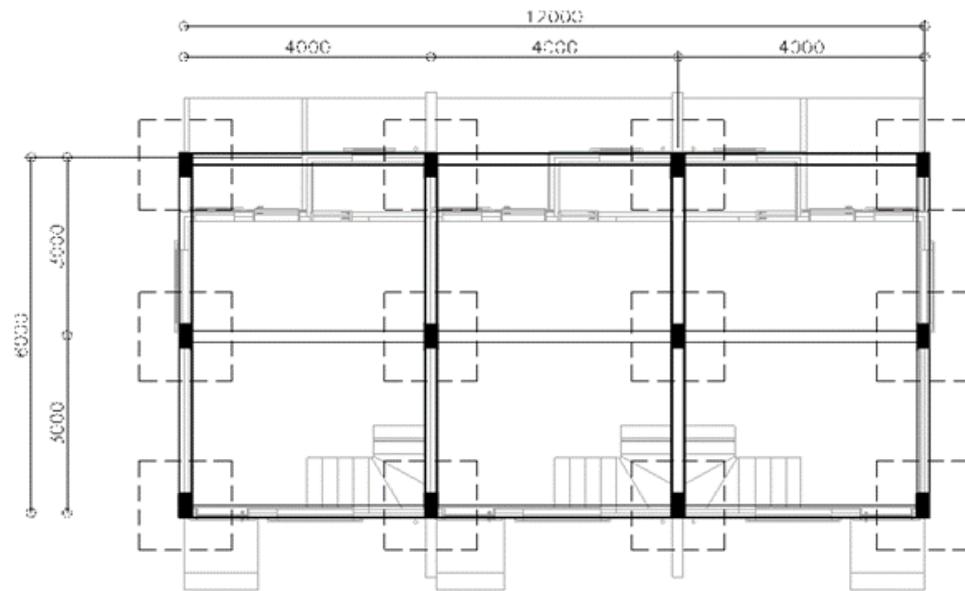


GROUND FLOOR PLAN 1階平面図



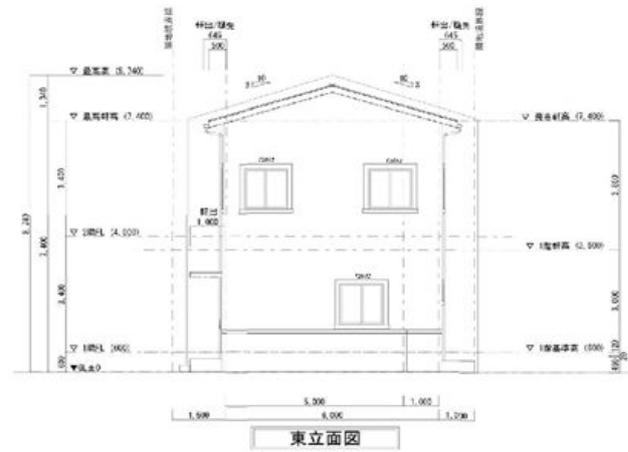
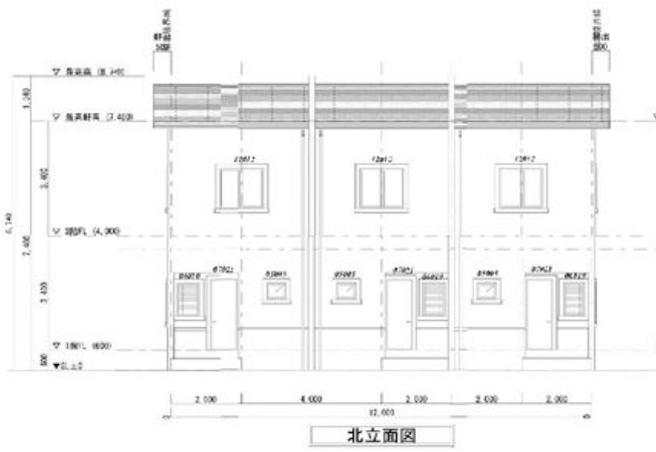
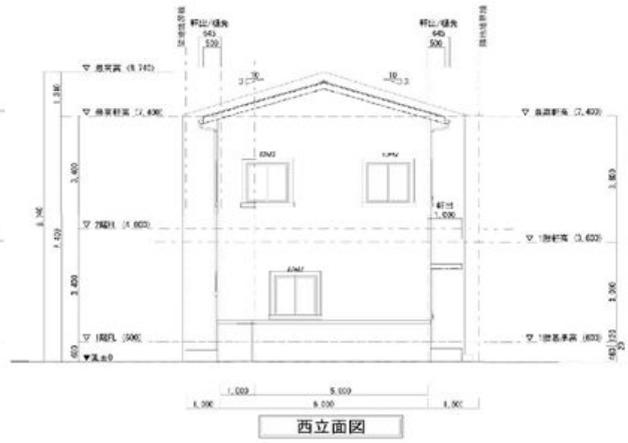
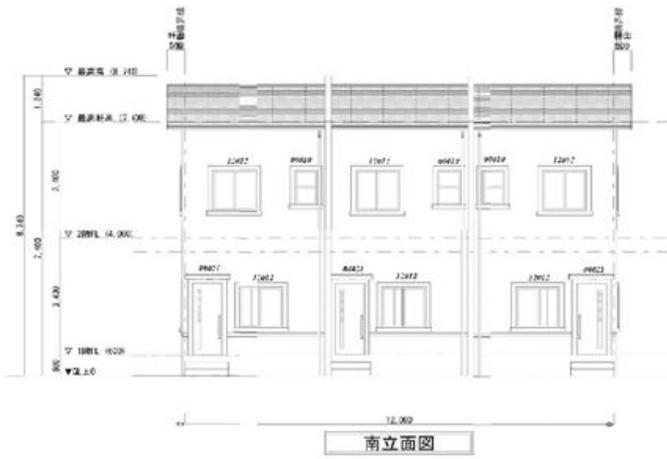
SECOND FLOOR FRAMING PLAN

2階柱梁伏図

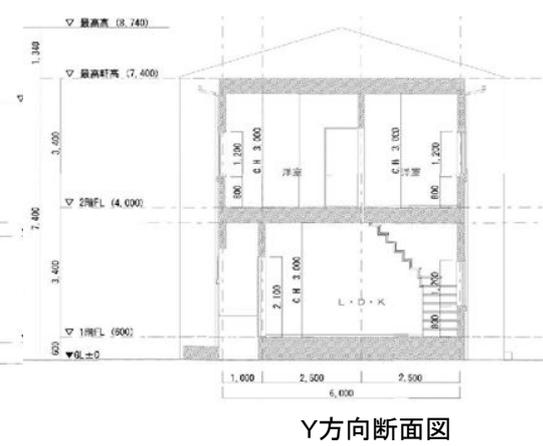
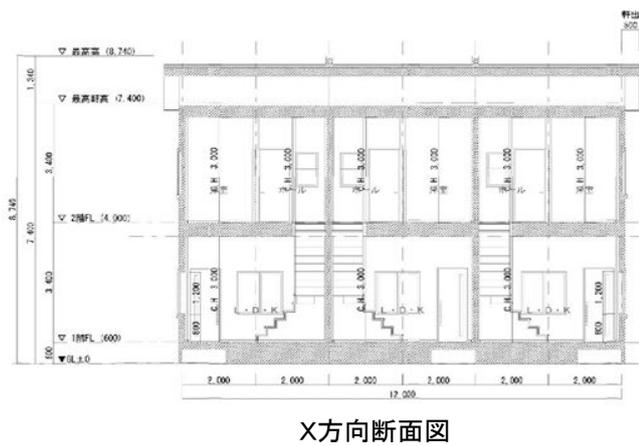


