

コンクリート構造物の改築における あと施工アンカー接合部材の設計法

構造物技術研究部 コンクリート構造研究室
主任研究員 中田 裕喜

背景・目的

- ・線増や利便性の向上のために**改築事例が増加**
- ・接合状況に応じた標準的な設計法が無く、
多量にあと施工アンカーを配置

課題

現行アンカー手引きは一時的な荷重を受ける部材の固定を対象

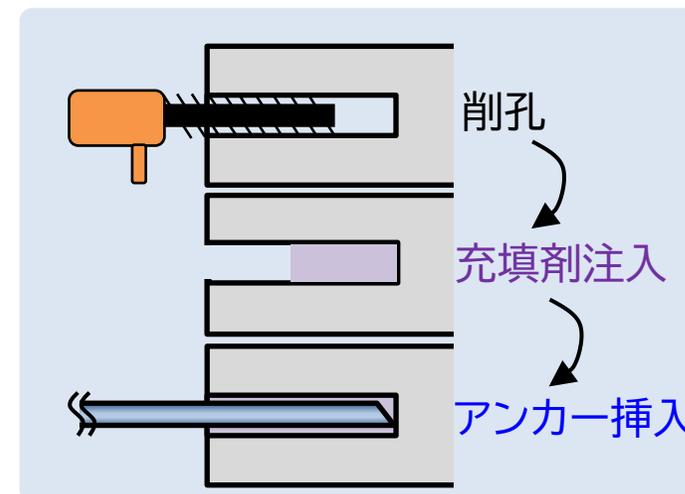
- ・高応力を受ける部材に対し、汎用的な接合面の**剛性・耐力評価法無**
- ・**過密配筋**により施工性、品質確保が困難

