

Pcaコンクリートカーテンウォールを利用した制振ダンパーに関する研究

建築学科 安井 信行

研究会参加者

九州大学 河野昭彦, 吉岡智和, 山口謙太郎
 九州産業大学 九谷和秀
 日本設計 許斐信三
 鹿島建設 尾宮洋一

Pcaコンクリートカーテンウォールを利用した制振ダンパー

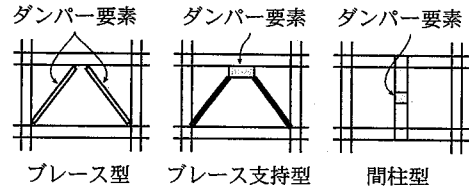
【目的】

下図のようなダンパーは、平面計画等から制約を受けやすく、数少ないダンパーに大きな耐力を負担させる必要がある。

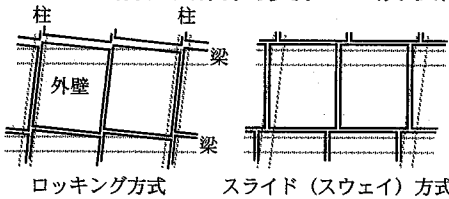
外壁(Pcaコンクリートカーテンウォール)と骨組を繋ぐファスナーを制振ダンパーとして用いる方法を研究する。

外壁のファスナーを制振ダンパーとして用いることにより、鉄骨骨組本体の耐震性を高める。

外壁ダンパー



取付け構法(層間変位の吸収)



告示第109号

第3 地階を除く階数が3以上である建築物の屋外に面する帳壁

一 脱落することがないように取り付けること。
 二 PCa板を使用する帳壁は可動すること。ただし、構造計算又は実験によって著しい変形が生じないことを確かめた場合にあっては、この限りでない。

五 高さ31mを超える建築物の屋外に面する帳壁は、その高さの1/150の層間変位に対して脱落しないこと。ただし、構造計算によって帳壁が脱落しないことを確かめた場合においては、この限りでない。

取付け構法(層間変位の吸収)

JASS14(カーテンウォール工事)

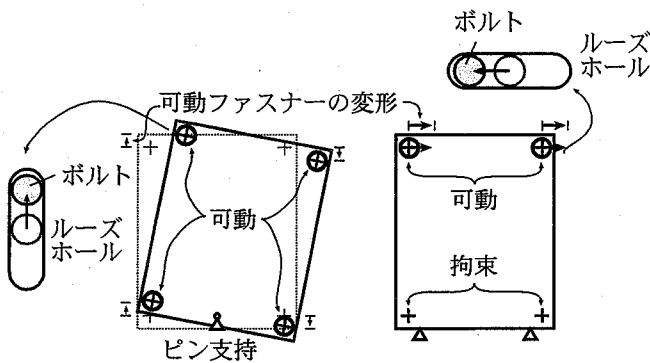
層間変形角1/300未満 被害なし
 層間変形角1/300~1/200 パネルの微妙な面内外移動
 層間変形角1/200~1/120 ヘアークラック, パネル交差部の一部割れ

層間変形角1/120~1/75 大きなクラック, ファスナーの変形, コンクリートの損傷

層間変形角1/75~ ファスナーの破断, パネルの破壊, パネルの脱落

実際には、1/100の層間変形角のスライド量+施工誤差15mm

ファスナーの変形量



ロッキング方式の場合 スライド方式の場合

ファスナーの制振ダンパー化について

【目的】

ファスナーをダンパーとして用いることにより、鉄骨骨組本体の耐震性を高める。

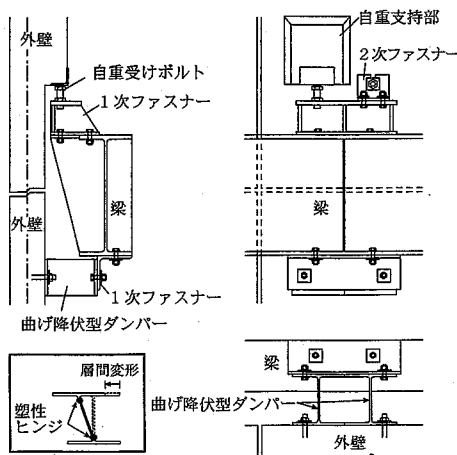
【ダンパー化の方法】

1. 曲げ降伏型ダンパー
 ファスナーを構成する鋼材を降伏させ、エネルギーを吸収する。
 塑性変形能力の確保
2. 摩擦型ダンパー
 ファスナーを構成するボルトに所定の張力を導入し、一定のせん断力で滑らせ、エネルギーを吸収する。
 安定したすべり荷重、張力の導入方法