FOUNDATION PLAN

1階柱梁・基礎伏図



立面图

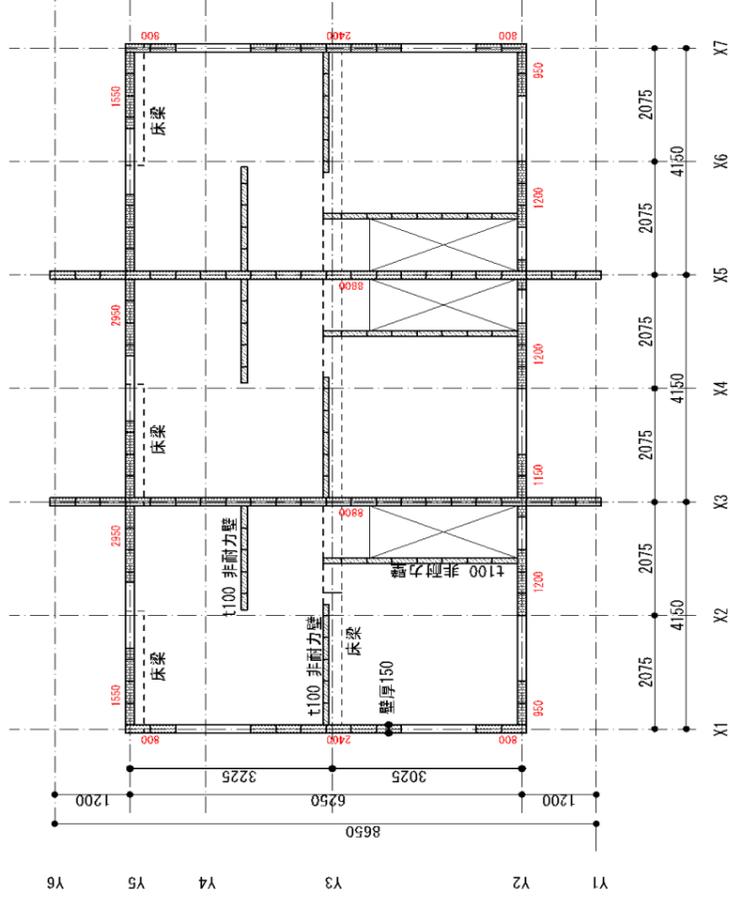
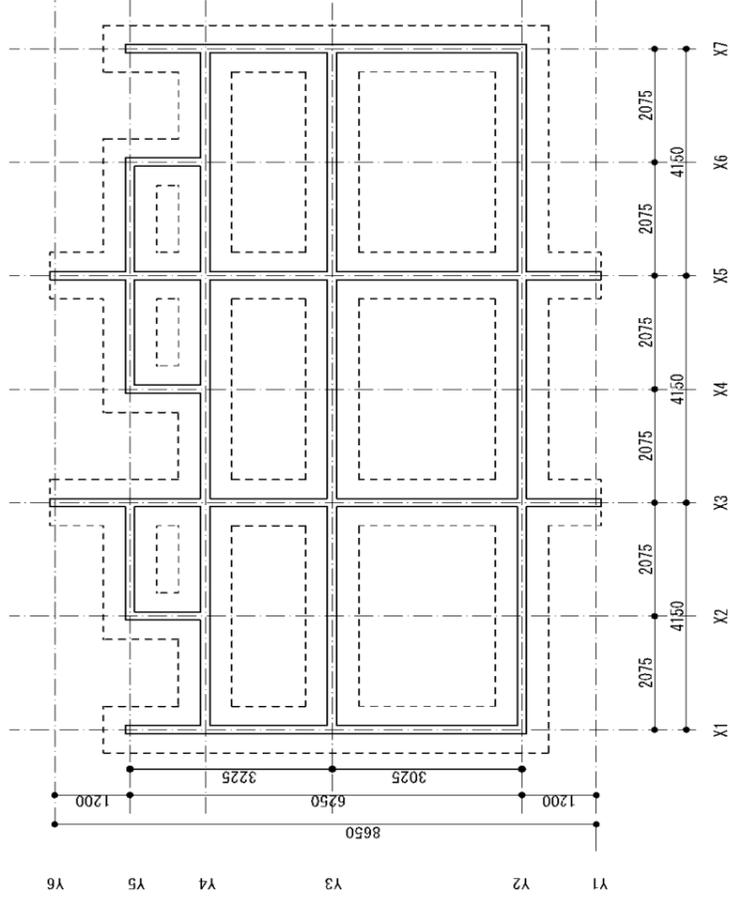


X方向断面图

Y方向断面图

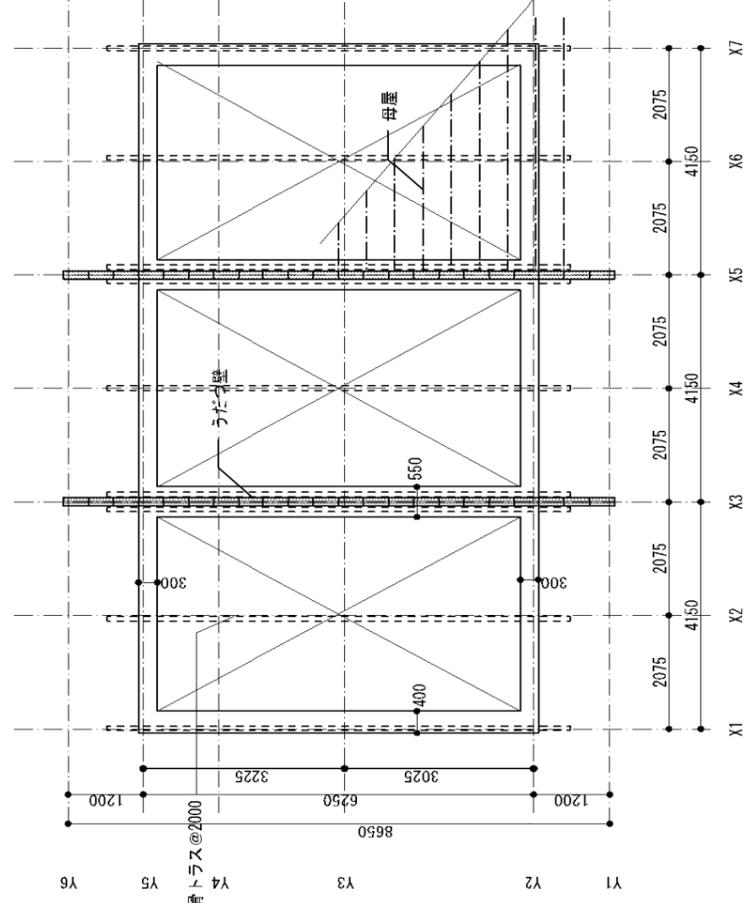
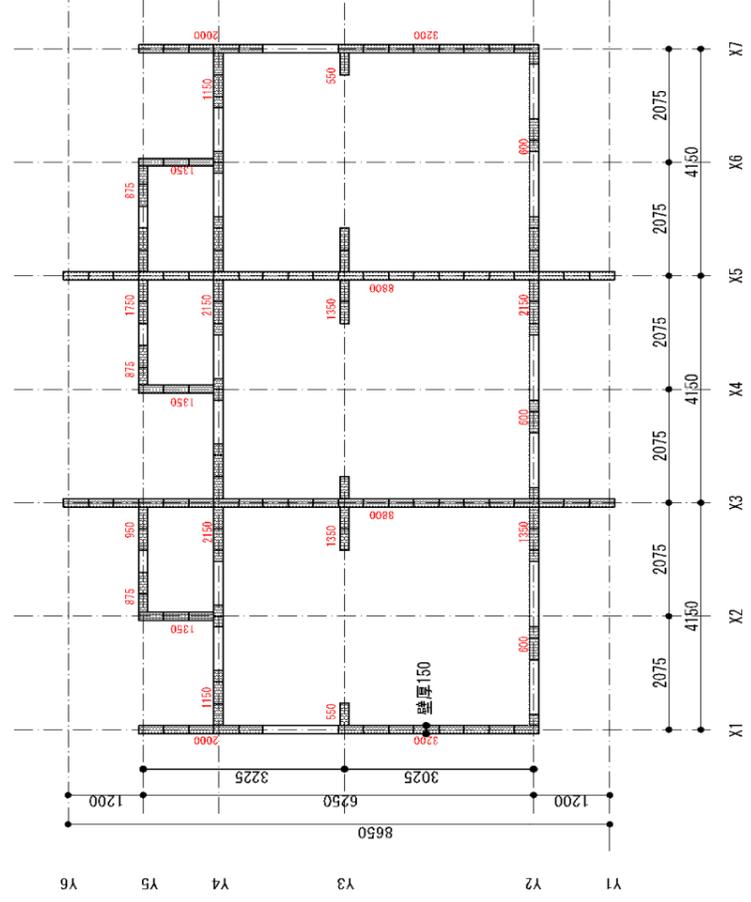
1-2 構造図

