

目次

研究発表 1	3
--------	---

「あと施工アンカーとコンクリートブロック空洞部における重ね継ぎ手を併用した
固定端部の引抜き耐力の実験的検証」
北海学園大学 教授 植松 武是 氏

研究発表 2	29
--------	----

「金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼすコンクリート強度の影響に関
する実験的研究」
ものづくり大学 助教 荒巻 卓見 氏

研究発表 3	45
--------	----

「凍害劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能に関する研究」
室蘭工業大学 准教授 高瀬 裕也 氏

研究発表 4	63
--------	----

「長期部材接合における接着系あと施工アンカーの火災時及び火災後の付着強度に
関する研究」
小山工業高等専門学校 准教授 大和 征良 氏

研究発表

1

「あと施工アンカーとコンクリートブロック空洞部における
重ね継ぎ手を併用した固定端部の引抜き耐力の実験的検証」
北海学園大学 教授 植松 武是 氏

2023年度 技術講演会 助成研究発表

あと施工アンカーと コンクリートブロック空洞部における重ね継手を併用した 固定端部の引抜耐力の実験的検証

北海学園大学
教授 植松武是

実験の背景



◆Key Word「フィリピン」

◎World Risk Report

mean values
2012-2016年

2018年		2019年		2020年		2021年		2022年	
Rank	Country	Rank	Country	Rank	Country	Rank	Country	Rank	Country
1.	Vanuatu	1.	Vanuatu	1.	Vanuatu	1.	Vanuatu	1.	Philippines
2.	Tonga	2.	Tonga	2.	Tonga	2.	Solomon Island	2.	India
3.	Philippines	3.	Philippines	3.	Dominica	3.	Tonga	3.	Indonesia
4.	Guatemala	4.	Solomon Isl	4.	Antigua and B	4.	Dominica	4.	Colombia
5.	Bangladesh	5.	Guyana	5.	Solomon Islar	5.	Antigua and Ba	5.	Mexico
6.	Solomon I	6.	Papua New	6.	Guyana	6.	Brunei Darussal	6.	Myanmar
7.	Costa Rica	7.	Guatemala	7.	Brunei Daruss	7.	Guyana	7.	Mozambique
8.	Cambodia	8.	Brunei Daru	8.	Guatemala	8.	Papua New Gui	8.	China
9.	El Salvado	9.	Bangladesh	9.	Philippines	9.	Philippines	9.	Bangladesh
10.	Timor-Lest	10.	Fiji	10.	Bangladesh	10.	Guatemala	10.	Pakistan

(一社)北海道建築技術協会

「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」

(国交省の住宅建築技術国際展開支援事業)

実験の背景

◆KeyWord「フィリピン」

◎自然災害に脆弱

- 2013年 台風ヨランダ/台風ハイエン
- 2016年 台風カガヤン州
- 2017年 南ミンダナオ島地震
- 2019年 ルソン島地震
- 2019年 ミンダナオ島地震
- 2021年 台風コンソン ...etc



サグバヤン市庁舎(写真: 榎府龍雄)

人的・建物被害は常に甚大



国民の生活を圧迫



防災対策が政府の喫緊の課題

Ex)2013年 ボホール地震

日本震度5弱, M7.2

死者 : 222名

負傷者 : 796名

行方不明者 : 8名

倒壊家屋 : 13,249

一部損壊家屋 : 53,683


実験の背景

◆KeyWord「フィリピン」「コンクリートブロック(CB)」

◎一般住宅・帳壁の主流建材

- 低品質
- 技術力不足
- 法規の不遵守 etc

あまり強くない地震でも被害

CB造の外壁・帳壁が  ほぼ全て崩落



サグバヤン市庁舎(写真: 榎府龍雄)



アンテケラ市庁舎(写真: 榎府龍雄)



公設市場
(写真: 榎府龍雄)



小規模住宅(写真: 榎府龍雄)

日本



地震・台風・津波・火災に強い
日本の補強CB造
(写真:石山祐二)

技術団体へ提案
(政府)

品質
構造規定
施工法

× 日本と同じ
◎ 改善した案

日本でも
技術展開

あと施工アンカー
+ 重ね継手

(提案の一つ)

フィリピン



フィリピンの被害低減
日本企業の事業展開
(写真: 檜府龍雄)

実験の背景と目的

【構造耐力の見直しと構造規定の提案】



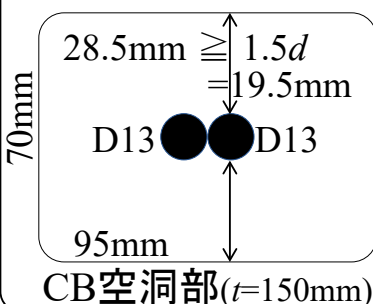
- ・～
- ・使用するCBの厚さ t : 150mmを標準
- ・使用する補強筋 : D10 または D13
- ・～

施工の簡素化

技術力不足への対応
低コスト化

【重ね継手】&【あと施工アンカー】

「 $t=150\text{mm}$ 未満で禁止
／帳壁主筋では禁止」



標準へ

かぶり厚さを
確保可能
拘束による付着
割裂の抑制



「耐力壁の縦筋は
RC材内に定着」

あと施工アンカー
も標準へ

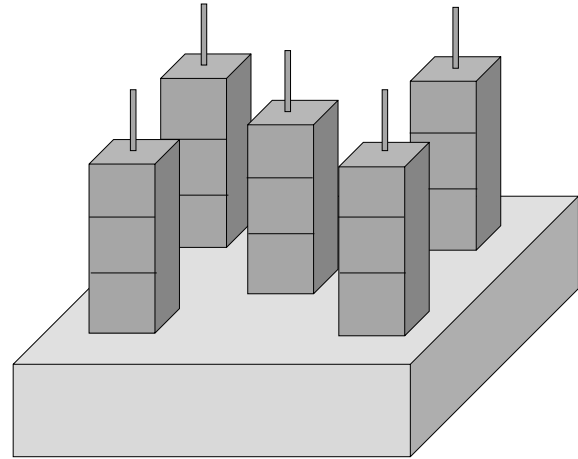
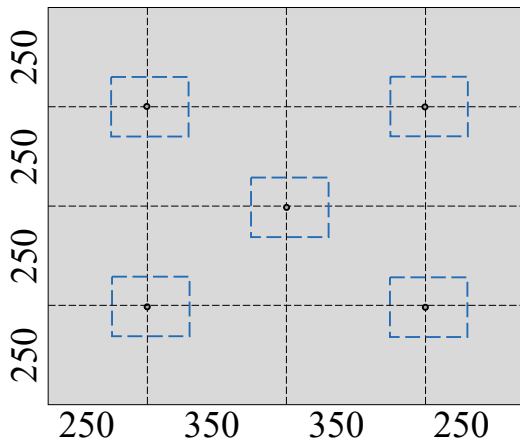
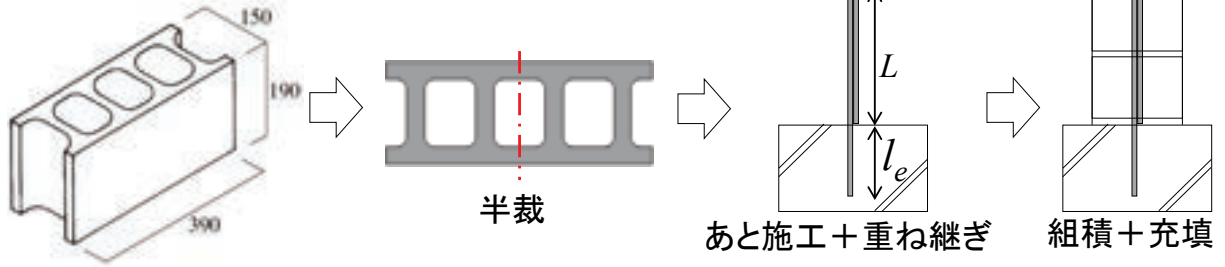
壁の縦筋の引張力を過度に期待しない
構造規定

D10, D13の検証データ無し ⇒ 検証へ

実験内容

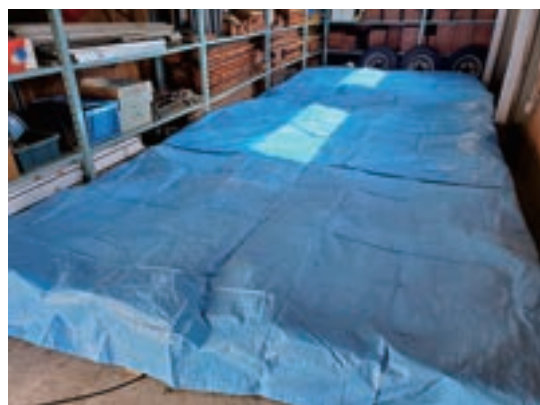
◆試験体の概要

B種コンクリートブロック



実験内容

◆ベースの製作



実験内容



◆接着系あと施工アンカー(セメダイン株式会社製)の施工



実験内容



◆重ね継手の施工



◆CB積み



実験内容

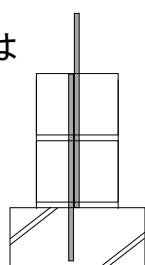
◆試験体の概要

試験体一覧

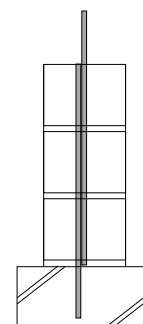
補強筋	D10		D13		
重ね継手の長さ L	$40d$ (CB2段分)	$60d$ (CB3段分)	$30d$ (CB2段分)	$46d$ (CB3段分)	
有効埋込み長さ l_e	$10d$	B2-D10-130	B3-D10-130	B2-D13-135	B3-D13-135
	$13d$	—	—	B2-D13-170	B3-D13-170
	$15d$	B2-D10-155	B3-D10-155	B2-D13-200	B3-D13-200

※各5体・全50体 / 鉄筋: JIS G 3112 SD295 / d : 異形鉄筋の呼び名の数値(mm) / d, l_p, l_e の係数は丸めてある

重ね継手の長さ L は
ブロックの高さをモ
ジュールとした
(目地厚さ: 10mm)

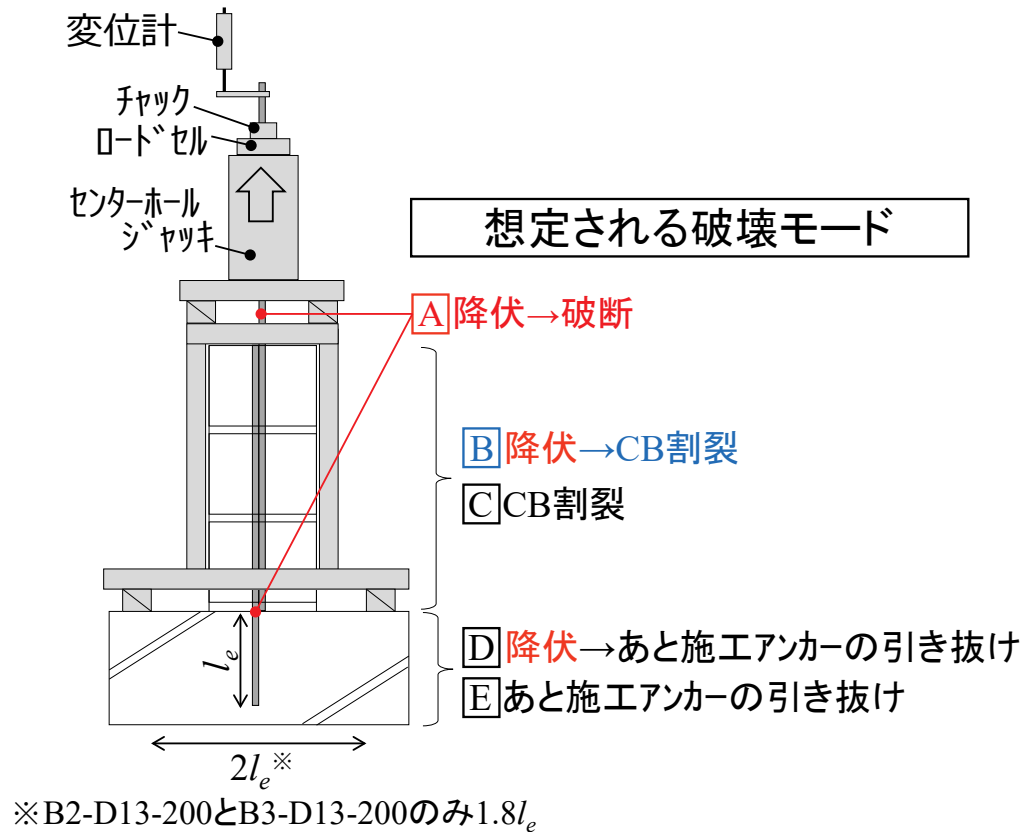


重ね継手
あと施工
アンカー



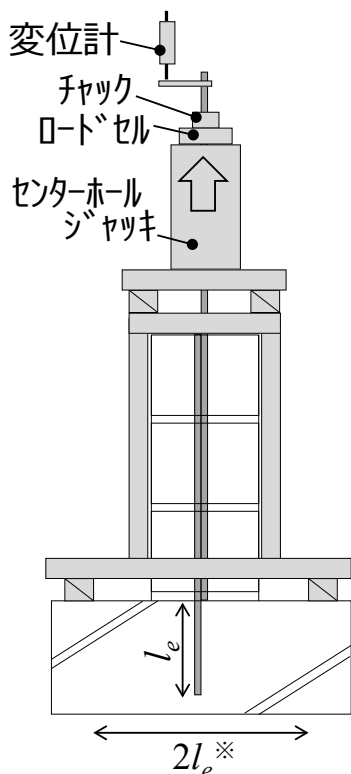
重ね継手
あと施工
アンカー

◆実験方法



実験内容

◆実験状況



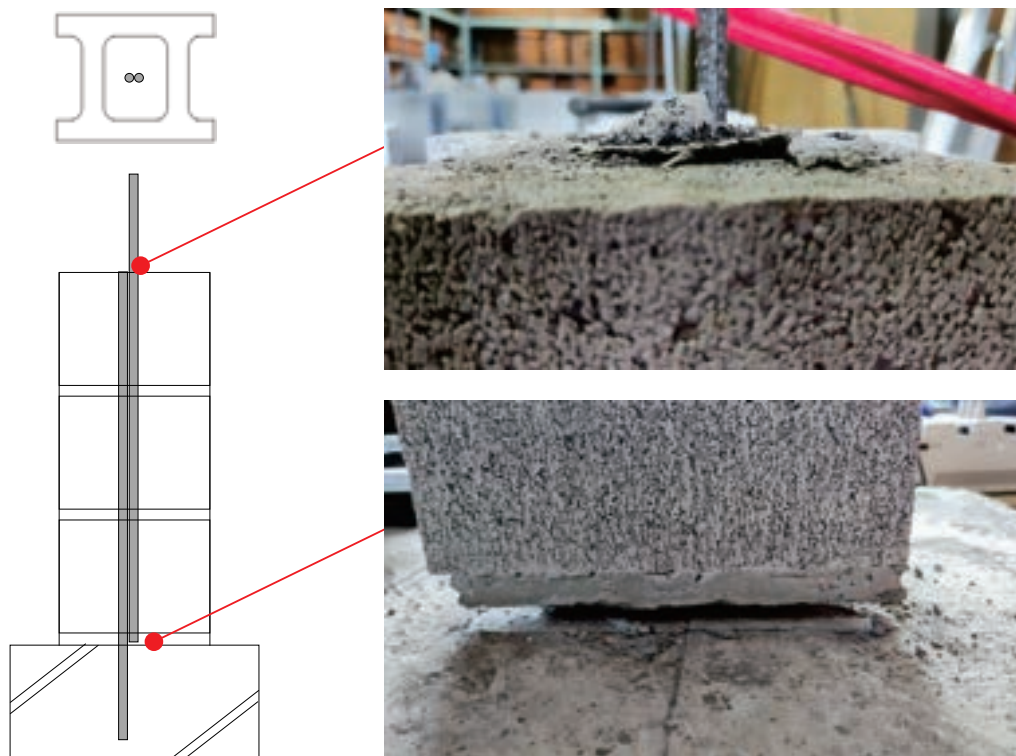
B3シリーズ(3段積み)



B2シリーズ(2段積み)

※B2-D13-200とB3-D13-200のみ $1.8l_e$

◆破壊過程



実験結果

◆発現した破壊モード

実験結果一覧

補強筋	D10+D10		D13+D13	
重ね継手の長さ L	$40d$ (2段積)	$60d$ (3段積)	$30d$ (2段積)	$46d$ (3段積)
$10d$	A	A	A	B
	A	A	A	A
	A	A	B	A
	A	A	A	A
	A	A	A	B
有効埋込み長さ l_e	—	—	B	B
			B	A
			B	B
			A	A
$15d$	A	A	A	A
	A	A	B	A
	A	A	B	A
	A	A	A	A
	A	A	B	A

A: 鉄筋降伏→鉄筋破断, B: 鉄筋降伏→CB割裂

実験結果

◆発現した破壊モード

A: 鉄筋降伏→鉄筋破断



B3-D10-130_4



B3-D13-200_2



B3-D13-135_2



B3-D13-200_4

実験結果

◆発現した破壊モード

B: 鉄筋降伏→CB割裂  爆裂

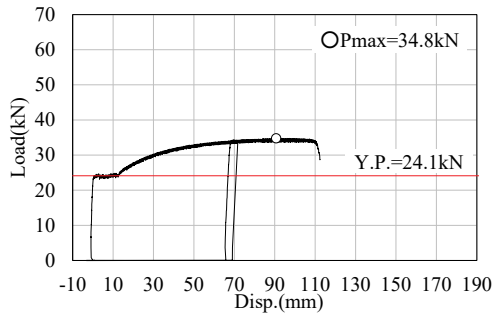


B3-D13-170_1

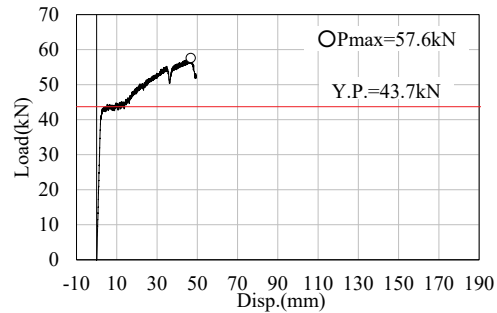
実験結果



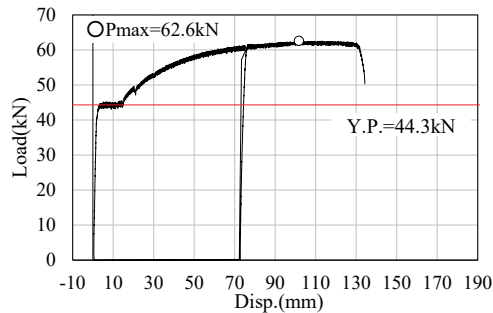
◆荷重-変形曲線の一例



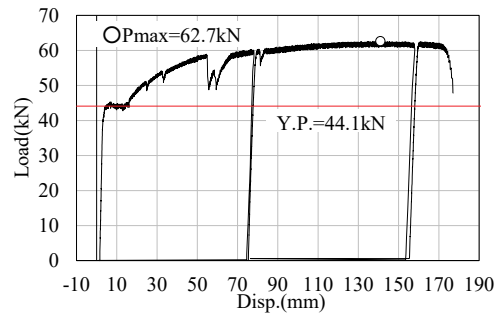
B2-D10-130_1



B2-D13-135_3



B3-D13-135_1



B2-D13-135_3

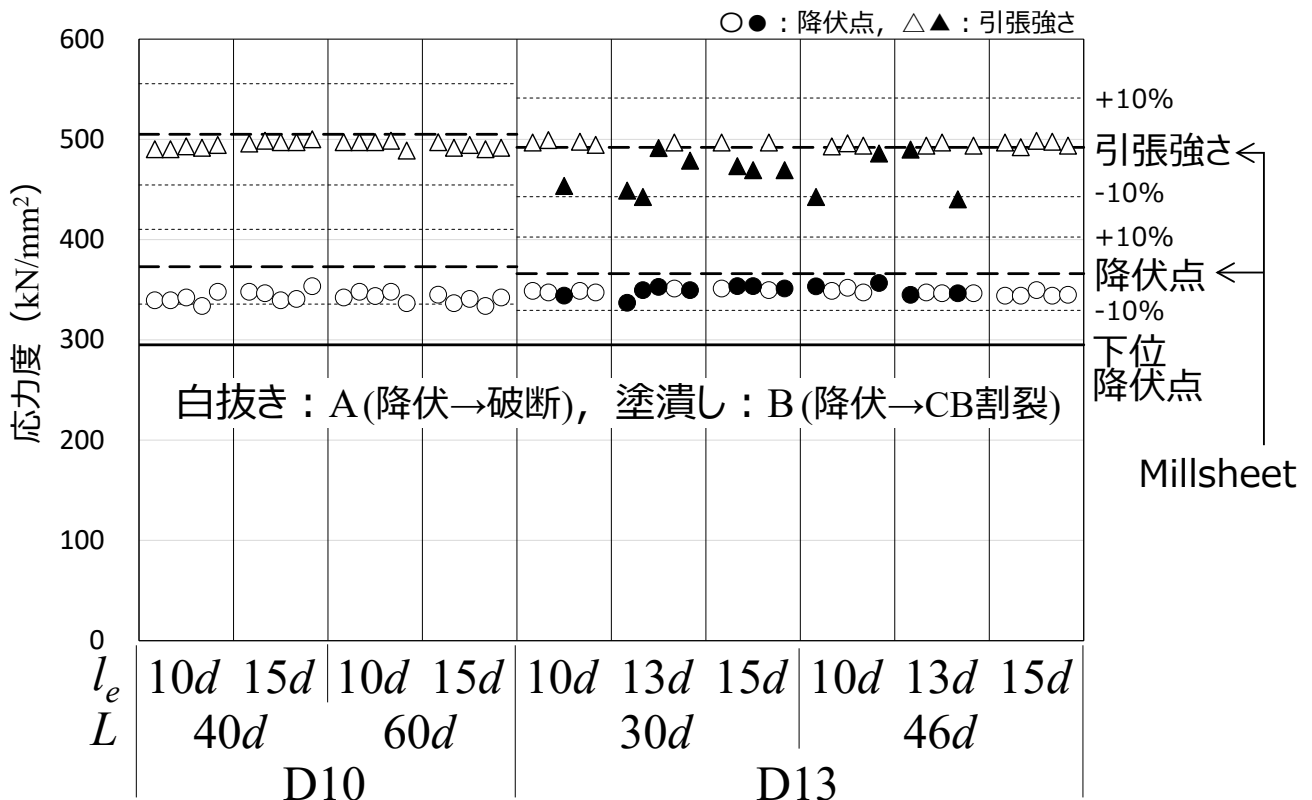
A: 鉄筋降伏→鉄筋破断

B: 鉄筋降伏→CB割裂

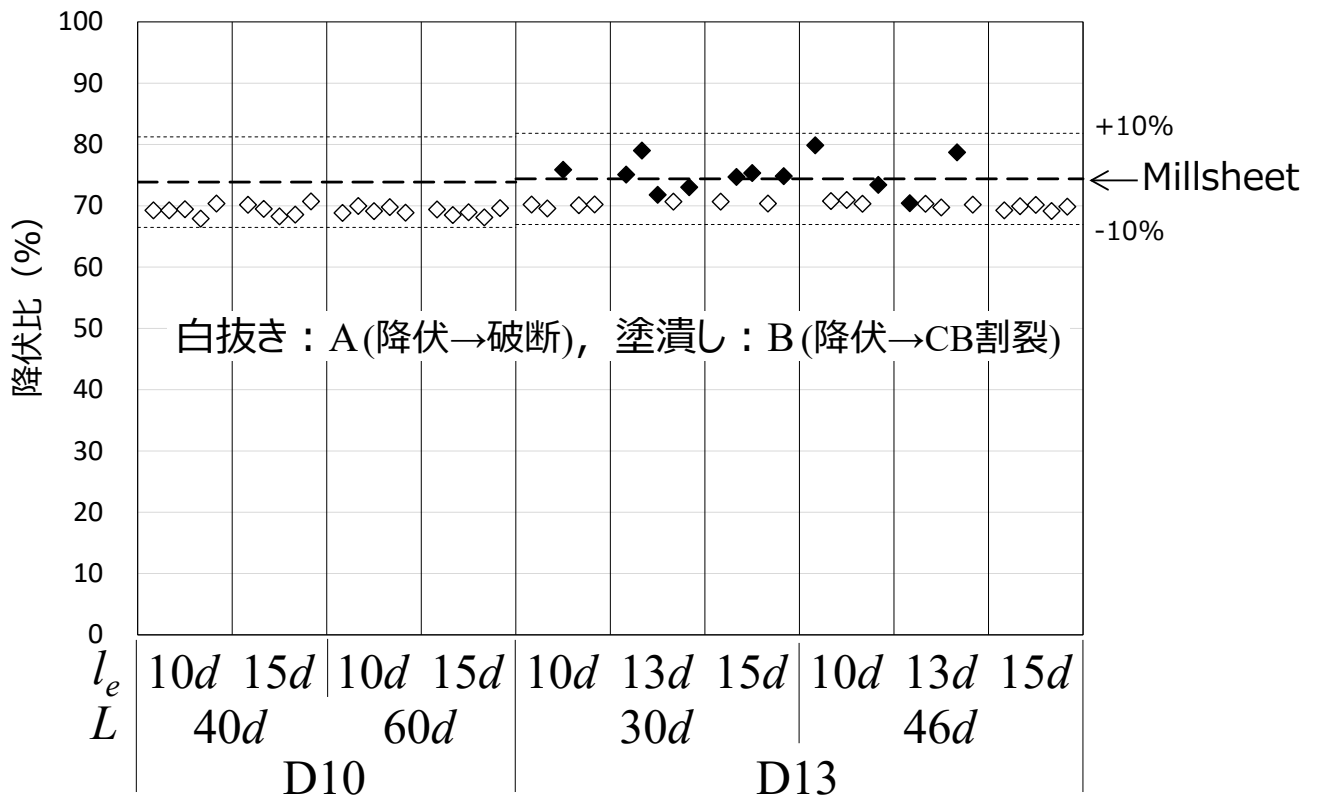
実験結果



◆降伏点, 引張強さ



◆降伏比



実験内容

◆あと施工アンカー単体の引抜試験:概要

	試験体 (各5本全20本)	
補強筋	D10	D13
有効埋込み長さ l_e	10d, 13d	10d, 13d

※接着剤:二成分形エポキシ系接着剤
高粘度タイプ(セグイン社製)



◆あと施工アンカー単体の引抜試験：結果／破壊モード

発現した破壊モード			
補強筋	D10	D13	
有効埋込み長さ l_e	10d	降伏→引抜	降伏→破断
		降伏→破断	降伏→破断
		降伏→引抜	降伏→破断
		降伏→引抜	降伏→引抜
		降伏→破断	降伏→引抜
	13d	降伏→破断	降伏→破断
		降伏→破断	降伏→破断
		降伏→破断	降伏→破断
		降伏→破断	降伏→破断
		降伏→破断	降伏→破断

