

平成21年度建築基準法整備促進補助金事業



10.地震力の入力と応答に関する 基準の合理化に関する検討

2010年4月14日

株式会社 小堀鐸二研究所

鹿島建設株式会社

財団法人 日本建築センター



研究体制

(イ) RtとAiの規定における基礎バネ

小堀鐸二研究所

鹿島

(ロ) 非剛床の場合の偏心率規定の適用法

日本建築センター

小堀鐸二研究所、鹿島

(ハ) Gsに与える工学基盤の傾斜の影響

小堀鐸二研究所

(日本免震構造協会)

国交省・国土技術
政策総合研究所
(協力委員orオブ
ザーバー)

独法・建築研究所
(共同研究)

平成21年度建築基準法整備促進補助金事業

10. 地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討



(イ) R_t と A_i の規定における基礎 バネの考え方の整理

2010年4月14日

株式会社 小堀鐸二研究所
鹿島建設株式会社



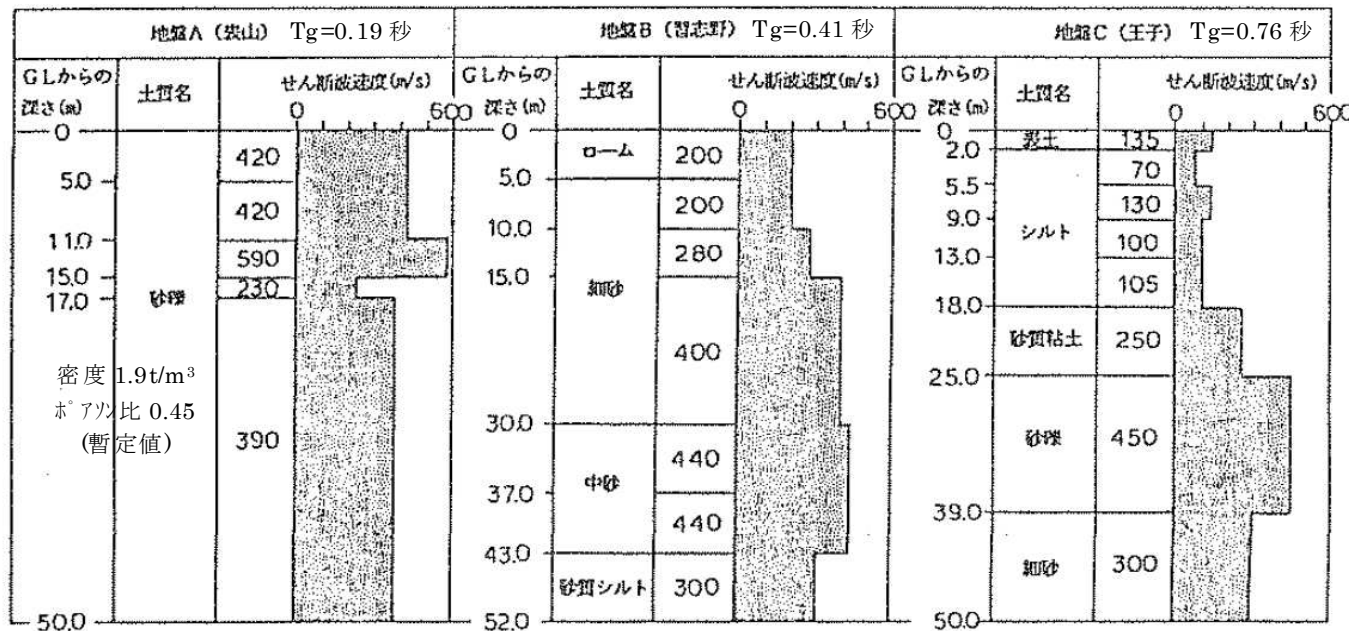
調査研究の背景と目的

建築基準法での R_t 及び A_i の算出方法は、原則「基礎及び基礎ぐいの変形が生じないもの」とされており、より合理的で明確な基準の整備が望まれている。そこで、本研究では以下の影響を解析的に検討する。

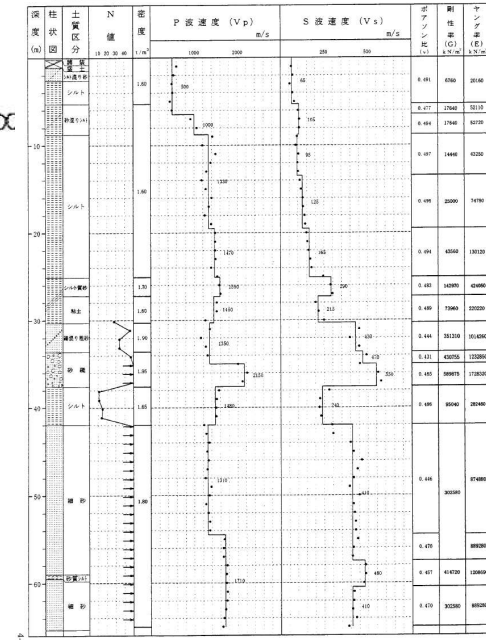
- ①基礎バネの簡易評価方法の検証
- ②建物応答の評価方法が基準化層せん断力係数に与える影響
- ③地盤剛性が建物の基準化層せん断力係数に与える影響

地盤条件

地盤A



地盤D



$T_g=0.19$ 秒
(第1種地盤)

$T_g=0.41$ 秒
(第2種地盤)

$T_g=0.76$ 秒
(第3種地盤)

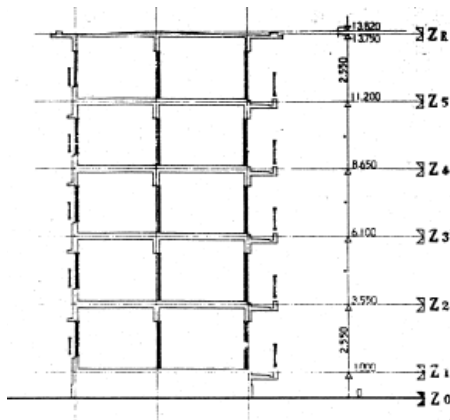
$T_g=0.84$ 秒
(第3種地盤)

※ 井上他: AIJ大会、S60.10など

解析対象建物(1)

※ 井上他:AIJ大会、S60.10など

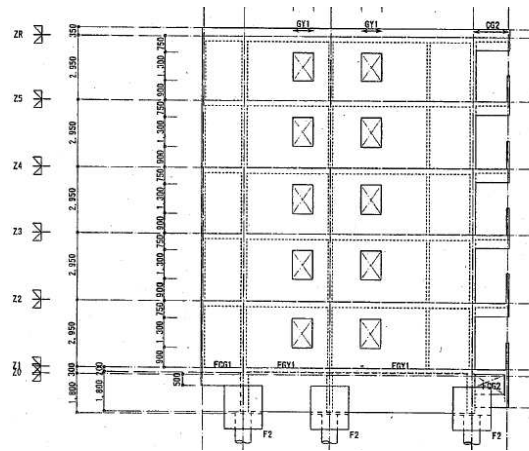
38m × 7m
高さ約15m



5階建て(旧耐震)

基礎固定(長辺) : 0.15秒
SR(地盤C,長辺) : 0.30秒

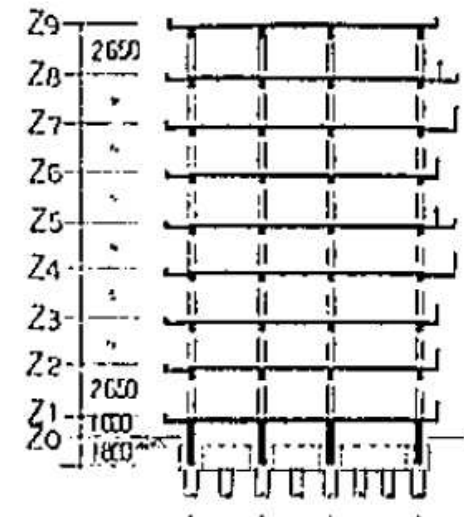
38m × 13m
高さ約15m



5階建て(新耐震)

0.17秒
0.32秒

42m × 13m
高さ約24m



8階建て

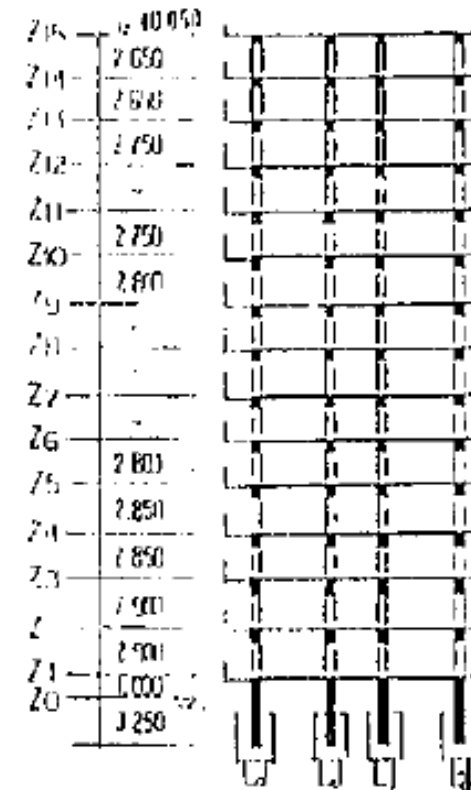
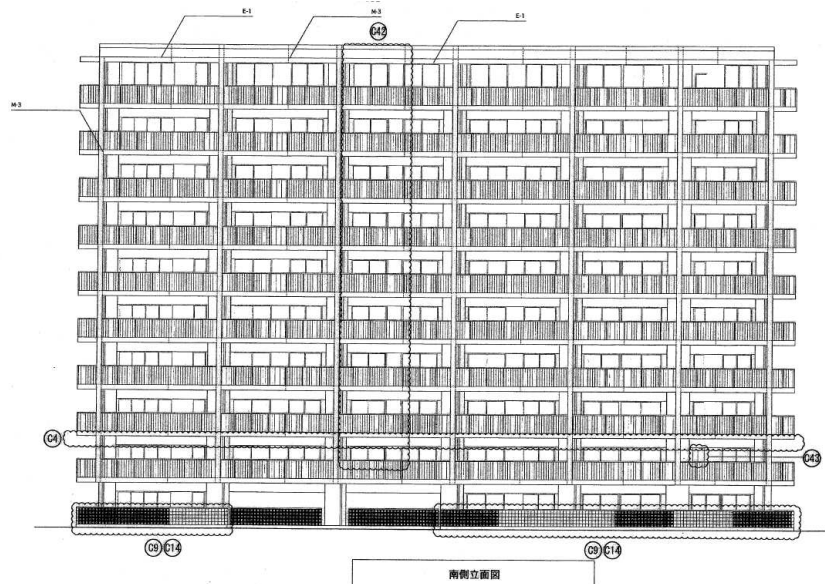
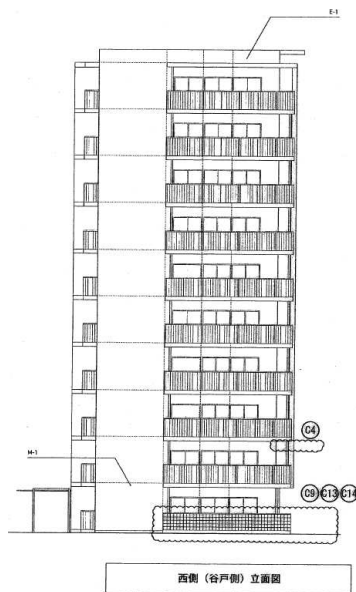
0.30秒
0.40秒