CB壁付きRC造の元プランをCHB造に置き換えた。



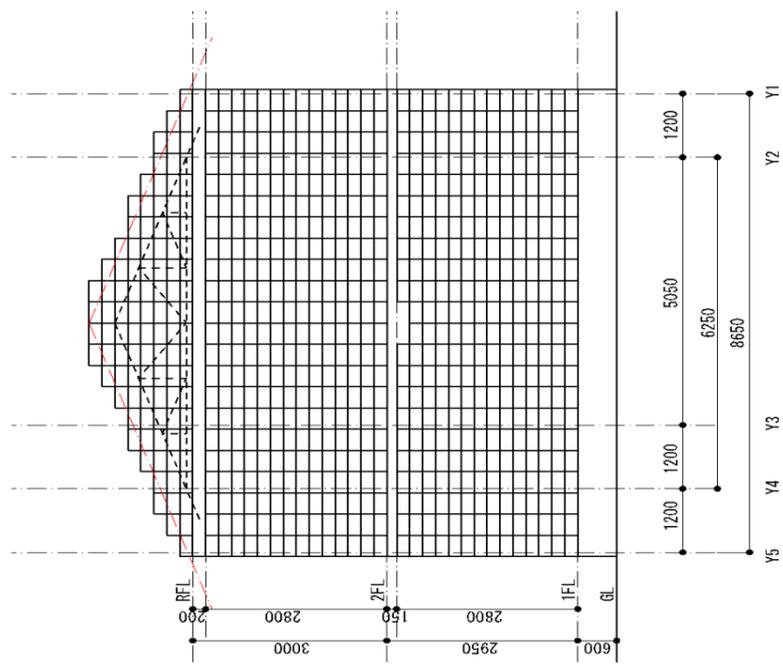
基礎伏図

2階床・壁伏図

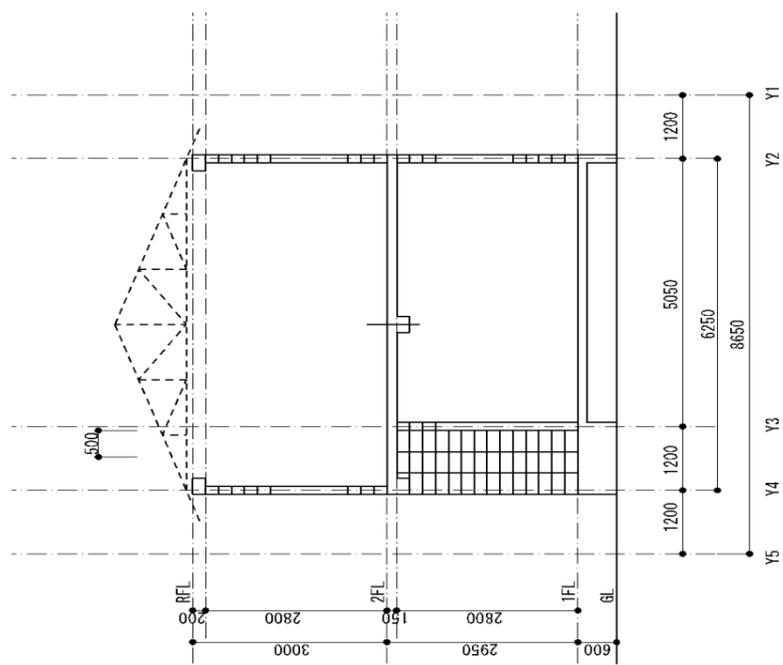


1階床・壁伏図

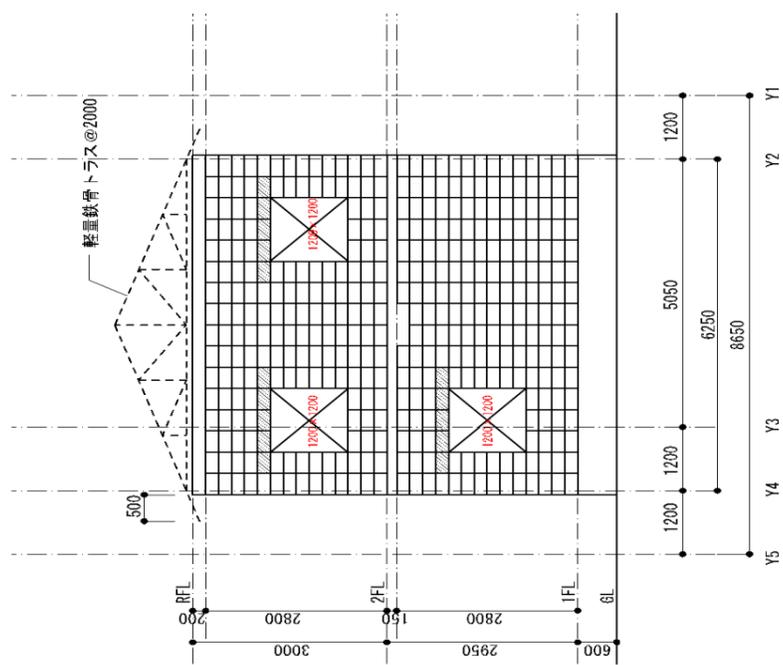
R階臥梁伏図



X 3 通 軸組図



X 2 通 軸組図



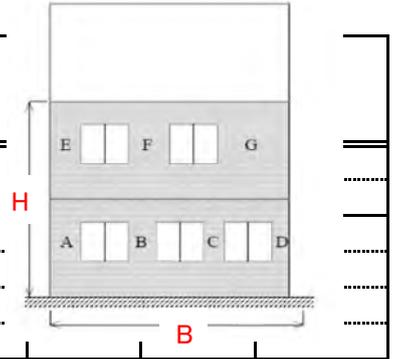
X 1 通 軸組図

2.壁率計算

2-1 X方向の有効水平断面積

(1)構面のアスペクト比

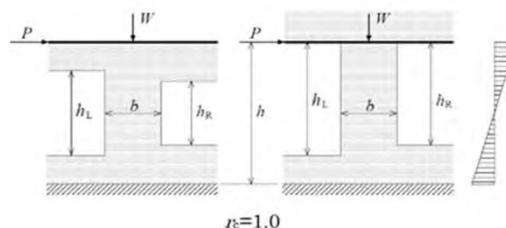
階	通り	構面長 B (mm)	構面高さ H (mm)	アスペクト 比r1
2	Y2	12,600	6,150	0.49
	Y4	12,600	6,150	0.49
1	Y2	12,600	6,150	0.49
	Y3	12,600	2,950	0.23
	Y4	12,600	2,950	0.23
	Y5	12,600	6,150	0.49



(2)耐力壁のアスペクト比

階	通り	壁長 b (mm)	壁厚 t (mm)	水平 断面積A (mm ²)	開口高hl (左) (mm)	開口高hr (右) (mm)	開口高h (平均) (mm)	アスペクト 比r2	採用値 r max(r1,r2)	限界アス ペクト比rc	低減係数 β	有効水平 断面積Ae (mm ²)
2	Y2	950	150	142,500	2,800	1,200	2,000	2.11	2.11	1.00	0.48	67,688
		1,200	150	180,000	1,200	1,000	1,100	0.92	0.92	1.00	1.00	180,000
		1,150	150	172,500	1,000	1,200	1,100	0.96	0.96	1.00	1.00	172,500
		1,200	150	180,000	1,200	1,000	1,100	0.92	0.92	1.00	1.00	180,000
		1,200	150	180,000	1,000	1,200	1,100	0.92	0.92	1.00	1.00	180,000
	Y5	950	150	142,500	1,200	2,800	2,000	2.11	2.11	1.00	0.48	67,688
		1,550	150	232,500	2,800	1,200	2,000	1.29	1.29	1.00	0.78	180,188
		2,950	150	442,500	1,200	1,200	1,200	0.41	0.49	1.00	1.00	442,500
		2,950	150	442,500	1,200	1,200	1,200	0.41	0.49	1.00	1.00	442,500
		1,550	150	232,500	1,200	2,800	2,000	1.29	1.29	1.00	0.78	180,188
計												2,093,250
1	Y2	600	150	90,000	2,200	1,200	1,700	2.83	2.83	1.00	0.35	31,765
		1,350	150	202,500	1,200	2,200	1,700	1.26	1.26	1.00	0.79	160,809
		600	150	90,000	2,200	1,200	1,700	2.83	2.83	1.00	0.35	31,765
		2,150	150	322,500	1,200	1,200	1,200	0.56	0.56	1.00	1.00	322,500
		600	150	90,000	1,200	2,200	1,700	2.83	2.83	1.00	0.35	31,765
	Y3	450	150	67,500	2,600	2,600	2,600	5.78	5.78	1.00	0.17	11,683
		1,350	150	202,500	2,600	2,600	2,600	1.93	1.93	1.00	0.52	105,144
		1,350	150	202,500	2,600	2,600	2,600	1.93	1.93	1.00	0.52	105,144
	Y4	450	150	67,500	2,600	2,600	2,600	5.78	5.78	1.00	0.17	11,683
		1,150	150	172,500	2,800	2,200	2,500	2.17	2.17	1.00	0.46	79,350
		2,150	150	322,500	2,200	2,200	2,200	1.02	1.02	1.00	0.98	315,170
	Y5	1,150	150	172,500	2,200	2,800	2,500	2.17	2.17	1.00	0.46	79,350
		875	150	131,250	2,800	400	1,600	1.83	1.83	1.00	0.55	71,777