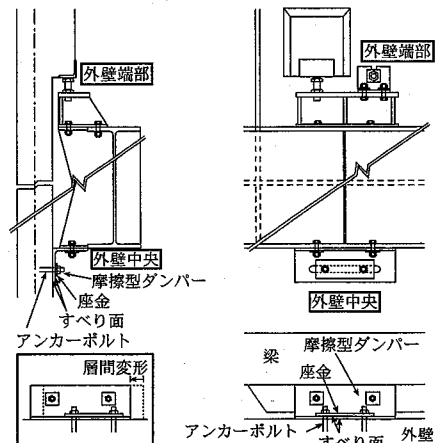
【取り付け方法, 耐力】

スライド(スウェイ)方式, カーテンウォール1枚当り20kN

ファスナー詳細(曲げ降伏型ダンパー)



ファスナー詳細(摩擦型ダンパー)

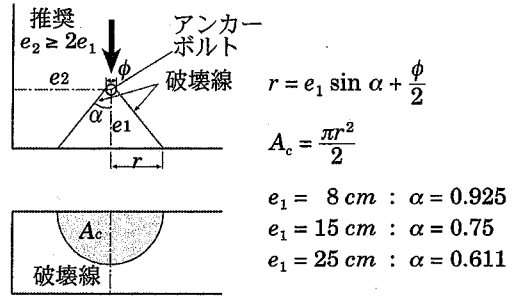


外壁ダンパーに与える耐力

- ・外壁を損傷させない
→ ダンパー耐力の上限
アンカーボルトの耐力
- ・制振効果が期待できる耐力は確保
→ 設定したダンパー耐力の効果の確認
動的解析による検証

9

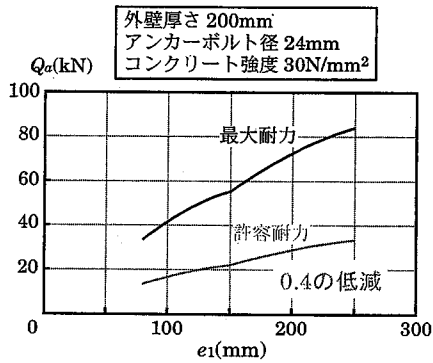
アンカーボルトの耐力



物飼正敏, 中村隆, 河村博之, 乙部泰造: PCaコンクリートカーテンウォールファスナーのアンカーボルト耐力について(その1 実験計画及び実験結果), (その2 実験結果の考察), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.151-154, 2001.9