解析対象建物(2)

57m × 12m
高さ約40m

※ 井上他: AIJ大会、S60.10など

41m × 13m、高さ約29m



10階建て(新耐震)

短辺

長辺

基礎固定 : 0.30秒

0.64秒

SR(地盤C) : 0.63秒

0.74秒

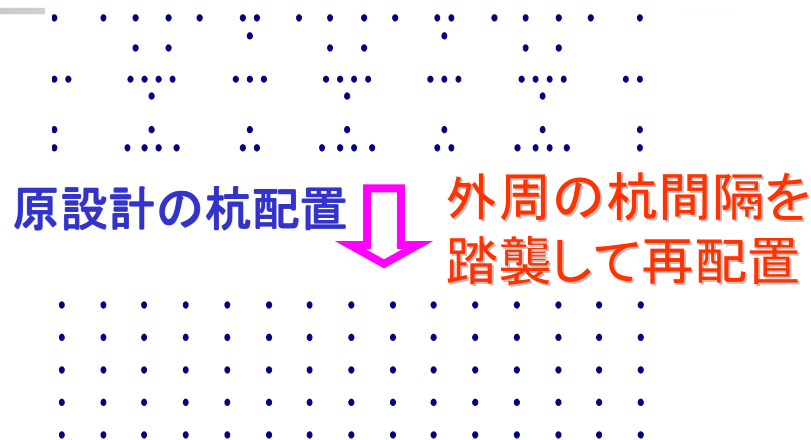
14階建て(長辺)

基礎固定(長辺):0.70秒

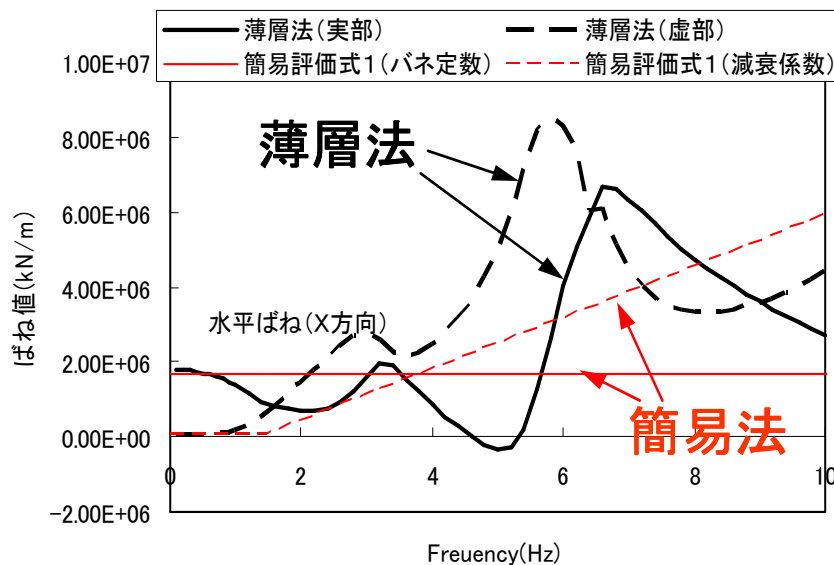
SR(地盤C,長辺):0.71秒

基礎バネの簡易評価法の精度検証

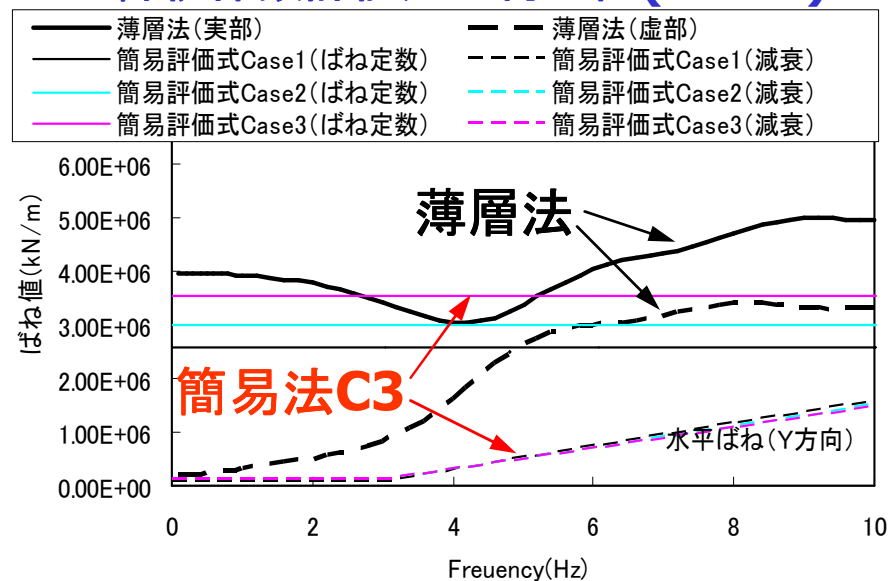
「建物と地盤の動的相互作用を考慮した
応答解析と耐震設計」(AIJ、2006)に基づ
く簡易評価方法は薄層法とほぼ対応。
ただし杭間隔は群杭係数を小さく評価し
ないように設定する必要がある。



群杭係数評価用に再配置(Case3)

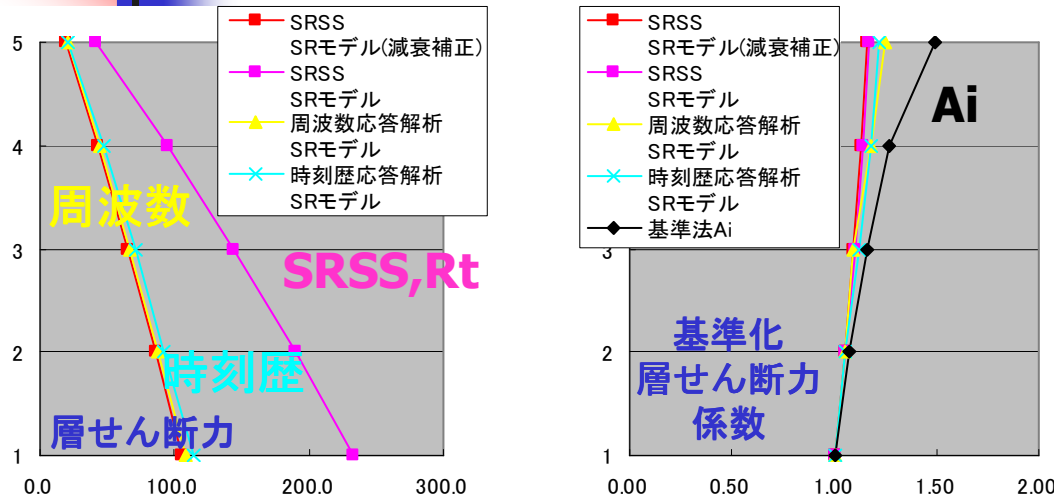


10階建て,長辺,地盤C

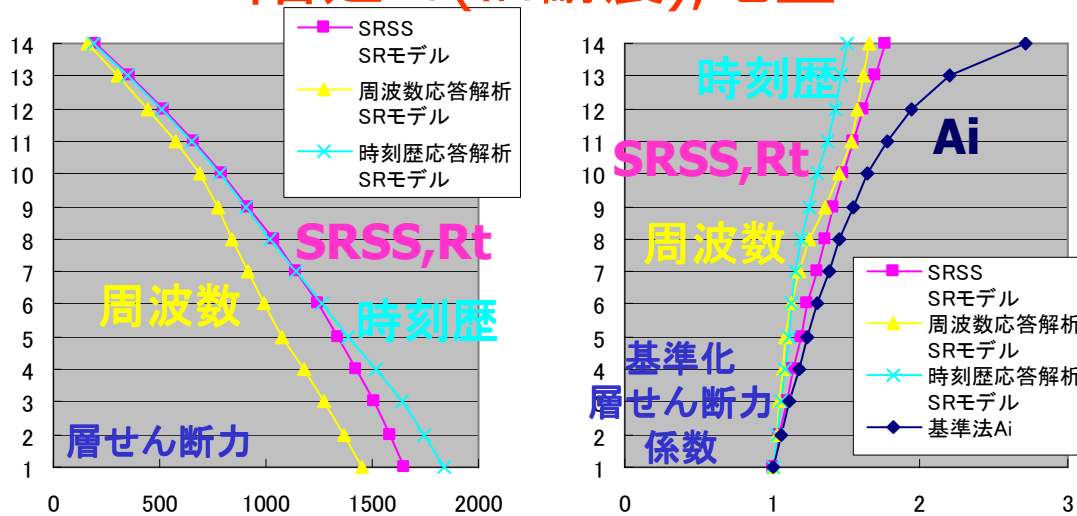


5階建て(旧耐震),短辺,地盤C

応答評価法が層せん断力係数分布に与える影響



5階建て(旧耐震),地盤C



14階建て,地盤C

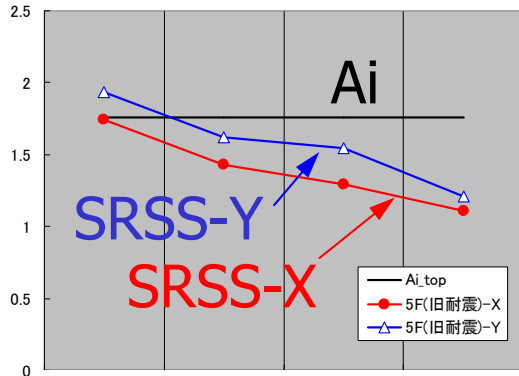
SRモデルによる応答評価

○SRSS(減衰5%のスペクトルモデル)によるせん断力は低層建物では過大評価(相互作用の影響大)、中層ではほぼ同等(相互作用の影響小)

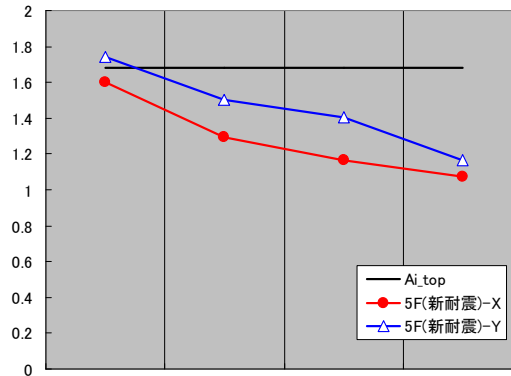
○SRSSの層せん断力係数分布は、時刻歴解析とほぼ対応、基準法の A_i 分布は上層が過大