		950	150	142,500	400	2,800	1,600	1.68	1.68	1.00	0.59	84,609
		875	150	131,250	2,800	400	1,600	1.83	1.83	1.00	0.55	71,777
	1,750	150	262,500	400	400	400	0.23	0.49	1.00	1.00	262,500	
計												2,163,739

該当する限界アスペクト比rcは右図のパターンのみ



2-2 Y方向の有効水平断面積

(1) 構面のアスペクト比

階	通り	構面長 B (mm)					構面高さ H (mm)	アスペクト 比r1				
2	X1	6,400					6,150	0.96				
	X3	8,800					6,150	0.70				
	X5	8,800					6,150	0.70				
	X7	6,400					6,150	0.96				
1	X1	6,400					6,150	0.96				
	X2	1,350					2,950	2.19				
	X3	8,800					6,150	0.70				
	X4	1,350					2,950	2.19				
	X5	8,800					6,150	0.70				
	X6	1,350					2,950	2.19				
	X7	6,950					6,150	0.88				

(2) 耐力壁のアスペクト比

階	通り	壁長 b (mm)	壁厚 t (mm)	水平 断面積A (mm ²)	開口高hl (左) (mm)	開口高hr (右) (mm)	開口高h (平均) (mm)	アスペクト 比r2	採用値 r max(r1,r2)	限界アス ペクト比rc	低減係数 β	有効水平 断面積Ae (mm ²)
2	X1	800	150	120,000	2,800	1,200	2,000	2.50	2.50	1.00	0.40	48,000
		2,400	150	360,000	1,200	1,200	1,200	0.50	0.96	1.00	1.00	360,000
	X3	800	150	120,000	1,200	2,800	2,000	2.50	2.50	1.00	0.40	48,000
		8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.32	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X5	800	150	120,000	1,200	2,800	2,000	2.50	2.50	1.00	0.40	48,000
		8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.32	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X7	800	150	120,000	1,200	2,800	2,000	2.50	2.50	1.00	0.40	48,000
2,400		150	360,000	1,200	1,200	1,200	0.50	0.96	1.00	1.00	360,000	
		800	150	120,000	1,200	2,800	2,000	2.50	2.50	1.00	0.40	48,000
	計											3,552,000
1	X1	3,200	150	480,000	2,800	1,200	2,000	0.63	0.96	1.00	1.00	480,000
		2,000	150	300,000	1,200	2,800	2,000	1.00	1.00	1.00	1.00	300,000
	X2	1,350	150	202,500	2,800	2,800	2,800	2.07	2.19	1.00	0.46	92,669
	X3	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.32	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X4	1,350	150	202,500	2,800	2,800	2,800	2.07	2.19	1.00	0.46	92,669
	X5	8,800	150	1,320,000	2,800	2,800	2,800	0.32	0.70	1.00	1.00	1,320,000
	X6	1,350	150	202,500	2,800	2,800	2,800	2.07	2.19	1.00	0.46	92,669
X7	3,200	150	480,000	2,800	1,200	2,000	0.63	0.88	1.00	1.00	480,000	
	2,000	150	300,000	1,200	2,800	2,000	1.00	1.00	1.00	1.00	300,000	
	計											4,478,008