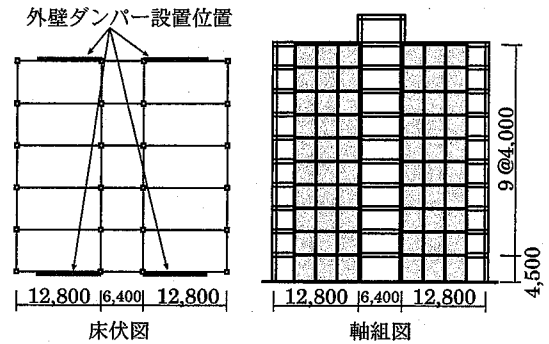
10

アンカーボルトの耐力



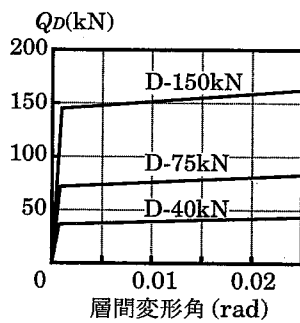
11

応答解析



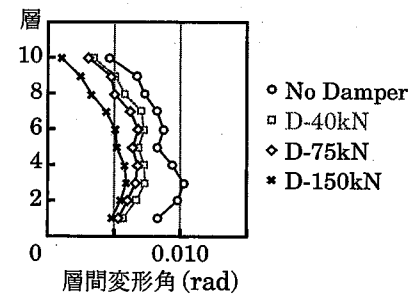
12

応答解析



13

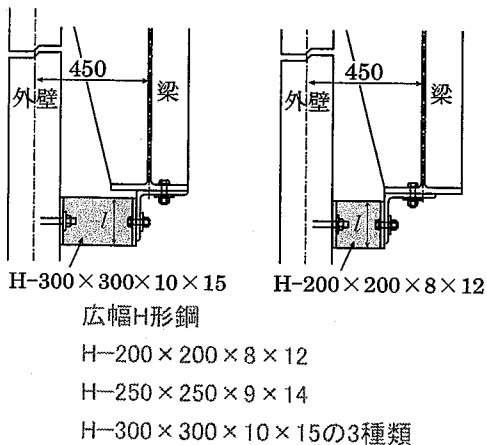
応答解析



入力地震波: JSCA波 (八戸港湾, 神戸海洋気象台, 東北大学)
 地動最大速度: 50kine

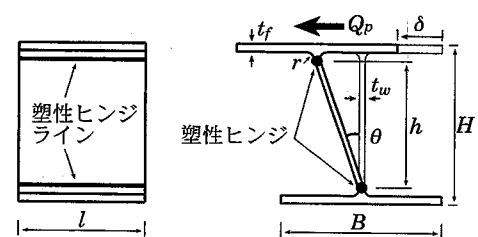
14

曲げ降伏型ダンパー



15

曲げ降伏型ダンパーの耐力

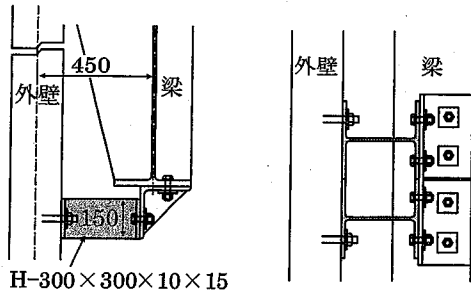


$$Q_p = \frac{lt_w^2}{\sqrt{3(h^2 + t_w^2)}} \sigma_y$$

降伏応力度を300N/mm²とすると
 長さは300mm必要

16

曲げ降伏型ダンパー



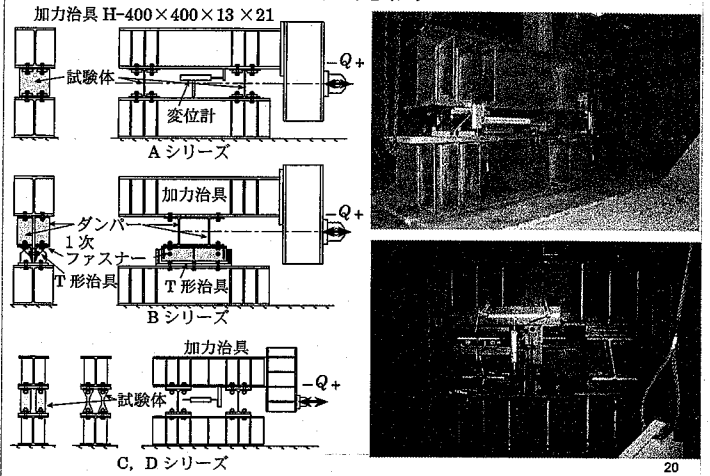
曲げ降伏型ダンパーのせん断加力実験

試験体

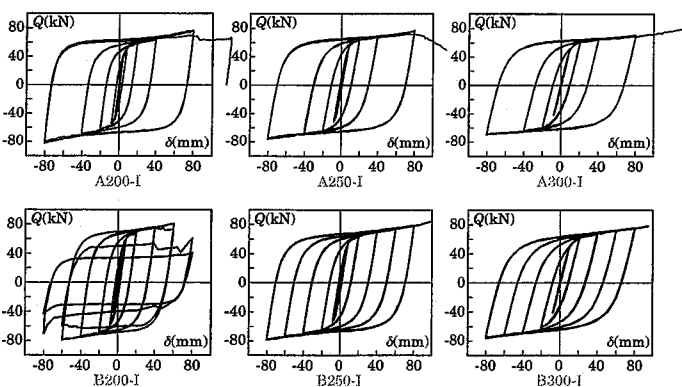
試験体名	H形鋼, 山形鋼	載荷方法	試験体名	H形鋼, 山形鋼	載荷方法
A200-S	H-200×200×8×12	単調	C200-25	H-200×200×8×12	定振幅±25mm
A200-I		漸増繰返し	C200-45		定振幅±45mm
A200-20		定振幅±20mm	C200-60		定振幅±60mm
A200-40		定振幅±40mm	C250-25		定振幅±25mm
A250-S	H-250×250×9×14	単調	C250-30	H-250×250×9×14	定振幅±30mm
A250-I		漸増繰返し	C250-45		定振幅±45mm
A250-20		定振幅±20mm	C250-60		定振幅±60mm
A250-40		定振幅±40mm	C300-25		定振幅±25mm
A300-S	H-300×300×10×15	単調	C300-30	H-300×300×10×15	定振幅±30mm
A300-I		漸増繰返し	C300-45		定振幅±45mm
A300-20		定振幅±20mm	C300-60		定振幅±60mm
A300-40		定振幅±40mm	D200-00		定振幅±60mm
B200-S	H-200×200×8×12	単調	D200-36	H-200×200×8×12	定振幅±60mm
B200-I	L-150×150×15	漸増繰返し	D200-72		
B200-40		定振幅±40mm	D250-00		
B250-S	H-250×250×9×14	単調	D250-34	H-250×250×9×14	定振幅±60mm
B250-I	L-150×150×15	漸増繰返し	D250-78		
B250-40		定振幅±40mm			
B300-S	H-300×300×10×15	単調			
B300-I	L-150×150×15	漸増繰返し			
B300-40		定振幅±40mm			
B150-S	H-150×150×7×10	単調			
B150-I	L-100×100×10	漸増繰返し			
B150-20		定振幅±20mm			