アンカーの量や配置、接合面の処理状況に応じた**増設RC部材の設計法を提案**

⇒**アンカー量を削減**



ラーメン高架橋での事例



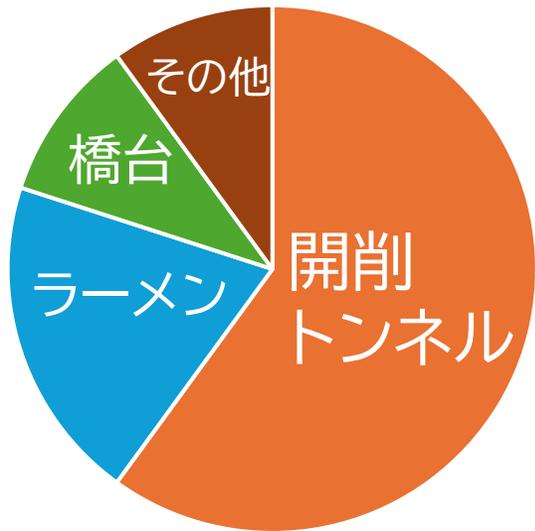
あと施工アンカーの施工

1. RC部材の増設時の接合に関する調査
2. スラブ接合に対する検討
3. 隅角部接合に対する検討
4. 壁接合に対する検討
5. 提案算定法の効果に関する試設計
6. まとめと成果の活用

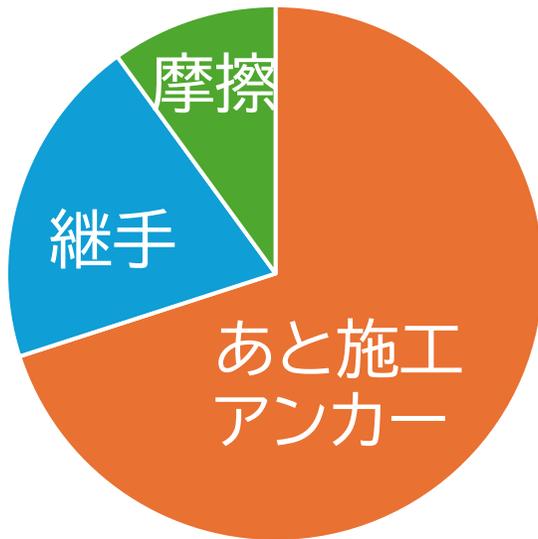
1. RC部材の増設時の接合に関する調査

☑最近10年間の増設事例を調査

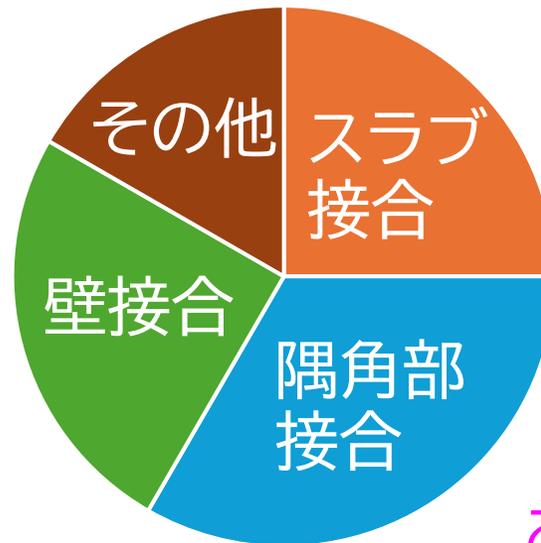
- ・開削トンネル、あと施工アンカーによる接合が多い
- ・接合の種類を大きく3つ
 - ①スラブ接合、②隅角部接合、③壁接合