2-3 壁率

方向	階	有効水平断面積 ΣAe (m ²)	床面積 (m ²)	壁率 (%)	必要壁率 (%)	余裕率	判定
X	2	2,093	77.81	2.69	1.46	1.84	OK
	1	2,164	77.81	2.78	2.76	1.01	OK
Y	2	3,552	77.81	4.56	1.46	3.13	OK
	1	4,478	77.81	5.75	2.76	2.09	OK

3.耐力壁端部曲げ補強筋の検討

限界アスペクト比以下の耐力壁には、浮き上がりは生じないので引っ張り力は生じない。

限界アスペクト比を超える耐力壁については、計算上浮き上がり力が生じるが、次の理由により曲げ補強筋の検討は省略する。

- ・限界アスペクト比を超える耐力壁については耐力低減している。
- ・計算外の浮き上がりの押さえ込み効果として、以下を期待できる。

耐力壁端の直交壁の効果

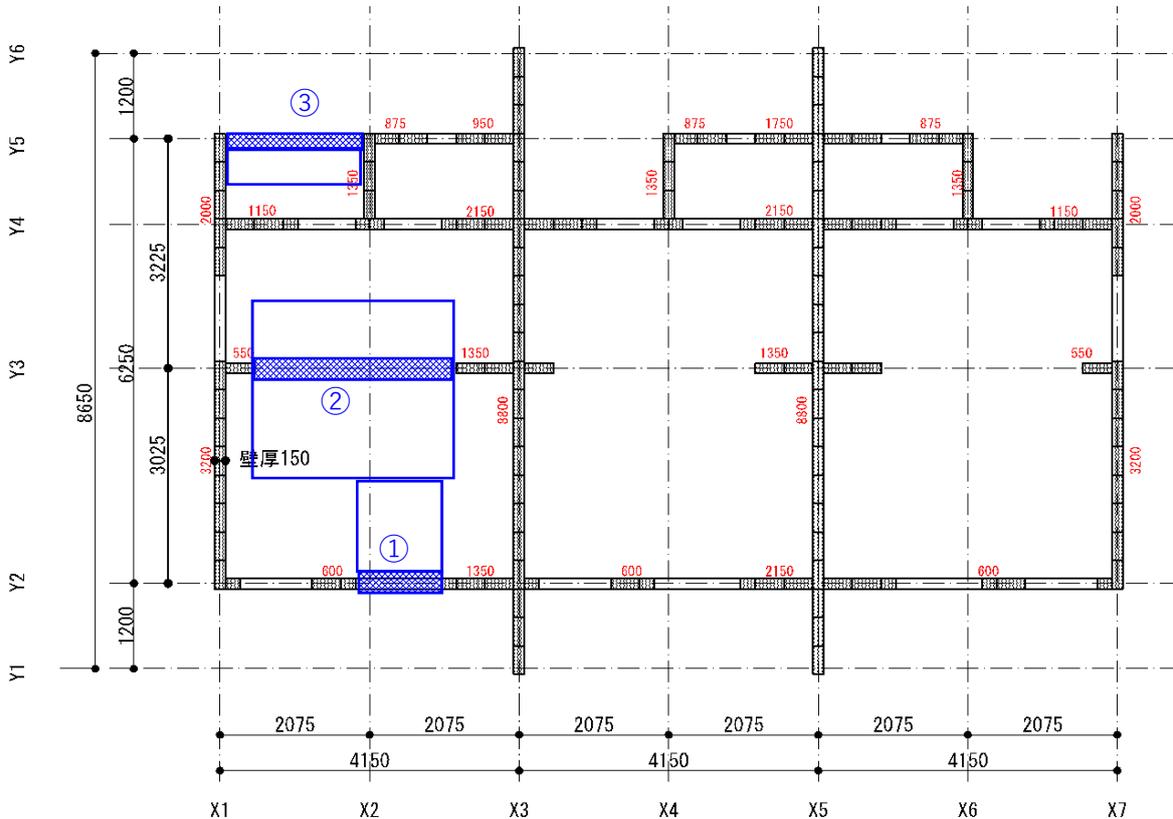
スラブの曲げ戻し効果

壁率規定値算出時の壁軸力の余裕(検討方向の壁量に対して直交方向に3倍の壁量を有する)