A250-20 S: 単調載荷, I: 漸増繰返し載荷
 H形鋼 A~Cシリーズ数値: 繰返し振幅
 シリーズ Dシリーズ数値: ウェブカット率

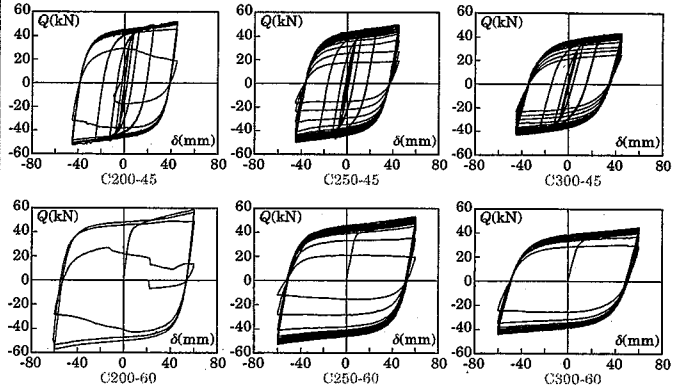
加力方法



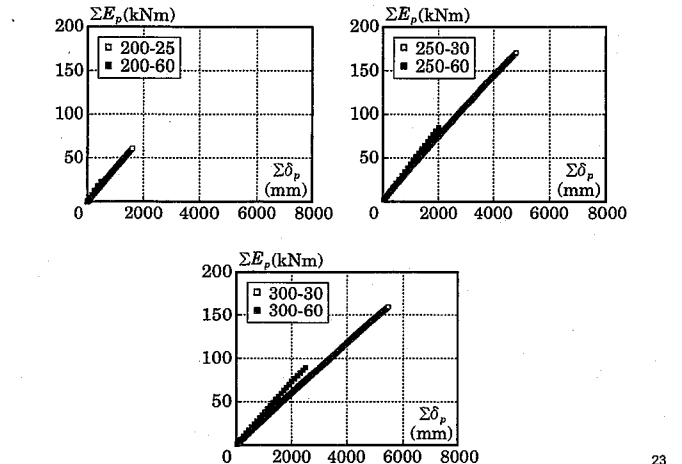
実験結果(せん断力-せん断変形関係)



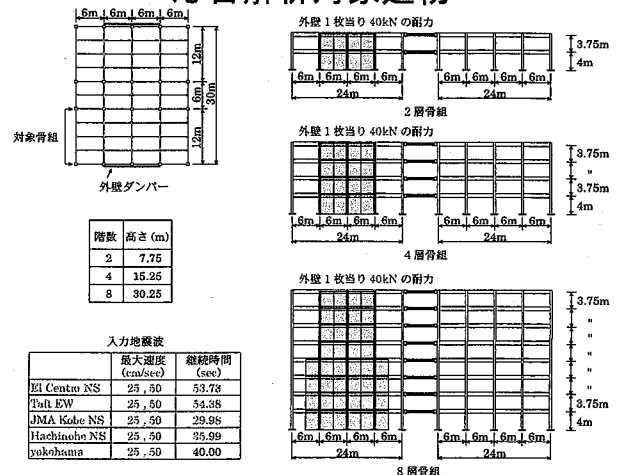
実験結果(せん断力-せん断変形関係)