実験結果

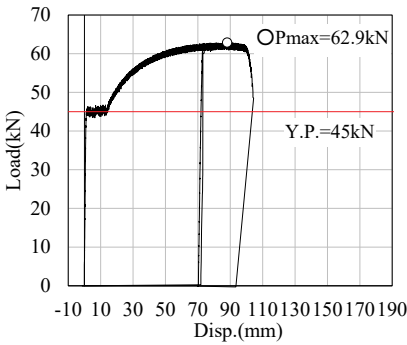
◆あと施工アンカー単体の引抜試験：結果／破壊状況

「降伏→引抜」
の5体

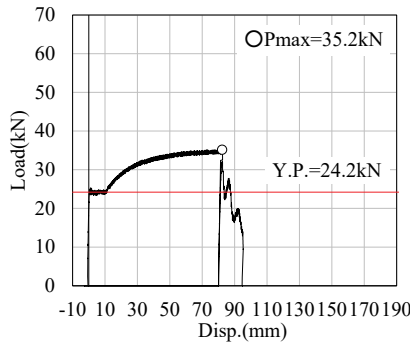


実験結果

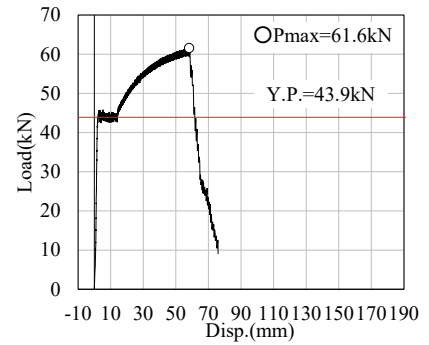
◆あと施工アンカー単体の引抜試験：結果／荷重-変形曲線



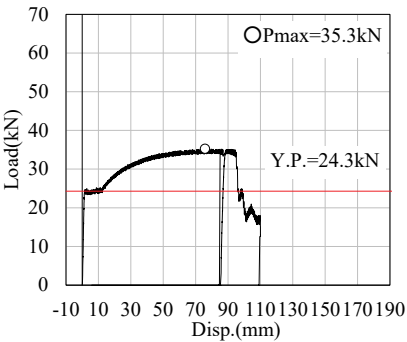
「降伏→破断」の一例



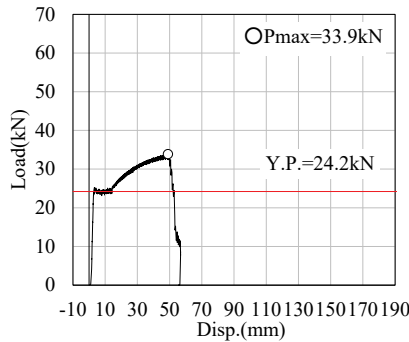
「降伏→引抜」D10-10d



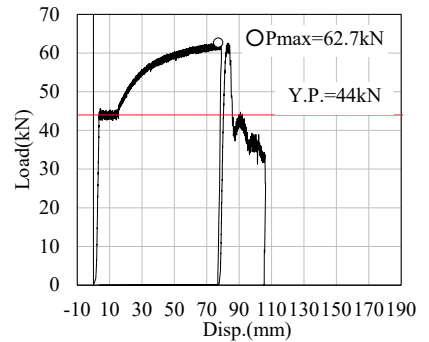
「降伏→破断」D13-10d



「降伏→破断」D10-10d



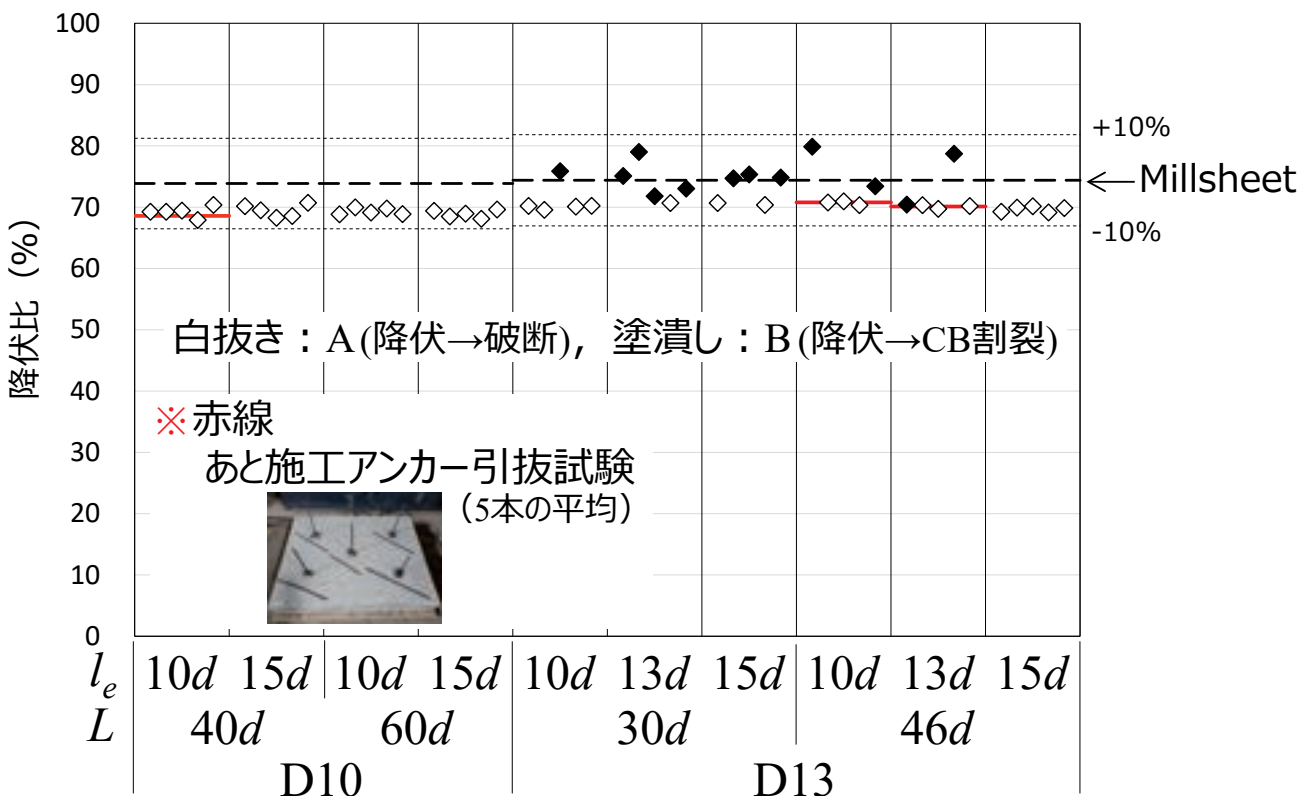
「降伏→破断」D10-10d



「降伏→破断」D13-10d

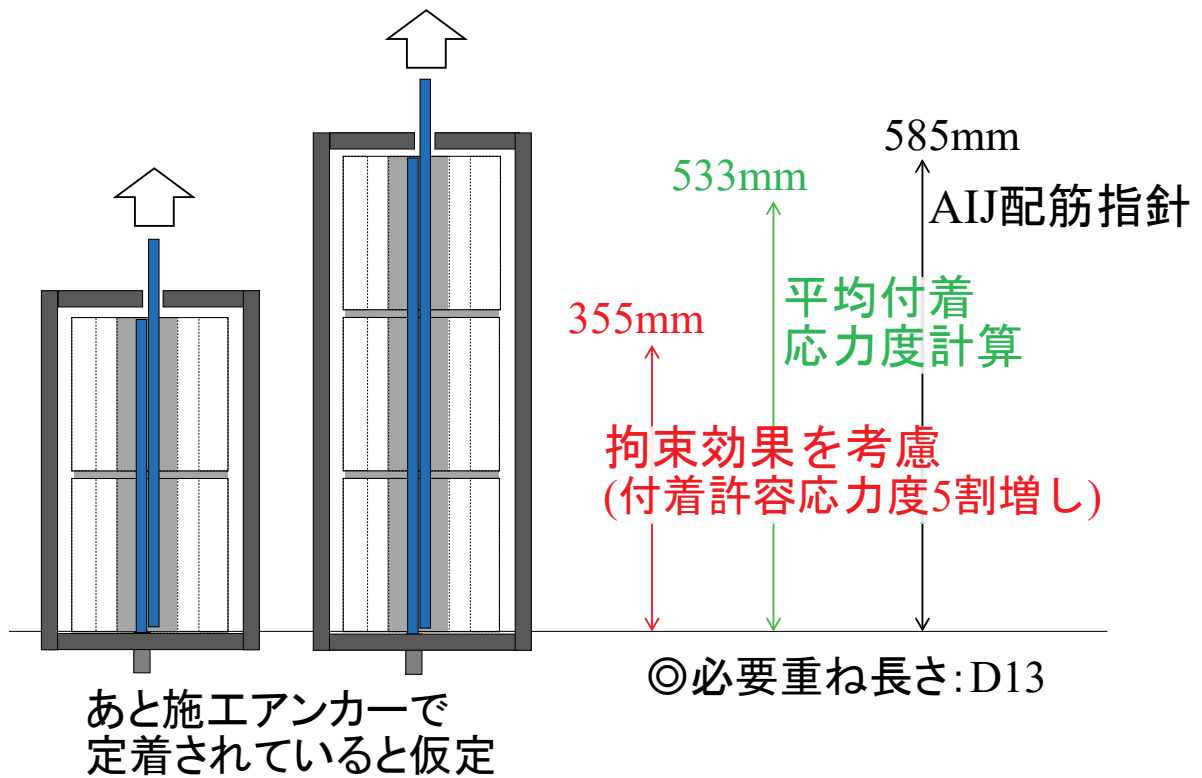
実験結果

◆降伏比



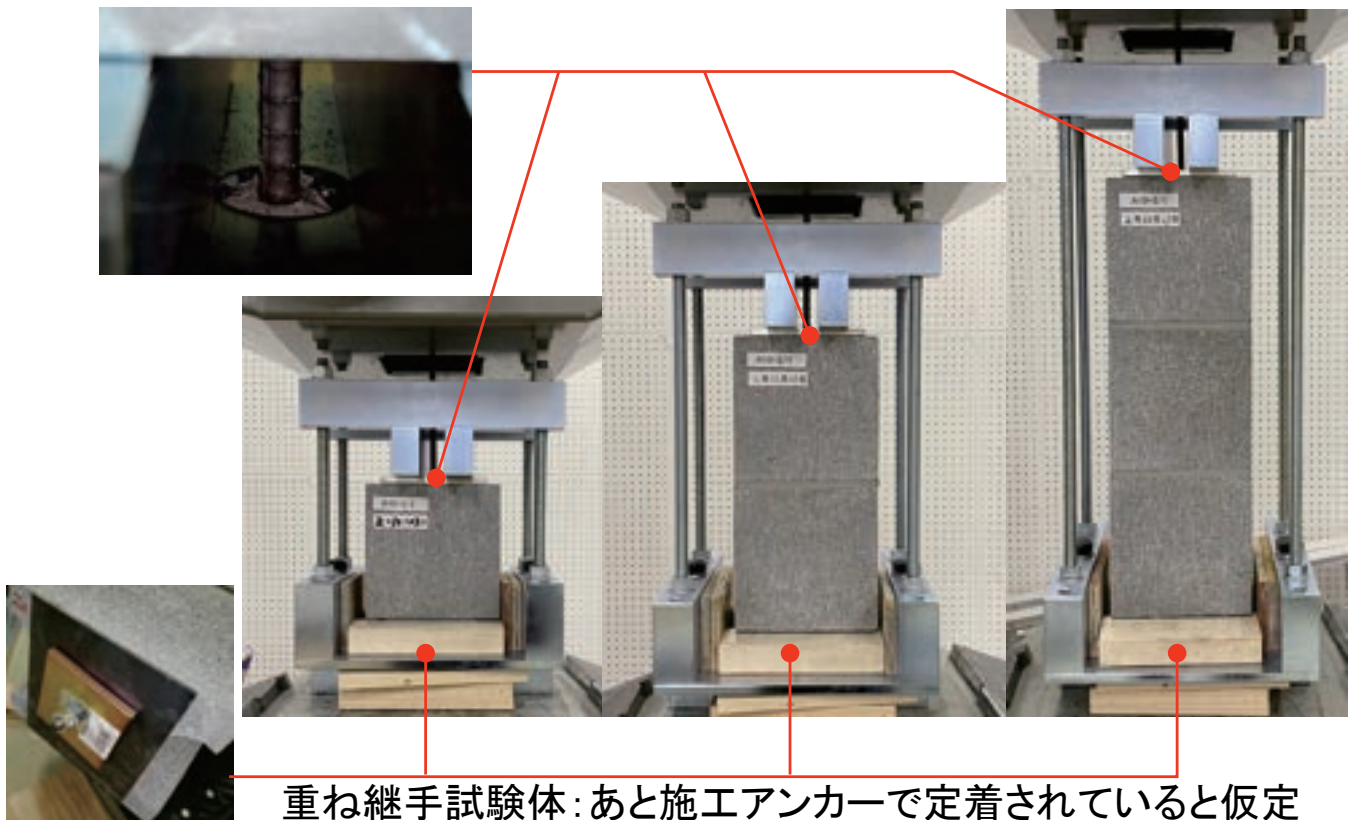
実験結果

◆既往の実験：重ね継手の引抜実験



実験結果

◆既往の実験：重ね継手の引抜実験



実験結果

◆既往の実験：重ね継手の引抜実験



A: 降伏→破断

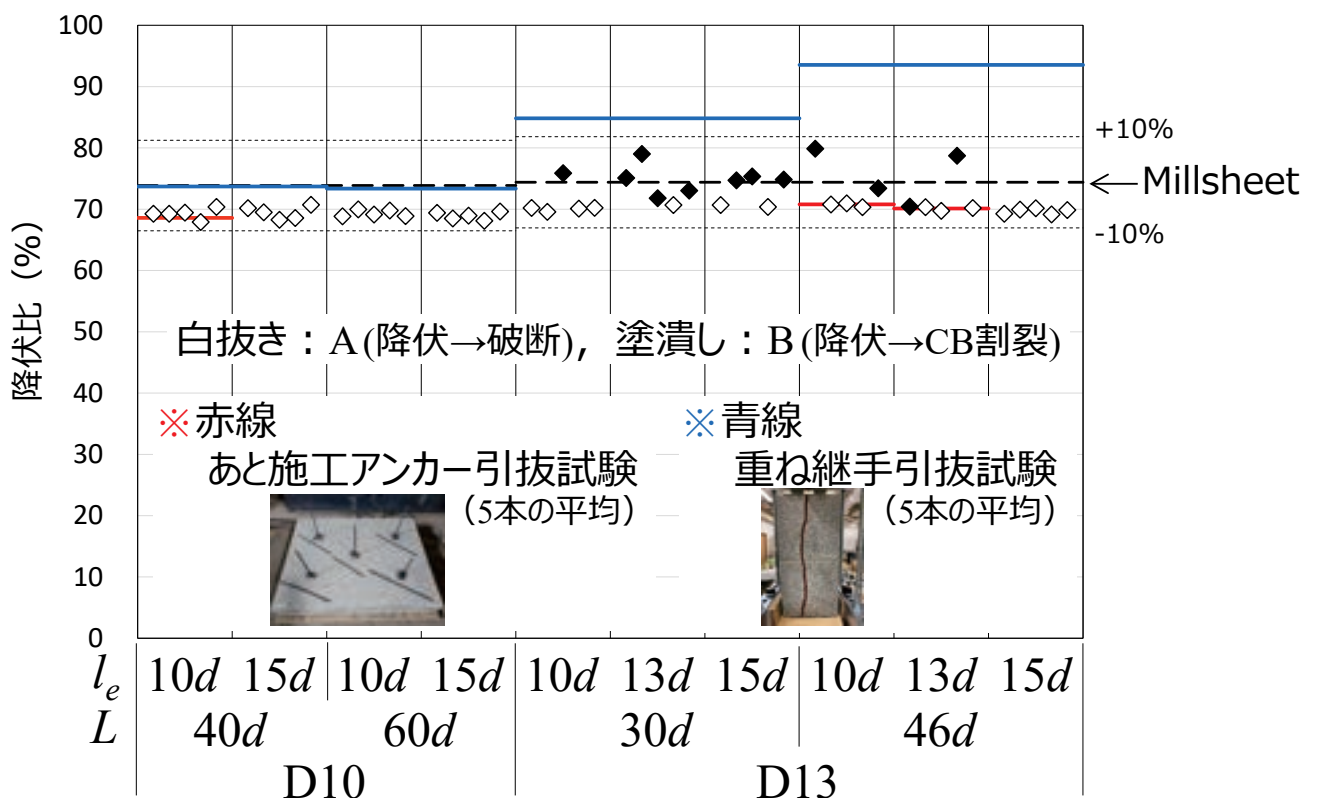
B: 降伏→CB割裂
C: CB割裂

引き抜き実験結果：破壊モード

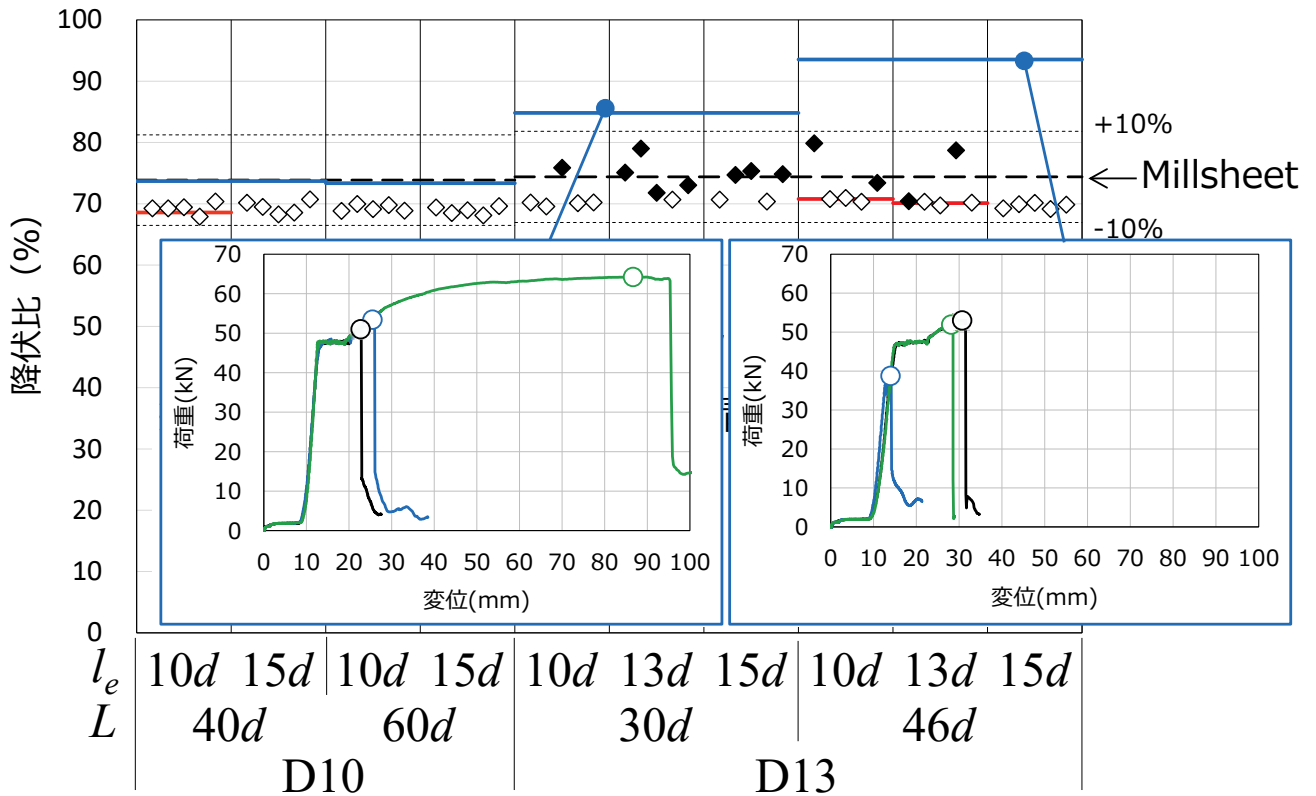
補強筋	CB2段分	CB3段分
D10	A, A, A	A, A, A
D13	B, B, B	B, C, B

実験結果

◆降伏比



◆降伏比



総括(1/2)

◆〔あと施工アンカー〕+〔CB空洞内での重ね継手〕

D10, D13, 接着系あと施工アンカー 二成分形エポキシ系接着剤
高粘度タイプ(セマイン社製)
最小有効埋込深さ $l_e=10d$, 最小重ね継手の長さ=CB2段分

- ① 全ての試験体において鉄筋が降伏
- ② 全ての試験体において下位降伏点を17%程上回る
- ③ 鉄筋破断: 降伏比はMillsheetの値を数%下回る程度
- ④ CB割裂 : 降伏比はMillsheetの値を数%上回る程度
- ⑤ あと施工アンカーの引き抜け無し

⇒ 本助成制度の成果を技術的裏付けとして
実用化の目途

〔課題〕要素実験との整合(設計法)

あと施工アンカー単体の引抜試験 ⇒ 上記の結果と整合
CBの重ね継手の引抜試験 ⇒ 上記の結果よりも降伏比が大きくなる傾向

小規模建築物(住宅)の基礎への展開

実験の背景



◆〔あと施工アンカー〕+〔重ね継手〕の展開



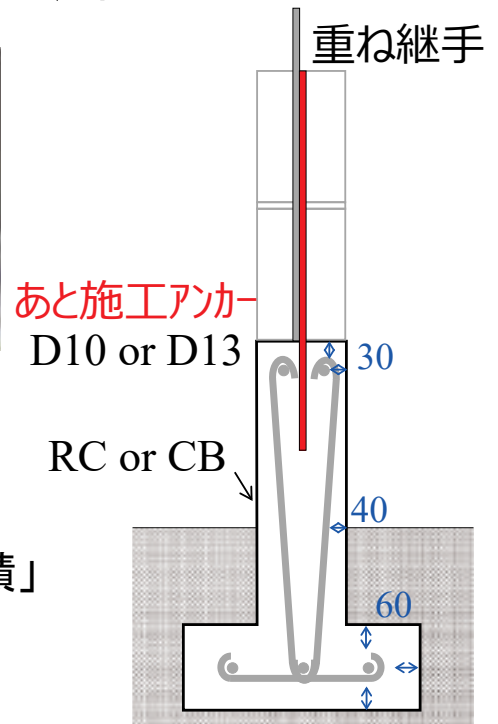
補強CB造用の基礎：簡易な施工

AIJ規準式の「汎用性」

群効果
へりあき寸法

「有効水平投影面積」
が不足

実耐力を過小評価しているかも



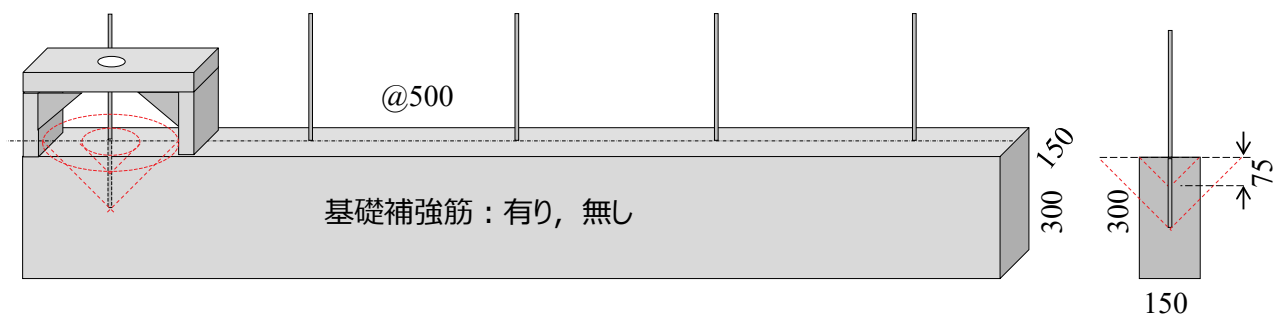
提案する基礎の
イメージ (素案：石山祐二)

検証実験

実験内容



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：試験体の概要



あと施工アンカー-D13試験体一覧

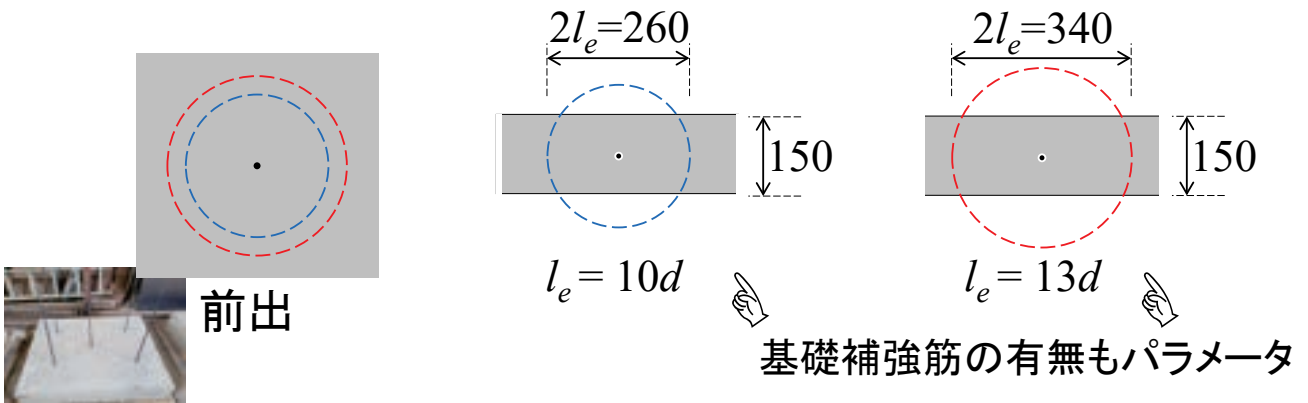
有効埋込み長さ l_e	基礎補強筋*		
	無し	あばら筋D10@450	あばら筋10@D300
10d	D13-135	D13-135-RB	D13-135-RC
13d	D13-170	D13-170-RB	D13-170-RC

※主筋は2-D13／各5本全30本／
接着剤：二成分形エポキシ系接着剤高粘度タイプ[®](セグイン社製)

実験内容



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：試験体の概要



あと施工アンカー-D13試験体一覧

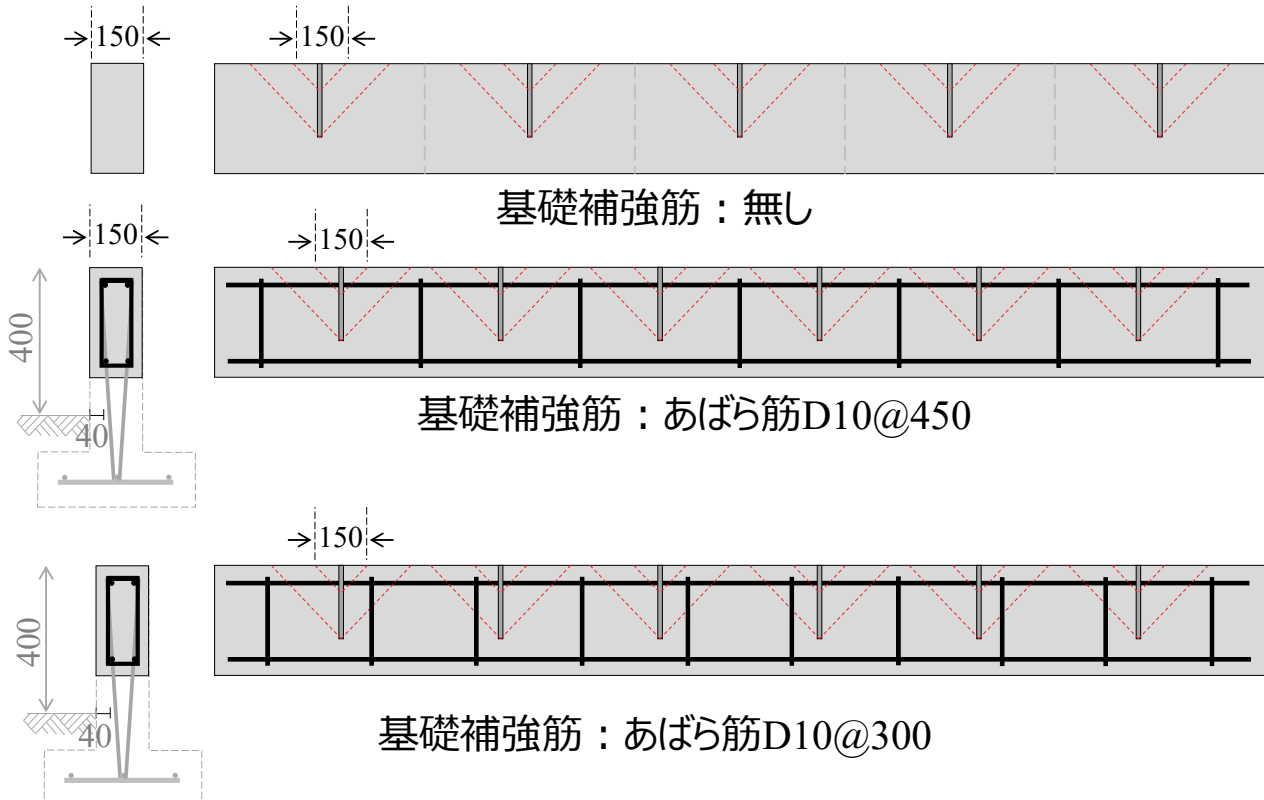
有効埋込み長さ l_e	基礎補強筋*		
	無し	あばら筋D10@450	あばら筋10@D300
10d	D13-135	D13-135-RB	D13-135-RC
13d	D13-170	D13-170-RB	D13-170-RC