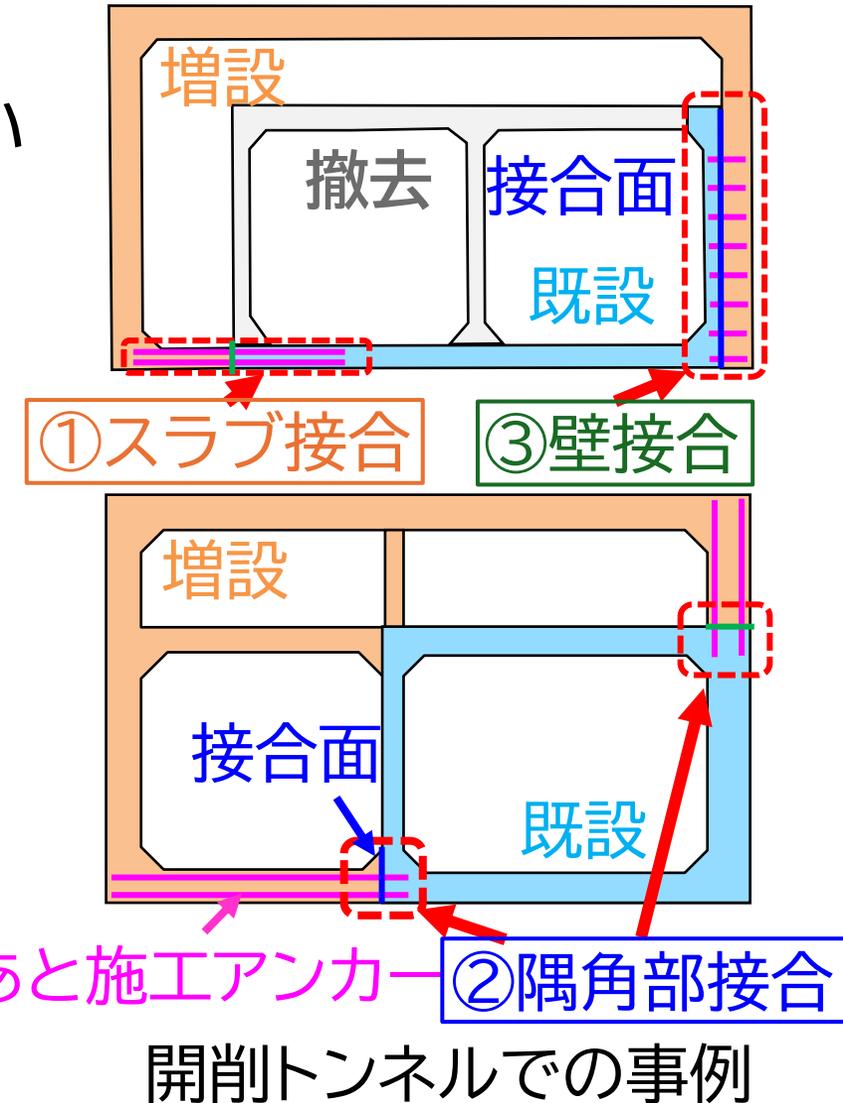
構造形式



接合方法



接合の種類



1. RC部材の増設時の接合に関する調査

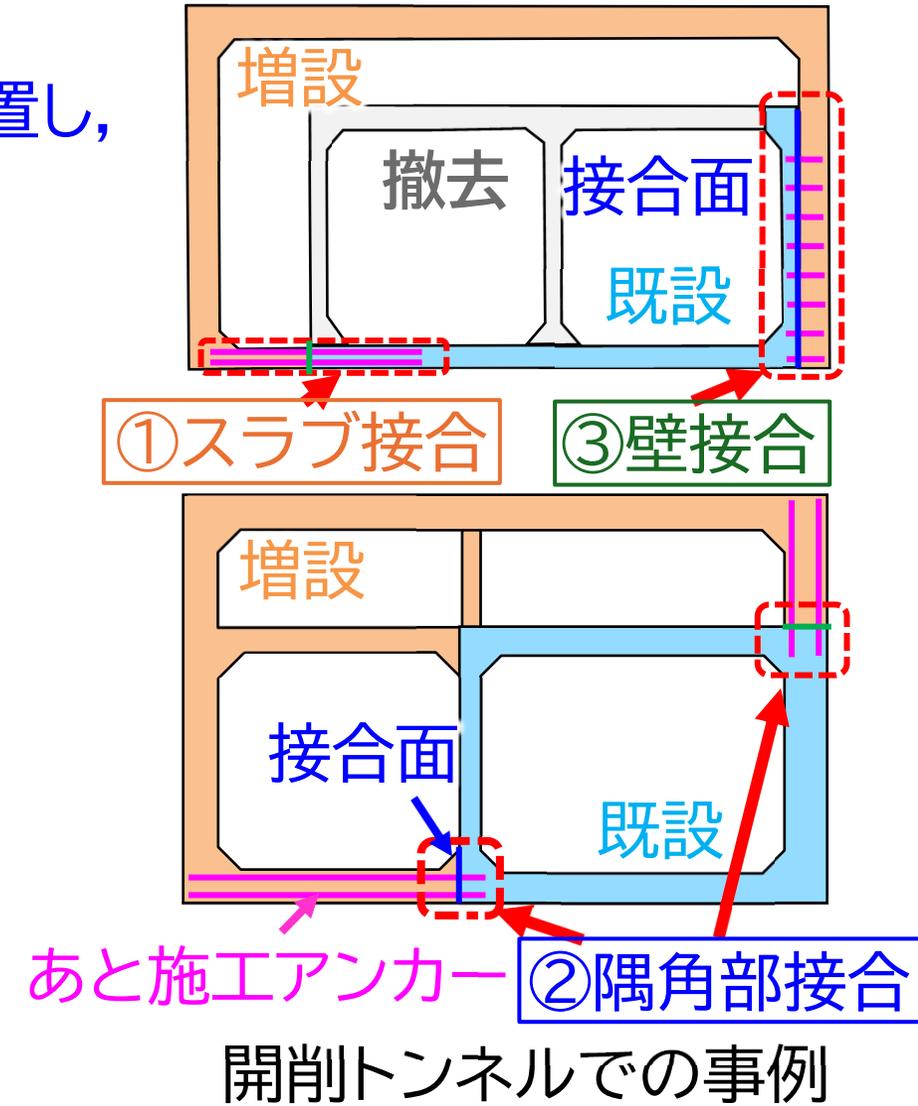
①スラブ接合, ②隅角部接合:

- 部材全長で必要な軸方向鉄筋量と同量のアンカーを配置し、**剛結合と仮定**
- コンクリートをはつり、既設鉄筋と継手で接合
⇒ **接合面の開口の影響を無視**