地盤剛性が層せん断力係数分布に与える影響

建物頂部せん断力係数

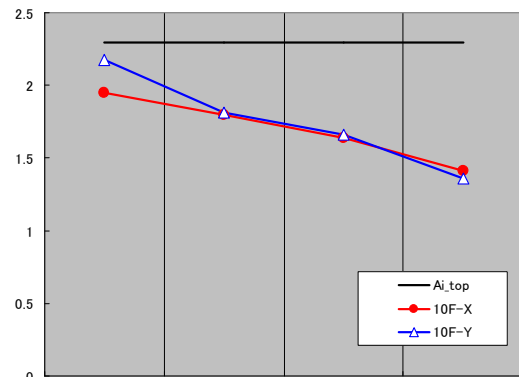


←硬 地盤 軟→
5階建て(旧耐震)

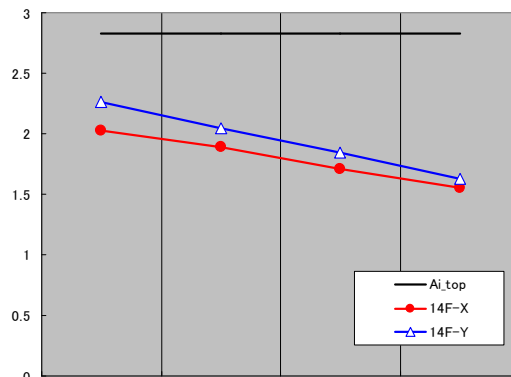


←硬 地盤 軟→
5階建て(新耐震)

建物頂部せん断力係数



←硬 地盤 軟→
10階建て



←硬 地盤 軟→
14階建て

OSRモデルでのSRSS(減衰5%一律)による最上階の基準化層せん断力係数は、低層から中層建物、において、地盤が軟弱となるほど小さくなり、基準法Aiとの差が大きくなる。



まとめと今後の課題

1. 「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計」(AIJ、2006)に基づく簡易評価方法による基礎バネは精算解(薄層法)とほぼ対応。
 2. SRモデルを用いたSRSS法による基準化層せん断力係数は、精算解(逐次積分による時刻歴解析、周波数応答解析)とほぼ対応する。
 3. 基準法による A_i は、SRモデルを用いたSRSSや精算解に比べ、大きめに評価する傾向がある。
- ✓ 1F層せん断力 ($C_0 \cdot R_t$) の評価方法の検討(特に相互作用効果が大きい低層建物、軟弱地盤上の建物)

平成21年度建築基準法整備促進補助金事業

10. 地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討



**(口)床の面内剛性に着目した場合
の偏心率規定の適用方法の検討**

2010年4月14日

財団法人 日本建築センター
株式会社 小堀鐸二研究所
鹿島建設株式会社



検討内容

1. 一貫計算プログラムでの非剛床の取り扱いに関する調査
2. 非剛床のパターン分けと設計上の問題点抽出
3. 非剛床建物の設計上の問題点の解決策の検討
 - 1 立体解析の利用と必要保有水平耐力の割増しに関する検討
 - 2 床剛性が弱構面の変形に与える影響把握と非剛床/剛床の判定基準提案の可能性検討

一貫計算プログラムでの非剛床の取り扱いに関する調査

○調査会社数: 13社

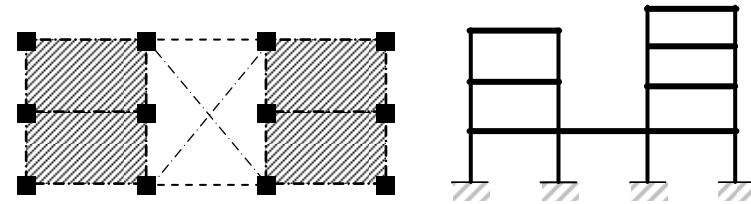
○調査内容

<対象建築物>

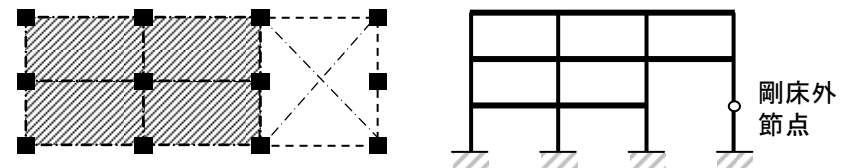
- ・剛床建築物
- ・ツインタワー
- ・吹き抜けがある建築物
- ・下階で2剛床になる建築物

<調査項目>

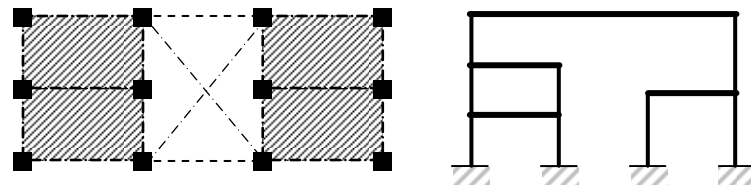
- ・モデル化の方法、解析条件
- ・外力の設定方法
- ・層間変形角、剛性率、**偏心率の確認方法**
- ・保有水平耐力計算時における**Feの設定方法**
- ・剛床間に設置する水平部材の設定方法
- ・解析結果の出力方法



<ツインタワー>



<吹き抜けがある建築物>



<下階で2剛床になる建築物>



一貫計算プログラム作成会社へのアンケート結果1

<ツインタワー>

- 13社のうち、2社は対象外としている。
- モデル化では、一般的に各タワーで階数及び階高を同一に設定すると思われるが、タワーごとに階数または階高を設定できるものもある。
- 外力は、各タワーでAi分布を算定しそれぞれの外力としているものや各タワーの同一層をまとめ、全体でAi分布を算定し、質量ごとに分けているものがある。
- 固有値解析が出来るのは、3社に過ぎない。



一貫計算プログラム作成会社へのアンケート結果2

<吹き抜けがある建築物>

- 吹き抜け柱は原則として直列の柱として扱っているが、1本の柱として扱うことができるものもある。
- 偏心率計算時のモデル化の考え方は、各階の全ての柱の剛性と長期軸力とから求めているものと、剛床に接続する真下の柱の剛性と長期軸力とから求めているものがある。重心に関しては剛床部のみで求めているもの、および非剛床部を含めた全体で求めているものがあるが割合としては半々。
- 必要保有水平耐力については、大半が剛床部、非剛床部の両方にFeを考慮した算定としている。



一貫計算プログラム作成会社へのアンケート結果3

<下階で2剛床になる建築物>

- 13社のうち、3社は対象外、2社は外力等の設定をユーザーに求めており、一貫計算できるのは8社である。
- 一般的には、各剛床の階数・階高を同一に設定するが、剛床ごとに階数・階高を設定できるものもある。
- 偏心率計算時のモデル化の考え方は、各階の全ての柱の剛性と長期軸力から求めるものや主剛床、副剛床毎に柱の剛性と長期軸力から求めるものがある。
- 必要保有水平耐力の算定は、全体で求めた F_e を考慮しているものと各々で求めた F_e を各々に考慮しているものがある。