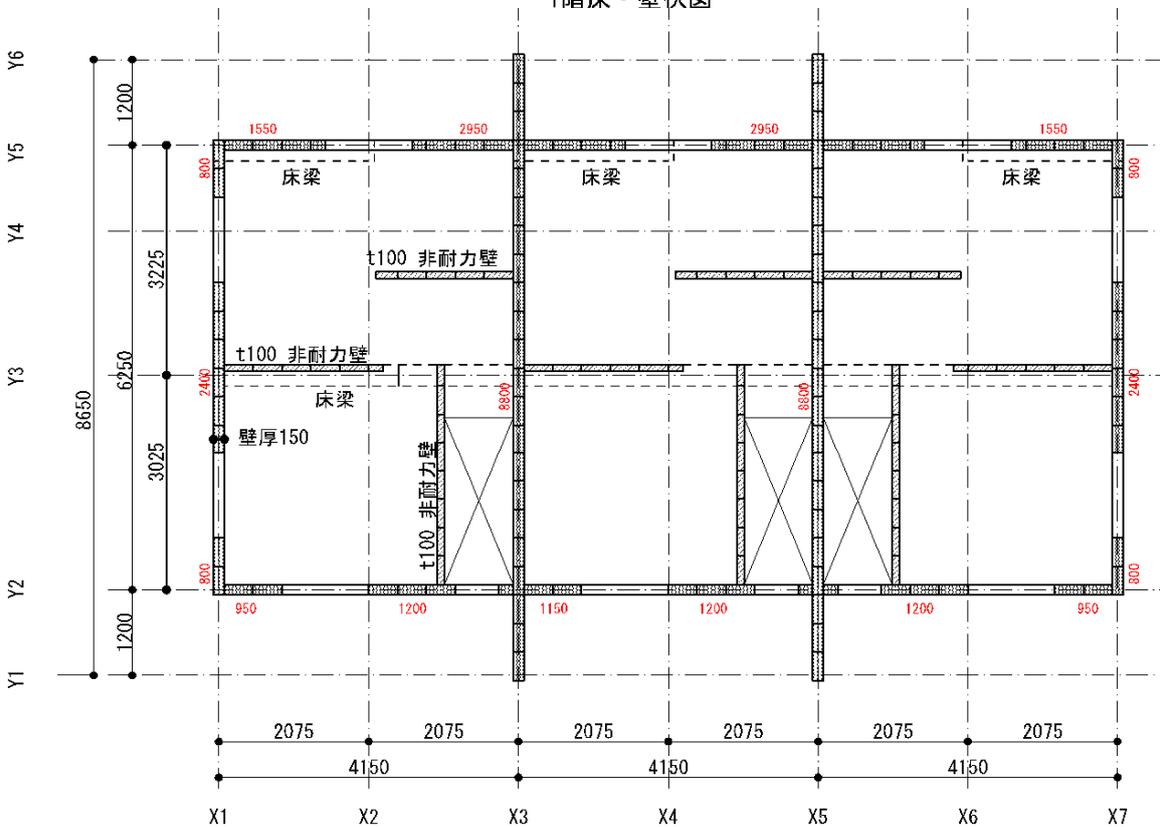
4.スラブ内蔵臥梁・床梁の検討

4-1 面内方向の検討

(1) 検討対象臥梁・床梁



1階床・壁伏図



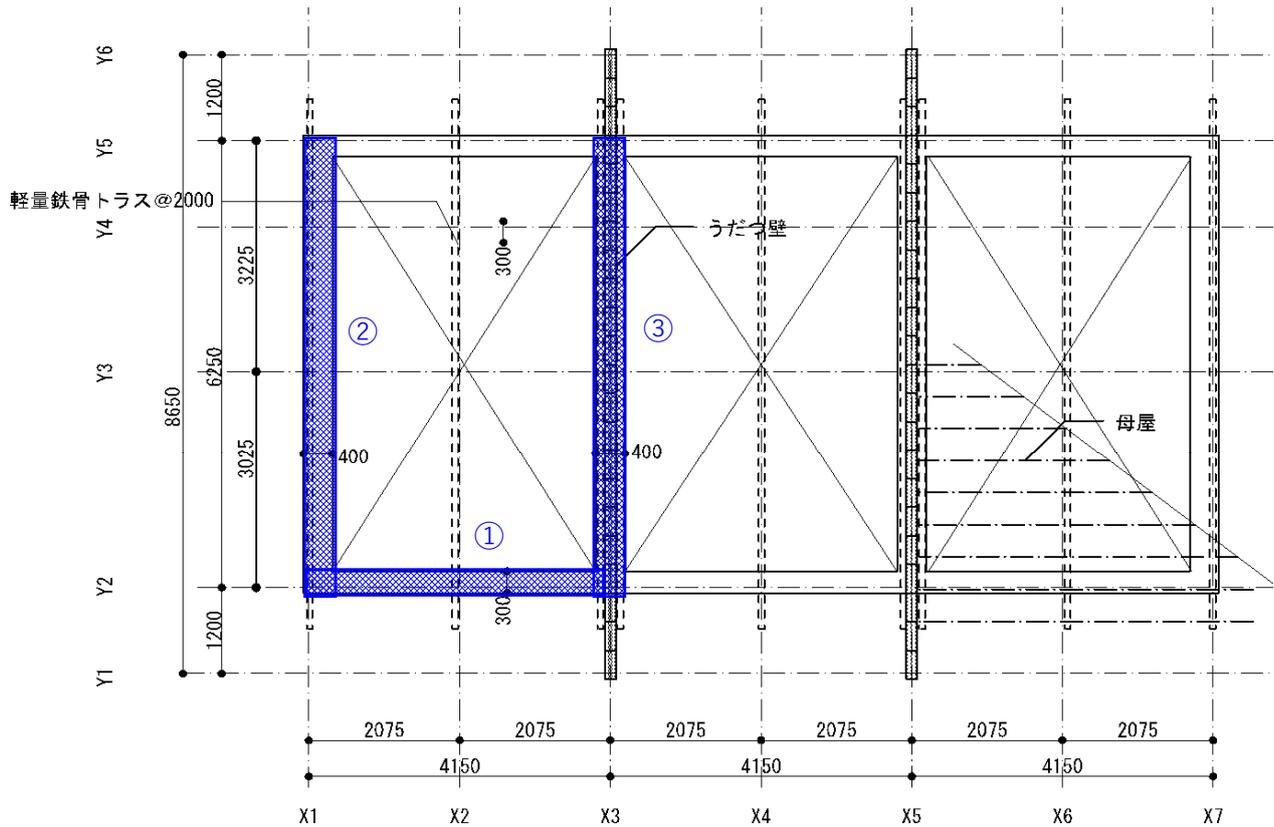
2階床・壁伏図

(2)断面検討

検討部材番号				①	②	③
部材種類				臥梁	床梁	床梁
断面・ スパン	臥梁せい(スラブ内蔵)		mm	150	350	350
	臥梁幅(壁厚の2倍)		mm	300	300	300
	臥梁スパン L		mm	1200	2800	1925
荷重	床単位重量	RCスラブ	N/m ²	4800	4800	4800
		床仕上げ	N/m ²	200	200	200
		積載荷重	N/m ²	1800	1800	1800
		計	N/m ²	6800	6800	6800
	床内法スパン/2		m	1.44	2.90	0.53
	臥梁の分布荷重(床分)		N/m幅	4888	9860	1785
	臥梁自重(壁厚分)		N/m幅	540	1260	1260
	2階CB腰壁		N/m幅	1800	0	8400
	臥梁の分布荷重 w		N/m幅	7228	11120	11445
	同		kN/m幅	7.2	11.1	11.4
曲げ モーメント	支持条件			両端固定	両端固定	X1支持 X2固定
	端部(左)		kN・m	0.87	7.27	0.00
	中央		kN・m	0.43	3.63	2.98
	端部(右)		kN・m	0.87	7.27	5.30
必要鉄筋 量・配筋	鉄筋の長期許容応力度 ft		N/mm ²	153	153	153
	有効せい d		mm	100	300	300
	応力中心間距離 j		mm	88	263	263
	必要鉄筋断面積 at	端部(左)	mm ²	65	180	0
		中央	mm ²	32	90	74
		端部(右)	mm ²	65	180	132
	主筋	端部(左)		2-Φ12	3-Φ12	2-Φ12
		中央		2-Φ12	2-Φ12	2-Φ12
端部(右)			2-Φ12	3-Φ12	2-Φ12	

4-2 面外方向の検討

R階臥梁について検討する



R階臥梁伏図

(1) 設計基準による臥梁幅

検討部材番号		①	②	③
部材種類		臥梁	臥梁	臥梁
断面・ スパン	臥梁せい	mm	200	200
	臥梁スパン L	mm	4150	6250
臥梁必要幅 B	Beam (2)	mm	997	2198
	Beam (3)	mm	524	1124
設計幅 Bd			550	1150

For Beam (1), $1.25L^2 = 1.71$, then $L = 1.17(\text{m})$. Therefore, Beam (1) can be used up to the length of supports is less than 1.17(m).

For Beam(2), $1.25L^2 = 0.875(B-0.05) \times 26$, then $B = 0.055L^2 + 0.05$. This is shown in Fig.W10.

For Beam(3), $1.25L^2 = 0.875(B-0.05) \times 52$, then $B = 0.0275L^2 + 0.05$. This is also shown in Fig.W10.