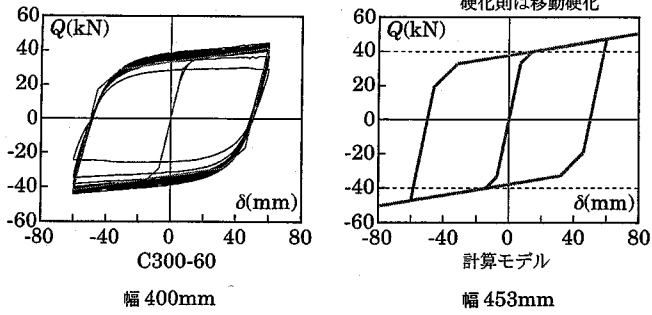
累積塑性変形と塑性吸収エネルギー



応答解析対象建物 応答解析ツールはclub.f

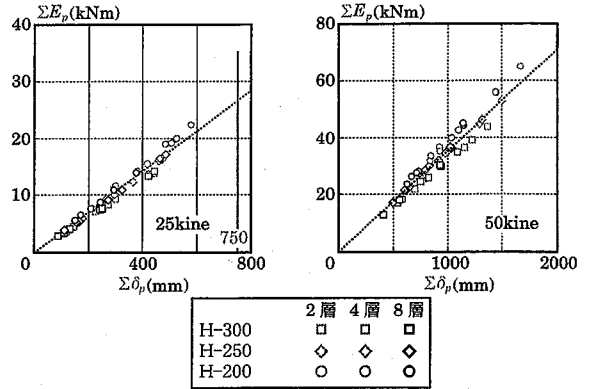


ダンパーのモデル化



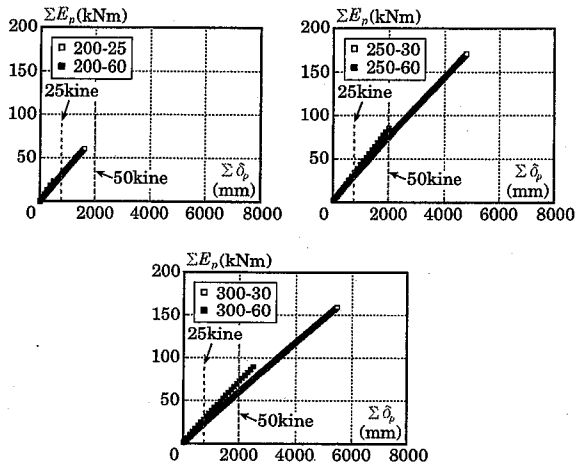
25

応答解析結果



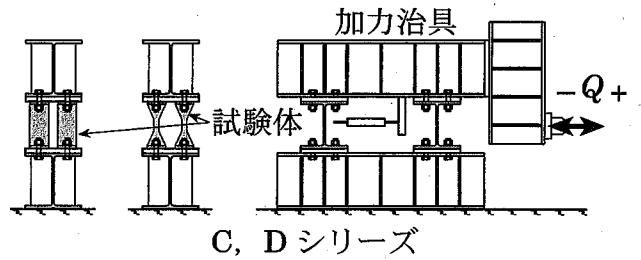
26

応答解析結果と実験結果の比較



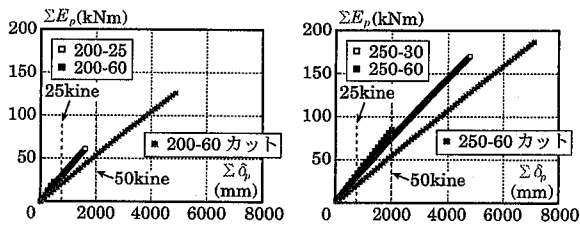
27

加力方法



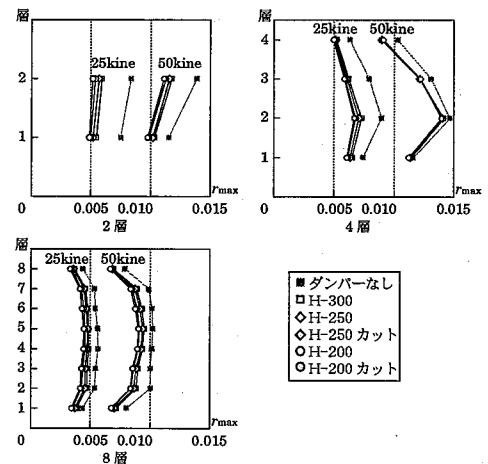
28

応答解析結果と実験結果の比較



29

最大層間変形角



30

まとめ

- ・ H形鋼のサイズが300mmのダンパーは、繰返し振幅が60mm場合に累積塑性変形が2000mmを越え、十分な塑性変形性能を有している。
- ・ H形鋼のサイズが200mmと250mmのダンパーは、繰返し振幅が60mm場合に累積塑性変形が2000mm以下となるが、ウェブをカットすることで高い変形能力を与えることが可能となる。
- ・ 本研究で提案しているダンパーは、建物の応答を低減する効果が確認できる。