必要保有耐力の割増しに関する検討

<アンケート結果より>

- 新耐震設計法が制定された当時、想定された解析法 平面解析
- 現在、一般的に行われる解析法 立体解析

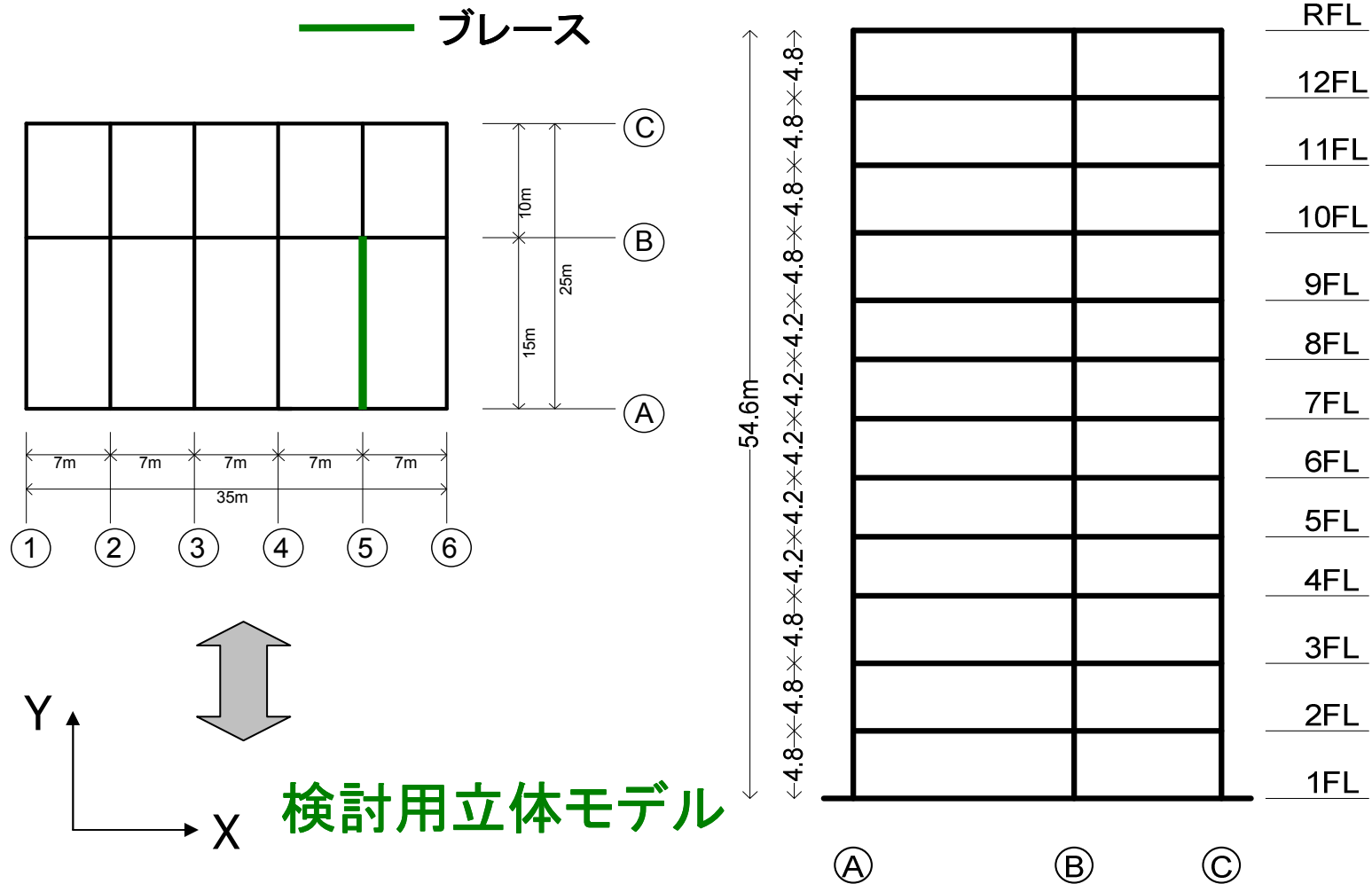


<課題>

- ねじれを考慮できる立体解析により保有水平耐力を算定する場合、さらに偏心率に応じた必要保有耐力割増 F_e を考慮するのは過剰では？

立体解析の利用と偏心割増に関する検討

立体骨組モデルで応力解析して、偏心耐力割増は必要か



立体解析における耐力割増係数 α の検討

保有水平耐力が等しい
2つのモデル
 $uQ_3 = uQ_2$

立体解析

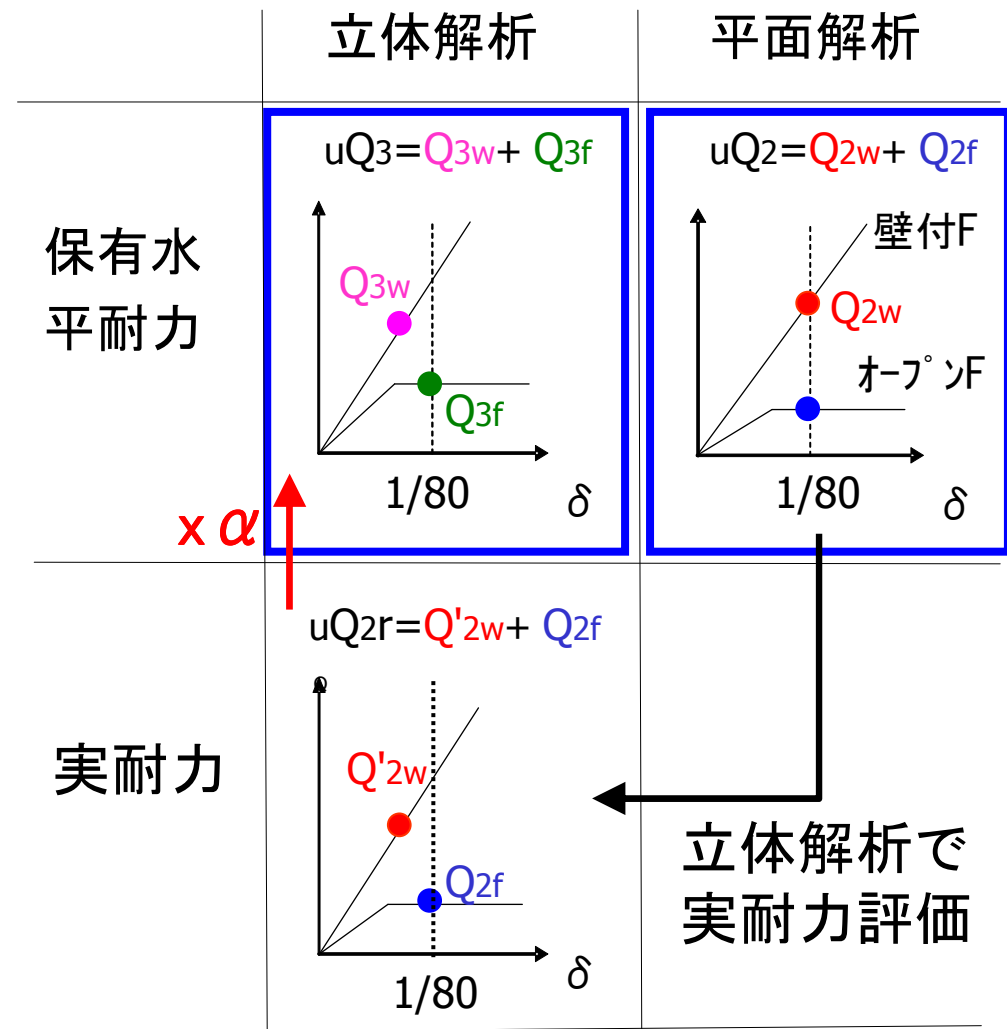
平面解析



立体振れ
モデル
の耐力
 uQ_3

列車連結
モデル(uQ_2)
の実耐力
 $uQ_{2r} < uQ_2$

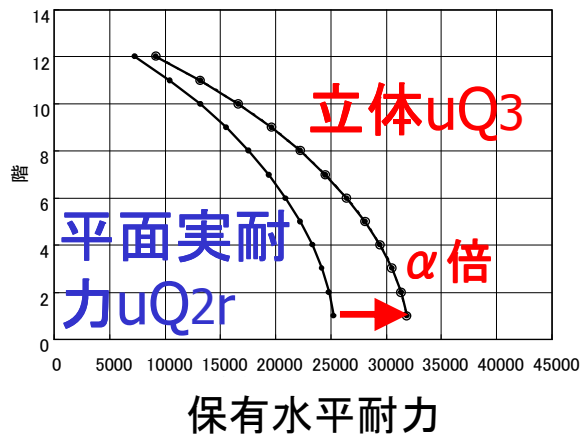
耐力割増係数 α を
導入して
 $uQ_3 = \alpha \times uQ_{2r}$



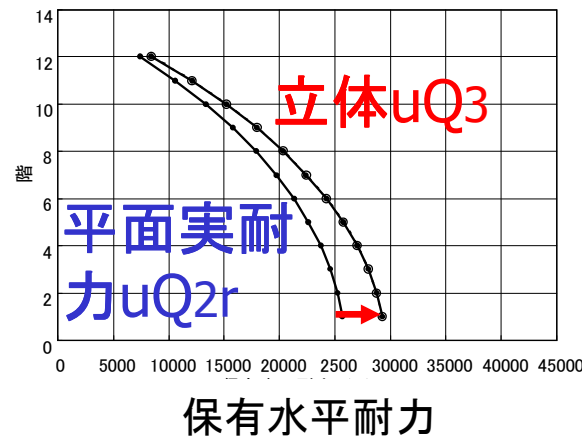
耐力割増係数 α と偏心率による必要耐力割増 Fe

立体解析による耐力割増係数 α の評価

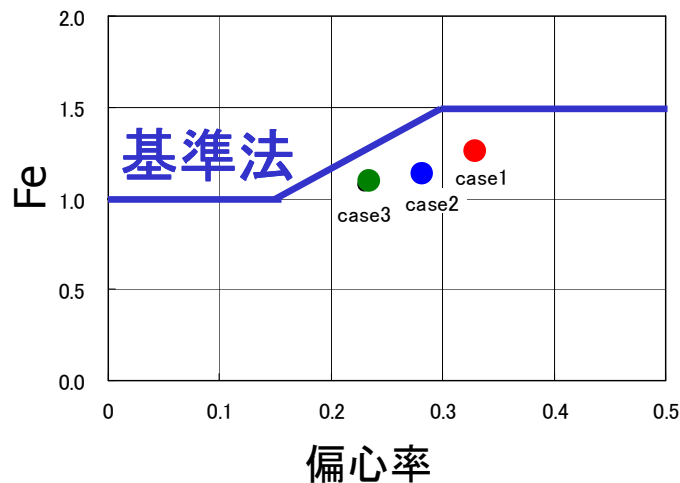
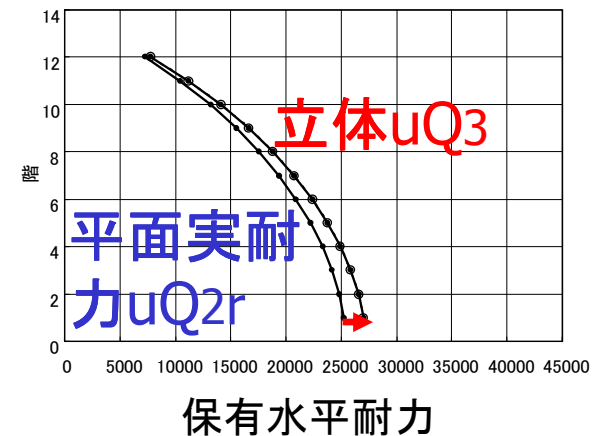
偏心率0.33 ●