※主筋は2-D13／各5本全30本／
 接着剤：二成分形エポキシ系接着剤高粘度タイプ（セダイン社製）

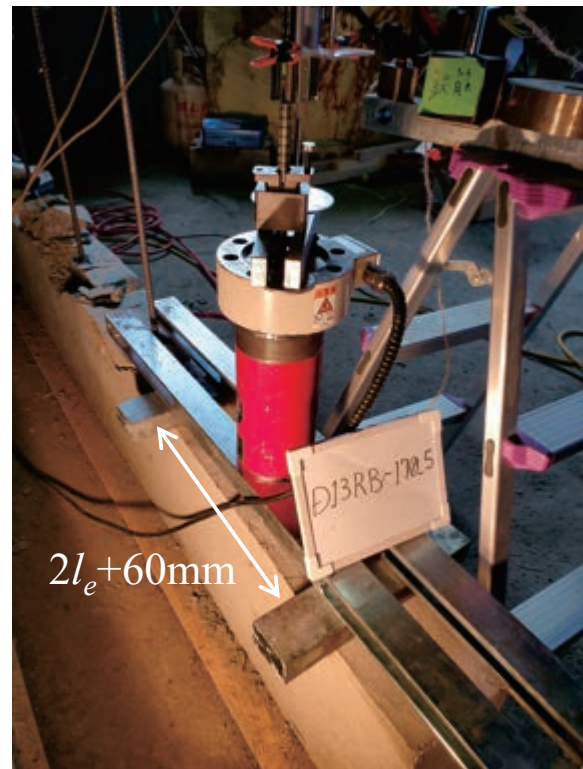
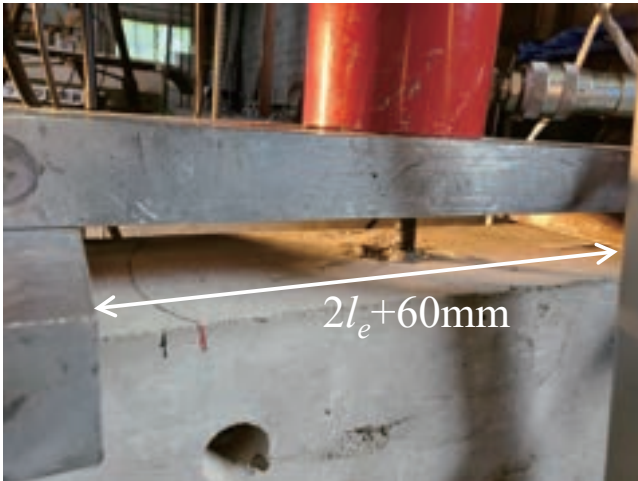
実験内容



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：試験体の概要



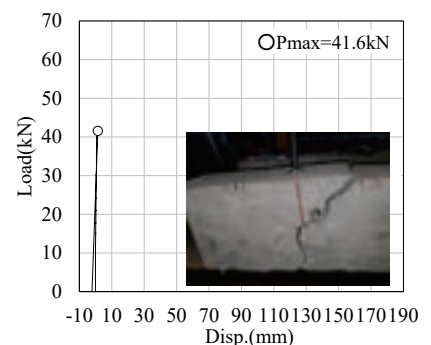
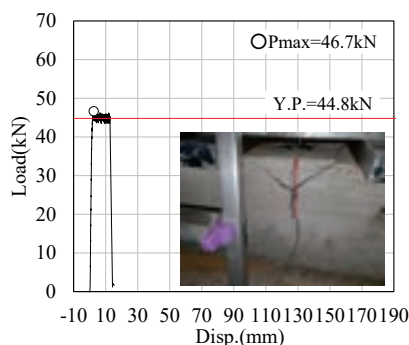
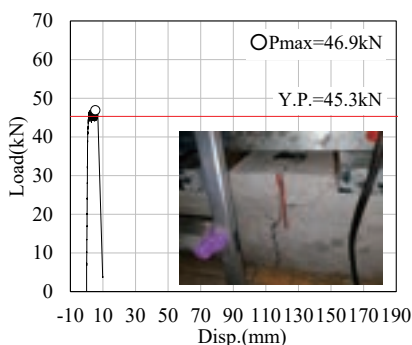
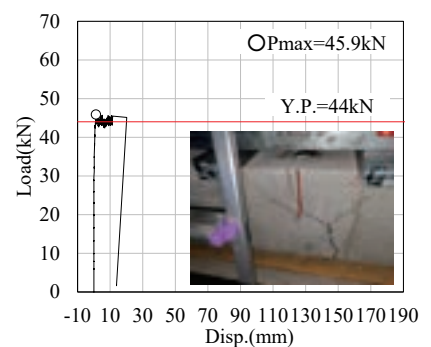
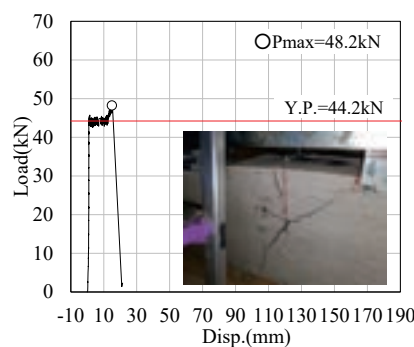
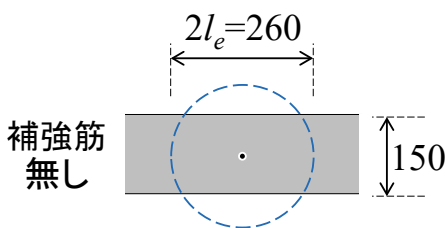
◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：実験方法



実験結果

◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：破壊状況

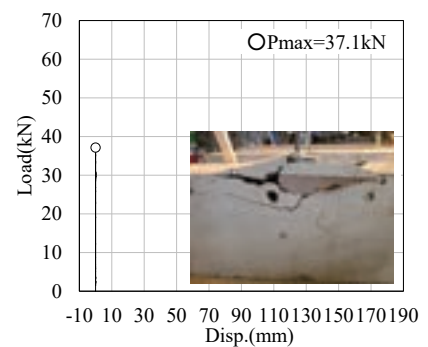
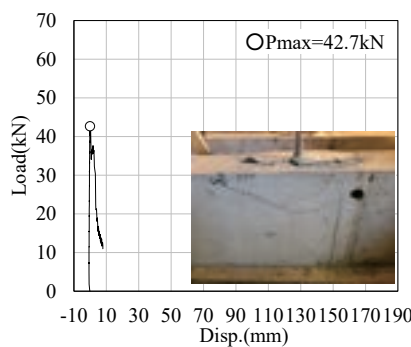
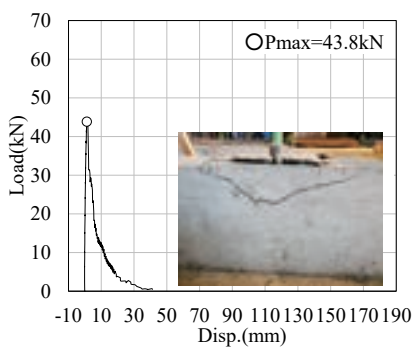
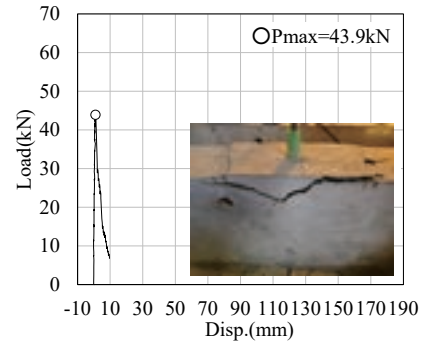
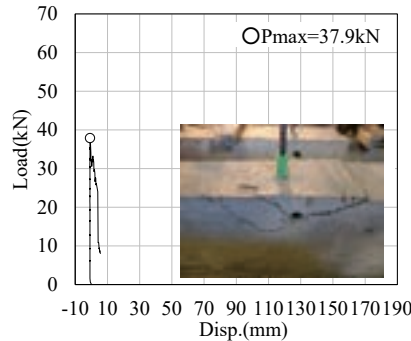
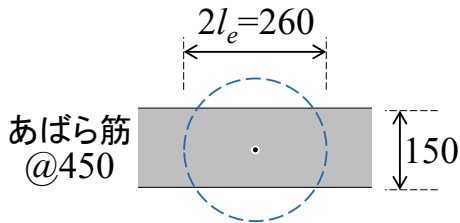
$$l_e = 10d \text{ (D13-135)}$$



実験結果

◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用:破壊状況

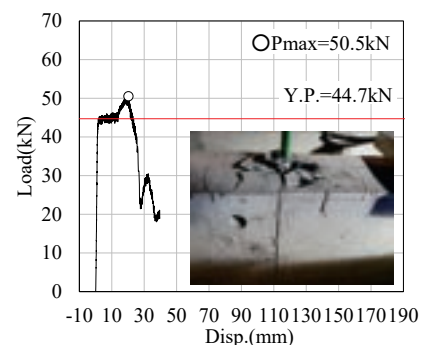
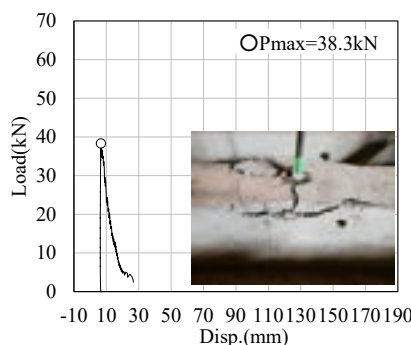
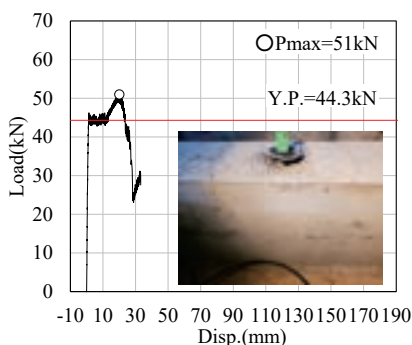
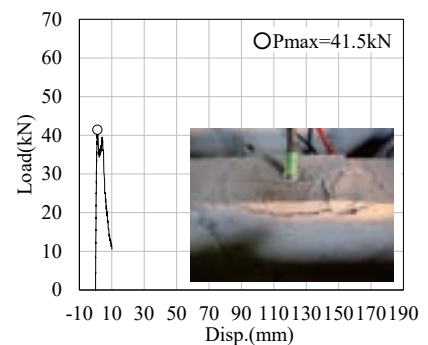
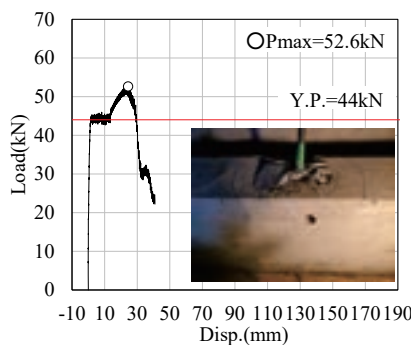
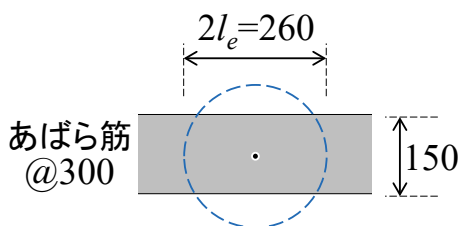
$$l_e = 10d \text{ (D13-135-RB)}$$



実験結果

◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用:破壊状況

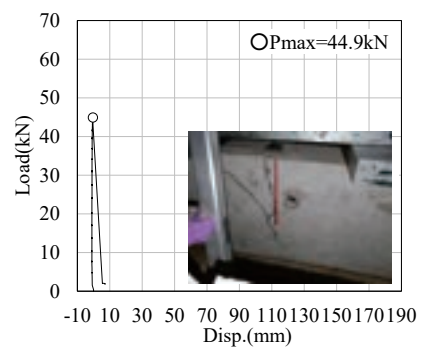
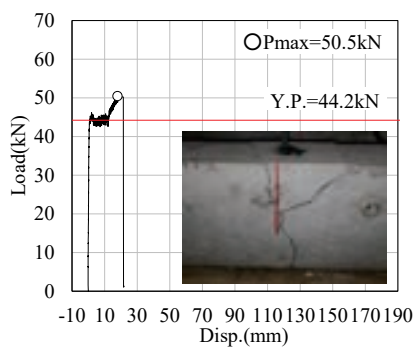
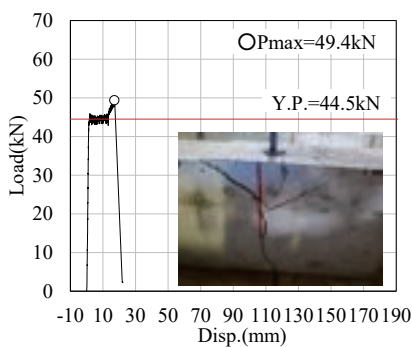
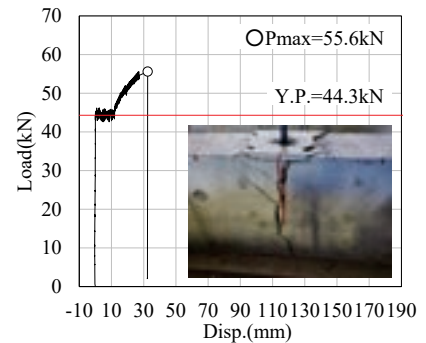
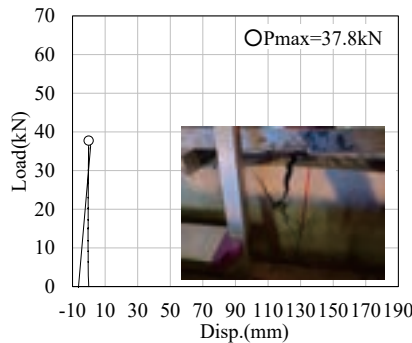
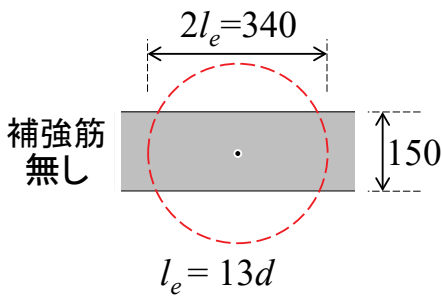
$$l_e = 10d \text{ (D13-135-RC)}$$



実験結果

◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用:破壊状況

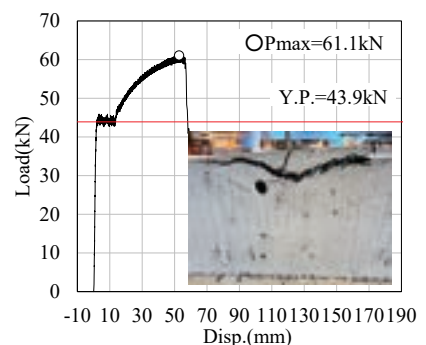
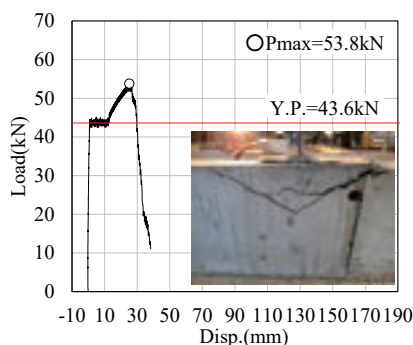
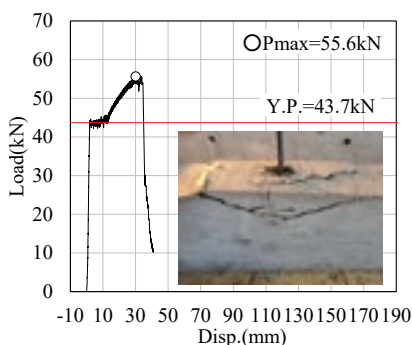
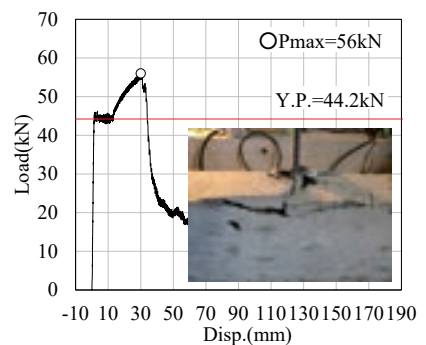
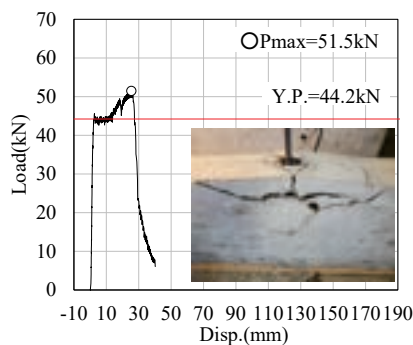
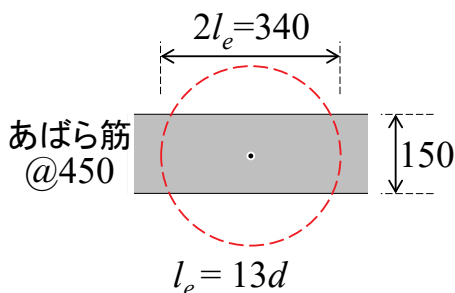
$$l_e = 13d \text{ (D13-170)}$$



実験結果

◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用:破壊状況

$$l_e = 13d \text{ (D13-170-RB)}$$

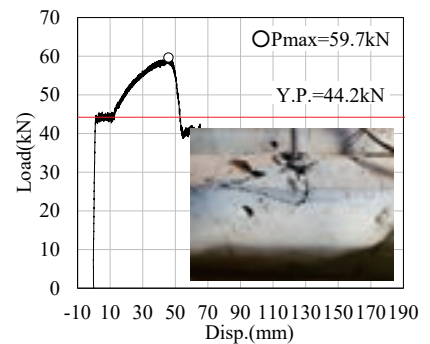
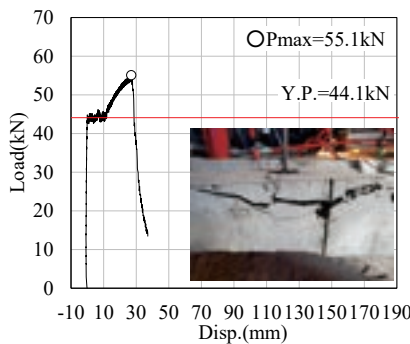
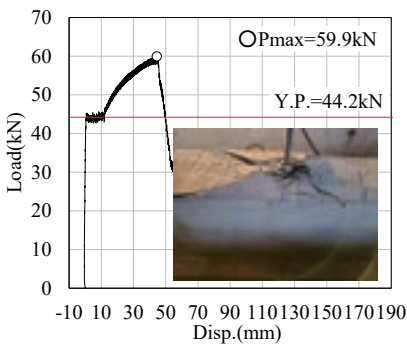
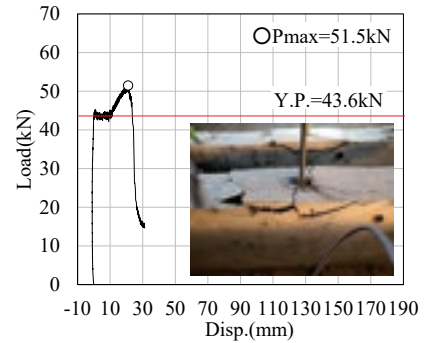
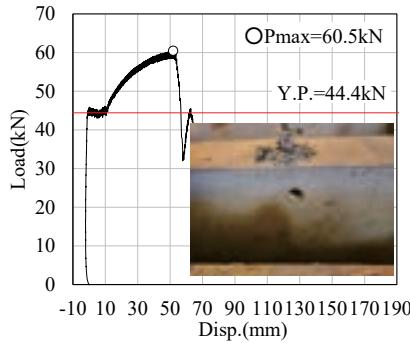
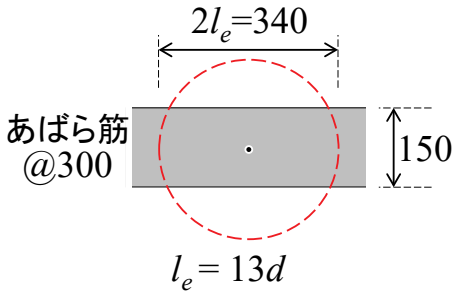


実験結果



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：破壊状況

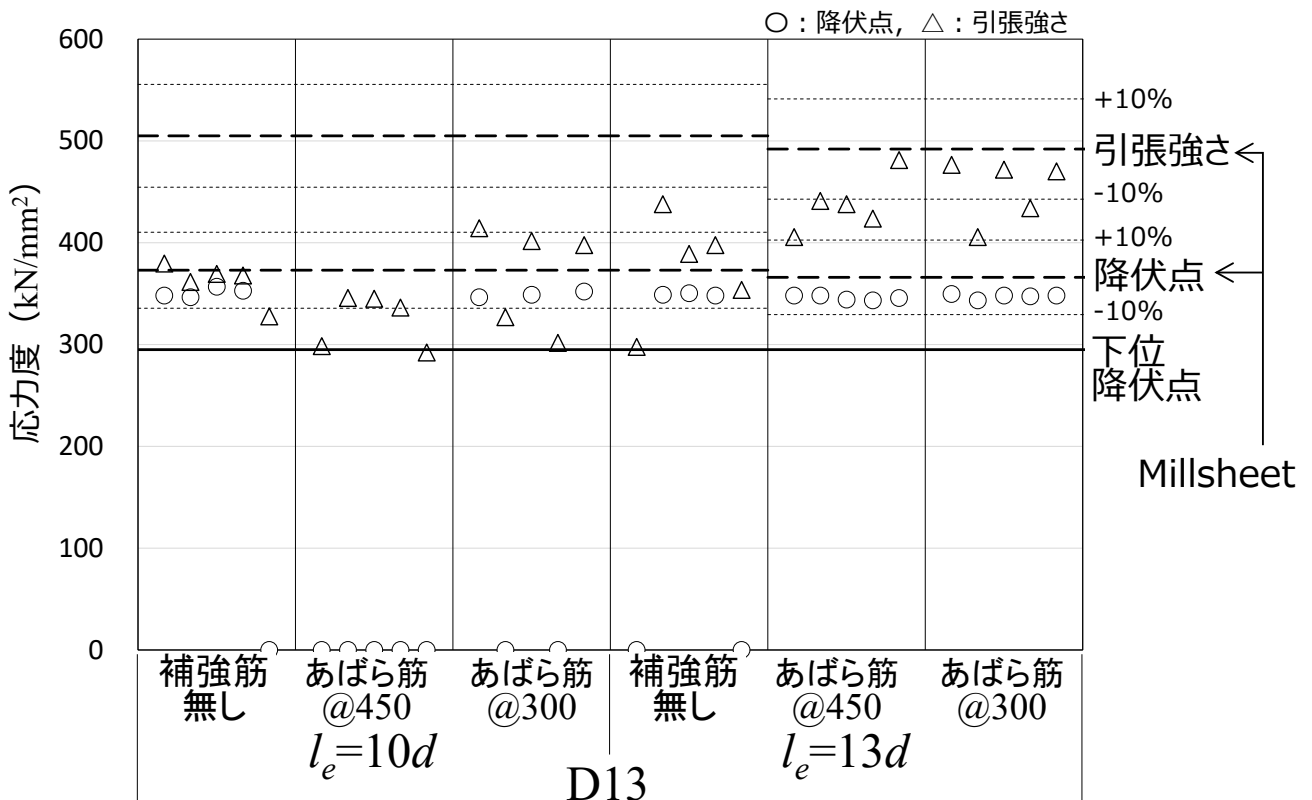
$$l_e = 13d \text{ (D13-170-RC)}$$



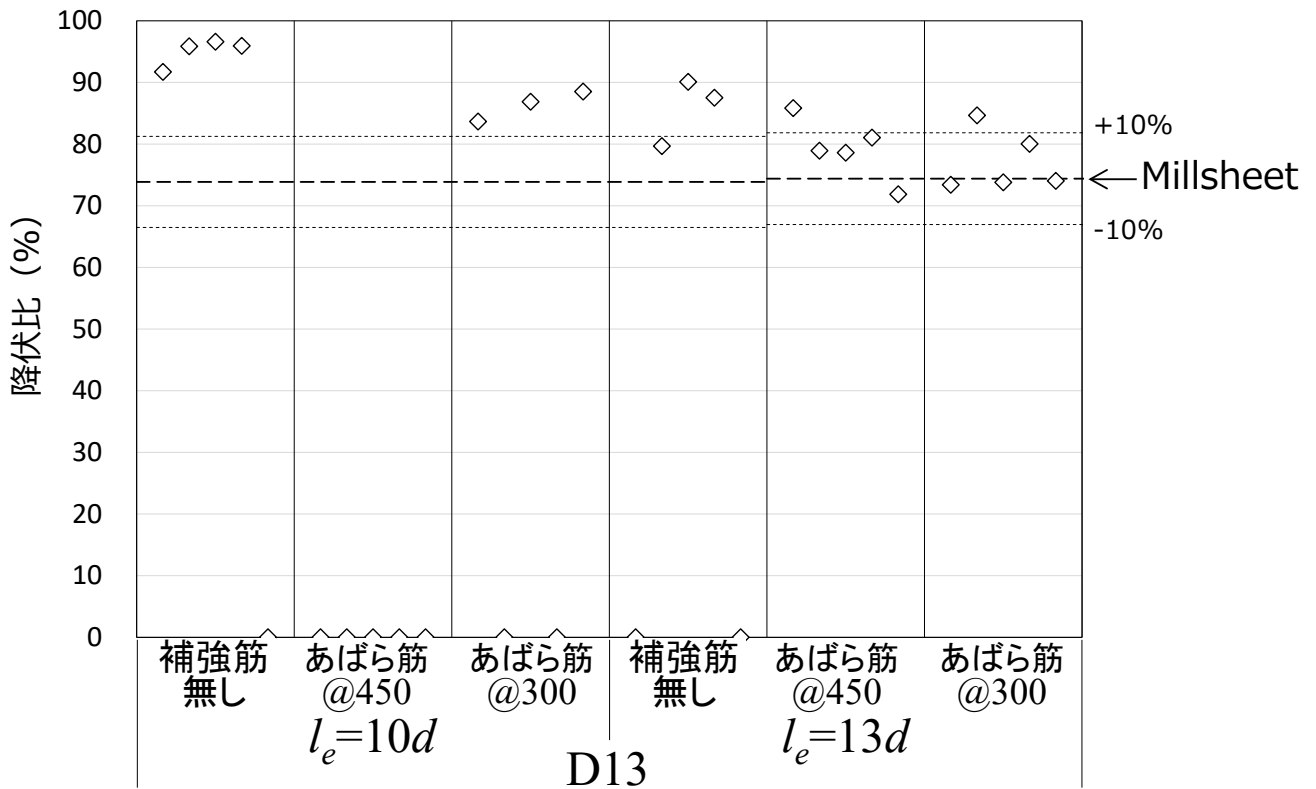
実験結果



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：降伏点，引張強さ



◆あと施工アンカーの補強CB造基礎への適用：降伏比



総括(2/2)

◆〔あと施工アンカー〕+〔重ね継手〕の展開

補強CB造用の基礎の実用化に向けて

RC造基礎：幅150mm

【課題】
 現行規準の「有効水平投影面積」が不足
 【期待】
 「アンカーボルト近傍の補強筋の効果」

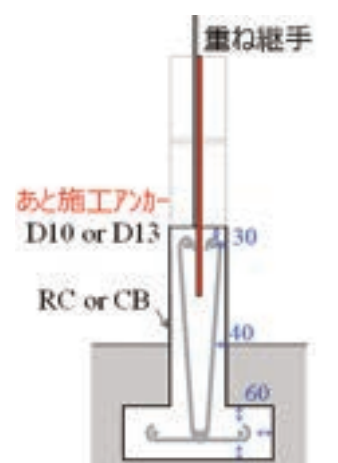
D13を用いた少し試行錯誤的な実験
 $l_e = 13d$ 程度

基礎補強筋
 の効果を確認

あと施工アンカーの
 降伏耐力の確保を確認

研究ニーズ

実用化への展開



簡易な施工
 「住宅」の市場
 = 圧倒的戸数

総括(1/2)

◆【あと施工アンカー】+【CB空洞内での重ね継手】

D10, D13, 接着系あと施工アンカー (二成分型エポキシ系接着剤 高粘度タイプ(セグイン社製))
 最小有効埋込深さ $l_e=10d$, 最小重ね継手の長さ=CB2段分

- ① 全ての試験体において鉄筋が降伏
- ② 全ての試験体において下位降伏点を17%程度上回る
- ③ 鉄筋破断: 降伏比はMillsheetの値を数%下回る程度
- ④ CB割裂: 降伏比はMillsheetの値を数%上回る程度
- ⑤ あと施工アンカーの引き抜け無し

⇒ 本助成制度の成果を技術的裏付けとして 実用化の目途

【課題】要素実験との整合(設計法)
 あと施工アンカー単体の引抜試験 ⇒ 上記の結果と整合
 CBの重ね継手の引抜試験 ⇒ 上記の結果よりも降伏比が大きくなる傾向

小規模建築物(住宅)の基礎への展開

総括(2/2)