③壁接合: **一体とみなすための条件**

- 接合面に作用するせん断力に対し、**アンカーのせん断降伏耐力のみ**を考慮して設計多

- 開削トンネル、アンカーによる接合を対象
- 接合状況に応じた設計法を開発



1. RC部材の増設時の接合に関する調査
- 2. スラブ接合に対する検討**
3. 隅角部接合に対する検討
4. 壁接合に対する検討
5. 提案算定法の効果に関する試設計
6. まとめと成果の活用

2. スラブ接合に対する検討

課題の整理

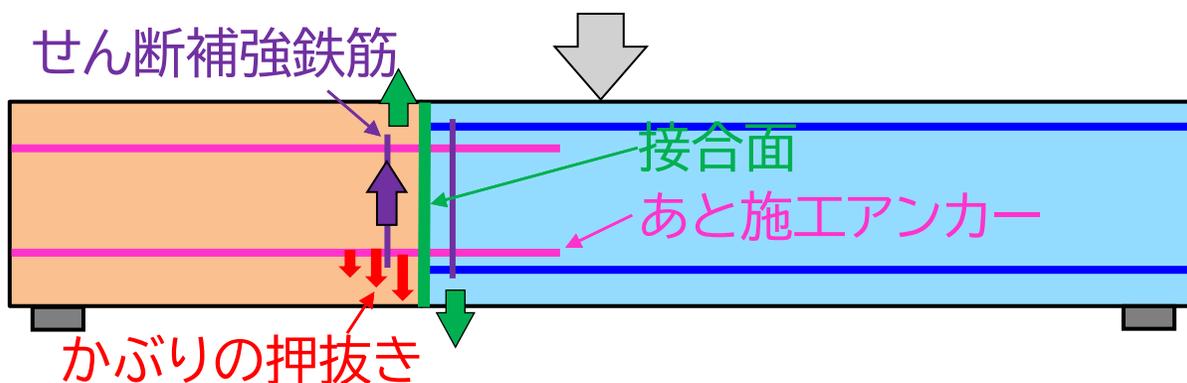
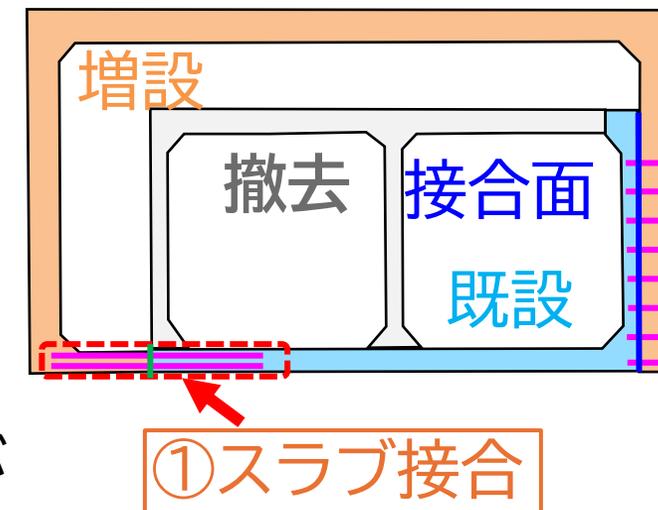
アンカー量や位置が変化すると、