偏心率0.28 ●



偏心率0.23 ●



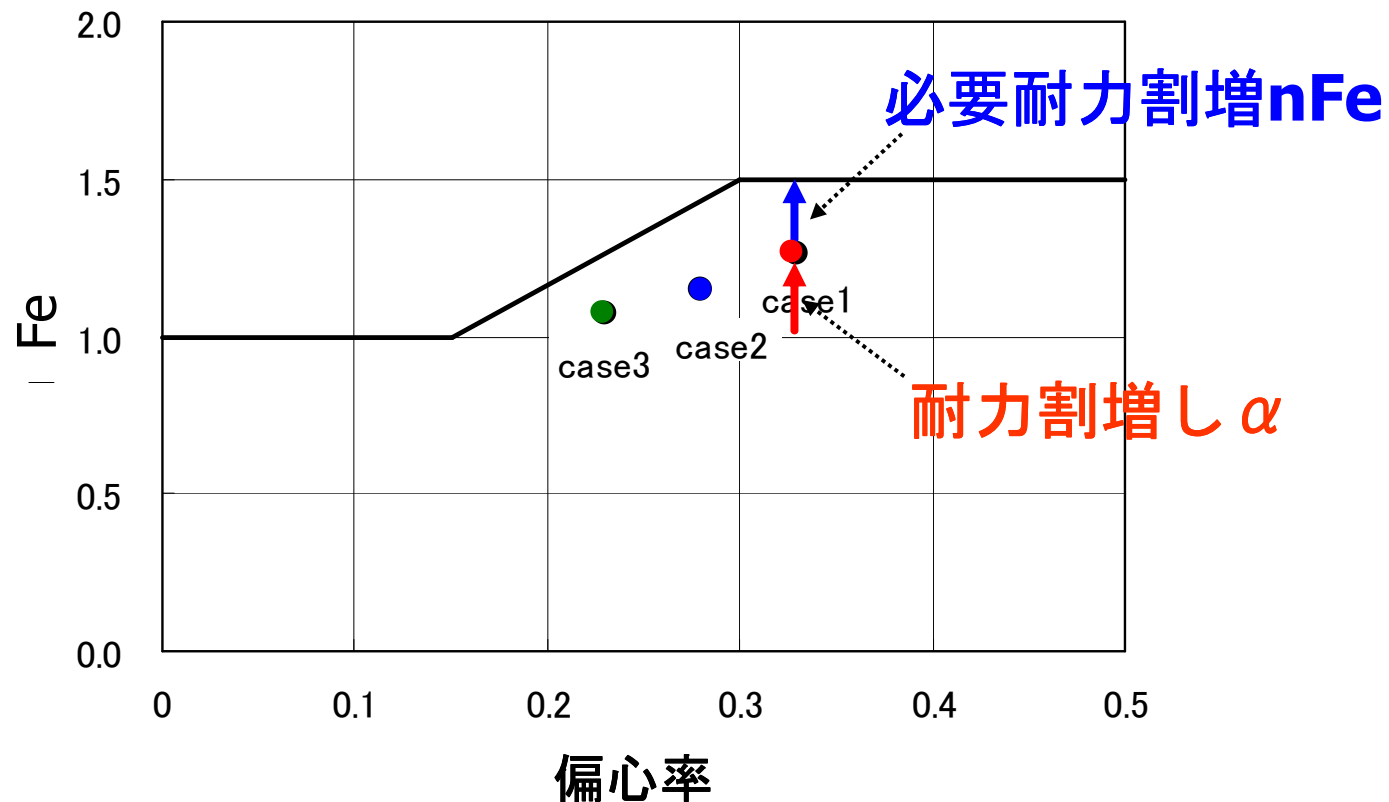
耐力割増 α は偏心率大ほど大きいが、基準法の Fe より小さい

$1 < \text{耐力割増 } \alpha < \text{必要耐力割増 } Fe$

立体解析を行う場合の必要耐力割増 n_{Fe}

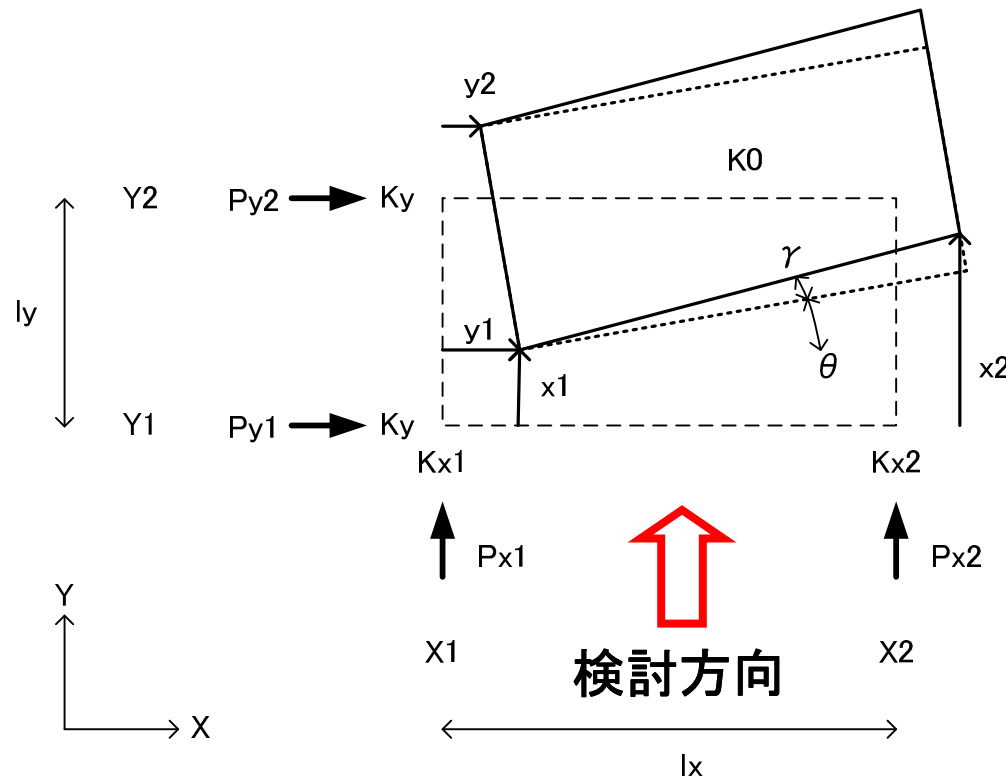
基準法に定める偏心建物の必要耐力を確保するため、 n_{Fe} の導入

n_{Fe} = 必要保有水平耐力割り増し F_e /耐力割り増し α



非剛床/剛床の判定基準提案の可能性検討

床剛性を考慮した1層1スパンモデル

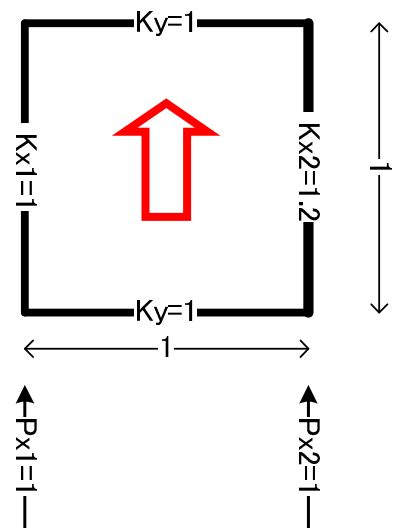


床剛性を考慮した力の釣合を考慮

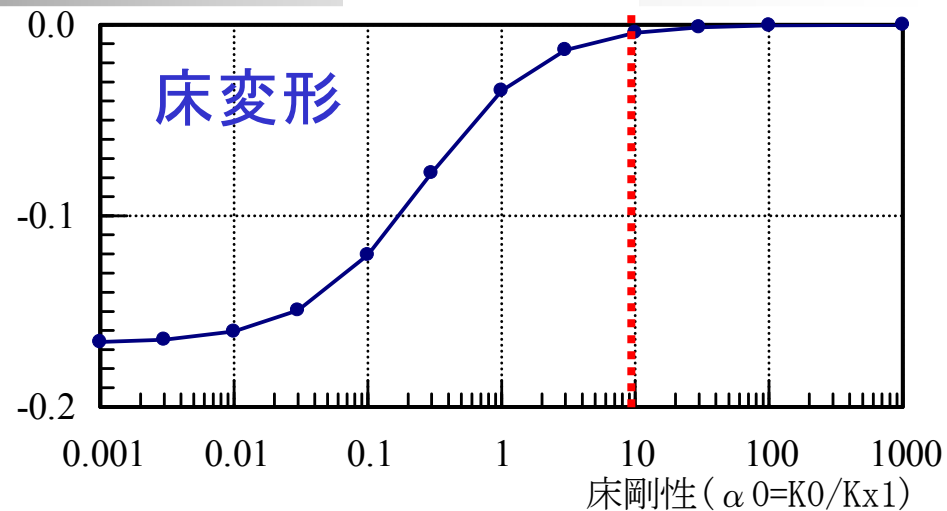
→床剛性に応じた床の変形量

→床剛性に応じた偏心率

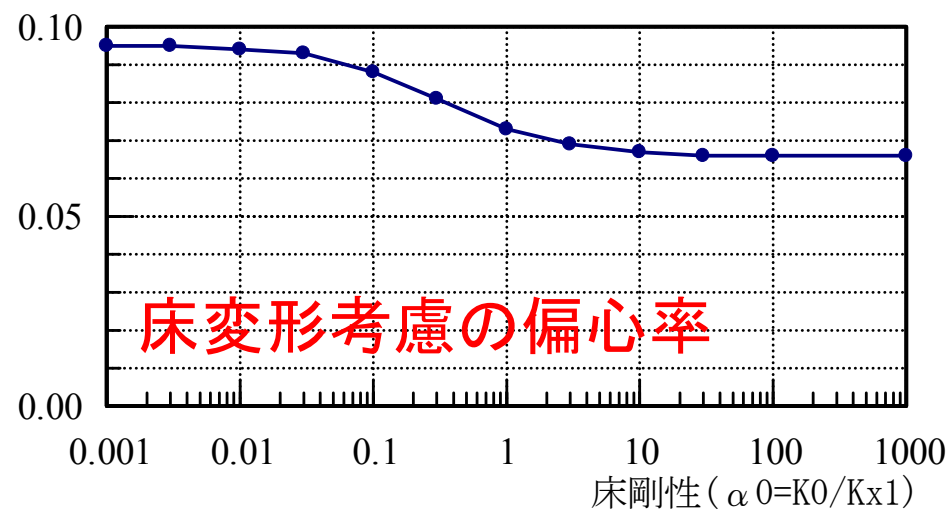
床剛性に応じた床の変形量と偏心率



- ・ 弱い方のフレーム剛性に対して床剛性が概ね**10倍程度**であれば、**剛床とみなせる**
- ・ 剛床の場合に対し、一般に床剛性が小さくなると**偏心率が大きく評価されるようになる**



床剛性 (床と弱構面 K_{x1} の剛性比)



床剛性 (床と弱構面 K_{x1} の剛性比)



今後の課題

○非剛床建物への偏心率規定の適用に関する検討

- (1) 下記の非剛床の代表3種を対象に適切な偏心率の算定法の評価

ツインタワー、吹き抜けがある場合、下階で2剛床となる場合

- (2) 各非剛床建物に対する適切な設計外力分布の検討

○必要保有耐力割増し(F_e)に関する検討


- (1) 地震応答解析を用いた動的挙動の確認
- (2) 静的な挙動と動的な挙動の比較と動的効果の考慮

○非剛床/剛床の判定基準提案の可能性検討

- (1) 多層モデルでの判定基準提案の可能性を検討
- (2) 非剛床建物毎の、非剛床／剛床の判定基準の検討

平成20年度建築基準法整備促進補助金事業

10. 地震力の入力と応答に関する基準の合理化に関する検討



**(ハ)表層地盤の加速度増幅率Gsに
与える工学的基盤の傾斜の影響の整理**

2010年4月14日

**株式会社 小堀鐸二研究所
(日本免震構造協会)**



検討内容

【背景1】表層地盤増幅率 G_s の適用条件の一つとして、「表層地盤の厚さの5倍程度の範囲において**工学的基盤が5度以下の傾斜**である」ことを規定。【平成12年建設省告示第1457号】

①表層地盤増幅率 G_s に与える工学的基盤の傾斜の影響の整理

- 傾斜の影響を考慮した増幅係数の設定式の提案:2D-FEMに基づく検討
- 傾斜が地表面地震動に与える影響の現象の把握:文献調査

【背景2】 G_s の計算に必要な地盤情報を得るには、**高額の費用負担**や**敷地外におよぶ調査**を含むことから、情報入手が困難な状況

②地盤調査方法・既存資料の利用に関する検討

- 地盤情報を得るための地盤調査方法の整理
- 建築構造設計の観点からの地盤データベースの提案

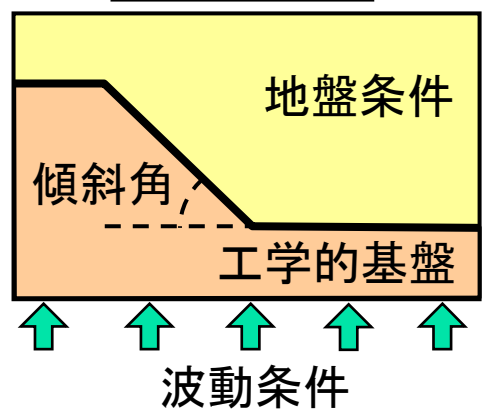
①Gsに与える工学的基盤の傾斜の影響の整理

【傾斜の影響を考慮した増幅係数の設定式の提案】

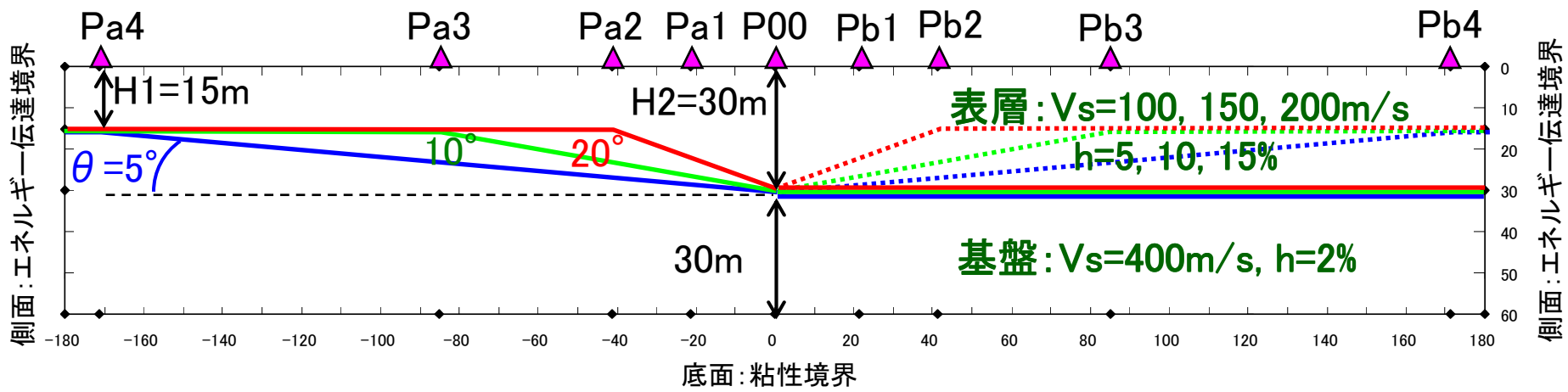
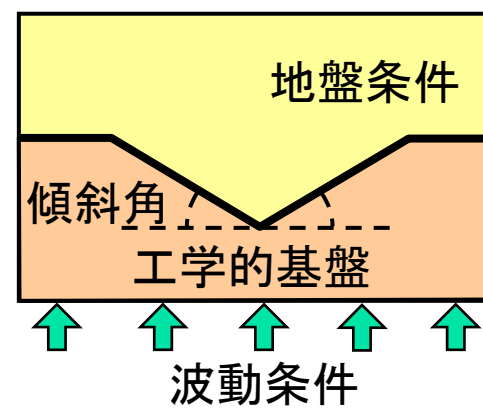
解析モデル