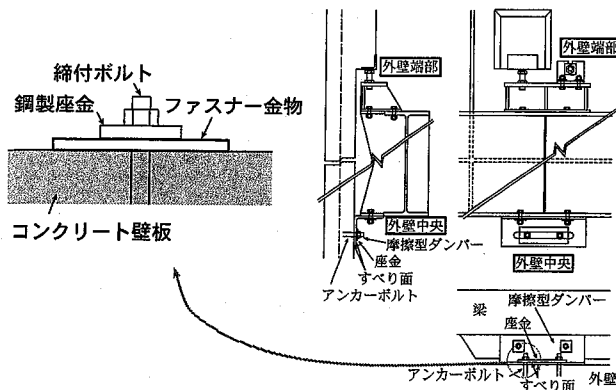
31

摩擦型ダンパーのせん断加力実験

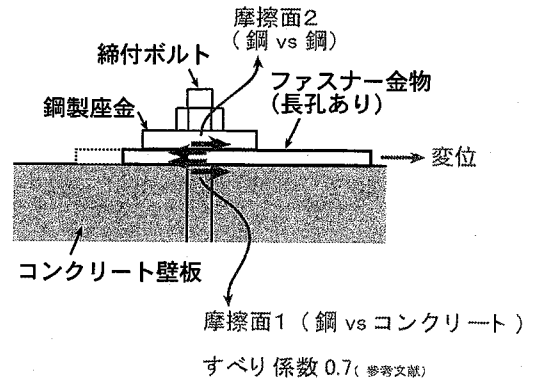
32

2面せん断型鋼-コンクリート摩擦型ダンパー

コンクリート壁板とファスナー金物を、摩擦ダンパーとして用いる



2面せん断型



実験目的

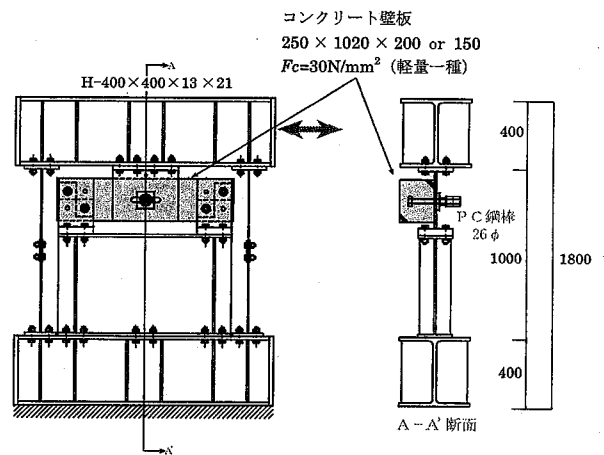
- コンクリート系カーテンウォールのファスナーに適用可能な摩擦型ダンパーの開発
- 要求性能
 - ・減衰力: アンカーボルト1本当たり20kN以上
 - ・累積すべり量1000mm程度まで安定した減衰力を発揮
 - ・最大片振幅60mm程度
 - ・応答振動数1Hz程度



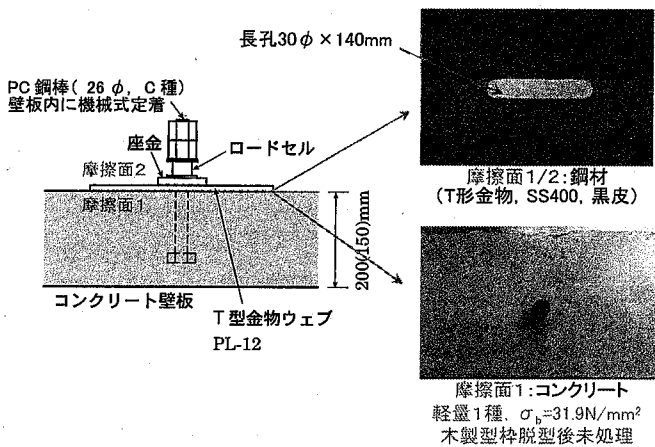
◇上記の性能を満たす条件

- (1) 鋼同士(ファスナーvs座金)の摩擦面2で安定した摩擦力?
- (2) 摩擦面2の摩擦力は、ボルトを介して壁板に伝達可能?
- (3) 必要とする初期ボルト張力は?