◆【あと施工アンカー】+【重ね継手】の展開

補強CB造用の基礎の実用化に向けて

RC造基礎: 幅150mm

【課題】
 現行標準の「有効水平投影面積」が不足

【期待】
 「アンカーボルト近傍の補強筋の効果」

D13を用いた少し試行錯誤的な実験
 $l_e=13d$ 程度

基礎補強筋の効果を確認 あと施工アンカーの降伏耐力の確保を確認

研究ニーズ 実用化への展開

JCAAの研究助成制度に
 心から感謝申し上げます。

研究発表

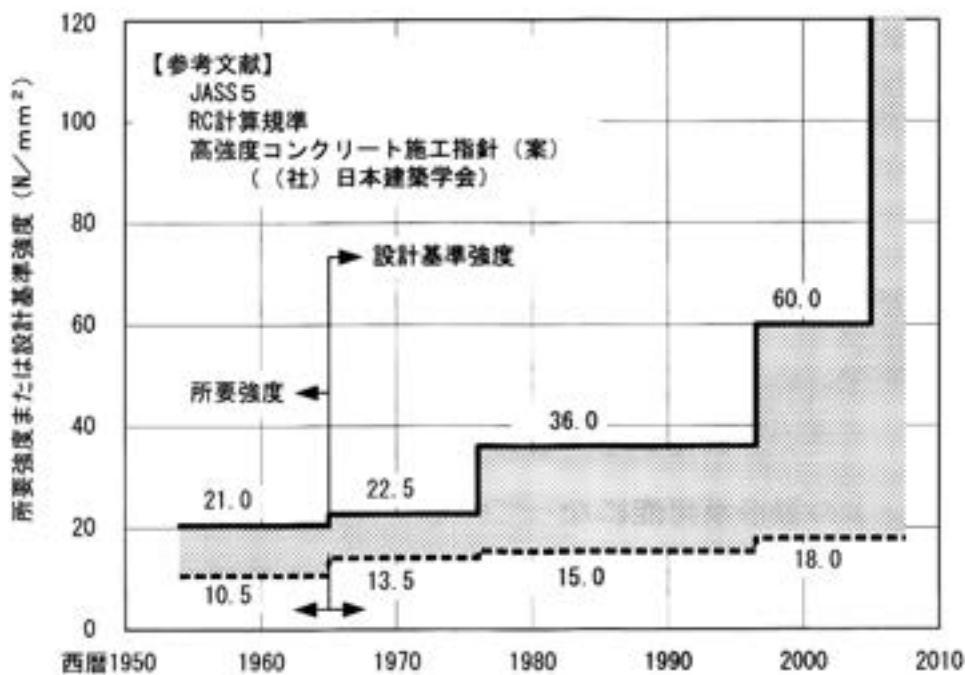
2

「金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に及ぼす
コンクリート強度の影響に関する実験的研究」
ものつくり大学 助教 荒巻 卓見 氏

金属拡張系あと施工アンカーの 引抜き耐力に及ぼすコンクリート強度の影響 に関する実験的研究

ものづくり大学 荒巻 卓見
// 大塚 秀三
日本大学 中田 善久

コンクリートの設計基準強度



コンクリート
高強度化

→ 超高層では $F_c=100 \text{ N/mm}^2$ を超える超高強度
→ 中低層でも高強度の使用が一般化

超高強度コンクリートを対象とした既往研究①

題 目： 高強度コンクリート構造に対するあと施工アンカー

著 者： 細川洋治，石原益夫，青木哲夫，青山博之

誌名等： コンクリート工学年次論文集，Vol.14，No.2，pp.131-136，1992

実験結果&知見

- ・ 高強度コンクリートへの穿孔は，一般的な大型ドリルを使用した場合，普通強度よりも約2倍の時間を要する。
- ・ アンカーの打撃回数は，高強度の場合，普通強度と比べて約1.1～1.6倍であった。
- ・ 標準的な埋込み長さで施工したアンカーの最大耐力は，高強度の場合，普通強度と比べて約1.5～2.4倍に上昇する。
- ・ 高強度では，アンカーの母材破断で終局に達する場合が多く見られた。

超高強度コンクリートを対象とした既往研究②

題 目： 超高強度コンクリート(150MPa)に定着したあと施工アンカーの支持耐力に関する実験的研究

著 者： 酒井悟，杉山智昭，中野克彦，松崎育弘

誌名等： コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.2，pp.679-684，2006

実験結果&知見

- ・ 超高強度コンクリートでは，打込み回数が非常に多くなった。それでも拡張部は十分に開いておらず施工は困難であった。
- ・ 破壊性状は，拡張部の開きが十分でないため滑りが生じて抜け出した。コンクリート表面まで抜け出した後，非常に浅いコーン状破壊，または，割裂破壊となった。
- ・ 最大耐力は，埋込み長さに伴い若干上昇するが頭打ちであった。
- ・ 最大耐力は，スリーブ打ち込み式 > 内部コーン打ち込み式 > 本体打ち込み式 > 芯棒打ち込み式の順であった。

既往研究の検討範囲

高強度コンクリートを対象とした既往研究と本研究の検討範囲

金属拡張系 あと施工アンカー		コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)									
		20 以上 30 未満	30 以上 40 未満	40 以上 50 未満	50 以上 60 未満	60 以上 70 未満	70 以上 80 未満	80 以上 90 未満	90 以上 100 未満	100 以上 150 未満	150 以上
打 込 み 方 式	芯棒打込み式	④		④			④				②
	内部コーン打込み式	④		④			④				②
	本体打込み式	①							①		②
	スリーブ打込み式	①④		④			④		①		②
締 付 け 方 式	コーンナット式	①							①		
	テーパードルト式										
	ダブルコーン式										
	ウェッジ式	①④		③④		③	③④		①		
その他											

文献①：細川らの研究(JCI年次, 1982年), 文献②：酒井らの研究(JCI年次, 2006年),
文献③：中田らの研究(AIJ大会, 2011年), 文献④：中野らの研究(AIJ大会, 2014年),
■網掛け部：本研究の検討範囲

本研究の目的

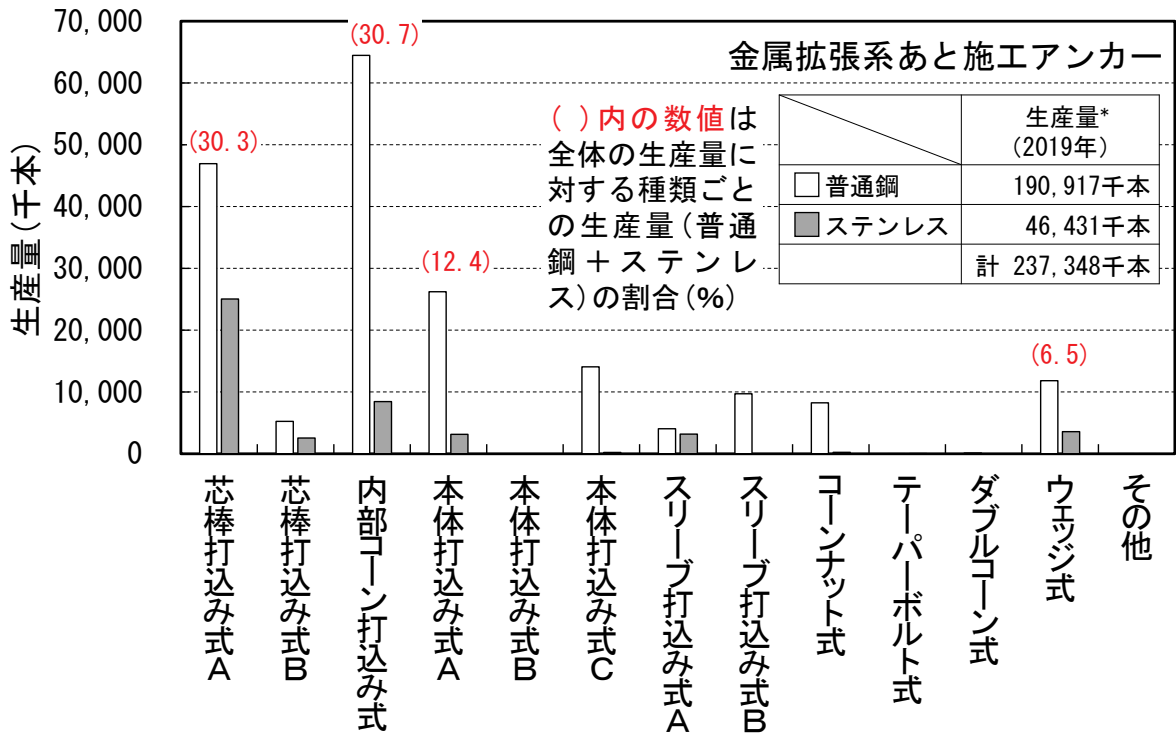
金属拡張系あと施工アンカーの引抜き性状に及ぼす
コンクリート強度の影響について明らかにすることを
を最終目標

普通強度から高強度までの範囲で圧縮強度を
段階的に変化させたコンクリートを対象に...

- ⇒ 各種の金属拡張系アンカーの引抜き性状を
実験的に明示
- ⇒ 引抜き耐力の算定に資する基礎データおよ
び知見を整理

実験概要

変化要因 ・母材コンクリートの圧縮強度
 ・金属拡張系アンカーの種類 ➡ **引抜き試験**



実験概要 ~アンカー~

アンカーの諸元

アンカーの種類	ねじ径	外径 (mm)	全長 (mm)	穿孔径 (mm)	穿孔深さ (mm)	埋込み長さ*1 (mm)
芯棒打込み式	M12	12.0	90	12.7	62	50
内部コーン打込み式		16.0	50	16.5	50	
本体打込み式		17.3	50	18.0	50	
スリーブ打込式		17.3	100	18.0	56	
ウェッジ式		12.0	100	12.0	71	
拡底式		18.0	120	19.0	72	58

*1 有効埋込み長さ

実験概要 ～コンクリート～

コンクリートの使用材料

材料	種類	品質・主成分
セメント (C)	普通ポルトランド セメント	密度：3.16 g/cm ³ 比表面積：3,270 cm ² /g
水 (W)	地下水	—
細骨材 (S)	陸砂 (栃木県栃木市尻内町産)	表乾密度：2.61 g/cm ³ 吸水率：2.20%
粗骨材 (G)	石灰岩碎石 (栃木県佐野市会沢町)	表乾密度：2.70 g/cm ³ 吸水率：0.66 %
化学混和剤 (Ad)	AE減水剤	リグニンスルホン酸系
	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸

実験概要 ～コンクリート～

コンクリートの調合

W/C (%)	単体量 (kg/m ³)				Ad (C×%)	フレッシュ試験 の結果	
	W	C	S	G		空気量 (%)	SL ^{*3} ・SF ^{*4} (cm)
75.0	183	244	937	907	1.30 ^{*1}	4.1	17.0
65.0	184	283	900	907	1.30 ^{*1}	4.0	19.0
53.0	185	349	846	907	1.30 ^{*1}	5.1	18.0
43.0	170	396	861	891	1.10 ^{*2}	3.9	21.0
37.0	170	460	822	875	1.10 ^{*2}	5.7	25.0
31.0	170	549	760	867	1.20 ^{*2}	4.5	50.0
27.0	170	630	699	859	1.55 ^{*2}	3.0	60.0
25.5	165	648	705	851	1.90 ^{*2}	3.1	55.0

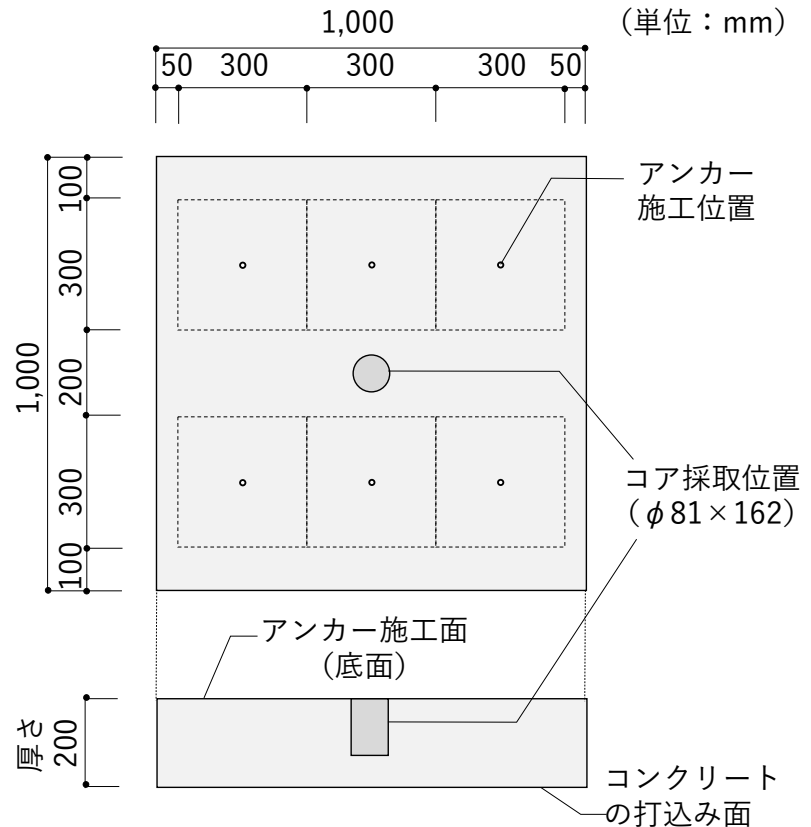
*1 AE減水剤を使用,*2 高性能AE減水剤減水剤を使用,

*3 SL：スランプ, *4 SF：スランプフロー

実験概要 ～試験体～

母材

- 無筋コンクリート
- アンカーの種類 & コンクリートの調合ごとに1体作製
- 側面全周に断熱材を設置



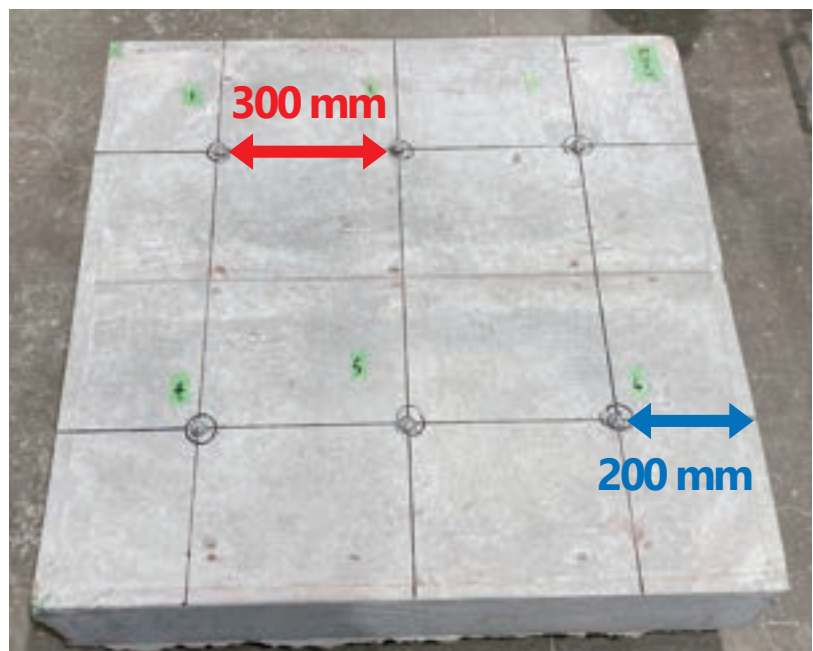
実験概要 ～試験体～

アンカー施工

- 試験体の底面
- 下向き施工 (打込み式は人力で施工)
- アンカー6本/1体

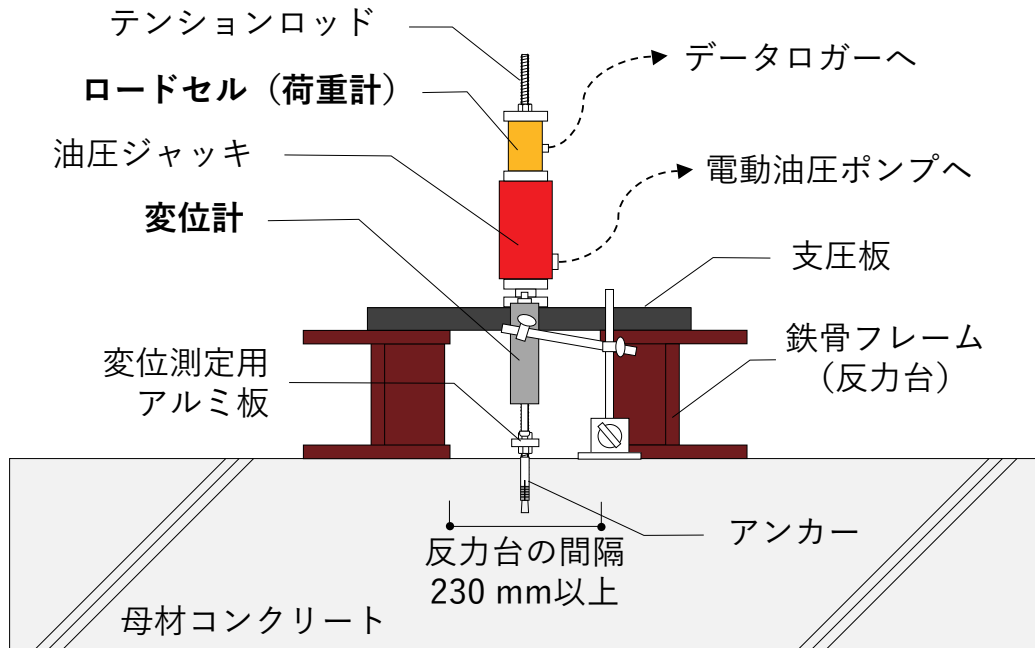


隣接するアンカーの間隔
⇒ 埋込み長さの4倍以上



へりあき寸法
⇒ 埋込み長さの2倍以上

実験概要 ～引抜き試験～



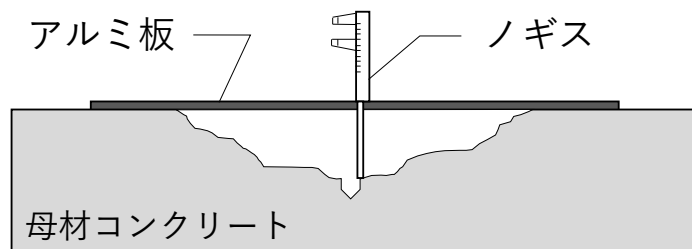
【試験方法】 JCAAの標準試験法に準拠

- 変位計2箇所
- 載荷速度は毎秒20 N/mm²以下

実験概要 ～コーン深さ & 拡張部の外径～

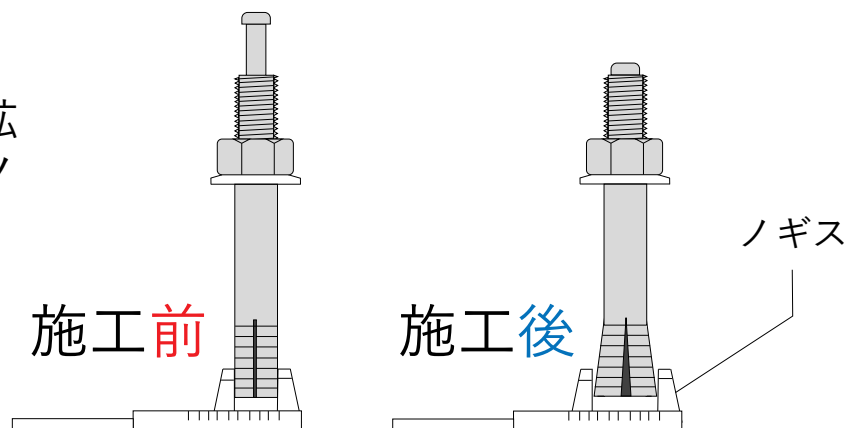
コーン深さ

コンクリート表面から最大深さをノギスで測定



拡張部の外径

施工前と施工後に拡張部の最大外径をノギスで測定



実験概要 ～コンクリートの強度試験～

圧縮強度 & 静弾性係数

- 調合ごとにコア供試体6本(試験体1体から1本ずつ採取)
- $\phi 81 \times 162$ mm
- 材齢91日(または翌日)

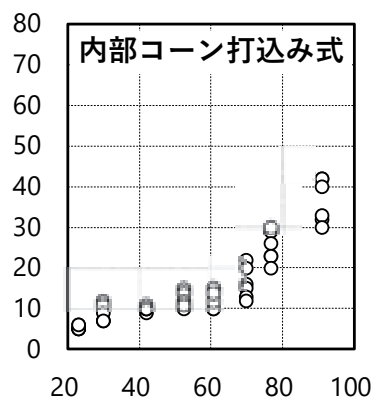
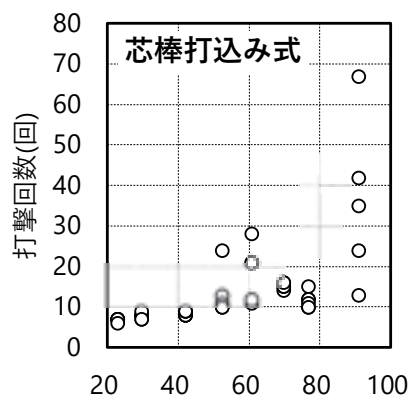
割裂引張強度

- 調合ごとに円柱供試体5本(現場封かん養生)
- $\phi 100 \times 200$ mm
- 材齢91日

コンクリートの強度試験結果

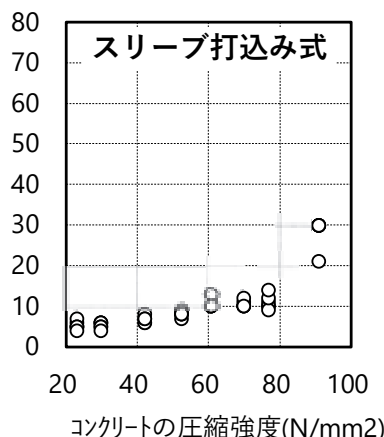
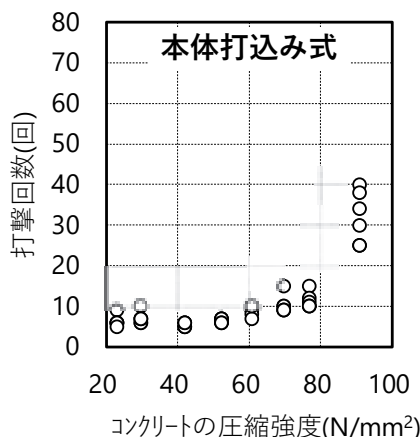
W/C (%)	コア供試体		円柱供試体
	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)
75	23.0	26.8	1.99
65	29.9	29.3	2.10
53	42.1	32.8	2.74
43	52.4	35.3	3.29
37	60.8	36.6	3.33
31	69.9	38.8	3.44
27	76.8	40.1	3.27
25.5	91.0	48.4	3.94

実験結果 ～アンカーの打撃回数～



圧縮強度70 N/mm²以下

- 打撃回数は圧縮強度が高いほど若干増加するが、著しい差はない
- 最大でも20回程度

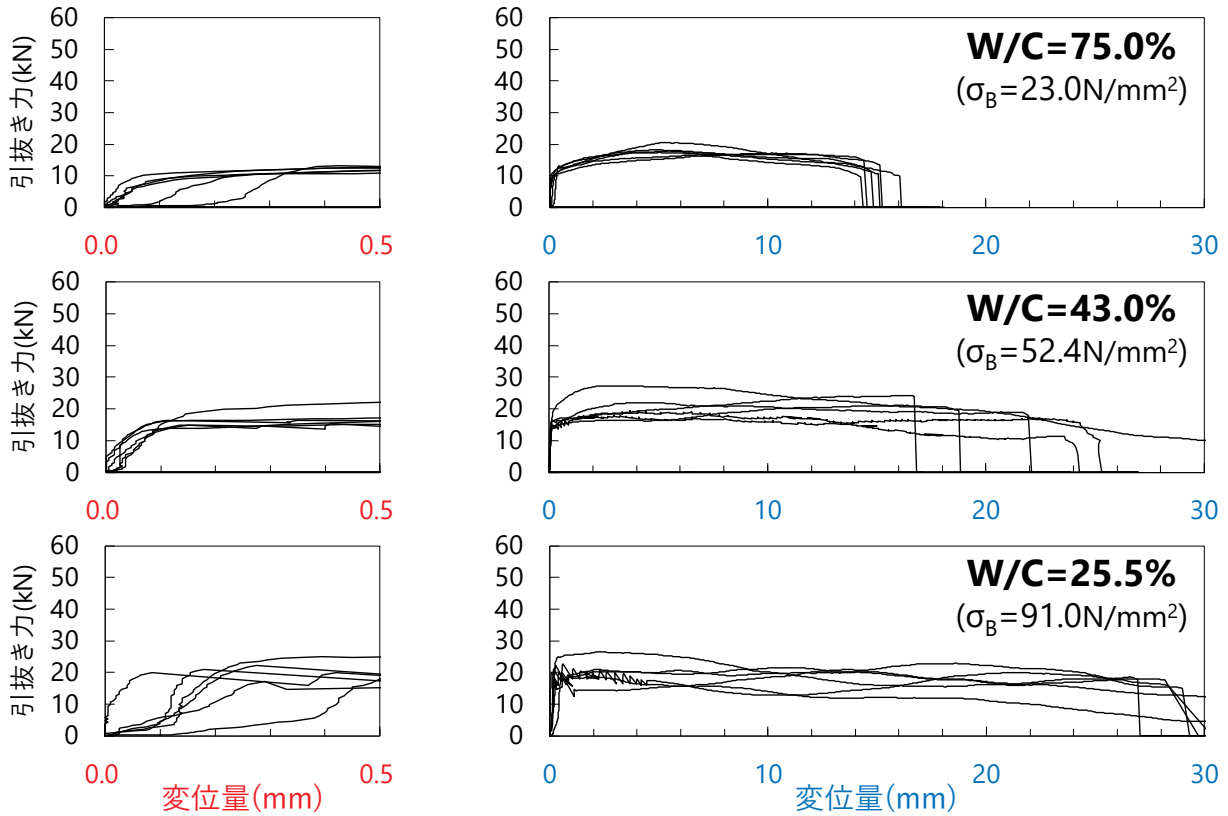
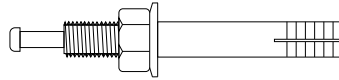


圧縮強度80 N/mm²以上

- 打撃回数が顕著に増加
- 拡張が不十分な(打撃を加えてもそれ以上拡張しない状態)