☑接合面のずれが発生し、アンカーがかぶりを押抜く可能性有

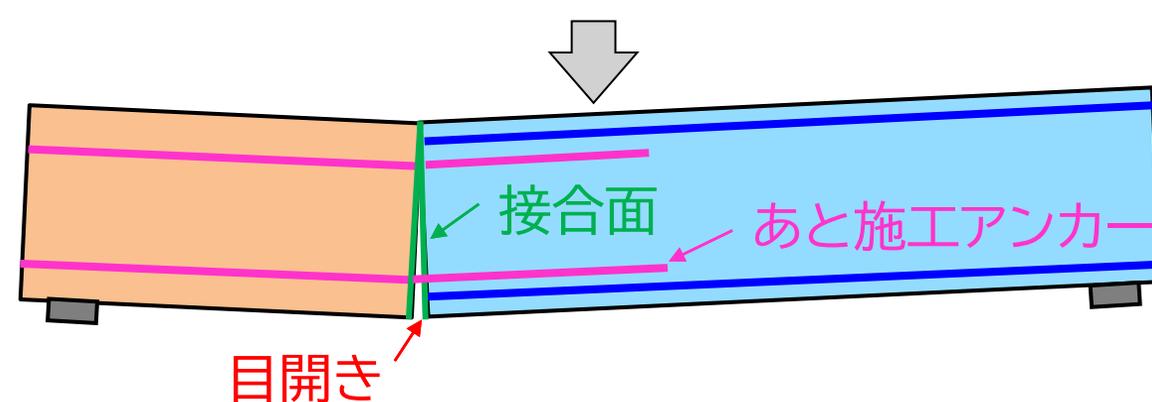
☑接合面の目開きが発生し、剛性やせん断耐力が低下する

可能性有

➡ アンカー量や位置の変化に対する接合面のずれ・目開きがせん断耐力に及ぼす影響を検討



接合面のずれ



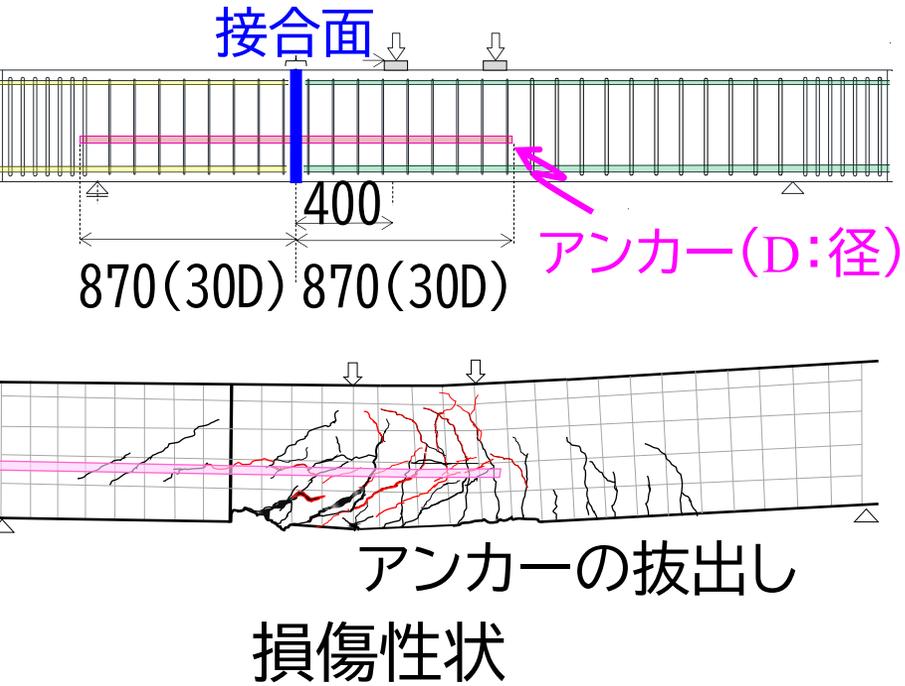