(1) 1-d12

(2) 2-d12

(3) 4-d12

(2) 精算による臥梁必要幅

対象が最上階であり、負担荷重が小さいので、清算により求める。

CBの単位体積重量

20 kN/m³

水平震度 K

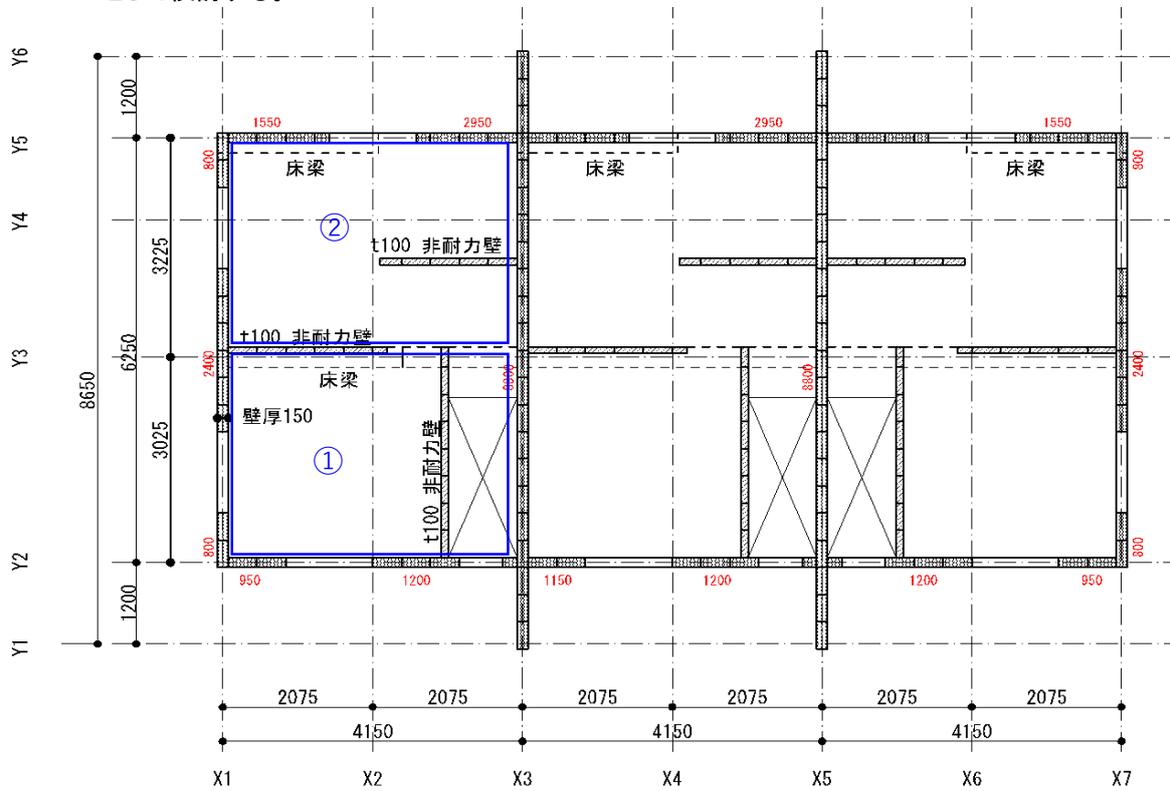
1.0

検討部材番号			①	②	③	
部材種類			臥梁	臥梁	臥梁	
断面・ スパン	臥梁せい D	mm	200	200	200	
	臥梁幅 B	mm	300	400	550	
	臥梁スパン L	mm	4150	6250	6250	
荷重	2階CB壁(h=積み高/2=1.4m)	N/m幅	4.20	4.20	4.20	
	臥梁自重	N/m幅	1.44	1.92	2.64	
	うだつ壁 (平均h=0.8m)	N/m幅	0.00	0.00	2.40	
	屋根重量		水平ブレースにより地震力方向の耐力壁に伝達されるものとする。			
	計	N/m幅	5.64	6.12	9.24	
	地震力	N/m幅	5.64	6.12	9.24	
支持条件	RC造計算規準の小梁に倣う	端部(左)	0.6C	0.6C	0.6C	
		中央	Mo-0.65C	Mo-0.35C	Mo-0.35C	
		端部(右)	1.2C	0.6C	0.6C	
		C	8.1	19.9	30.1	
		Mo	12.1	29.9	45.1	
曲げモーメント	端部(左)	kN・m	4.9	12.0	18.0	
	中央	kN・m	6.9	22.9	34.6	
	端部(右)	kN・m	9.7	12.0	18.0	
必要鉄筋量	鉄筋の短期許容応力度 ft	N/mm ²	230	230	230	
	有効幅 b	mm	250	350	500	
	応力中心間距離 j	mm	219	306	438	
	必要鉄筋量	端部(左)	mm ²	96.5	169.7	179.3
		中央	mm ²	136.8	325.3	343.8
		端部(右)	mm ²	193.1	169.7	179.3
配筋	主筋	端部(左)	2-φ12	2-φ12	2-φ12	
		中央	2-φ12	3-φ12	3-φ12	
		端部(右)	2-φ12	2-φ12	2-φ12	
備考						
<p>(a) 外スパンと内スパン</p> <p>(b) 単スパン</p>						

5.スラブの検討

(1) 検討対象スラブ

- ①は短辺方向の1方向スラブ
 - ②は4辺固定
- として検討する。



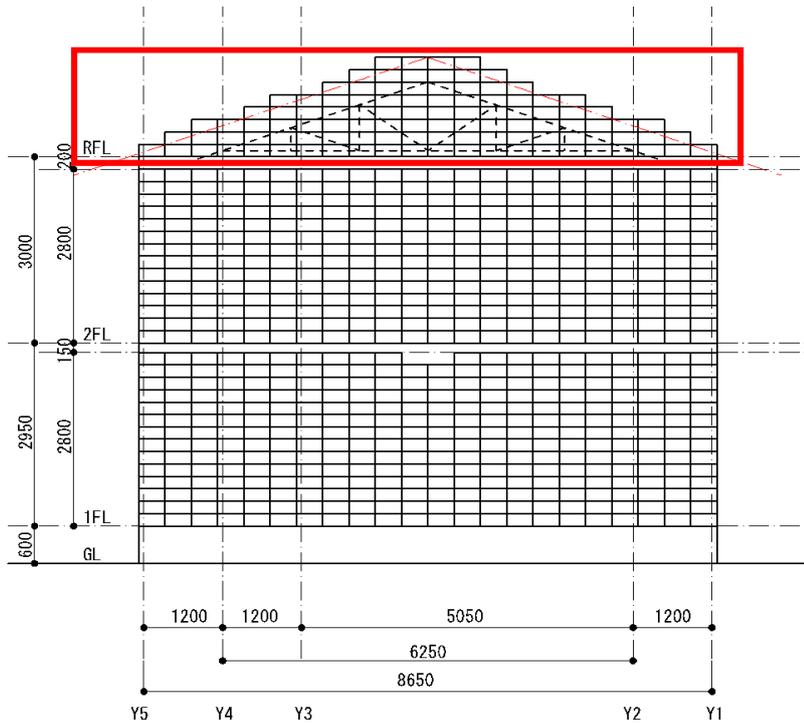
2階床・壁伏図

(2)補強筋の検討

検討スラブ				X1-X3 Y2-Y3	X1-X3 Y3-Y5		
支持条件				2辺固定	4辺固定		
スパン	短辺 Lx		m	2.73	3.09		
	長辺 Ly		m	—	4.00		
荷重	床単位重量 w		N/m ²	6800	6800		
	w _x		N/m ²	—	5023		
曲げ モーメント	短辺	端部 M _{x1}	kN・m	4.21	3.98		
		中央 M _{x2}	kN・m	2.10	2.66		
	長辺	端部 M _{y1}	kN・m	—	2.70		
		中央 M _{y2}	kN・m	—	1.80		
厚さ 有効せい	スラブ厚 t		mm	150	150		
	有効せい	短辺 dx	mm	110	110		
		長辺 dy	mm	100	100		
	応力中心間距離	短辺 j _x	mm	96	96		
		長辺 j _y	mm	88	88		
鉄筋の長期許容応力度 f _t			N/mm ²	153	153		
必要鉄筋 断面積 at	短辺	端部	mm ² /m幅	285	270		
		中央	mm ² /m幅	143	180		
	長辺	端部	mm ² /m幅	—	201		
		中央	mm ² /m幅	—	134		
配筋	短辺	端部		Φ10@200	Φ10@200		
		中央		Φ10@200	Φ10@200		
	長辺	端部		Φ10@300	Φ10@300		
		中央		Φ10@300	Φ10@300		
備考	鉄筋断面積						
	φ10			78.5 mm ²			
	φ12			113.1 mm ²			