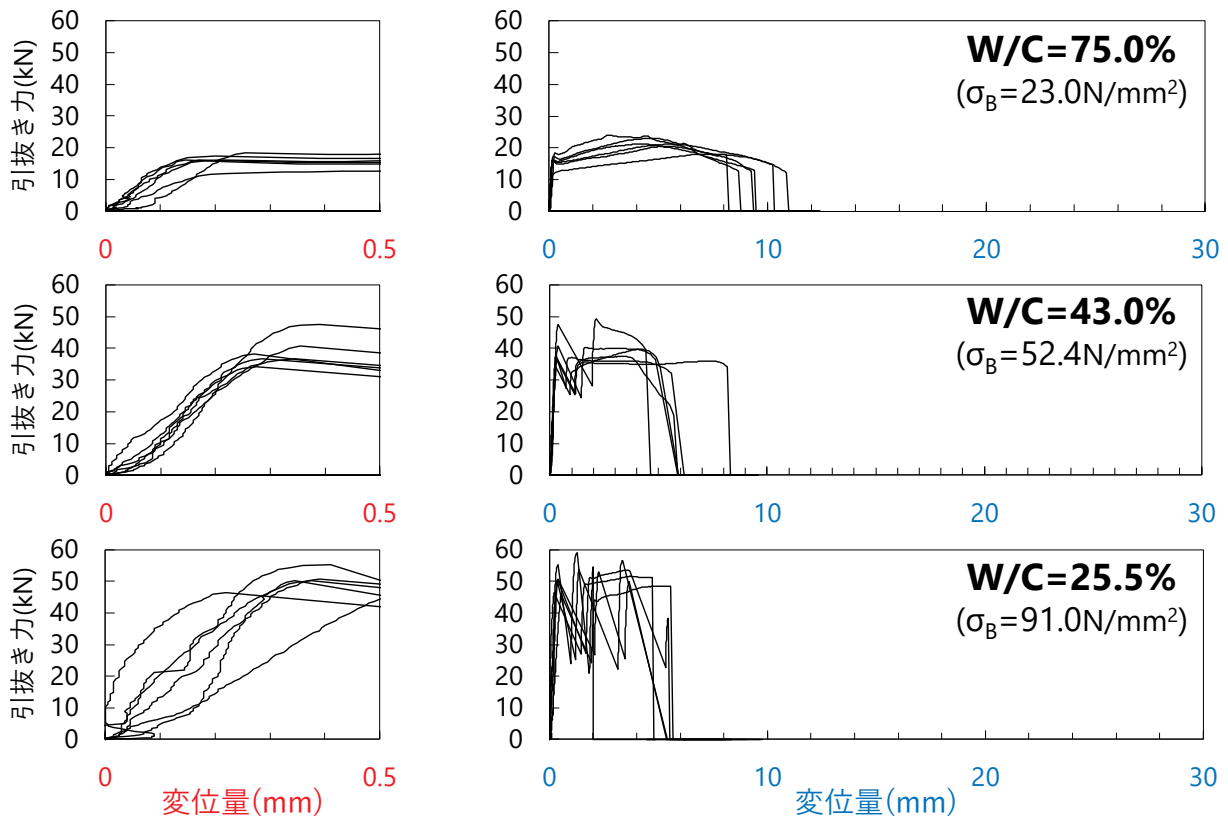
実験結果 ～荷重－変位曲線～

芯棒打込み式



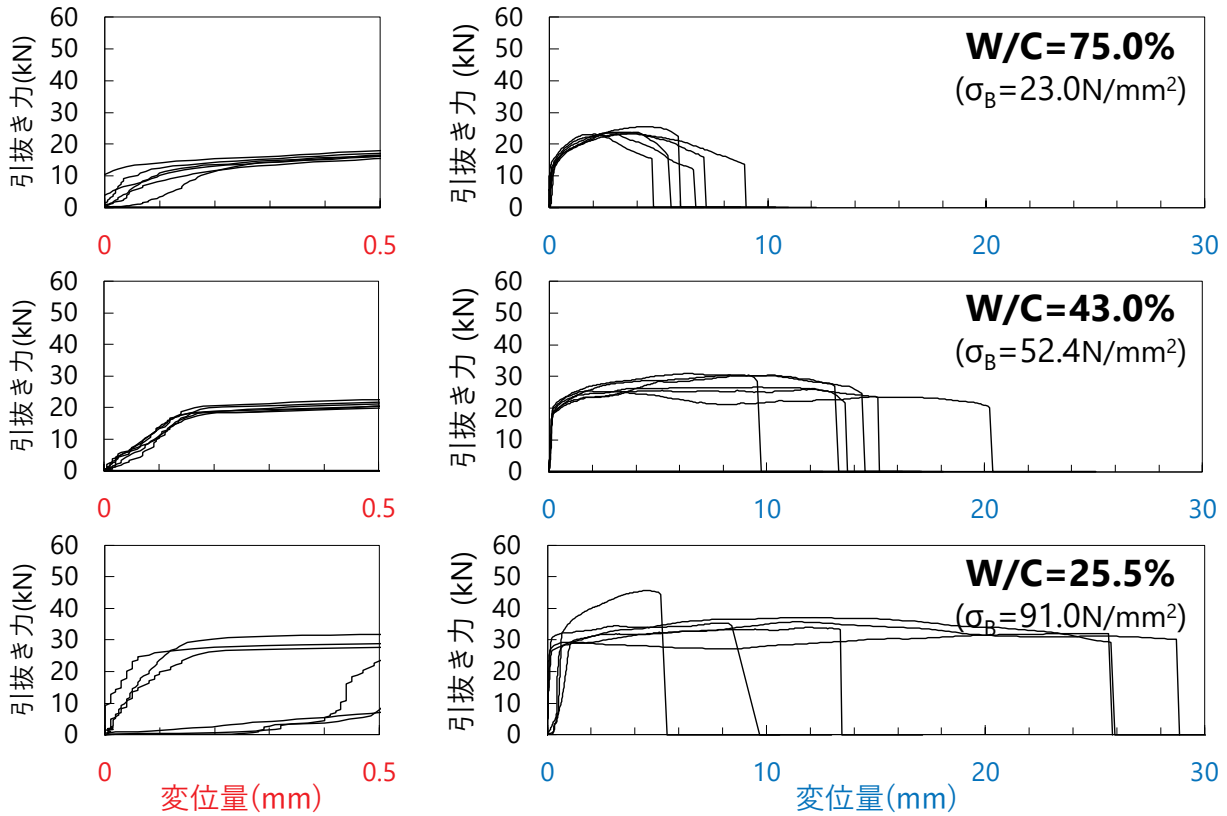
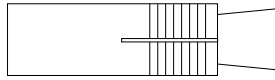
実験結果 ～荷重－変位曲線～

内部コーン打込み式



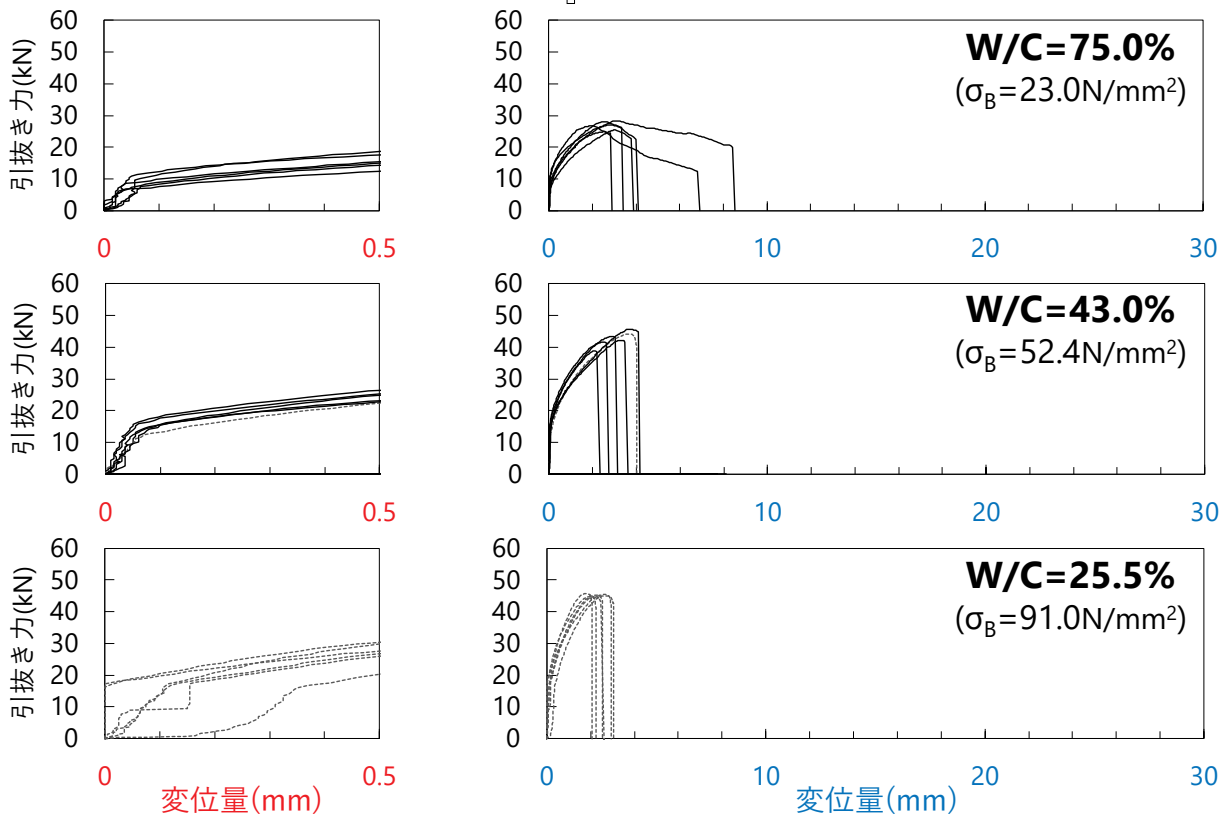
実験結果 ～荷重－変位曲線～

本体打込み式



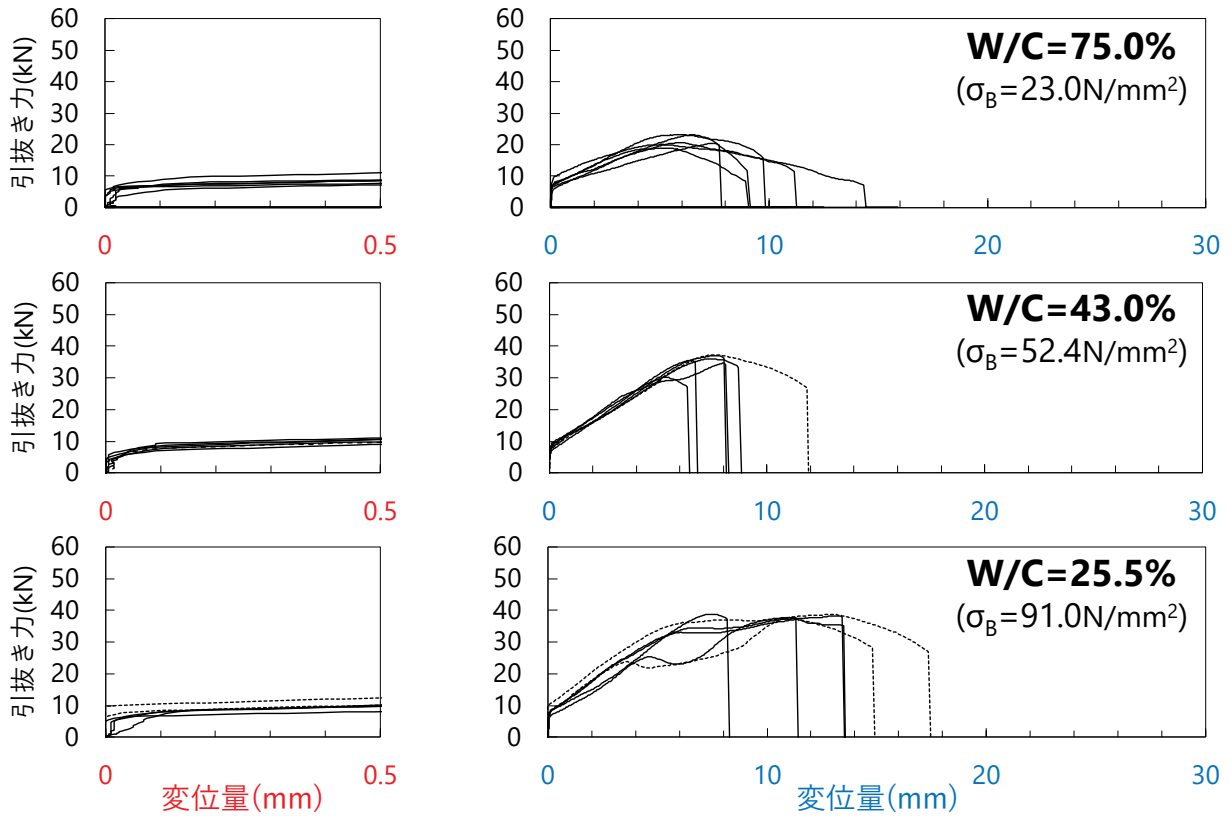
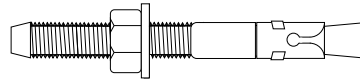
実験結果 ～荷重－変位曲線～

スリーブ打込み式



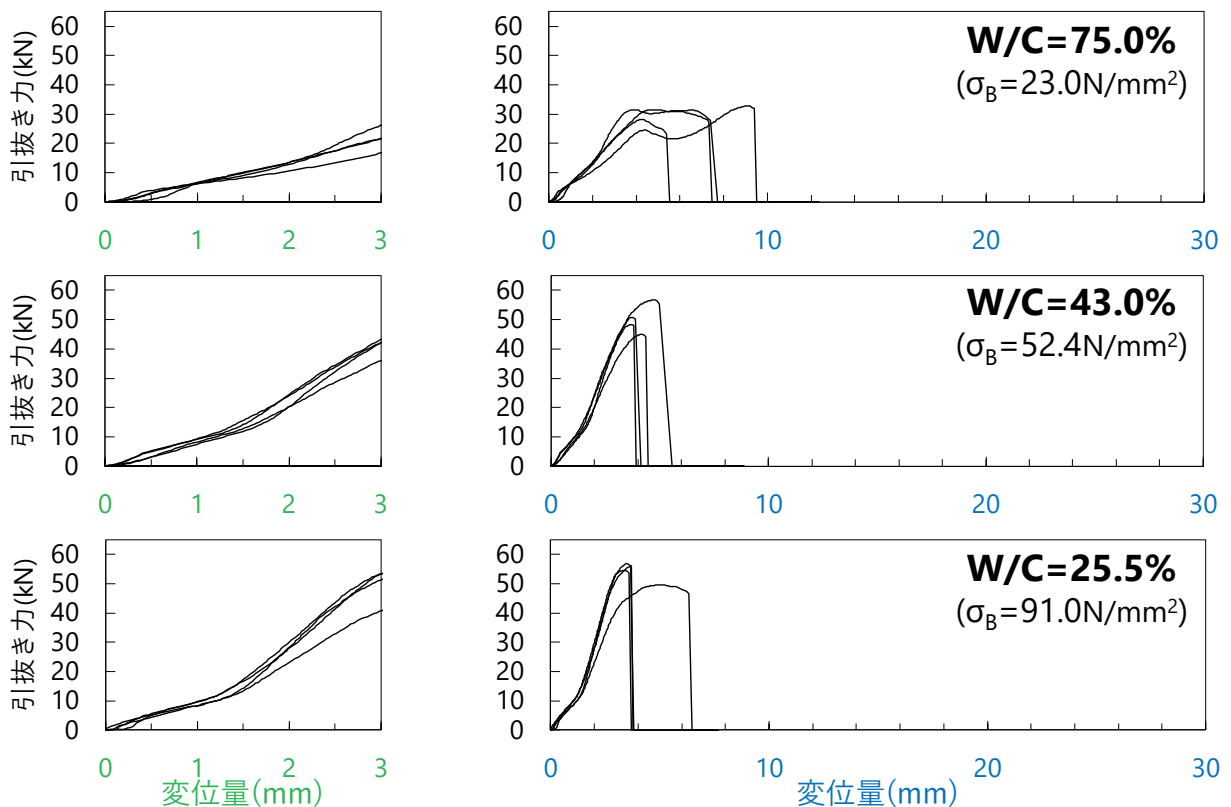
実験結果 ～荷重－変位曲線～

ウェッジ式



実験結果 ～荷重－変位曲線～

拡底式



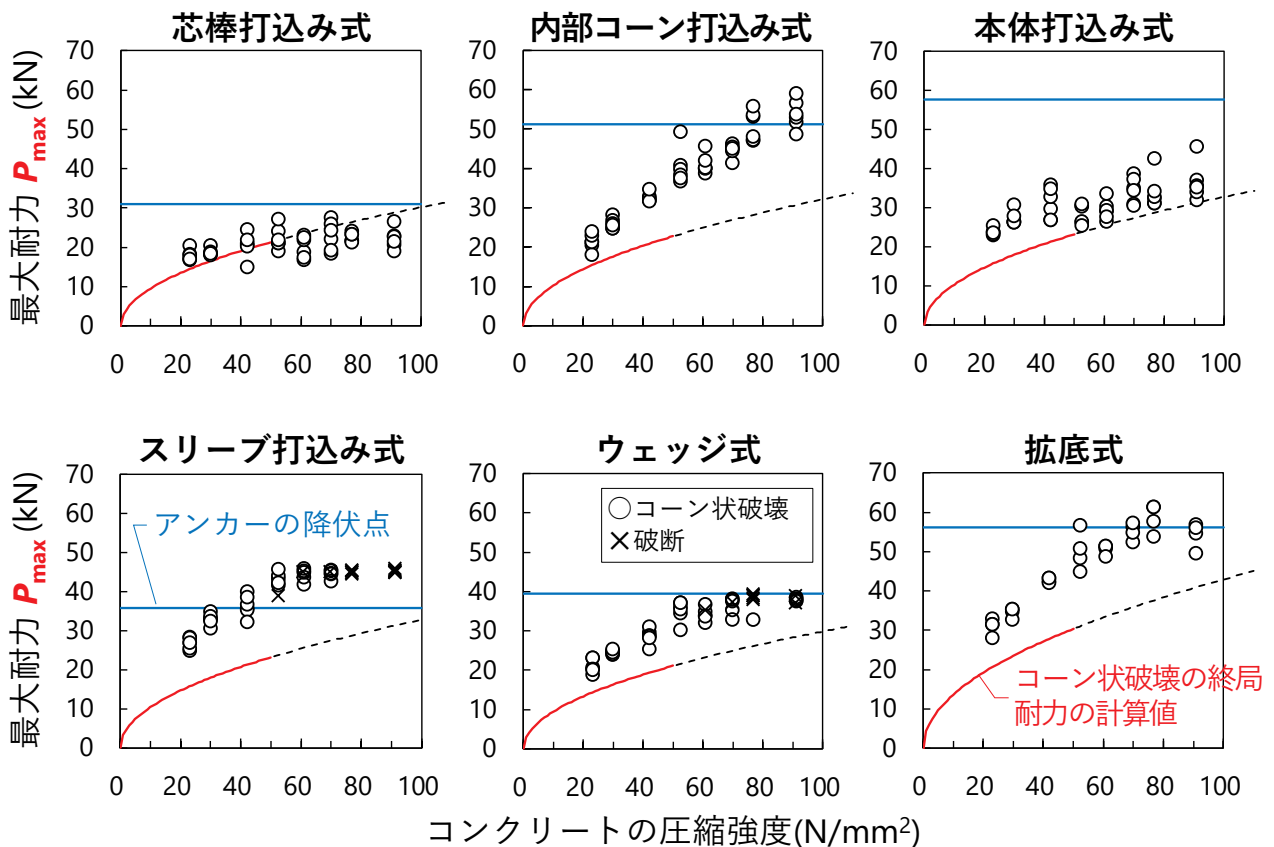
実験結果 ～荷重－変位曲線～

各種アンカーの引抜き力による破壊モード

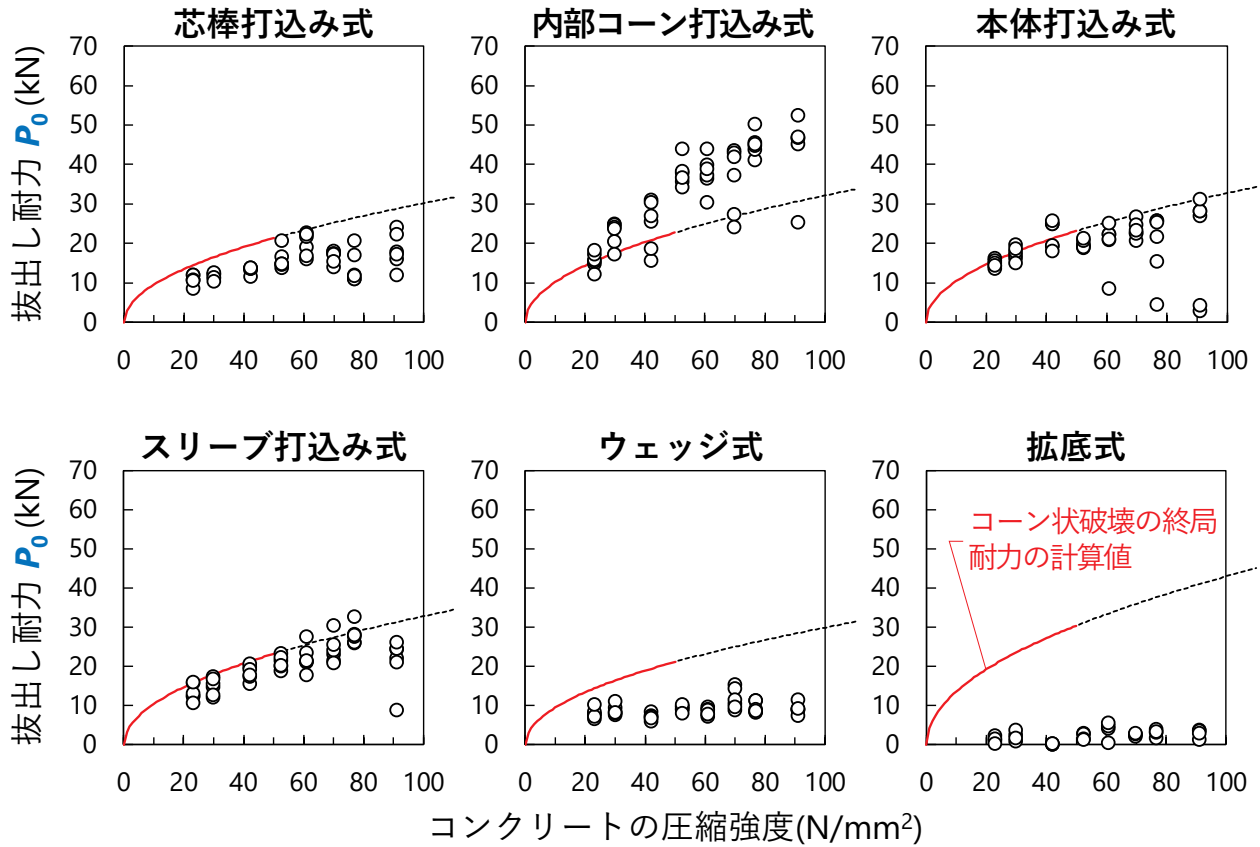
アンカーの種類	引抜きによる破壊モード※ (括弧内の数値：各水準の試験結果の内訳(本))							
	W/C (%)							
	75	65	53	43	37	31	27	25.5
芯棒打込み式	C(6)	----->	----->	----->	----->	----->	----->	C(6)
内部コーン打込み式	C(6)	----->	----->	----->	----->	----->	----->	C(6)
本体打込み式	C(6)	----->	----->	----->	----->	----->	----->	C(6)
スリーブ打込み式	C(6)	----->	C(6)	C(5) B(1)	C(4) B(2)	C(4) B(2)	C(0) B(6)	C(0) B(6)
ウェッジ式	C(6)	----->	----->	----->	C(6)	C(5) B(1)	C(1) B(5)	C(4) B(2)
拡底式	C(4)	----->	----->	----->	----->	----->	----->	C(4)

※【破壊モード】 **C**：コーン状破壊または拔出しからの浅いコーン状破壊，
B：アンカー（ねじ部）の破断

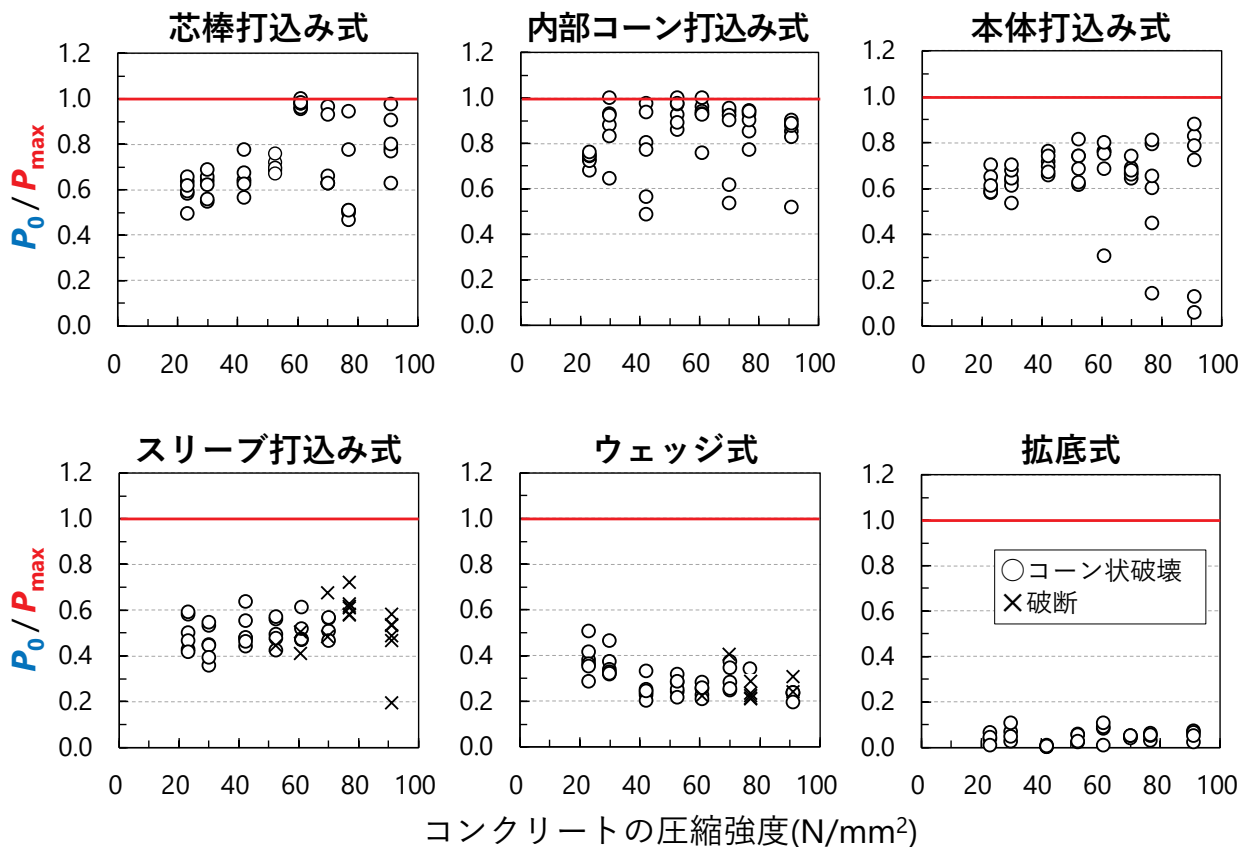
実験結果 ～コンクリートの圧縮強度 vs 最大耐力～



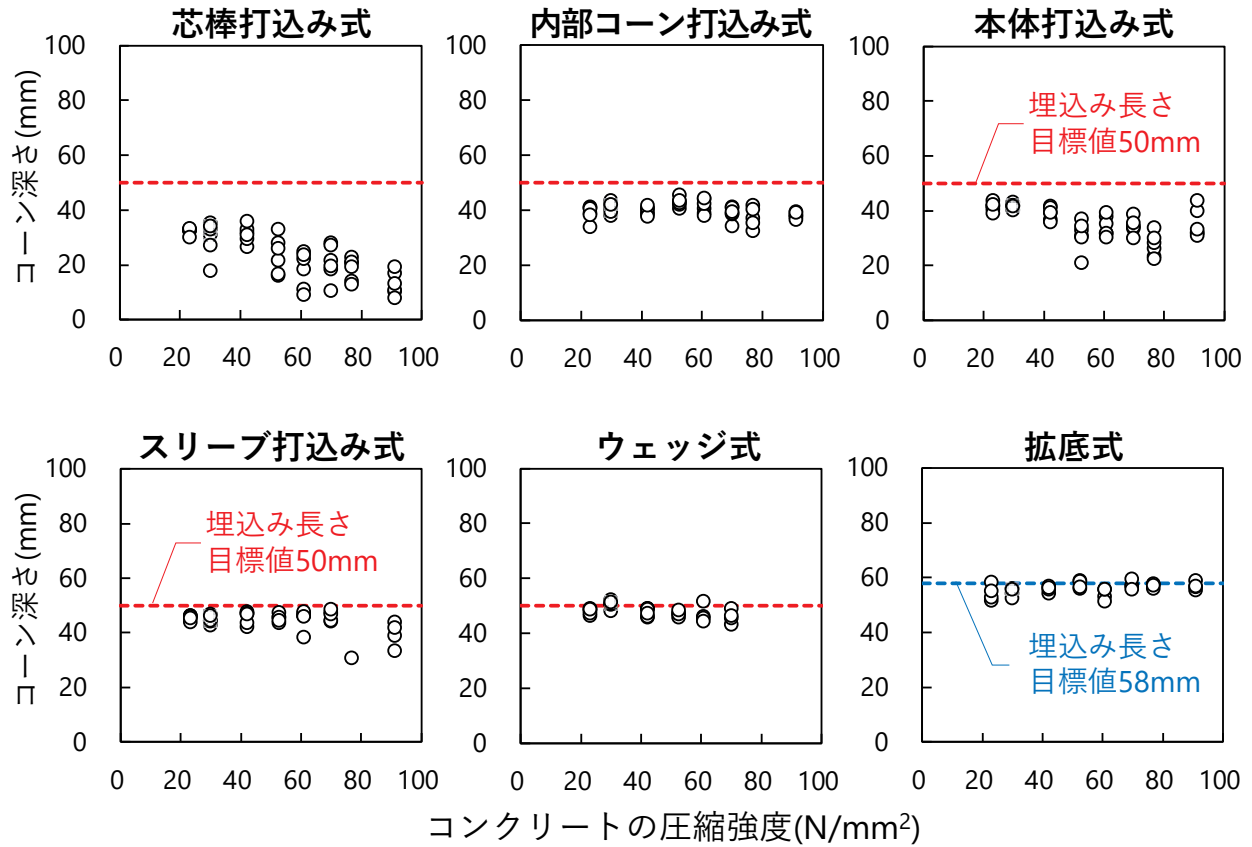
実験結果 ～コンクリートの圧縮強度 vs 抜き耐カ～



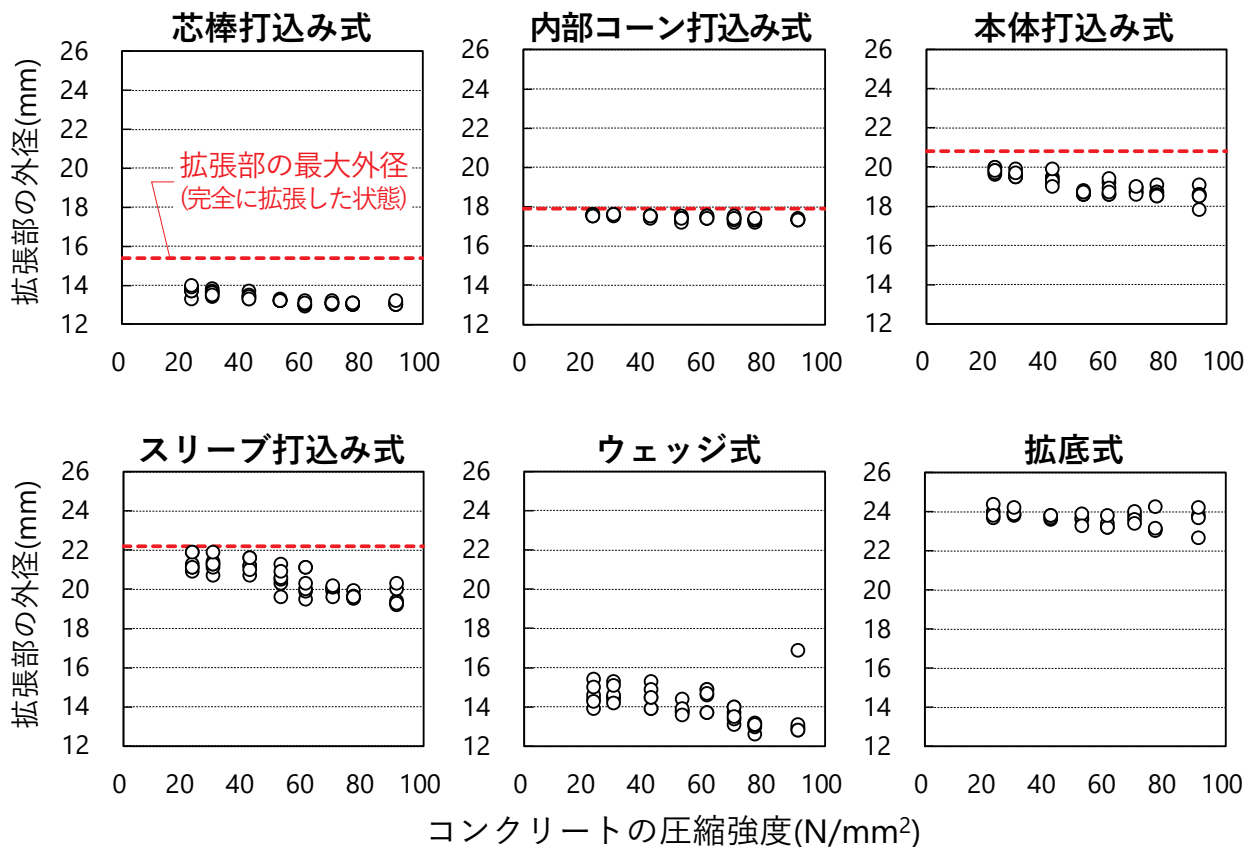
実験結果 ～コンクリートの圧縮強度 vs P_0/P_{max} ～



実験結果 ～コーン深さ～



実験結果 ～拡張部の外径(引抜き試験後)～



まとめ

アンカーの施工性

- ・ 打撃回数は、圧縮強度が 70N/mm^2 程度までは大差はなく、最大でも20回程度であった。
- ・ 圧縮強度が 80N/mm^2 以上になるとが顕著に多くなり、拡張部の拡張具合も不十分となる場合が増える。