接合面の目開き

2. スラブ接合に対する検討

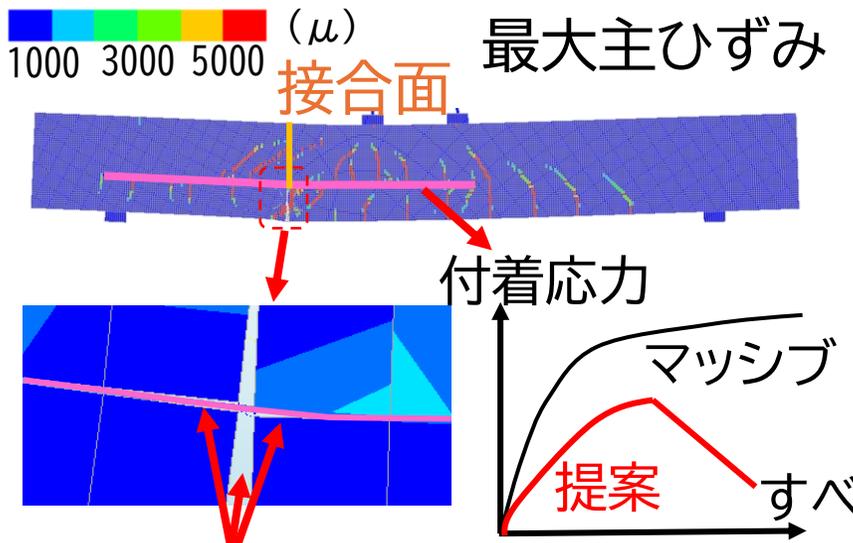
スラブ接合におけるせん断耐力

✓ アンカー量や位置、接合面のずれ・目開き等の影響を解明

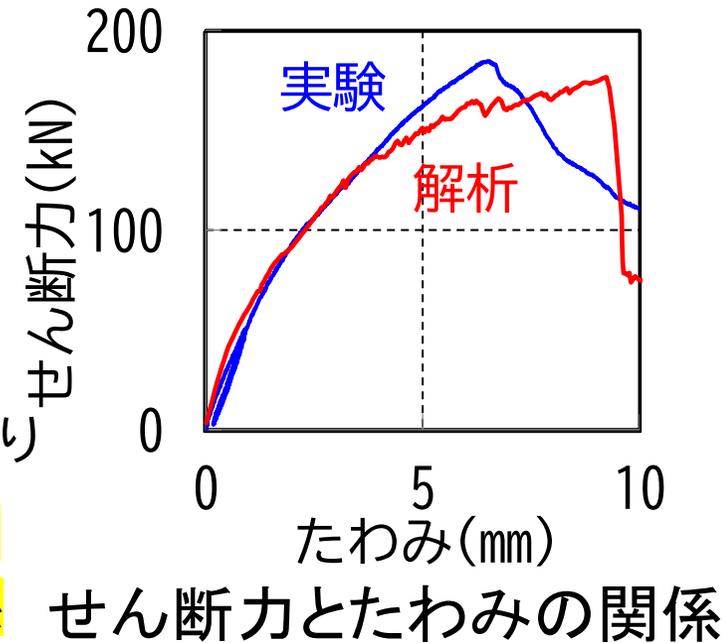
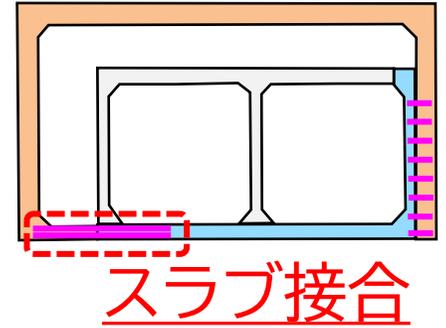
実験による検証