6. 面外力に対するうだつ壁の検討

(1)対象部分



× 3 通 軸組図

(2)補強筋の検討

CBの単位体積重量 20 kN/m³

水平震度 K 1.0

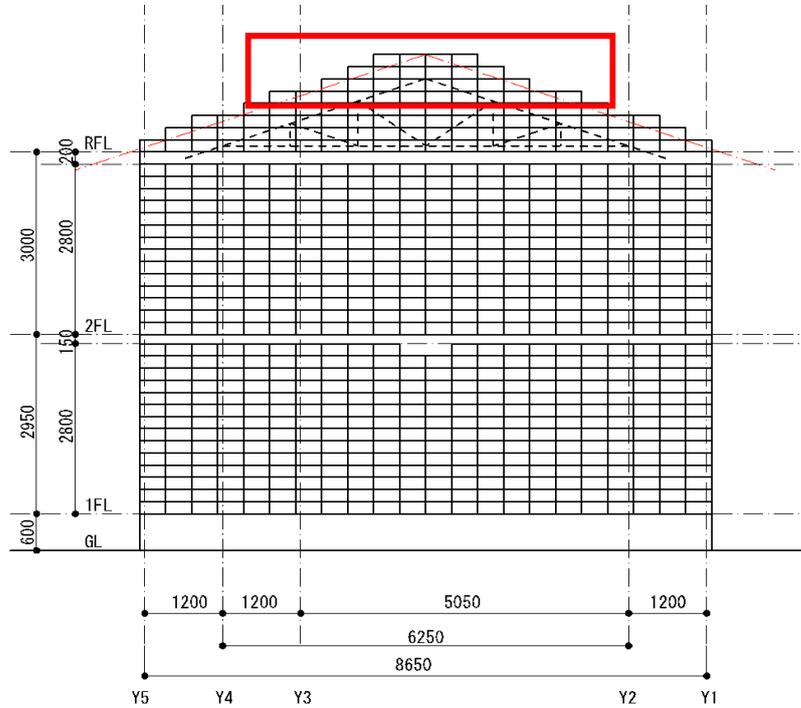
対象部分		中央部	中間部	両側部		
支持条件		下辺固定	下辺固定	下辺固定		
壁寸法	壁厚 t	150	150	150		
	積み段数	8	6	4		
	積み高	1600	1200	800		
荷重	壁単位重量 w	3.00	3.00	3.00		
	地震力	3.00	3.00	3.00		
曲げモーメント		下端	kN・m	15.36	8.64	3.84
有効せい	有効せい	75	75	75		
	応力中心間距離	66	66	66		
鉄筋の短期許容応力度 ft		N/mm ²	230	230	230	
必要鉄筋断面積 at		mm ² /m幅	1018	572	254	
配筋		φ 12@400	φ 12@400	φ 12@400		
備考	鉄筋断面積					
	φ 10	78.5 mm ²				
	φ 12	113.1 mm ²				
	φ 16	201.1 mm ²				
				↑ ↑ 中央部・中間部の5段以上は上記の補強筋では曲げ耐力が不足するので、軽量鉄骨トラスで挟み、水平ブレースで地震力方向の耐力壁に伝達させる		

(3) 屋根面ブレースの検討

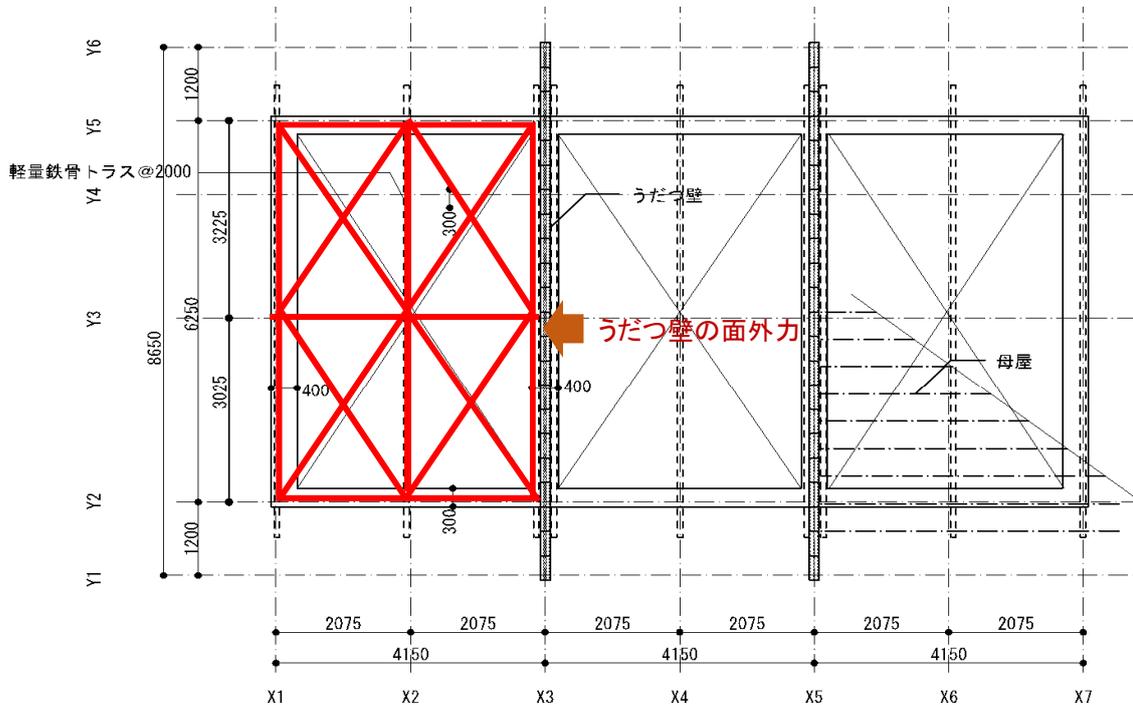
うだつ壁の面外力を伝達するための屋根面ブレースについて検討する。

5段目以上の部分の面外力は、屋根面の水平ブレースが負担するものとする。

対象部分のCB個数	30 個
対象部分の見付面積	2.4 m ²
対象部分の重量	7.2 kN



X 3 通 軸組図



R階臥梁伏図

ブレース断面の検討

対象部分のうだつ壁重量	7.2 kN	
水平震度 K	1.0	
地震力	7.2 kN	
ブレースの角度	33.6 度	
ブレース断面	φ 12	
ブレースの有効断面積	85 mm ²	
ブレースの短期許容応力度	230 N/mm ²	
ブレース強度	19.5 kN	
荷重方向成分	10.8 kN	
有効なブレース本数	4 本	
ブレースの荷重伝達能力	43.2 kN >	7.2 kN OK