アンカーの引抜き性状

- ・ 各種アンカーの最大耐力 P_{\max} は、圧縮強度の増加に伴い大きくなるが、内部コーン打込み式を除き、高強度域では拡張部の拡張が不十分となり頭打ちとなる。
- ・ P_0 / P_{\max} は、アンカーの種類によって異なり、芯棒打込み式および本体打込み式では高強度域においてばらつきが大きく、低い引張力で一時的な抜出しが生じる場合がある。また、内部コーン打込み式およびスリーブ打込み式は、ばらつきがあるがコンクリートの圧縮強度によらず同程度の範囲に分布した。

研究発表

3

「凍害劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの
定着性能に関する研究」

室蘭工業大学 准教授 高瀬 裕也 氏

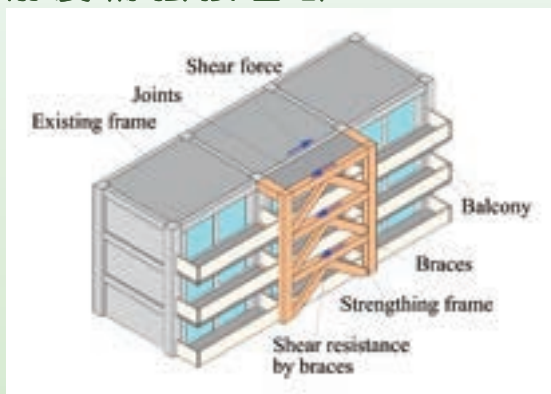
凍害劣化したコンクリートに対する あと施工アンカーの定着性能に関する研究

室蘭工業大学
大学院工学研究科もの創造系領域
高瀬 裕也

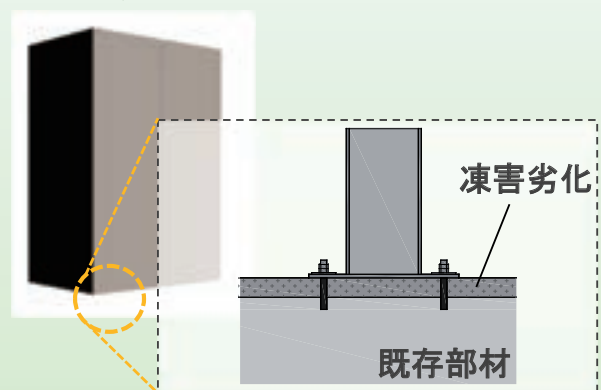
研究の背景と目的

あと施工アンカーの利用

耐震補強接合部



設備機器の固定



積雪寒冷地、山間部などの地域では、コンクリート表層が凍害劣化する懸念がある



劣化したコンクリートに対するあと施工アンカーの定着性能を把握する

✓ 付着性能

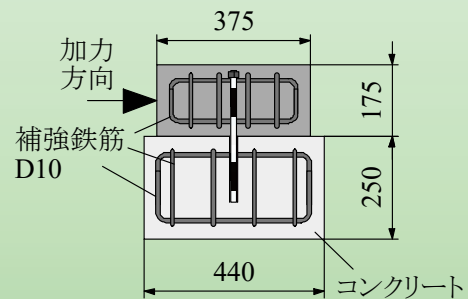
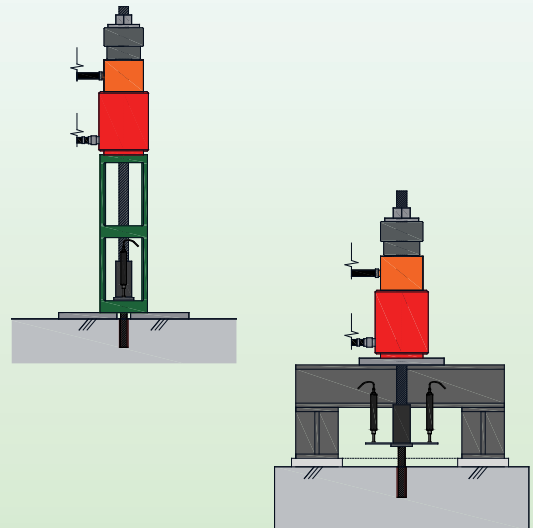
有機系アンカー, 無機系アンカー
 コンクリート強度, 劣化度合い
 寒中施工

✓ コーン状破壊性能

有機系アンカー, 無機系アンカー
 金属系アンカー, 劣化度合い

✓ せん断抵抗性能

有機系アンカー, 無機系アンカー
 劣化度合い



試験体の製作方法

凍結融解

穿孔

接着剤注入

定着



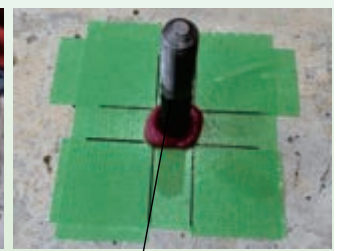
液体窒素で凍結
 ⇒お湯で融解



湿式コアドリル
 (金属系アンカーはハンマードリル)



接着剤
 (注入式を採用)



アンカー筋

劣化程度の判断

センサー
 ヘッド



超音波伝播
 速度Vを計測

動弾性係数⁶⁾

$$E_d = 4.038V^2 - 14.438V + 20.708$$

相対動弾性係数 $DM = \frac{E_d}{E_{d,100}} \times 100 (\%)$

付着実験

試験体パラメータ (1)

試験体名	接着剤	アンカー筋	f_c	DM	
Ep-D13-24-100	有機系	D13	24.5	100	
Ep-D13-24-80				80	
Ep-D13-24-60				60	
Ep-D16-24-100	有機系	D16	19.9	100	
Ep-D16-24-80				80	
Ep-D16-24-60				60	
Ep-D16-24-100				24.5	100
Ep-D16-24-80					80
Ep-D16-24-60					60
Ep-D16-39-100		24.5	39.0	100	
Ep-D16-39-80				80	
Ep-D16-39-60				60	
Ep-D19-24-100		有機系	D19	24.5	100
Ep-D16-24-60					60

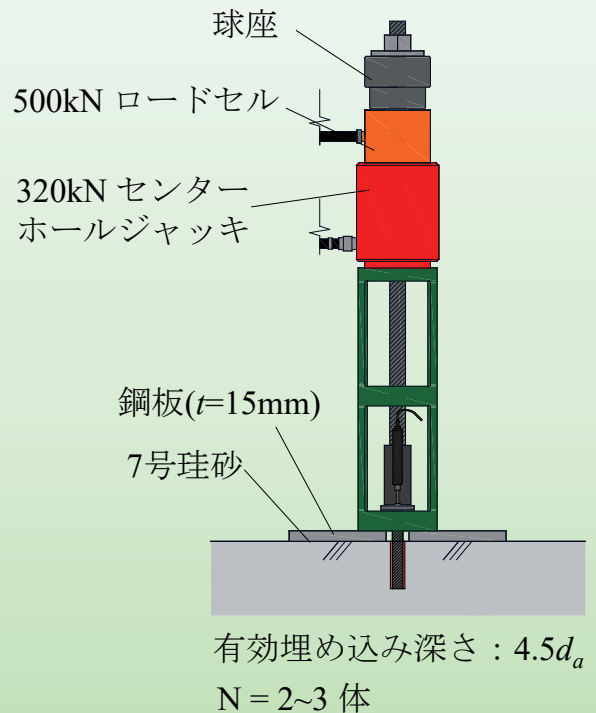
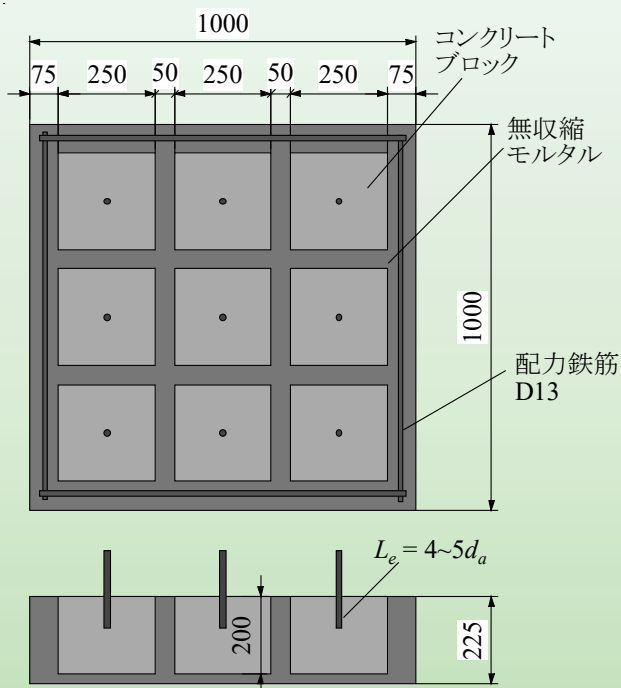
f_c : コンクリート圧縮強度 (N/mm²) , DM : 相対動弾性係数

試験体パラメータ (2)

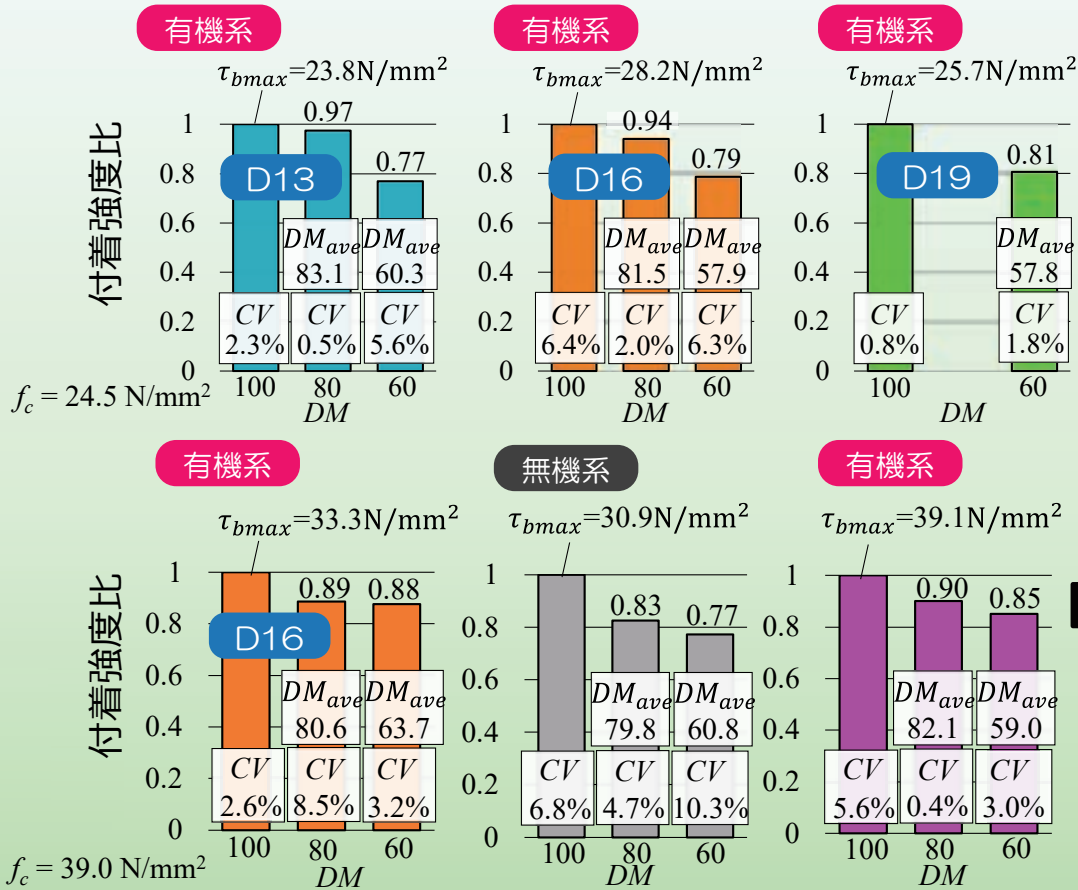
試験体名	接着剤	アンカー筋	f_c	DM
Ce-D16-29-100	無機系	D16	29.2	100
Ce-D16-29-80				80
Ce-D16-29-60				60
Ce-D16-39-100			39.0	100
Ce-D16-39-80				80
Ce-D16-39-60				60
Ep-M16-39-100	有機系	M16	39.0	100
Ep-M16-39-80				80
Ep-M16-39-60				60

f_c : コンクリート圧縮強度 (N/mm²) , DM : 相対動弾性係数

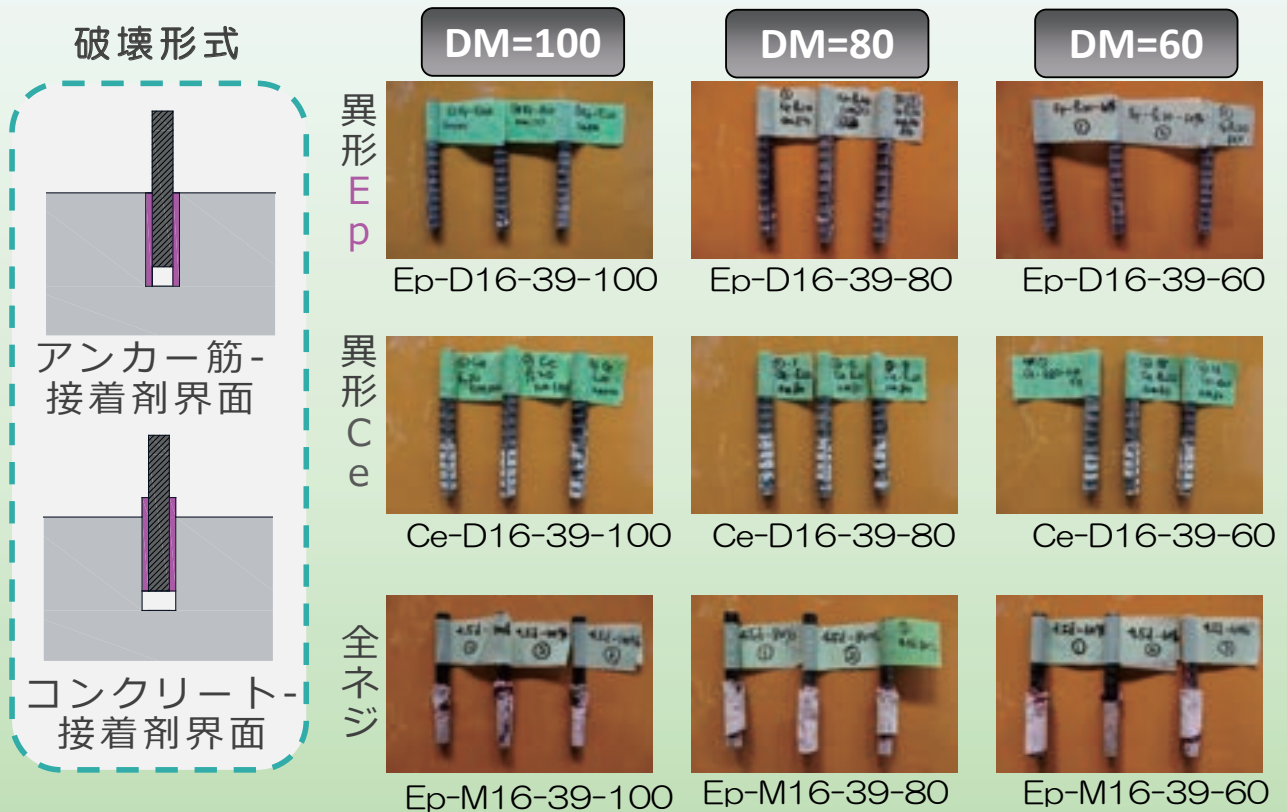
試験体と加力方法



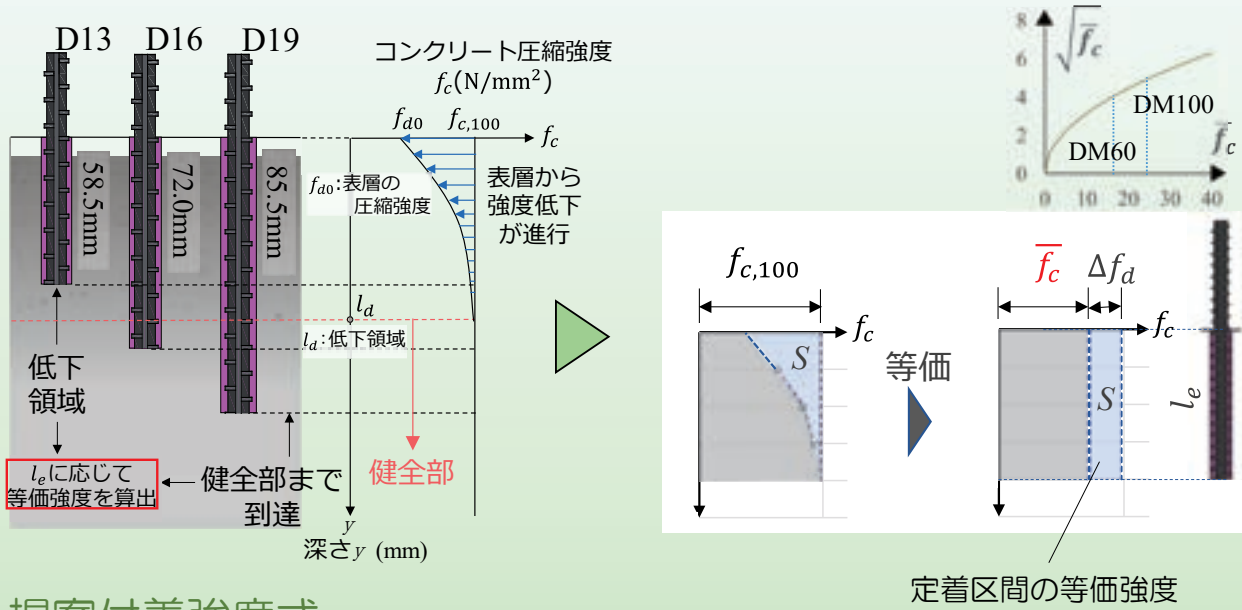
付着強度



破壊形式



付着強度の評価



提案付着強度式

$$\tau_{cal} = \beta \frac{\phi}{d_a} \sqrt{\bar{f}_c}$$

β : 補正係数
 ϕ : 穿孔径
 d_a : アンカー筋径
 \bar{f}_c : 等価圧縮強度

$\beta=4.6$ (有機+全ネジ)
 $\beta=4.0$ (有機+異形筋)
 $\beta=3.4$ (無機+異形筋)

付着強度の評価結果

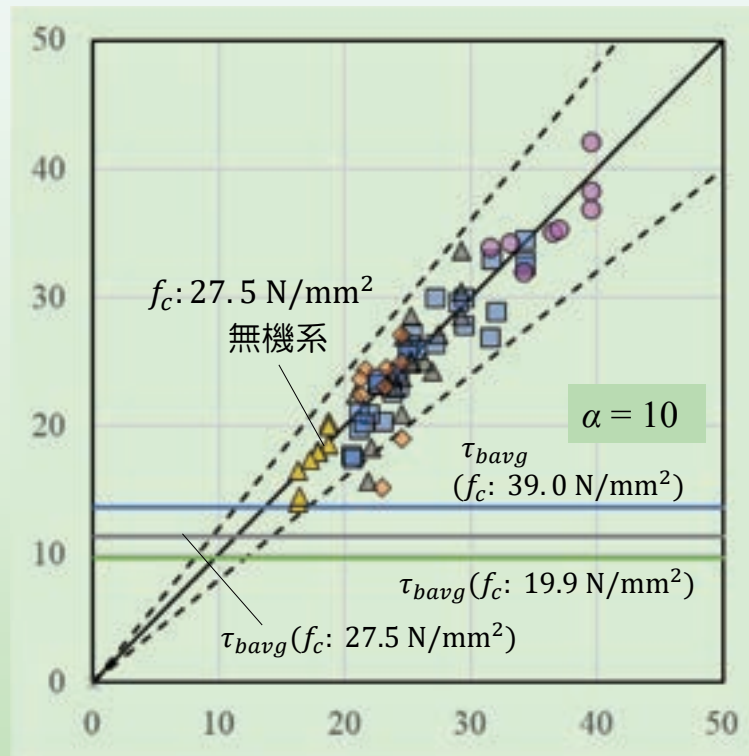
基本平均付着強度式

$$\tau_{bavg} = \alpha \times \sqrt{f_c/21}$$

α : 無機系 5
 有機系 10
 注入式 7

各種合成構造設計指針 2010年

(N/mm²)



提案付着強度式 (kN)

付着実験（寒中工事）

試験体パラメータ

試験体名	接着剤	アンカー筋	fc	DM
UMA-D16-27.5-100	有機系	D16	27.5	100
UMA-D16-27.5-80				80
UMA-D16-27.5-60				60
CeW-D16-27.5-100	無機系	D16		100
CeW-D16-27.5-80				80
CeW-D16-27.5-60				60

UMA: ウレタンメタクリル樹脂

CeW: 寒中工事用無機系接着剤

破壊形式

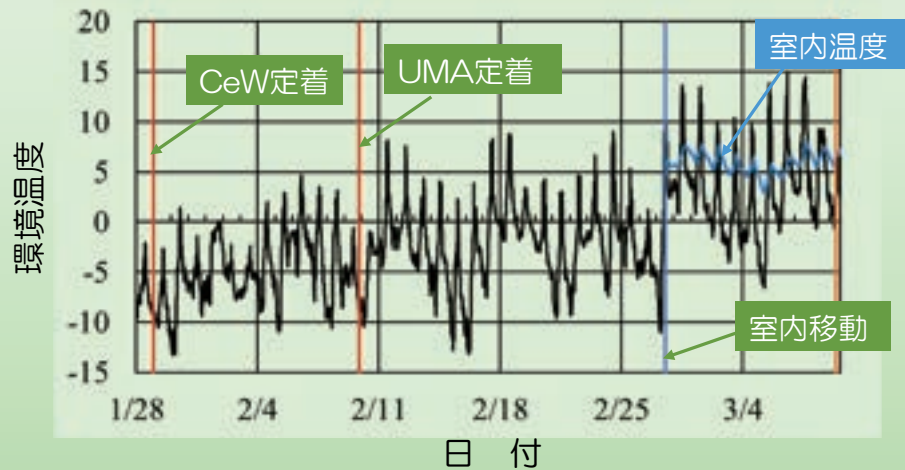
定着日：2023年1月29日(1:00)
 気温：-9.3℃

定着日：2023年2月9日(20:00)
 気温：-7.9℃(約30分後に-9.5℃)

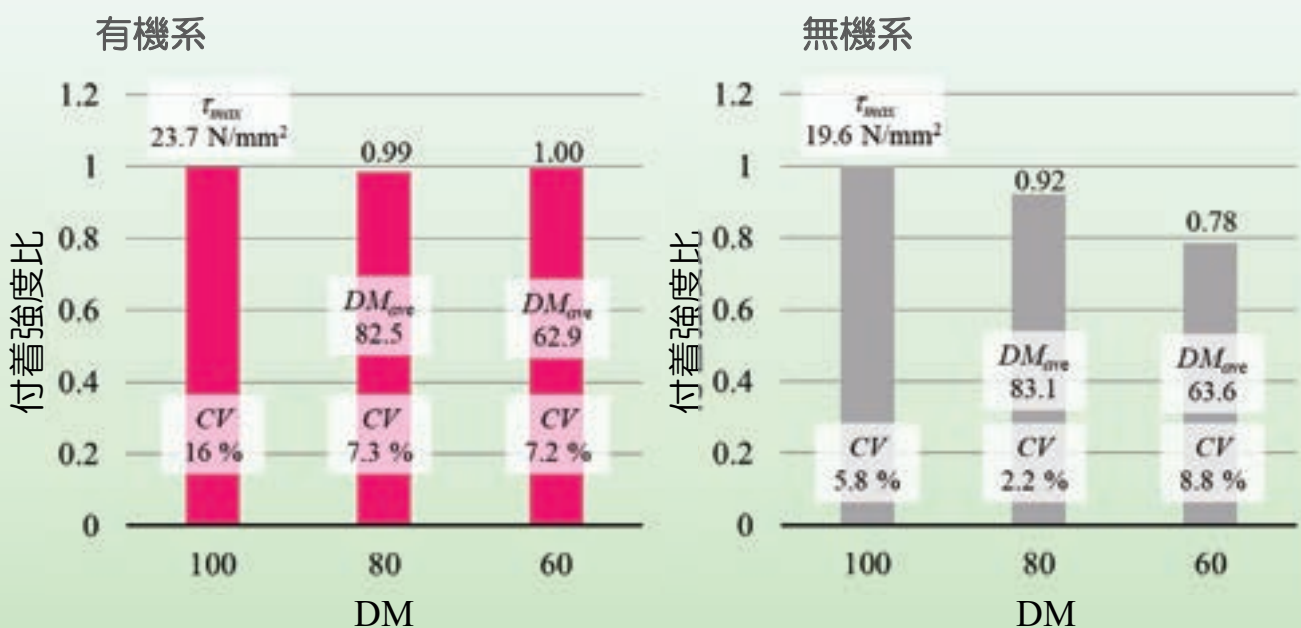
CeW



UMA



強度比較



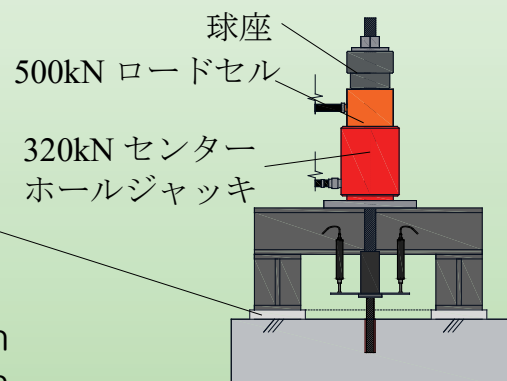
無機系は通常施工の試験結果と同様に、DMの低下に伴い、付着強度が低下したが、有機系はDMの低下に付着強度が依存していない。