FEMによる検証



分散ひび割れに アンカーの付着
よる開口の再現 応力すべり関係



以降、実験を再現可能なFEMモデルを用いてせん断耐力を評価

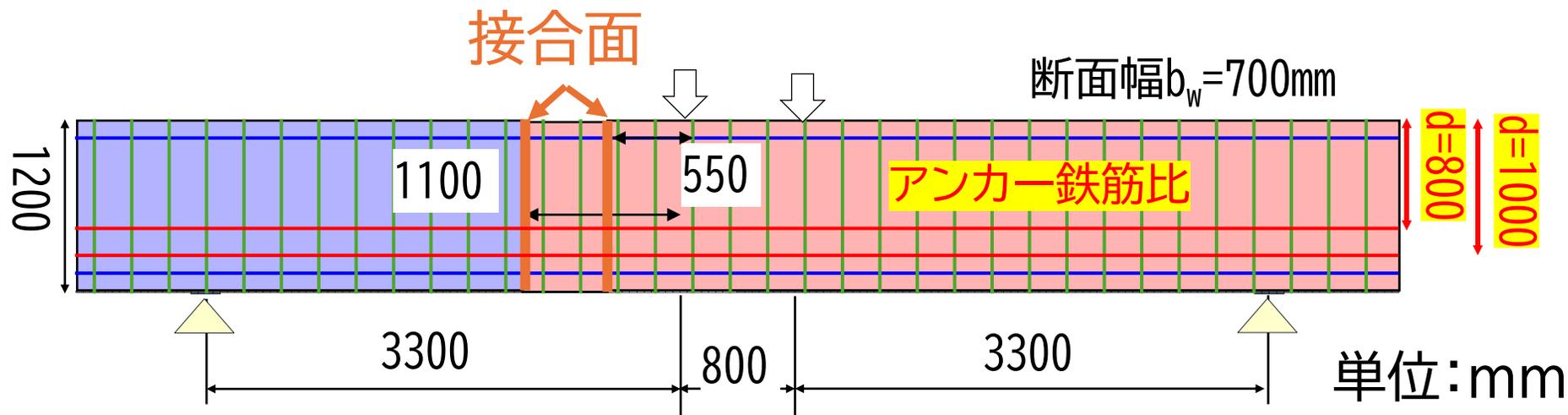
2. スラブ接合に対する検討

スラブ接合におけるせん断耐力

☑アンカー量や位置、接合面位置を変化させた実大モデルでのFEM

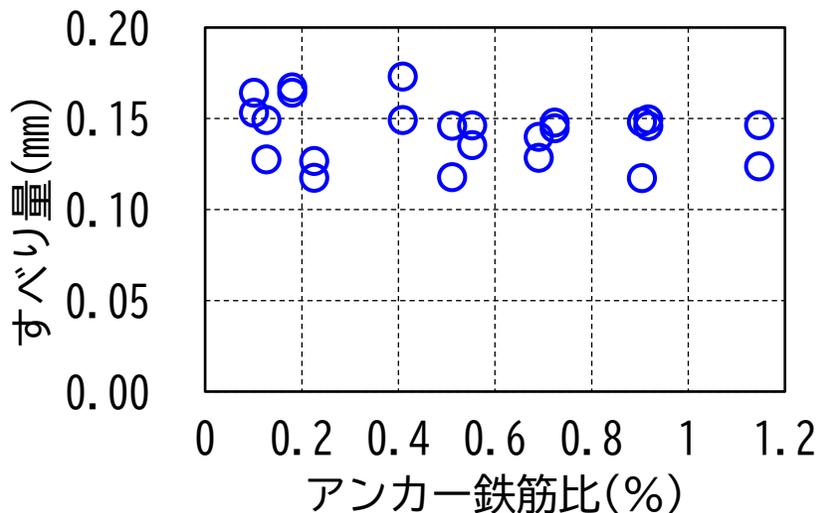
- ・アンカー鉄筋比: 0.2~1.0程度で複数設定
- ・アンカー位置 : 有効高さdの異なる2ケース
- ・接合面位置 : 影響の大きい荷点付近の2ケース