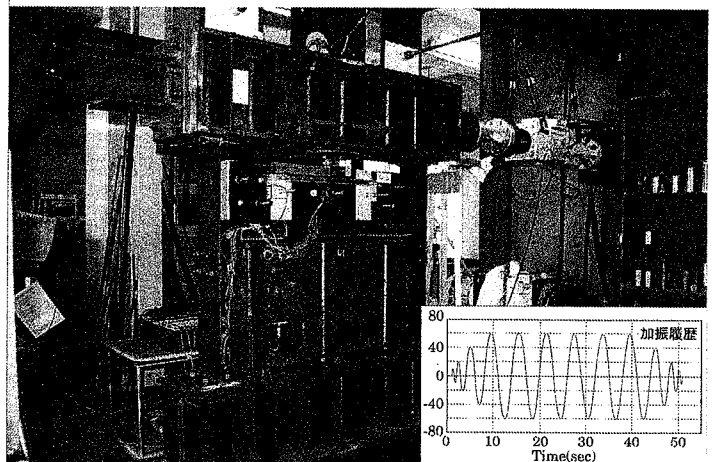
試験体と試験装置



摩擦すべり試験部分(共通)

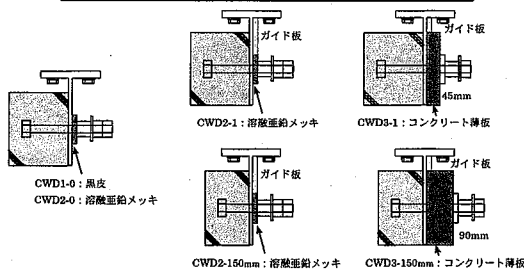


加振装置・加振履歴

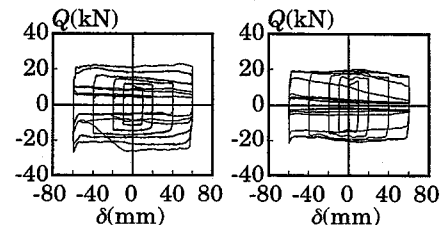


試験体一覧

実験	試験体名	壁板の厚さ (mm)	摩擦面② 摺動材	想定すべり係数 摩擦面① 摩擦面②	初期ボルト張力 (kN)
I	CWD1-0	200	鋼製座金板 (黒皮メッキ)	0.7 0.2	22.2
	CWD2-0				
II	CWD2-1	150	鋼製座金板 (溶融亜鉛メッキ)	0.8	25.0
	CWD2-150mm				
III	CWD3-1	200	コンクリート薄板 (厚さ45mm)	0.7 0.7	14.4
	CWD3-150mm				



試験体結果

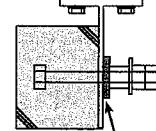


CWD1-0

CWD2-0

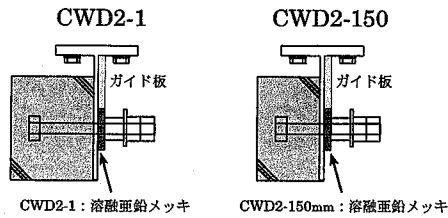
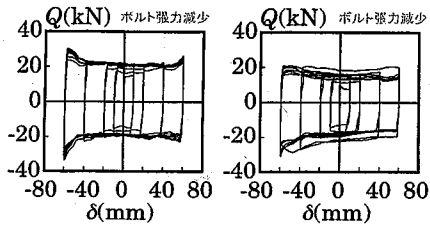