コーン状破壊実験

試験体パラメータ

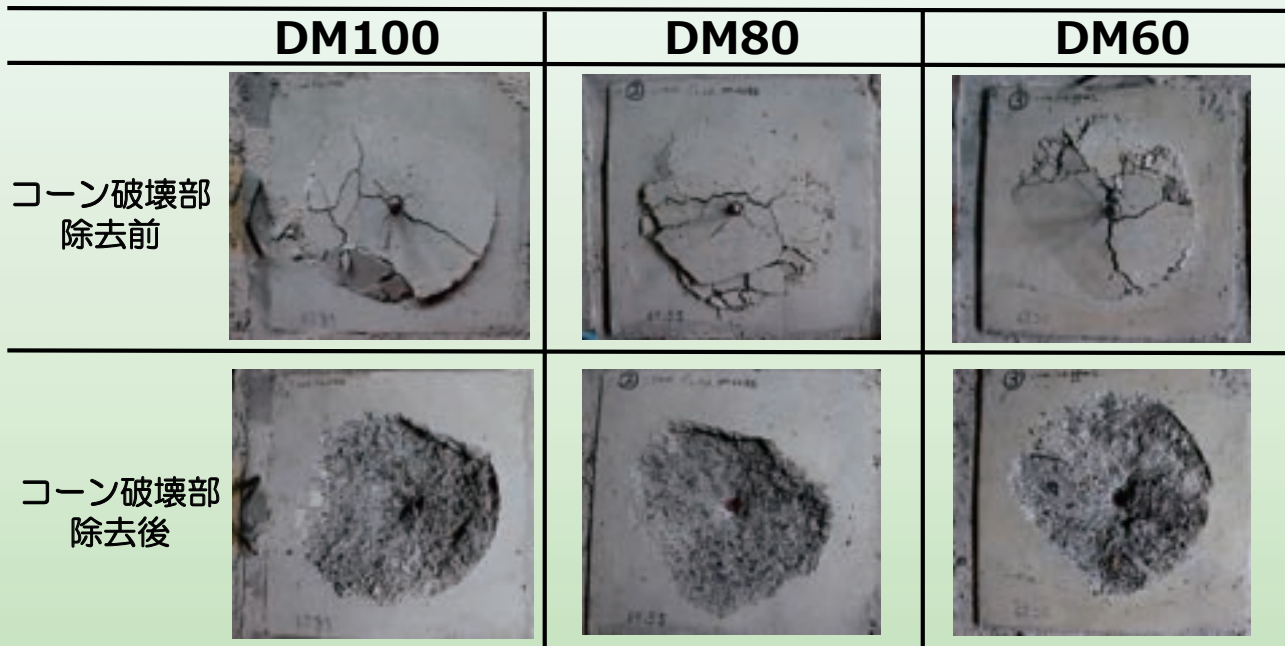
試験体名	接着剤	アンカー筋	F_c	DM
C-Ep-D16-39-100	有機系	D16 $\times 4.5 d_a$	39.2	100
C-Ep-D16-39-80				80
C-Ep-D16-39-60				60
C-Me-M16-29-100	金属系	M16 $\times 65\text{mm}$	29.2	100
Ce-Me-M16-29-80				80
Ce-Me-M16-29-60				60

内部コーン打ち込み式

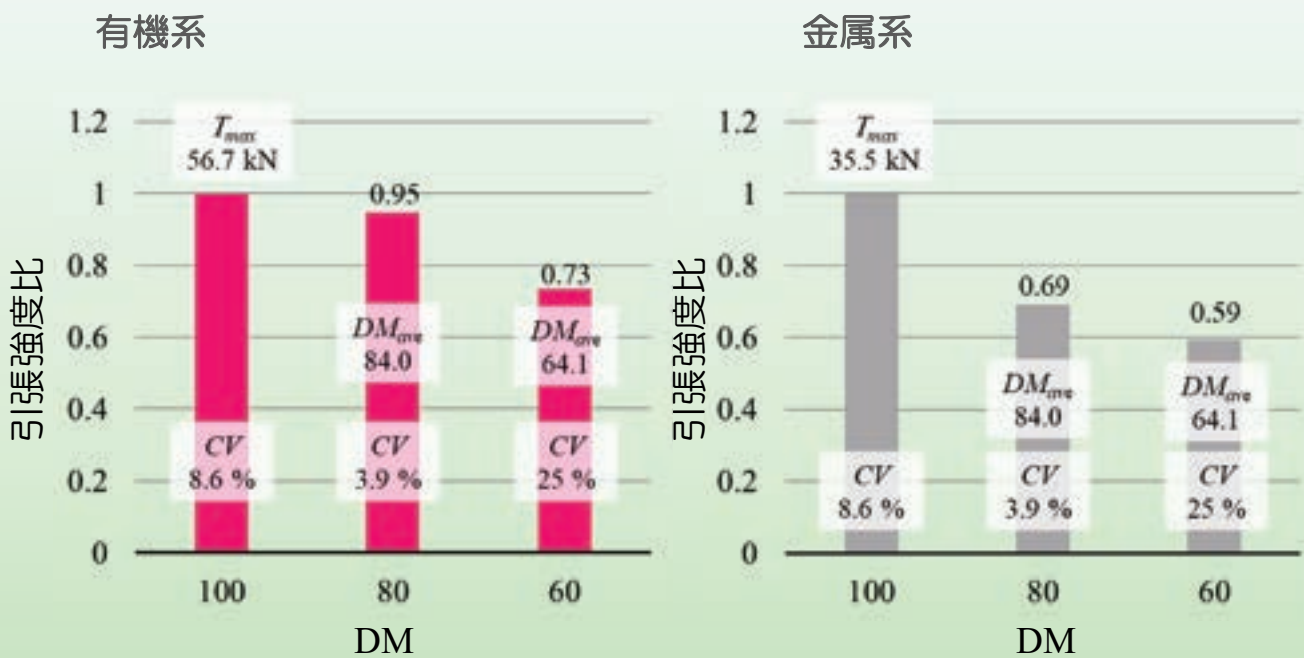


破壊状況

有機系

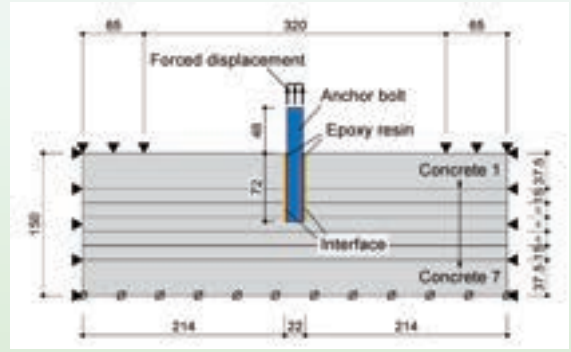
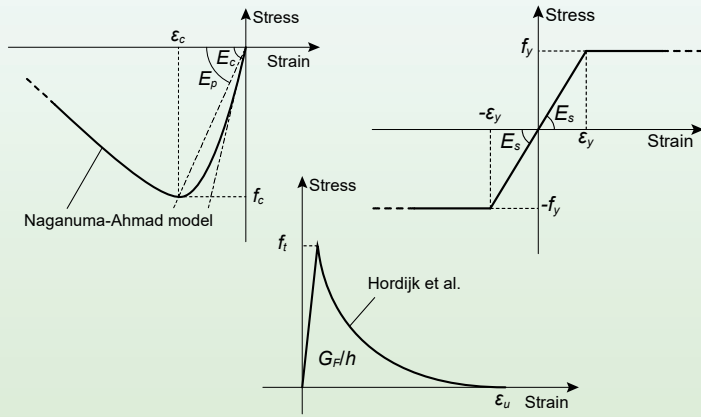


引張強度の比較

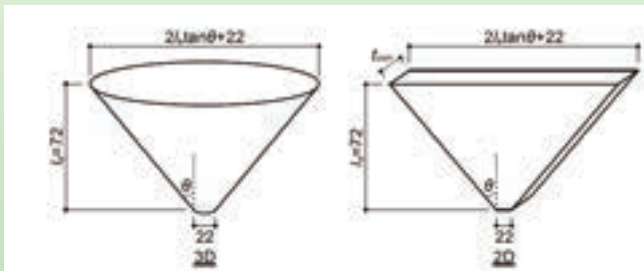


付着強度よりも, DMの低下による強度低下が大きい

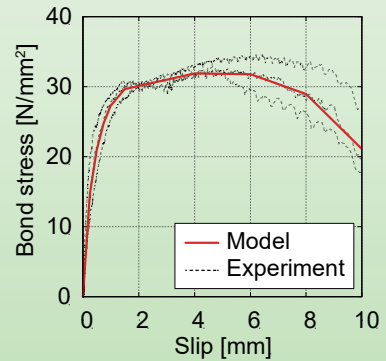
有限要素解析による検証



材料構成則



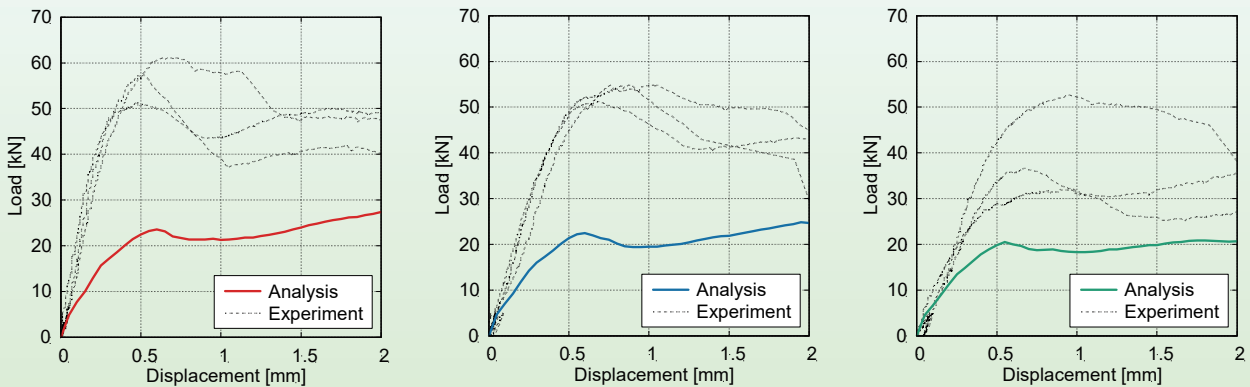
破壊領域の体積が等しくなるように、要素厚さを決定



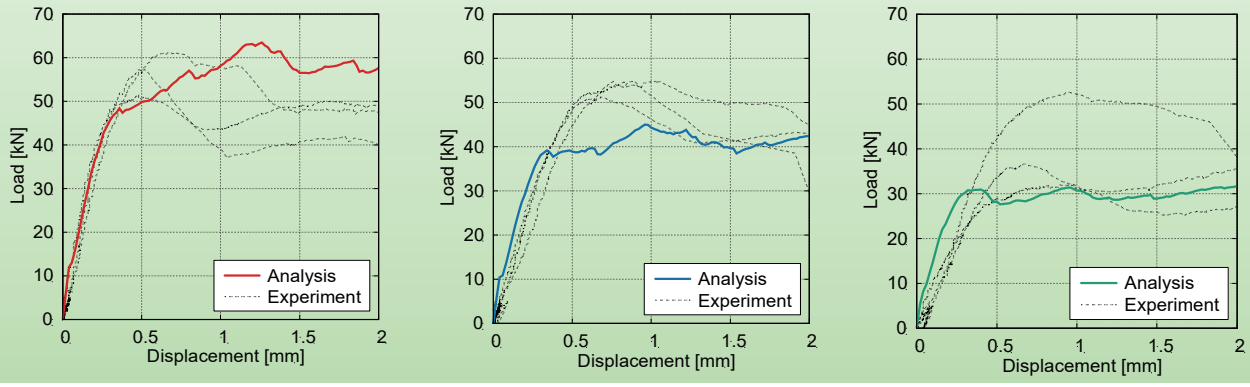
付着実験の結果からインターフェース要素をモデル化

荷重-変位関係

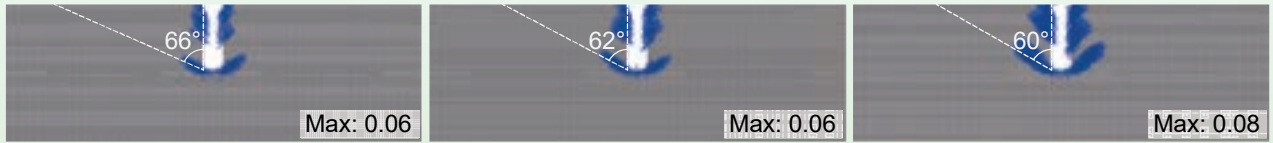
破壊角度45度で要素厚さ算出



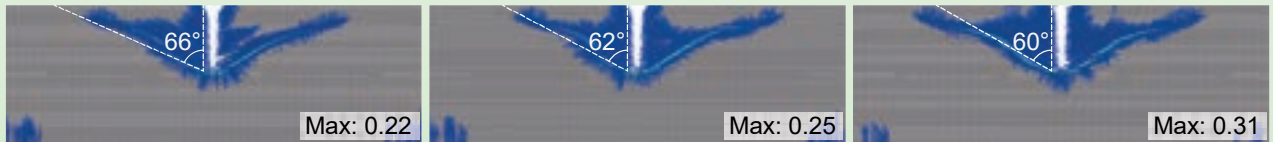
実際の破壊角度で要素厚さ決定



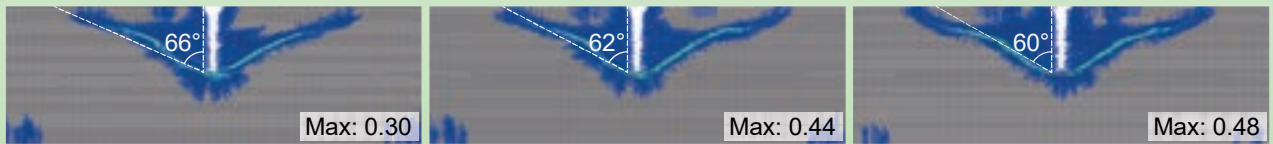
ひび割れひずみ



$S = 0.2 \text{ mm}$



$S = 0.6 \text{ mm}$



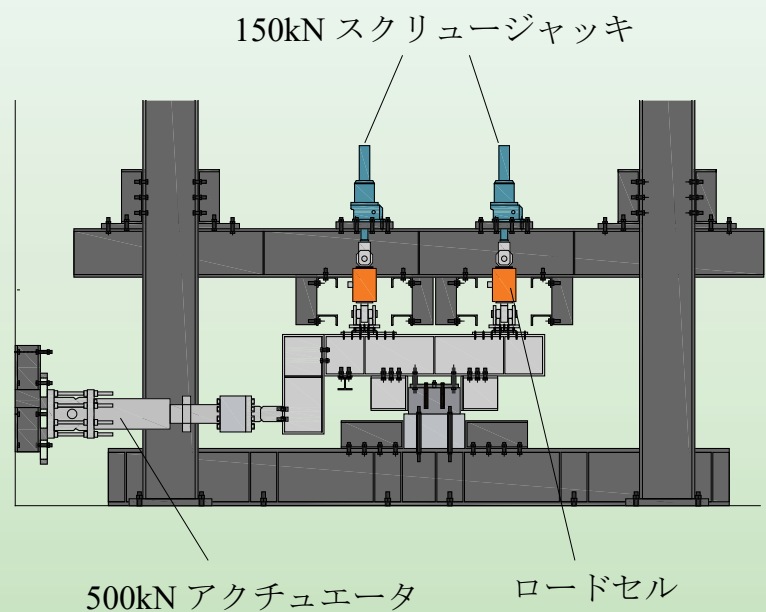
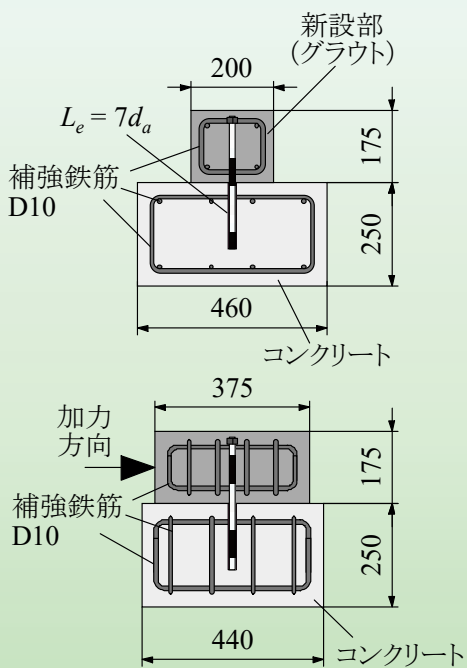
$S = 1.0 \text{ mm}$

せん断抵抗性能

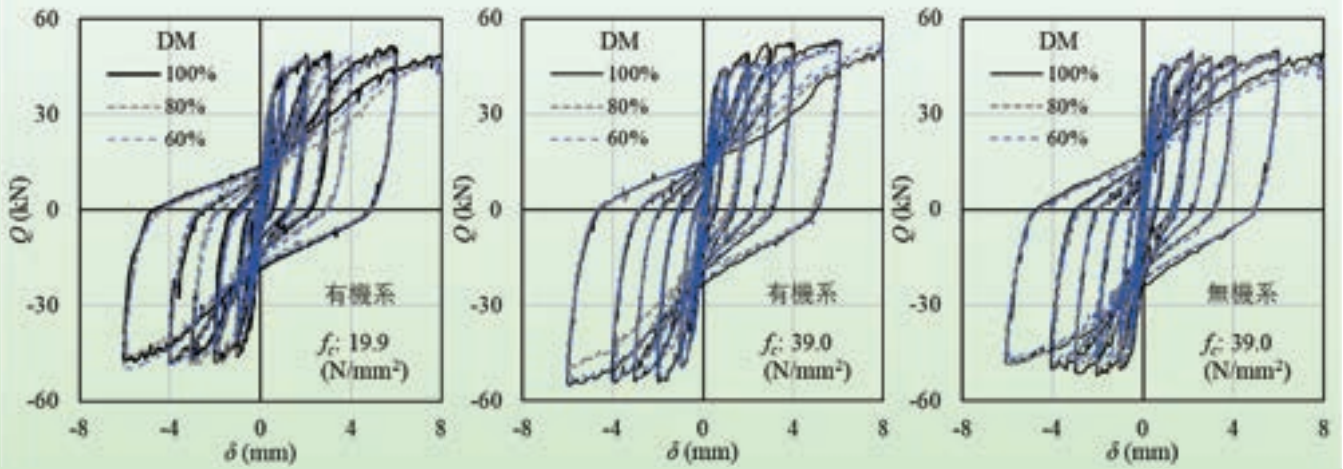
試験体パラメータ

試験体名	接着剤	アンカー筋	f_c	DM	
S-Ep-D16-19-100	有機系	D16	19.9	100	
S-Ep-D16-19-80				80	
S-Ep-D16-19-60				60	
S-Ep-D16-39-100				39.0	100
S-Ep-D16-39-80				80	
S-Ep-D16-39-60				60	
S-Ce-D16-39-100	無機系	D16	39.0	100	
S-Ce-D16-39-80				80	
S-Ce-D16-39-60				60	

試験体と加力方法

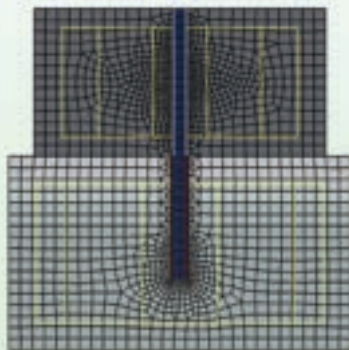


荷重－変位関係

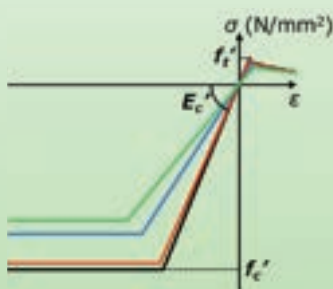
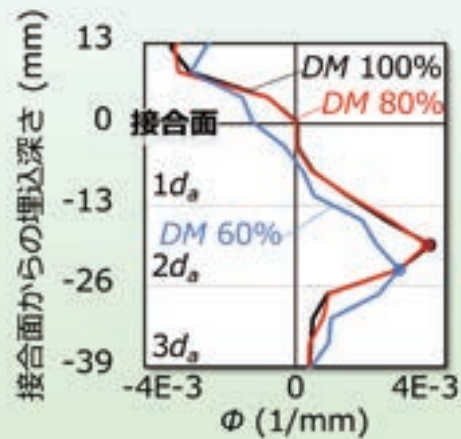


荷重－変形(Q- δ)関係に、DMによる
顕著な違いは見られなかった

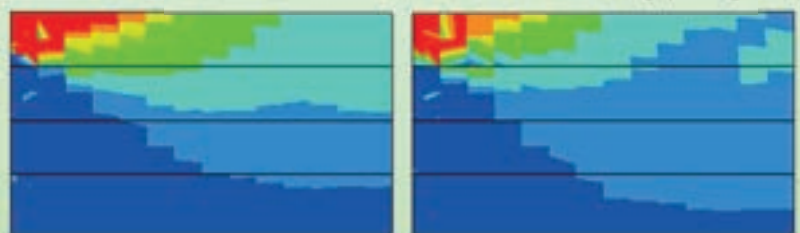
有限要素解析による検証（2021）



コンクリート・グラウト：20mm
アンカー筋・接着剤：4mm



0.0 -13.1 -26.1 [N/mm²]



D13-DM100

D13-DM60

最小主応力分布

本研究のまとめ

付着実験 全試験体でDMの低下に伴い付着強度が低下

- 劣化した場合でも、基本付着強度式による計算値を超えた。
- 提案付着強度式により $\pm 20\%$ の精度で評価できた。

コーン状破壊実験 全試験体でDMの低下に伴い強度低下

- 付着強度よりも、DMによる強度低下が大きかった。
- コーン状破壊面の角度は、およそ60度であった。
- 有限要素解析により、破壊角度および荷重-変位関係を概ね再現できた。

せん断実験

DMが低下しても，せん断抵抗性能に顕著な違いはない

有限要素解析の結果，表層部の劣化によりアンカー筋の塑性ヒンジ位置が深くなり，支圧抵抗領域が大きくなった可能性が考えられる。

研究発表

4

「長期部材接合における接着系あと施工アンカーの
火災時及び火災後の付着強度に関する研究」

小山工業高等専門学校 准教授

大和 征良 氏

長期部材接合における接着系あと施工アンカーの 火災時及び火災後の付着強度に関する研究

2023年8月21日（月）

独立行政法人 国立高等専門学校機構
小山工業高等専門学校
建築学科 大和 征良

2023年度 JCAA 技術講演会 1

研究歴・経歴他

大和 征良 (Seira Ohwa)

- 2000年3月 工学院大学建築学科 卒業： RC構造 廣澤研究室
「鉄筋コンクリート造橋梁構造物における柱梁接合部の耐震性能に関する研究」(1998年9月-2000年3月)
- 2002年3月 東京都立大学 建築学専攻 修了： RC構造 芳村研究室
「鉄筋コンクリート短柱の軸力保持能力に関する研究」(2000年4月-2002年3月)
- 2002年4月～2021年3月 日本ヒルティ株式会社 入社
営業 → テクニカルサポート → 技術営業
ファイヤーストップ専任エンジニア 兼 ファイヤーストップ製品マーケティング担当
「ケーブル配線の防火区画貫通部防火措置工法の研究」(2006年～)
仕様・認証テクニカルエンジニア(あと施工アンカー, 鉚打工法, 防火措置工法, 非破壊探査)
「接着系あと施工アンカーの強度と靱性に関する研究」(2008年～)
- 2013年4月～2016年3月 東京理科大学国際火災科学研究科火災科学専攻 池田研究室:
「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」
- 工学院大学建築学部建築学科建築材料実験非常勤講師 (2013年4月～2021年3月)
- 2021年4月～ 小山工業高等専門学校 建築学科

2023年度 JCAA 技術講演会 2

研究の背景と目的(1)

既存RC系部材と新設部材の接合：耐震補強
→ 金属系アンカーと接着系アンカー

接着系あと施工アンカー：

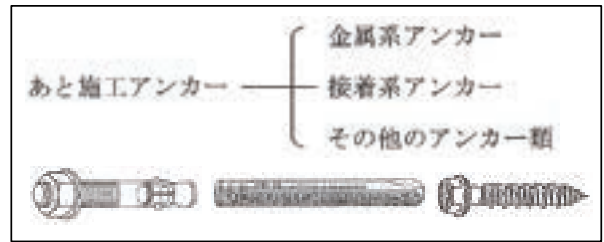
→ 「カプセル方式」と「注入方式」

1)カプセル方式の利点と欠点

- 樹脂量管理が容易で材料コストが安価
- 建築耐震補強の実績が多数
- 施工工程が多い

2)注入方式の利点と欠点

- 樹脂量注入量管理が課題
- 建築耐震補強の実績が多くはない
- 施工が容易（施工工程が少ない）
- 低振動・低騒音工法が可能



注：大和征良：東京理科大学 学位論文「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」より引用。

研究の背景と目的(2)

建築耐震補強：建築防災協会設計式

→せん断による応力伝達のみ（短期のみ）

→有機系加^oル方式のみの適用(7d_a-12d_a)

建築耐震補強新工法：引張が作用(15d_a以上)

→埋込み長さが長くなる：注入方式へ

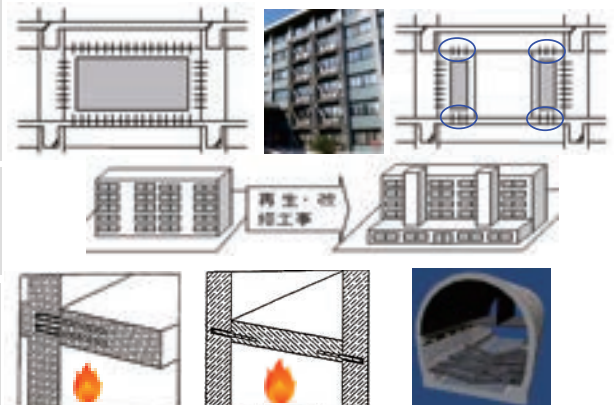
長期部材接合(常時引張荷重が作用)

→耐久性・耐火性が課題

→有機系：比較的低温(200℃)で剛性低下

→火災時:JIS鉄筋の実験は行っていない（欧米の実験レポートは存在）

→火災後：我が国でも欧米でも実験検証は行っていない



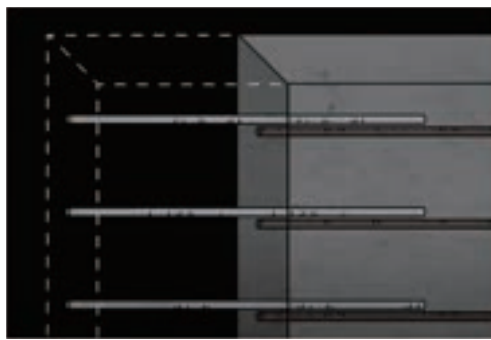
注：大和征良：東京理科大学 学位論文「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」より引用。

笹子トンネル天井板落下事故(土木)：有機系接着系アンカー(常時引張荷重が作用)

→ 火災時の検証必要，火災後の再使用・補修方法に関する検証(残存引張耐力)

火災時(高温時)・高温履歴後(火災後)の残存付着強度 → 試験方法・評価法

リニューアル：部材接合の例



現状



近未来

はつり+再打設 or 解体+新築

注：大和和良：アンカーコネクション「世界初！アンカー部材接合の高温履歴後付着強度の検証」, とちぎテックグランプリ2021, より引用



低振動・低騒音
による部材接合
→居付きの
リニューアル

接着系あと施工アンカーの引張耐力（耐震改修設計指針）

予測引張破壊荷重評価式

(β_1 : 環境影響係数, $\beta_1 = 1.0$)

$$T_{apu} = \min [T_{a1pu}, T_{a2pu}, T_{a3pu}]$$

$$T_{a3pu} = \beta_1 \cdot \tau_{ut} \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e$$

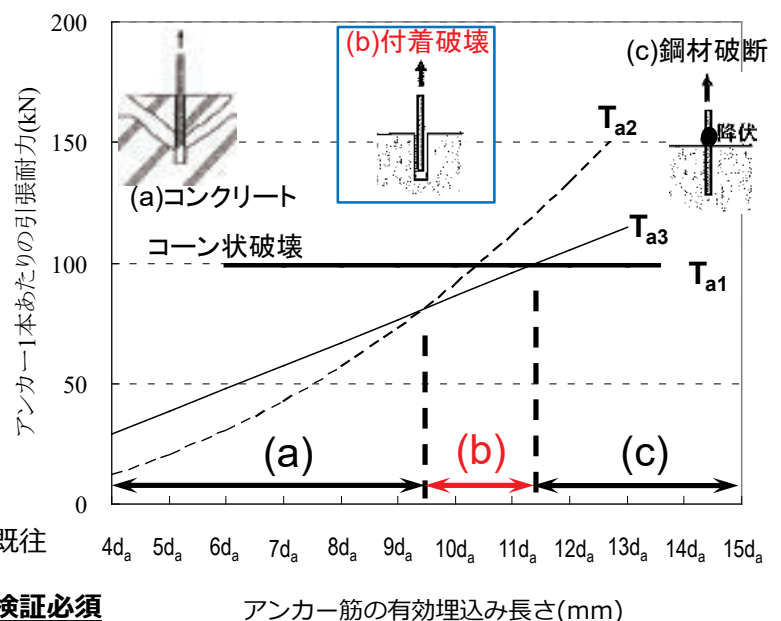
常温時の付着強度試験

→ 高温時・高温履歴後に応用
した付着強度試験を実施

(T_{a3pu} : 付着強度で決まる耐力)