- ・線形の二層地盤
- ・片側傾斜と両側傾斜
- ・傾斜角 $\theta = 5, 10, 20^\circ$
- ・波動条件や地盤条件をパラメータとした2次元FEM解析 (計27ケース)
- ・各地点の応答を2次元地盤(2D)と直下1次元地盤(1D)で比較

片側傾斜

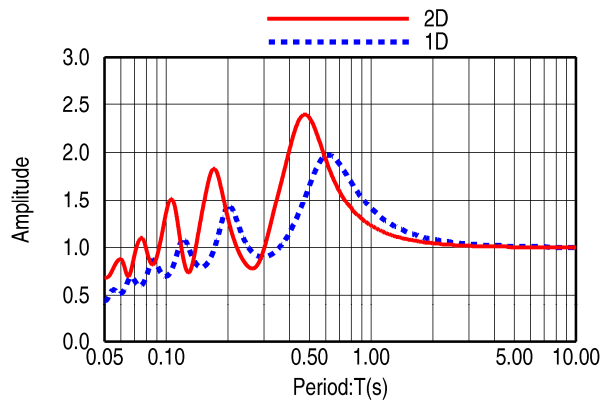
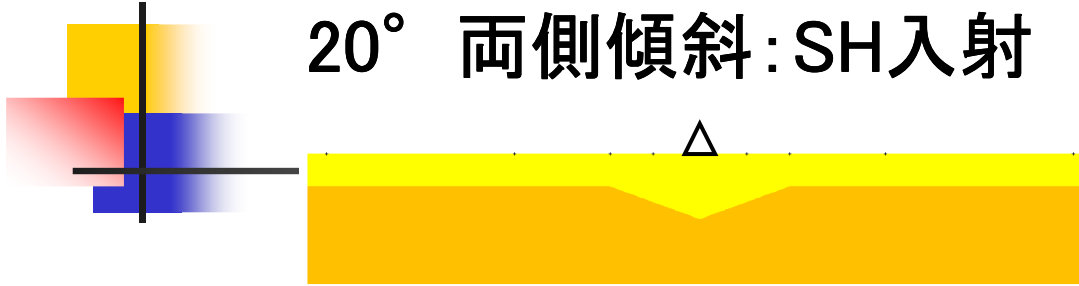


両側傾斜

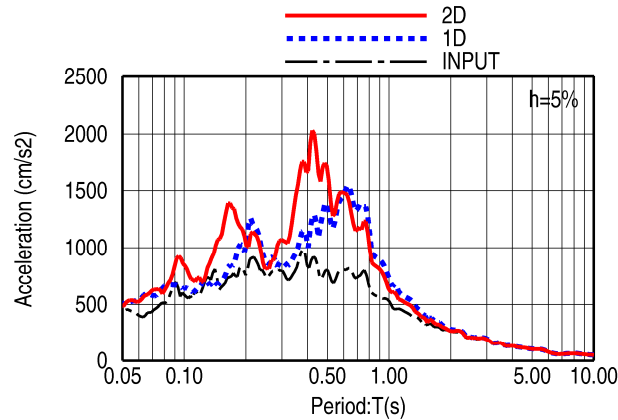


入力地震動: 告示レベル2 (JSCA八戸EW位相)

20° 両側傾斜: SH入射 P00地点

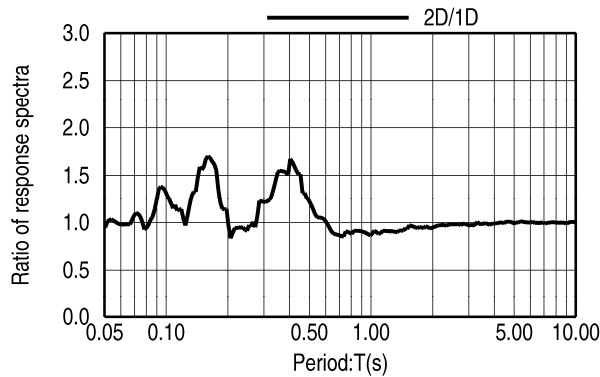


伝達関数

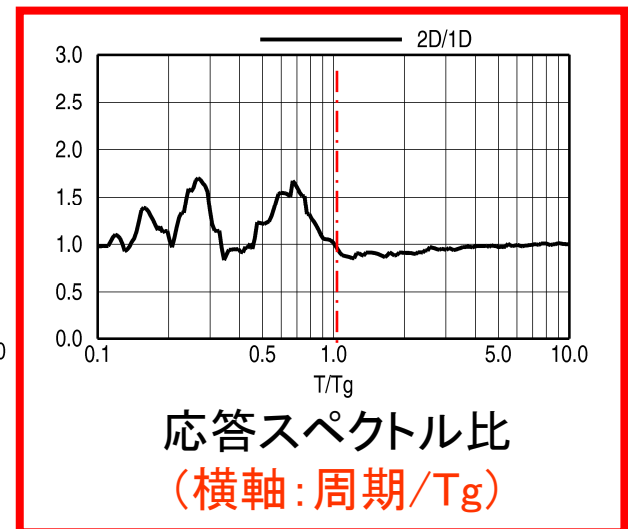


加速度応答スペクトル

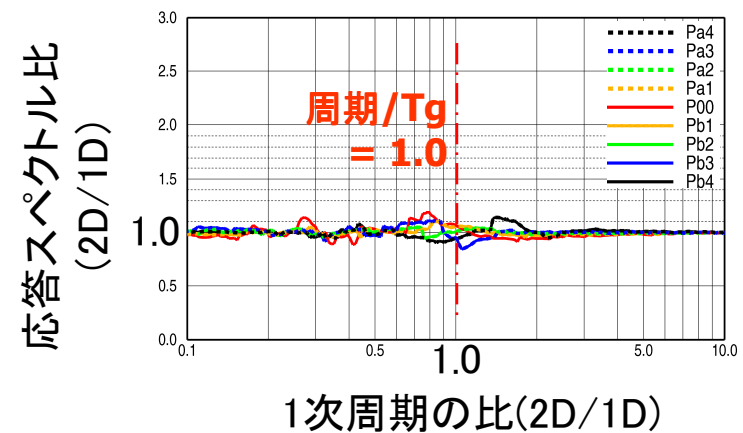
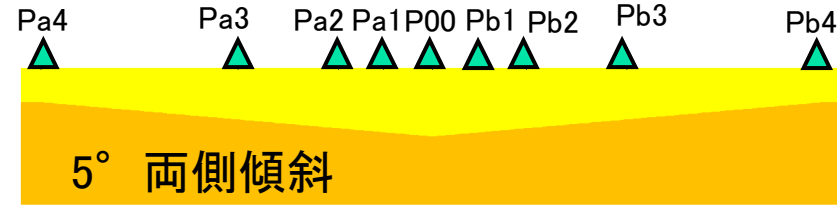
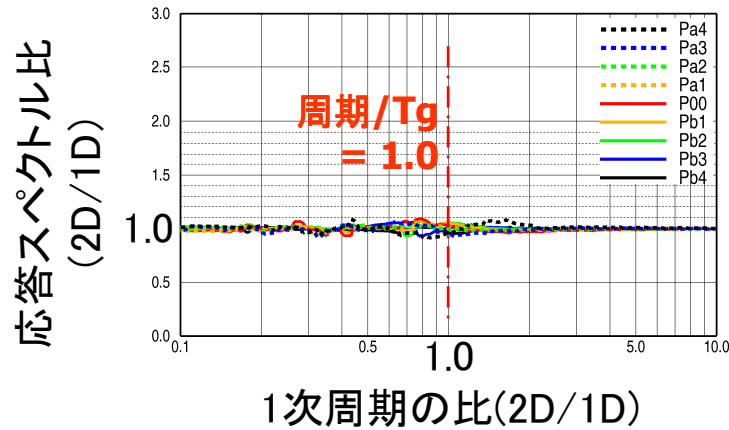
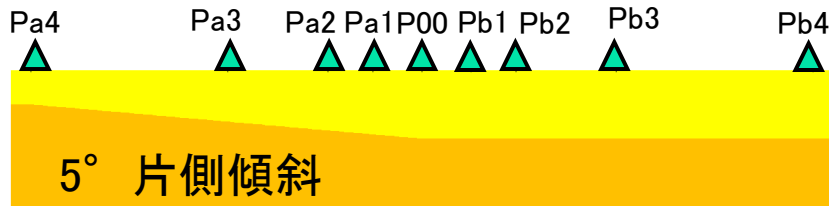
2D/1D



応答スペクトル比
(横軸: 周期)