「焼付」による摩擦力の上昇

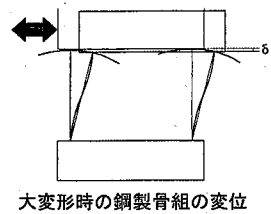


CWD1-0: 黒皮
CWD2-0: 溶融亜鉛メッキ

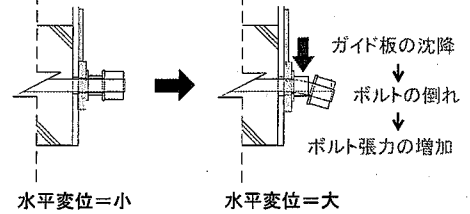
試験体結果



CWD2-1: 溶融亜鉛メッキ CWD2-150mm: 溶融亜鉛メッキ

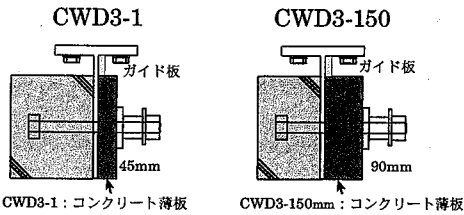
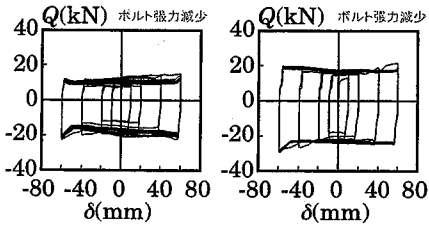


大変形時の鋼製骨組の変位



水平変位=小 水平変位=大

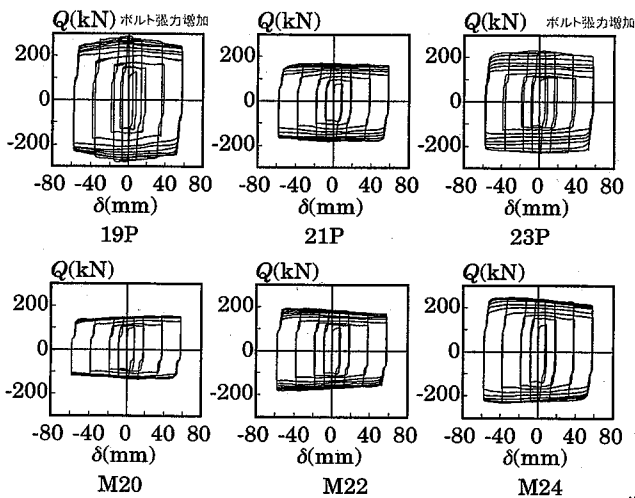
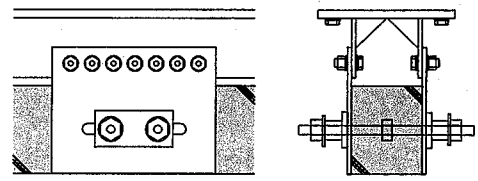
試験体結果



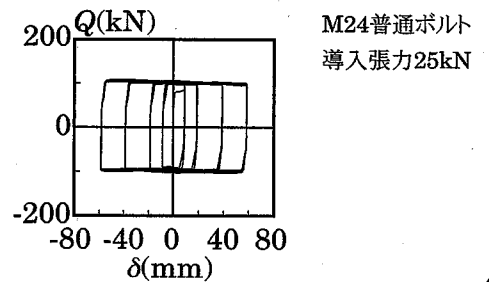
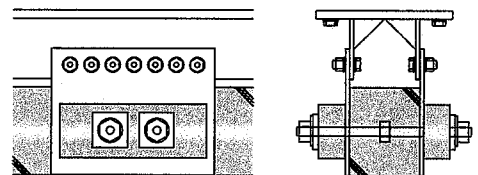
CWD3-1: コンクリート薄板 CWD3-150mm: コンクリート薄板

試験体一覧

試験体名	コンクリート壁板		締付けボルト					ボルトの長期耐力	
	強度	厚さ (mm)	呼び	種類	ピッチ (mm)	埋込み深さ (mm)	初期張力 (kN)	せん断力 (kN)	引張力 (kN)
19P	普通	200	19φ(M20)	PC鋼棒	150	86.0	25 kN	53.7	23.5
21P			21φ(M22)		165	84.5		65.7	24.3
23P			23φ(M24)		180	108.0		78.8	36.1
M20	Fc=36 (N/mm ²)	200	M20	普通ボルト	150	89.0	25 kN	46.4	23.2
M22			M22		165	88.5		57.4	24.5
M24			M24		180	112.0		66.9	35.7



改良試験体



M24普通ボルト 導入張力25kN

まとめ

- ・黒皮-黒皮の摩擦面では焼付きが発生する。
- ・黒皮-溶融亜鉛メッキ, 黒皮-コンクリートの摩擦面では安定した摩擦力が得られるが, ボルト張力は低下している。
- ・ボルト張力が低下しない場合, 黒皮-溶融亜鉛メッキの摩擦面における摩擦力は増加する。
- ・ファスナーを2枚のコンクリート板で挟む場合, 安定した摩擦力が得られた。