・ コンクリート・鋼材：高温時性状は既往

・ **付着耐力：高温時高温履歴後性状の検証必須**



注：大和和良：東京理科大学 学位論文「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」より引用。

関連研究(1) : 設備系懸垂・非構造部材想定火災時, 加^oセル方式, 加熱時载荷

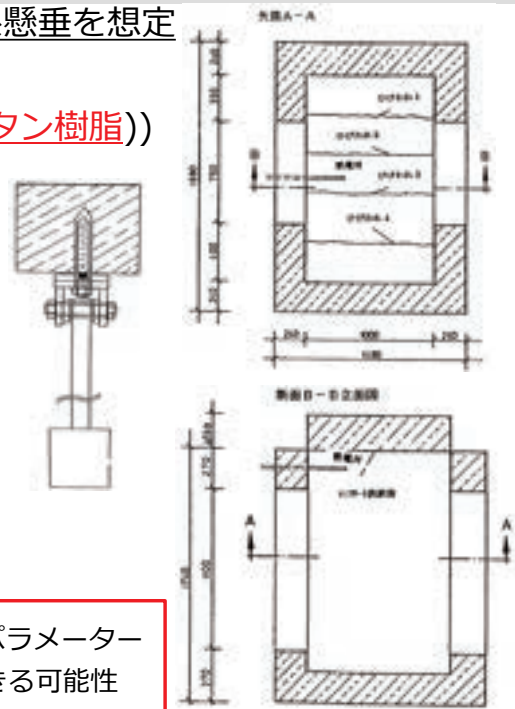
⑤ひび割れコンクリート耐火実験(大森ら):設備系懸垂を想定
(樹脂接着系カプセル方式あと施工アンカー
(ビニルウレタン樹脂))

表1. 設備系アンカーの耐火時間

試験番号	呼び径	埋込み長さ (mm)	荷重 (kg)	破壊に至るまでの加熱時間 (分)	破壊形態
1	M8	90	1.0	131	付着破壊
2			1.3	109	
3			1.5	77	
4			2.0	96	
5	M10	90	2.1	96	付着破壊
6			2.8	67	
7			4.0	88	
8			4.0	58	
9			7.0	48	
10	M16	125	4.0	130以上	破壊なし
11			8.07	93	フタが4'より抜け落ちた
12	M20	170	15.4	94以上	フタが破壊
13			15.7	92以上	

注: 大和征良: 東京理科大学 学位論文「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」より引用。

一定持続荷重を掛けた状態で加熱: 荷重と埋込み長さをパラメーター
→ 耐火構造物に樹脂接着系あと施工アンカーを使用できる可能性



関連研究(2) : 非構造部材や設備機器吊下げ用途想定, 火災時 (加熱時载荷)

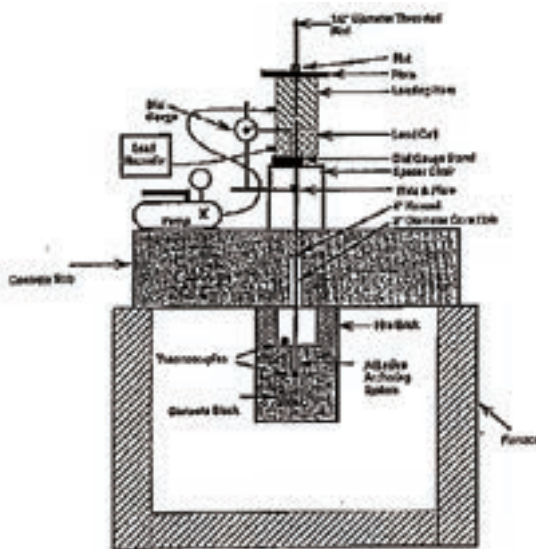
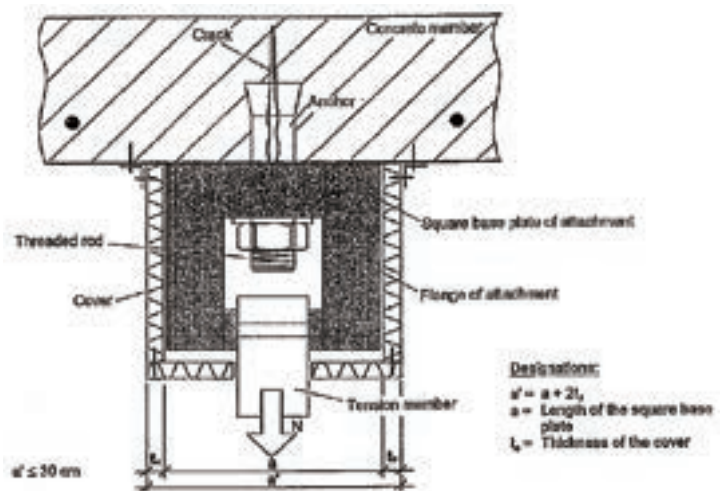


FIG. 3 Typical Fire Test Setup
ASTM(米国)耐火試験装置図



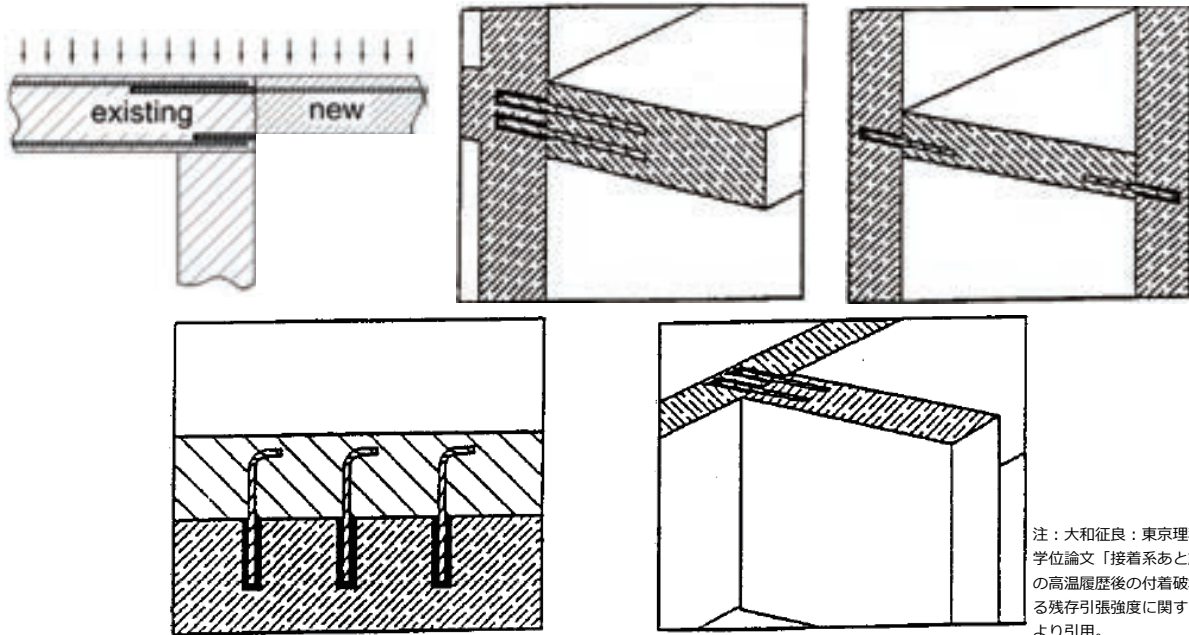
EOTA(欧州)耐火試験装置図

注: 大和征良: 東京理科大学 学位論文「接着系あと施工アンカーの高温履歴後の付着破壊で決定される残存引張強度に関する研究」より引用。

→ 試験装置, 試験方法の提案 (火災時のアンカー耐力試験法)
→ 非構造部材や設備機器吊下げ用途の留付けを想定

関連研究(3)

: 長期部材接合の火災時(加熱時載荷)の実験検証 (fib(欧州), CSTB(仏), ブランシュバイク大学(独))



注：大和征良：東京理科大学
学位論文「接着系あと施工アンカー
の高温履歴後の付着破壊で決定され
る残存引張強度に関する研究」
より引用。

関連研究(4)

: 長期部材接合の火災時(加熱時載荷)の実験検証 (注入方式) CSTB (フランス建築科学技術センター)



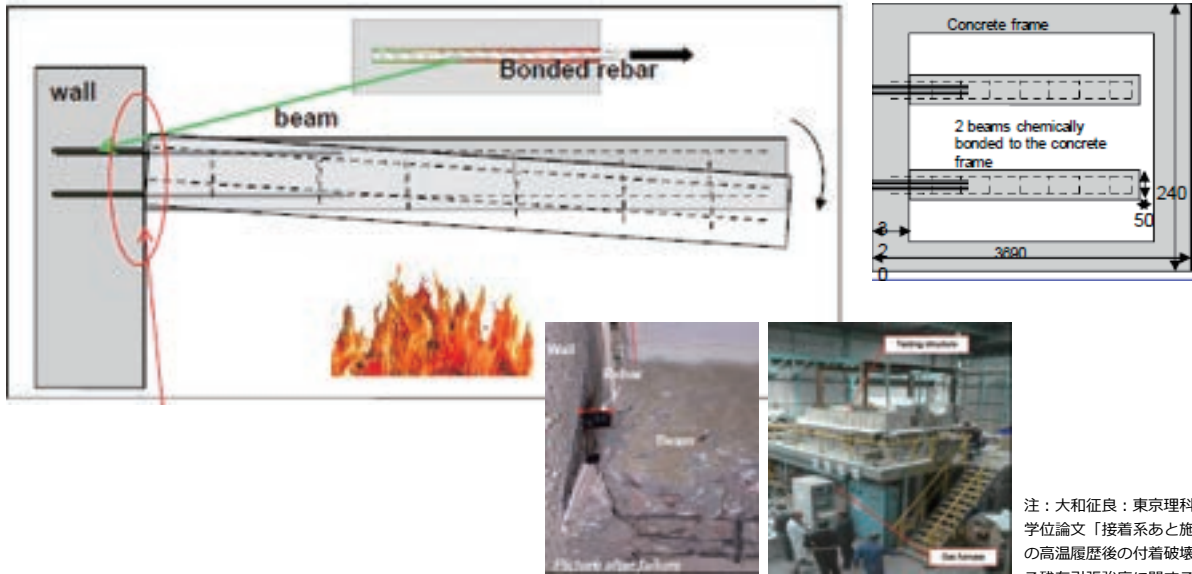
Assessments: under fire exposure



注：大和征良：東京理科大学
学位論文「接着系あと施工アンカー
の高温履歴後の付着破壊で決定され
る残存引張強度に関する研究」
より引用。

関連研究(5)

:長期部材接合の火災時(加熱時載荷)の実大耐火実験(樹脂注入方式) CSTB (フランス建築科学技術センター)



注：大和征良：東京理科大学
学位論文「接着系あと施工アンカー
の高温履歴後の付着破壊で決定され
る残存引張強度に関する研究」
より引用。

実験概要：実験装置・試験体断面図

高温履歴後・火災後

高温時火災時

荷重を掛けた状態で温度を上昇させる方法

アムスラー試験機

火災時火災後の付着性能実験概要

- 1)試験体： 鋼管150φ×300mm + 早強コンクリート充てん ($F_c = 15(\text{MPa})$)
- 2)アンカー筋 (異形鉄筋) : D16 (SD685), 穿孔径 20mm ($d_a=16(\text{mm})$)
- 3)有効埋込み長さ(l_e) : 160mm ($10d_a$), 穿孔工具 : ハンマードリル
- 4)あと施工アンカー : エポキシ樹脂系注入方式接着系アンカー
- 5) 熱電対2か所:表面付近, 穿孔穴底部

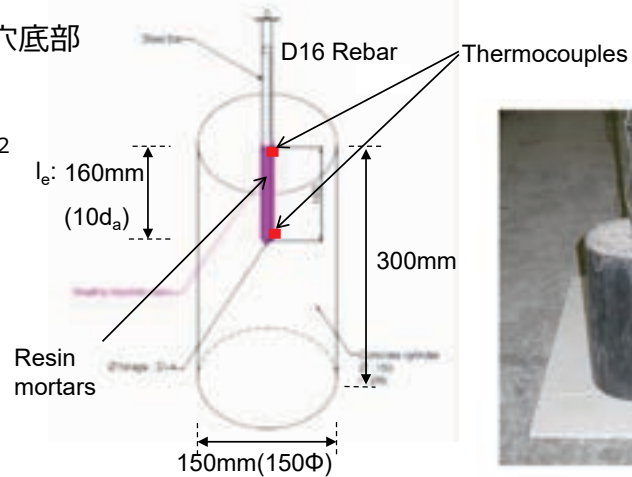
6)アンカー筋材料試験強度 :

σ_{yt} (降伏強度) 750 N/mm²

σ_{ut} (最大荷重) 951 N/mm²

7)コンクリート材料試験強度 :

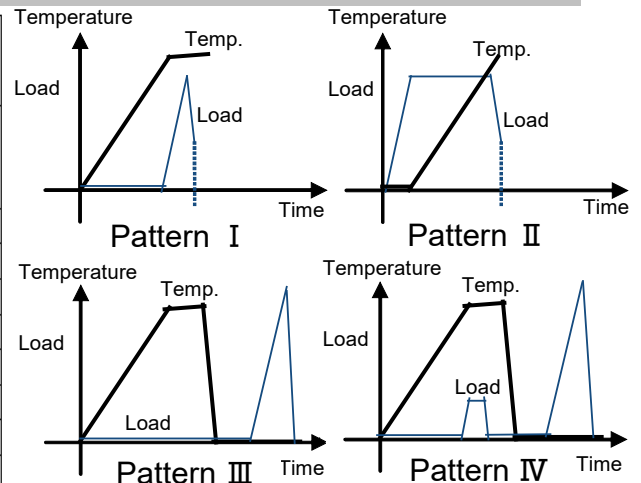
σ_B 23.4 N/mm²



実験パラメータ(1) : 火災時火災後

Names of specimens	Patterns of heating & loading	During heating (fire)			After heating (fire)	
		T (°C)	Time (min)	Predictive failure modes	Load (min)	Predictive failure modes
①DF_60_1	I	60	-	B	-	-
②DF_70_1		70	-	B	-	-
③DF_80_1		80	-	B	-	-
④DF_140_1		140	-	B	-	-
⑤DF_60_2	II	60	100	B	-	-
⑥DF_80_2		80	150	B	-	-
⑦DF_140_2		140	300	B	-	-
⑧AF_250_3	III	250	-	-	Load	B
⑨AF_300_3		300	-	-	by ultimate strength	B
⑩AF_350_3		350	-	-		B
⑪AF_60_4	IV	60	10	-		B
⑫AF_80_4		80	10	-	B	
⑬AF_140_4		140	10	-	B	

B:付着破壊モード, S:鋼材破壊モード



※ 載荷速度 : 毎秒0.02kN/mm², T_{a3} : 付着引張力

l_e : 埋込み長さ, d_a : (アンカー筋呼び径), σ_B : コンクリート強度

p_{a3} : 許容付着引張力, ϕ_3 : 低減係数, τ_a : 付着応力度

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e \quad (\tau_a = 10\sqrt{(\sigma_B/21)})$$

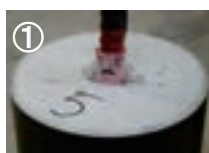
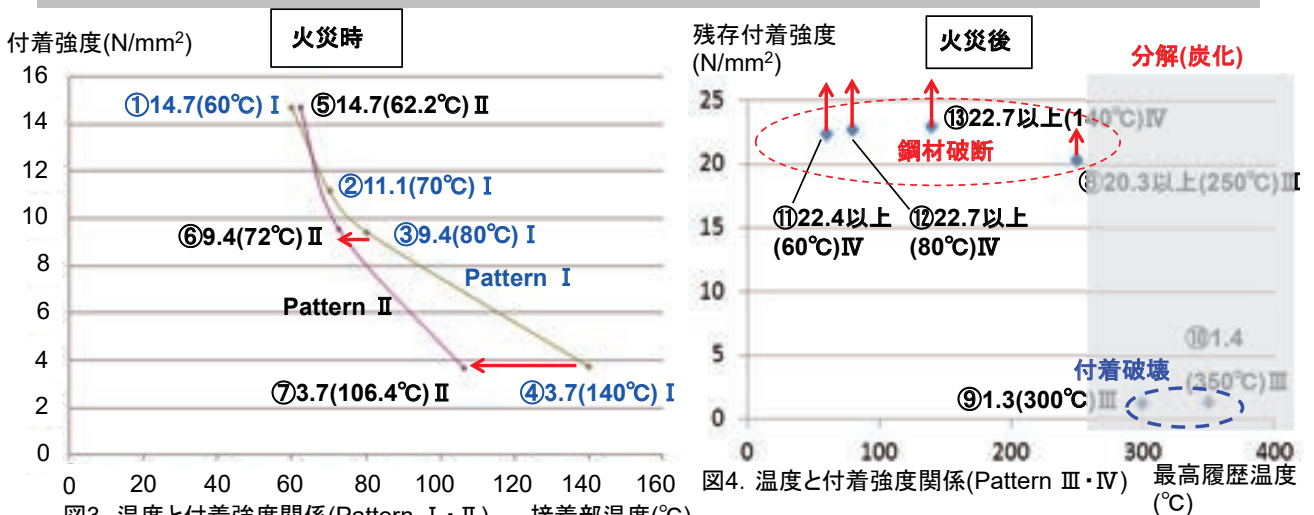
$$p_{a3} = \phi_3 \cdot T_{a3} \quad (\text{長期: } \phi_{3l} = 1/3, \text{ 短期: } \phi_{3s} = 2/3)$$

実験パラメータ(2):火災後

No.	接着系アンカーの種類	温度荷重条件	
		Temp.	火災時長期引張荷重
		(°C)	(kN)
①	(E) エポキシA	150	4.9
②		200	3.7
③		250	2.5
④		275	2.1
⑤		300	1.9
⑥		350	-
⑦		400	-

No.	接着系アンカーの種類	温度荷重条件	
		Temp.	火災時長期引張荷重
		(°C)	(kN)
⑧	(U) ウレタンB	100	6.5
⑨		150	4.9
⑩		200	3.7
⑪		250	2.5
⑫		300	1.9
⑬		350	1.3
⑭	(O) 無機C	400	0.9
⑮		150	4.9
⑯		200	3.7
⑰		250	2.5
⑱		300	1.9
⑲		350	1.3
⑳		400	0.9

実験結果(1):火災時火災後(エポキシ樹脂系接着剤)



①60°C (I)



⑥72°C (II)



⑫80°C (IV)

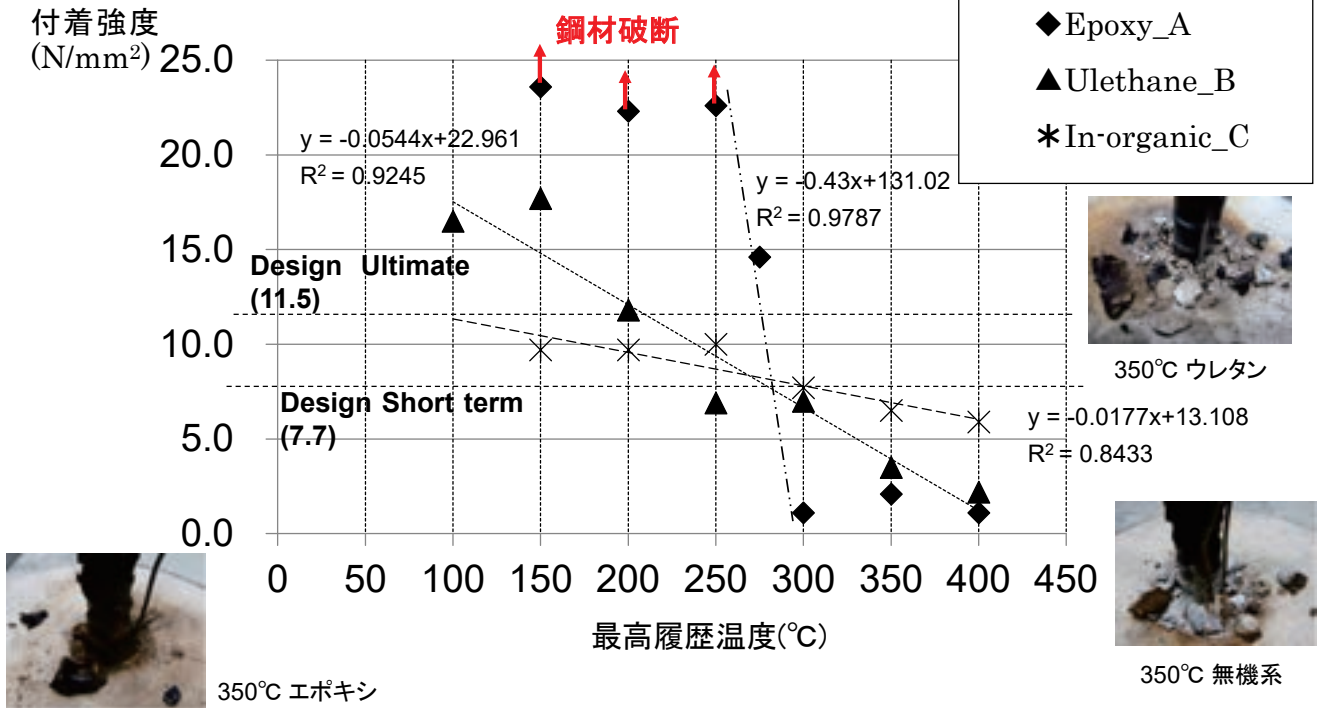


⑩350°C (III)



⑩350°C (III)

実験結果(2) (高温履歴後・火災後) : $\sigma_B = 24 \sim 29$ MPa




火害診断への応用

・ 接着部の変色・劣化状況 :
→あと施工アンカー部の受熱温度の推定の目安火害診断の一次調査


受熱温度	判断指標		
	エポキシ樹脂A	ウレタン樹脂B	無機系C
400°C	黒(炭化)	焦茶+黒 +グレー	黒+グレー
300°C	薄茶褐色+黒 濃茶褐色		濃黄土色 +グレー
200°C	薄茶褐色(赤)	黄土色+焦茶 +グレー	
100°C			



エポキシ 400°C



ウレタン 400°C



無機 400°C

火害診断への応用：エポキシ樹脂系接着部状況



60°C (I)

62.2°C (II)

72.2°C (II)

106.5°C (II)

140°C (I)



200°C

250°C

275°C



350°C



300°C



400°C

加熱冷却後の接着系あと施工アンカー付着部状況(エポキシ樹脂系)
(注：60°C～140°Cは参考までに高温時の実験結果を掲載)

火害診断への応用：ウレタン樹脂系・無機系 接着部状況

加熱冷却後の接着系あと施工アンカー付着部状況(ウレタン樹脂)



150°C

200°C

250°C

300°C

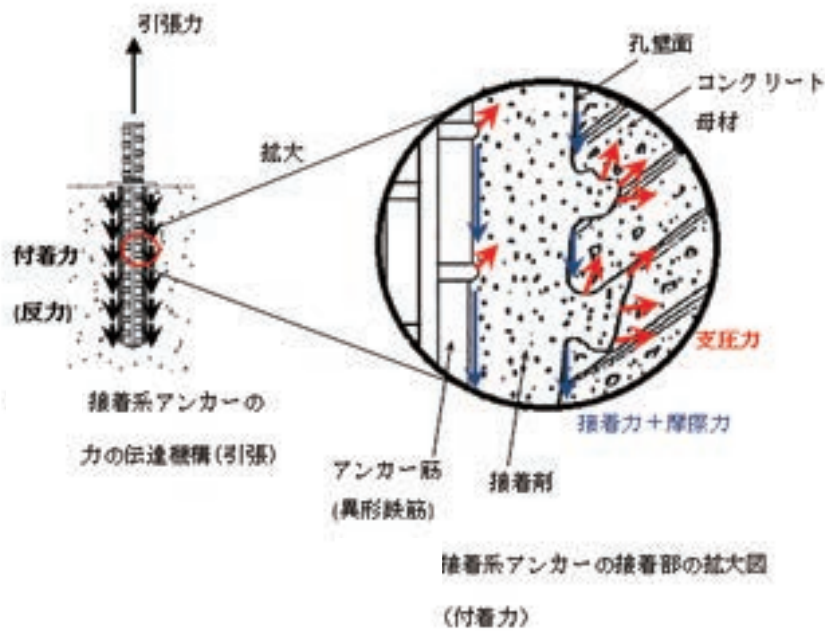
350°C

400°C



加熱冷却後の接着系あと施工アンカー付着部状況(無機系)

高温履歴後の残存付着耐力に関する評価方法に関して 付着強度発現のメカニズム（接着系アンカーの固着原理）



接着系あと施工アンカー付着破壊性状

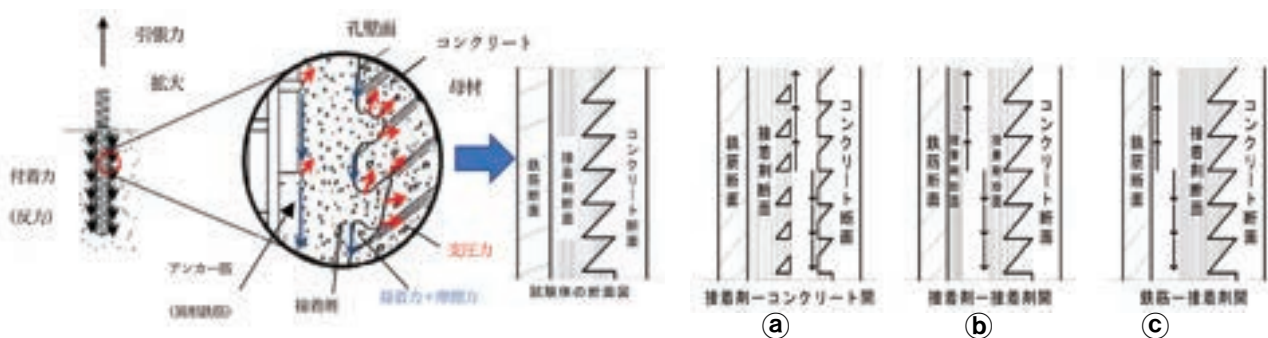


図4. 付着力のメカニズムと試験体の簡略断面図

図5. 接着系あと施工アンカー付着破壊性状 (引張)

$$\text{引張力(付着強度)} = \text{支圧力(鉄筋)} + \text{支圧力(コンクリート)} + \text{接着力(接着剤)}$$

まとめ

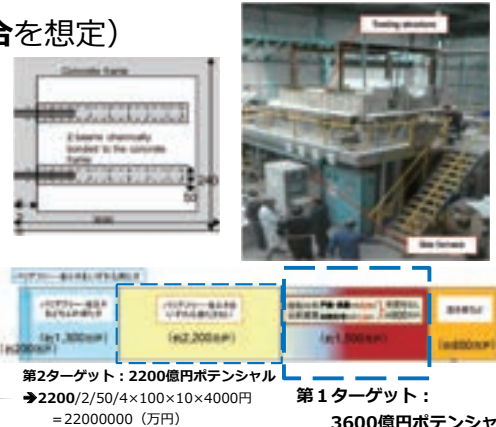
- ・ 接着系注入方式あと施工アンカーの火災時(高温時)及び火災後(高温履歴後)の付着破壊強度に関する载荷加熱実験 (長期部材接合を想定)

→ さらなるデータ蓄積の必要性

- ・ **熱伝導解析 (FEM) : 評価法・設計法の提案**

(東京理科大学との共同研究: 施設・設備)

- ・ 今後さらなるパラメータの実験検証, 解析的検討, 架構レベルでの実験検証が必須
- ・ 実構造物への適用: 技術評定(耐火)の取得?!



- 長期部材接合設計が可能となる: 居住しながら使用しながらのリニューアル
- 建造物のストック再生・活用 (リニューアルの積極的推進)
- 建造物の長期的継続的使用
- 長期的に持続可能な都市建築を実現 (地震災害・火災被害の被害拡大の防止)
- 我が国・世界の明るい未来の創造: 我が国の建設の明るい未来の創造

注: 大和征良: アンカーコネクション
「世界初! アンカー部材接合の高温履歴後付着強度の検証」,
とちぎテックグランプリ2021, より引用

あと施工アンカー 技術講演会

2023年8月21日

一般社団法人 日本建設あと施工アンカー協会

〒101-0031 東京都千代田区東神田2-6-9

本書の内容の複製または改変などを当協会の許可なく行うことは禁止されています。