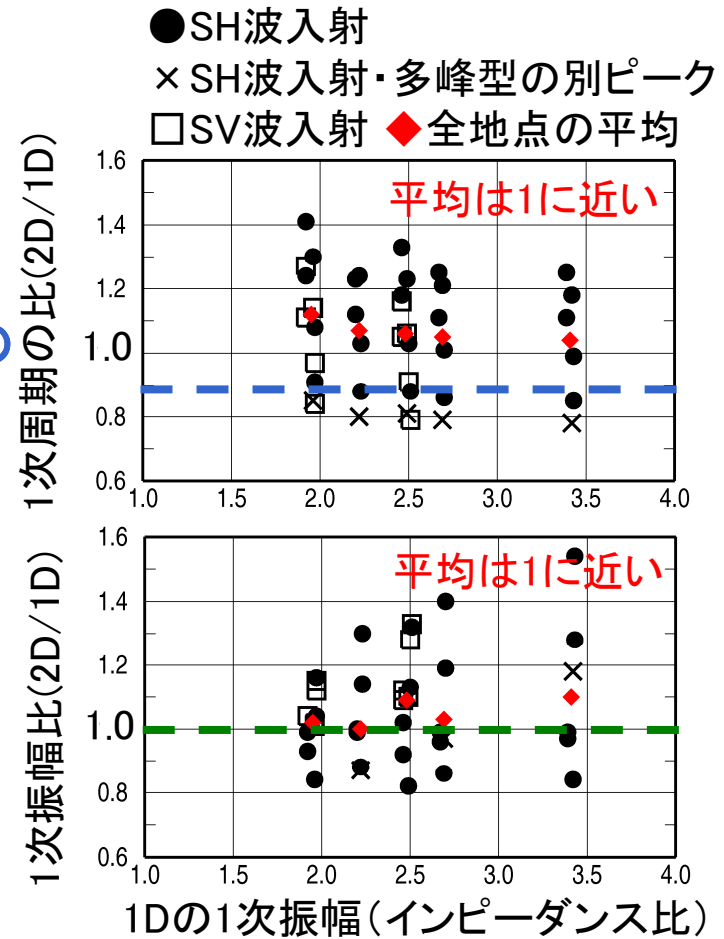
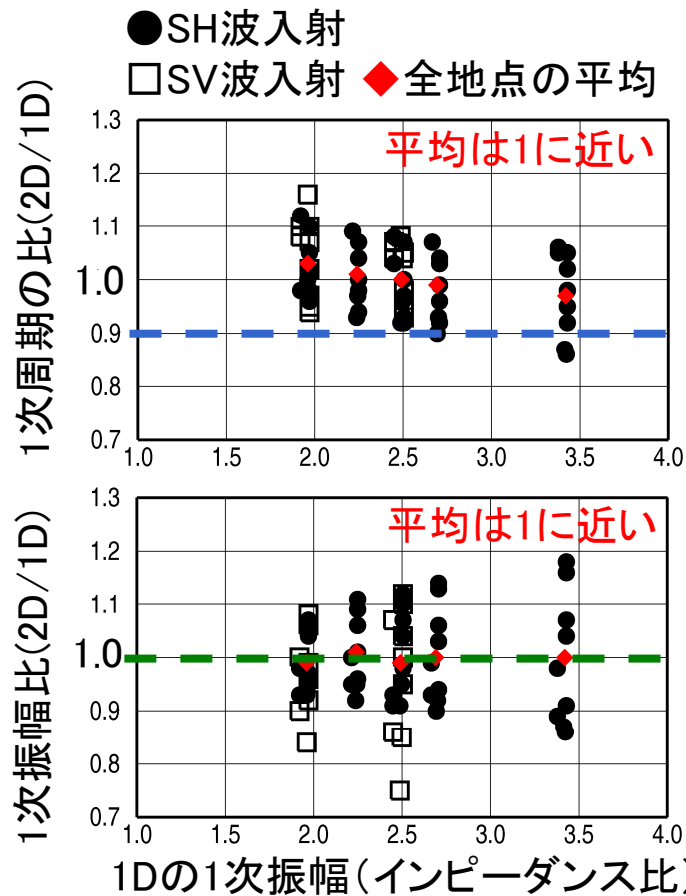
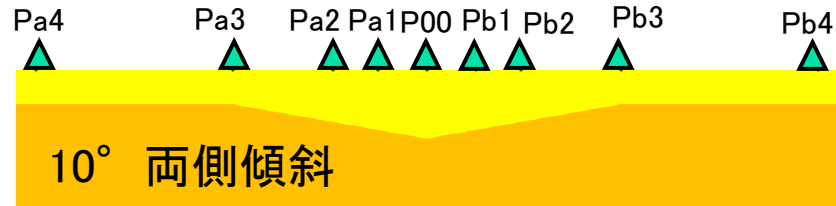
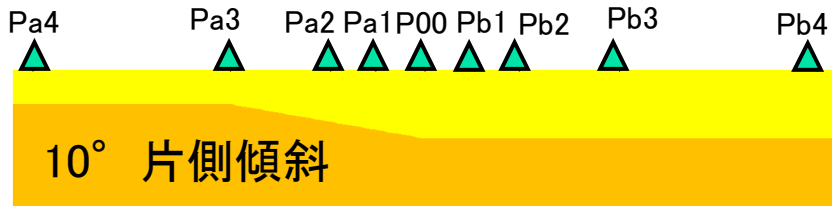


応答スペクトル比
(横軸: 周期/Tg)



SV波鉛直入射時の面内水平応答

- 5° 片側傾斜、5° 両側傾斜【SV波入射】
 - 工学的基盤の傾斜の影響は小さい
 - 平成20年度本事業のSH波入射でも同様の傾向
- 傾斜角10° について傾斜を考慮した増幅係数を検討
- 実地盤で傾斜角20° は埋没谷などの特殊事例

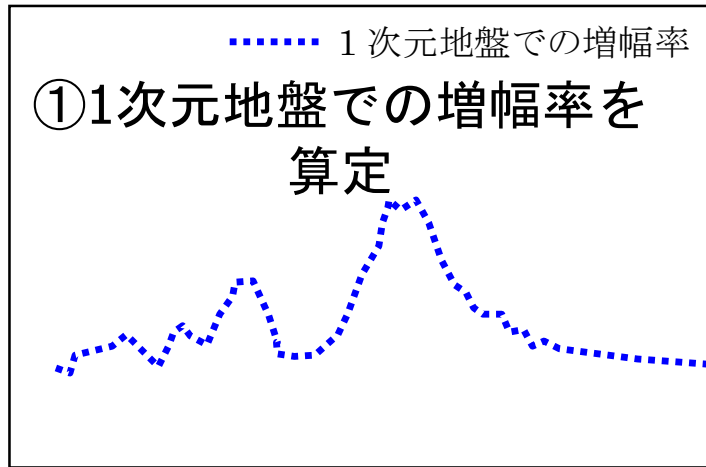


→ 表層地盤が軟らかい(V_s 小)

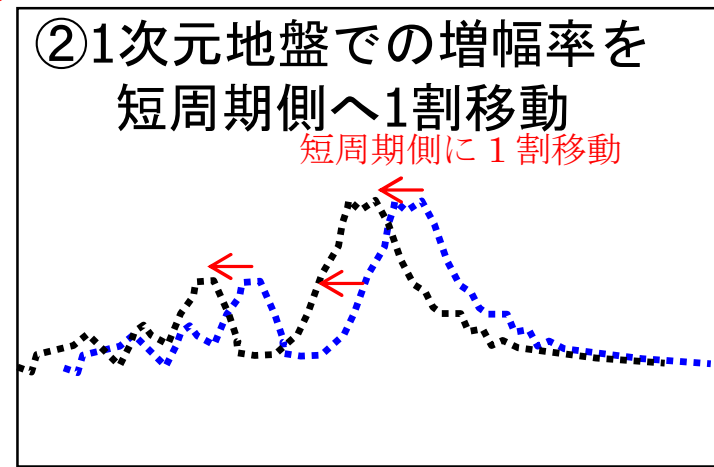
波動条件や地盤条件を変えた場合の伝達関数の整理

傾斜を考慮した地盤増幅係数(案)

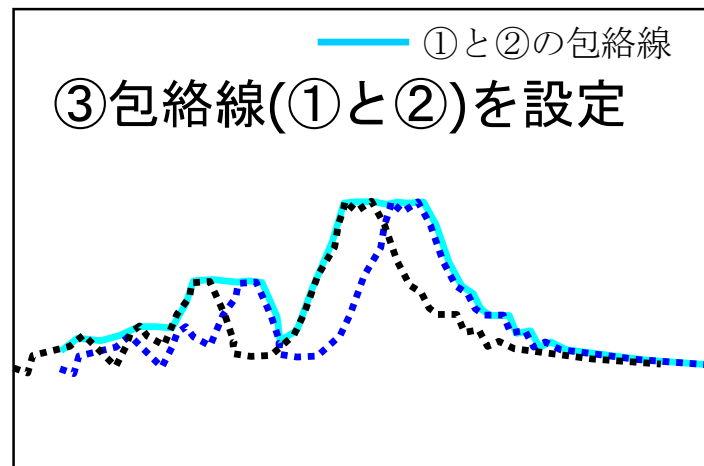
入力地震動に対する
応答スペクトルの増幅率

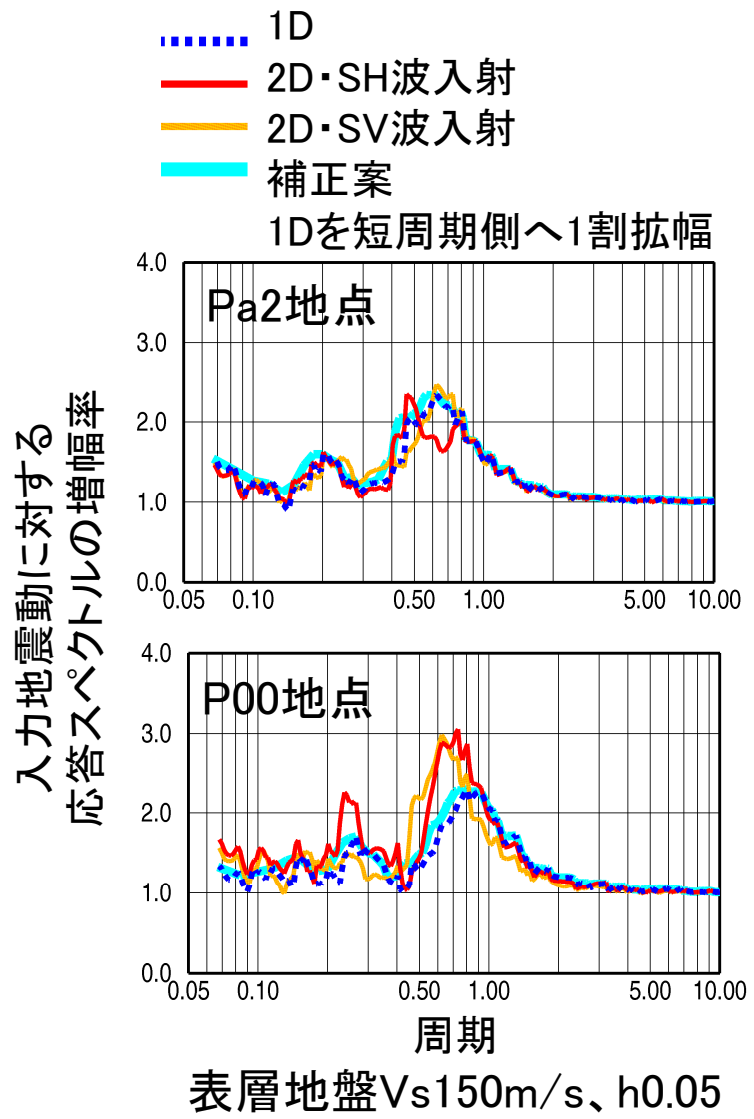
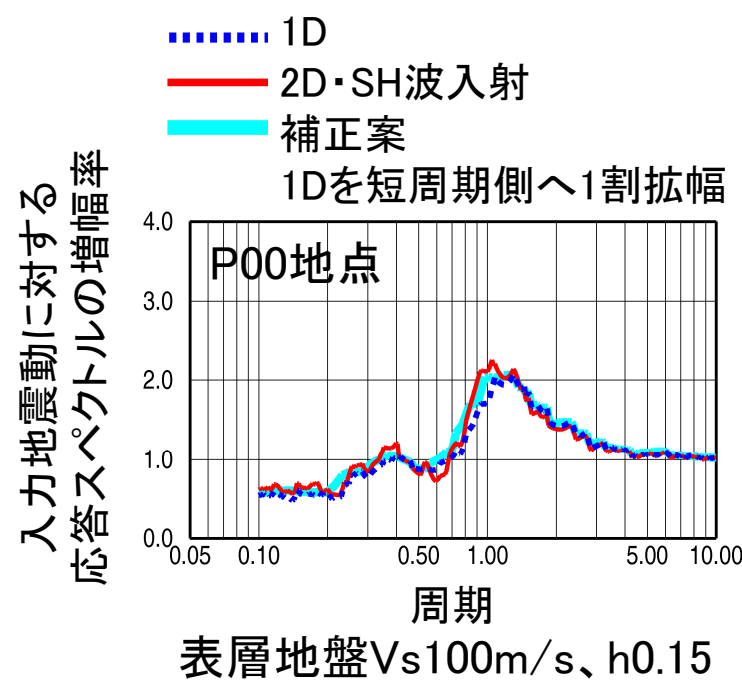
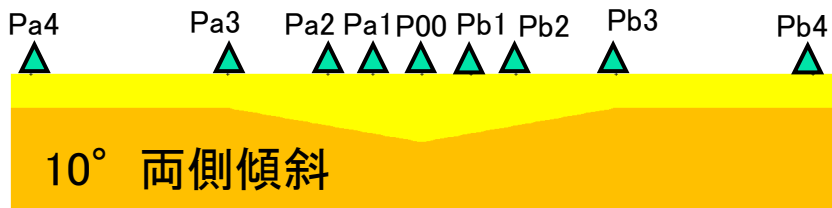
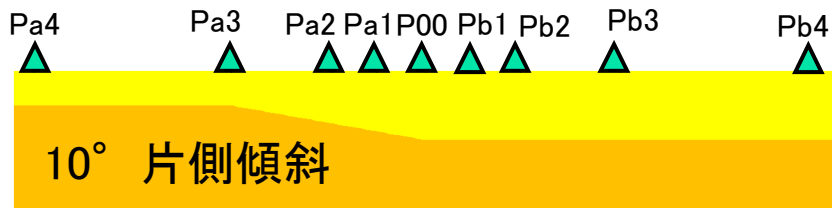


入力地震動に対する
応答スペクトルの増幅率

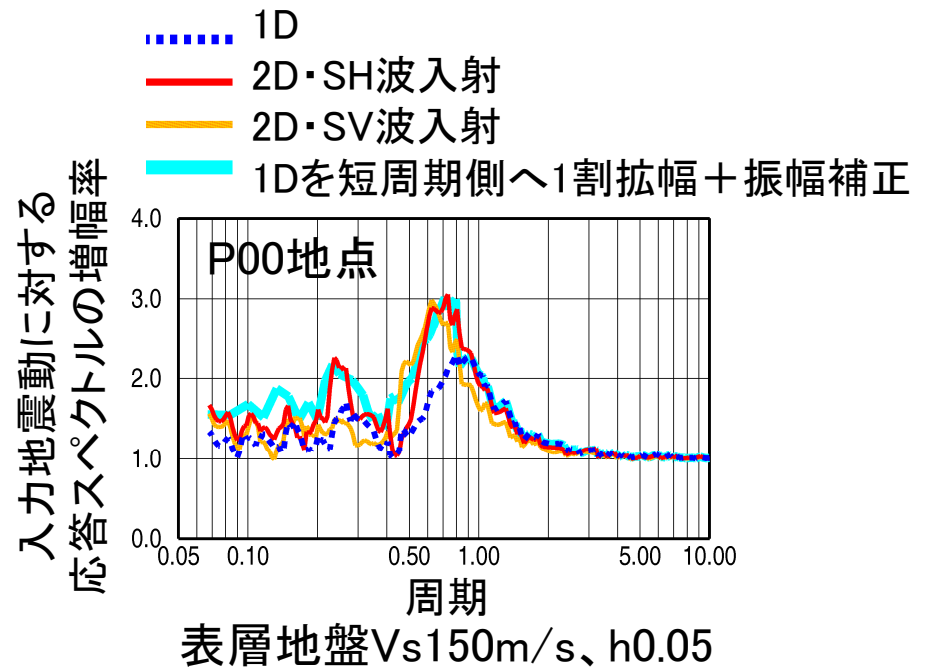
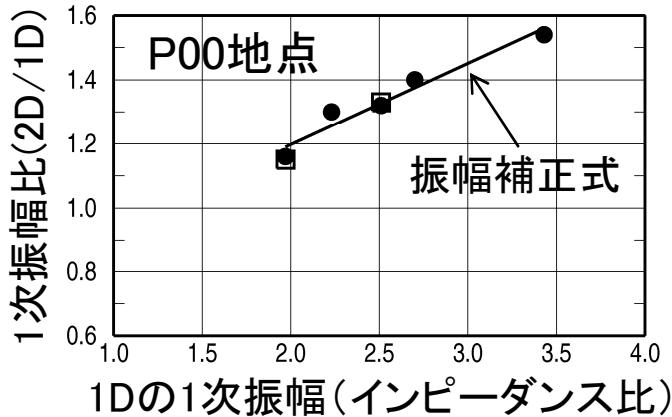
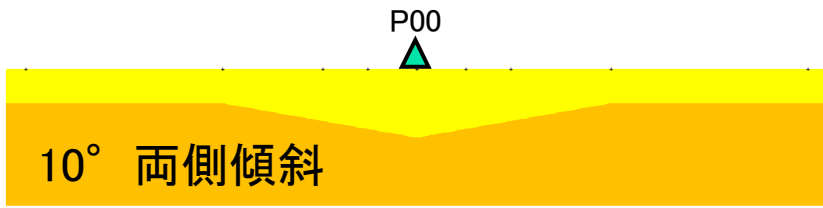


入力地震動に対する
応答スペクトルの増幅率





- 10° 片側傾斜では補正案が2Dの増幅率と概ね対応
- 10° 両側傾斜ではP00地点を除いて補正案が2Dの増幅率と概ね対応



【まとめ】

- 傾斜角5° : 傾斜の影響が小さい
- 傾斜角10° : 傾斜を考慮した増幅係数を提案

両側傾斜の中央のP00地点(振幅補正が必要)を除いて、1次元地盤の増幅率を短周期側へ1割拡幅する補正案は2次元地盤の増幅率と概ね対応

②地盤調査方法・既存資料の利用に関する検討

傾斜が地表面地震動に与える影響の現象の把握

文献調査の実施:

工学的基盤の傾斜は、傾斜部分における地表面での地震動に影響を与えることを確認。

常時微動観測の実施(横浜、岩槻で実施):

横浜の例

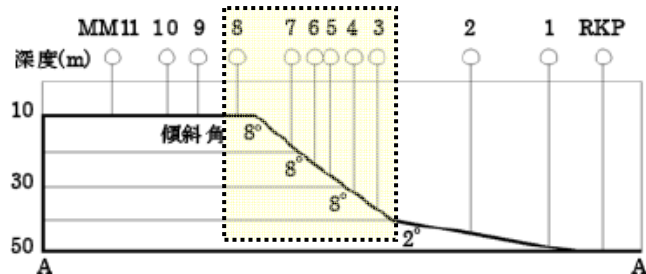
MM3 からMM8 の区間は基盤面が急な勾配。

常時微動の周期特性にも著しい変化が認められた。

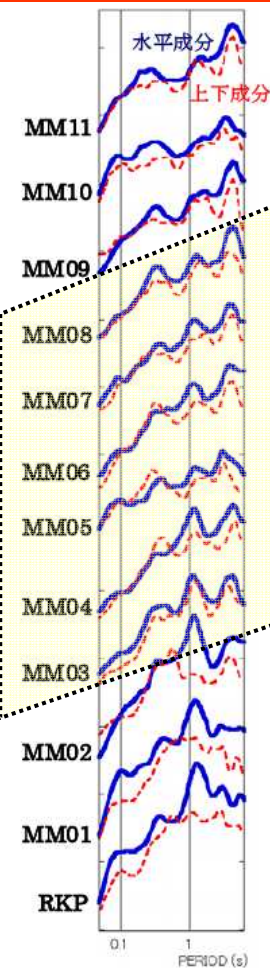
計測地点



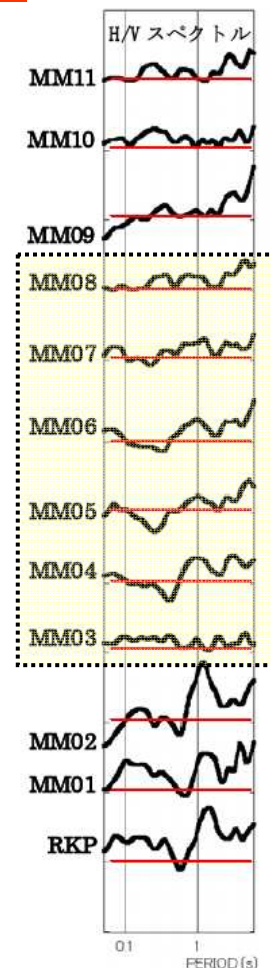
推定断面図



フーリエスペクトル



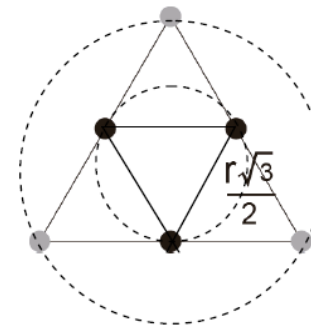
H/V スペクトル



地盤情報を得るための地盤調査方法の整理

表層地盤の増幅率Gsを求めるに当り、必要な地盤情報を得るための地盤調査方法を調査し、得られる情報の精度などを検討

- ①せん断波速度Vsの測定方法、推定方法などを中心に検討
地盤の固有周期TgやGsの計算に対する、調査方法の違いによる差を比較した。
- ②微動アレー観測を実施し、地盤モデル推定への適用可能性を評価した。



微動アレー観測の実施（於横浜市内）

建築構造設計の観点からの地盤データベースの提案

既存データベースの調査

- ・統合化地下構造DB
- ・地盤工学会各支部DB
- ・既存の出版図書



建築構造設計に求められる地盤情報と地盤データ収集促進
にあたっての課題を整理

提案



望ましい地盤データベース(DB)構築のしくみ

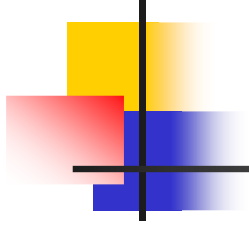
- ・民間データの収集促進
(民間DBの買取制度、提供者へ周辺地盤DBの提供等)
- ・利用者へのDB加工情報の提供・コンサルティング
- ・利用者から提供情報に応じた対価・維持管理費の徴収
- ・地盤DBを活用したビジネスモデルの導入
など

○統合化地下構造DBの推進

- (データ量増大・深さの確保・
高密度化・地域差の是正 など)

○法的整備の充実

- ・個人情報保護
- ・財産権
などへの対応



以上