開削トンネルの部材を
包含できるように諸元
を設定

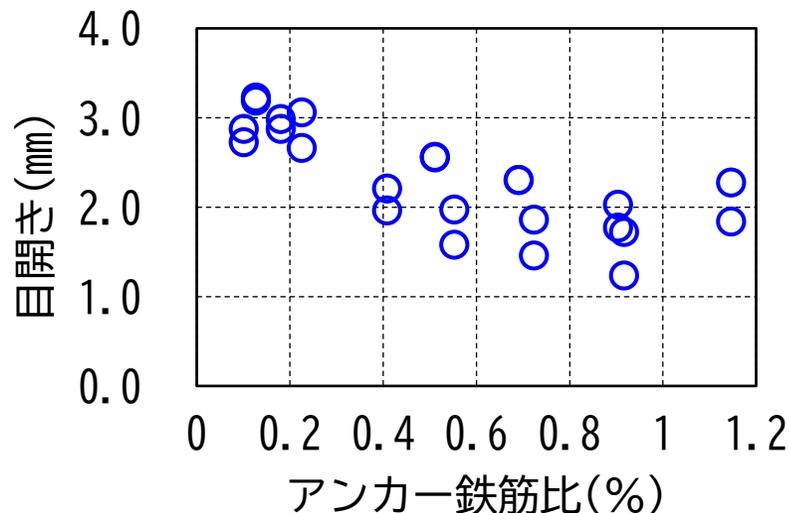


実大モデルでのFEM

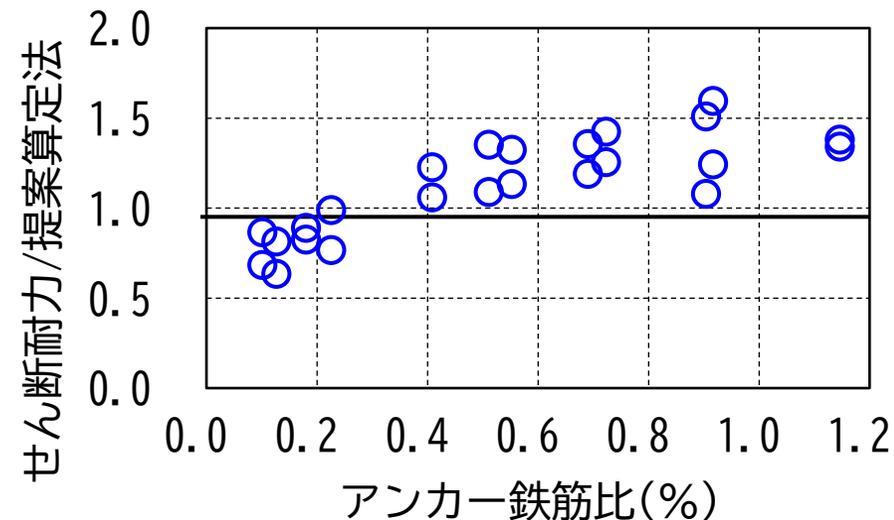
2. スラブ接合に対する検討



接合面でのすべり量



接合面での目開き



せん断耐力の算定精度

☑ アンカー量や位置を考慮したせん断耐力算定法

・設計せん断耐力式 V_{yd}

引張鉄筋比 ⇒ アンカー鉄筋比 **提案**

有効高さ d ⇒ アンカー位置

隅角部接合にも適用可

☑ 目開きがあってもせん断耐力を算定可能(0.2%以上)

アンカーを考慮したせん断耐力算定法を提案

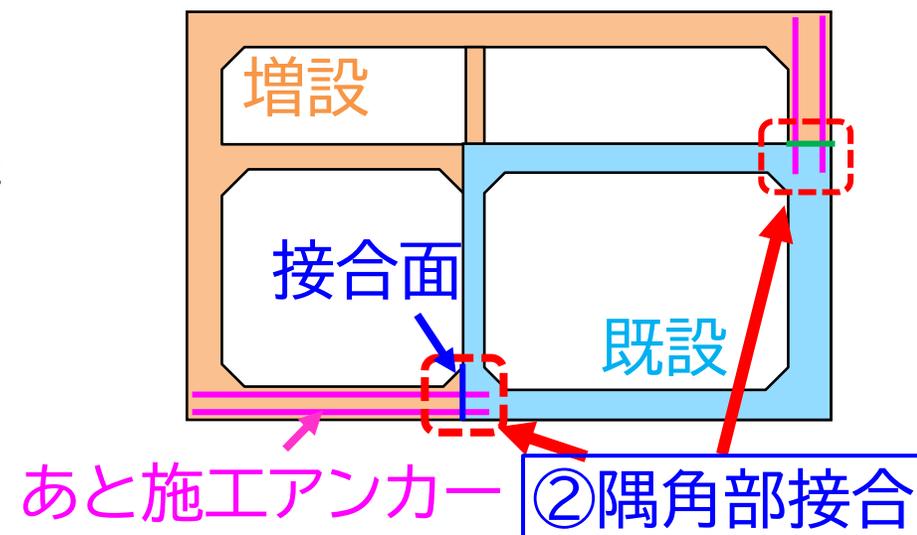
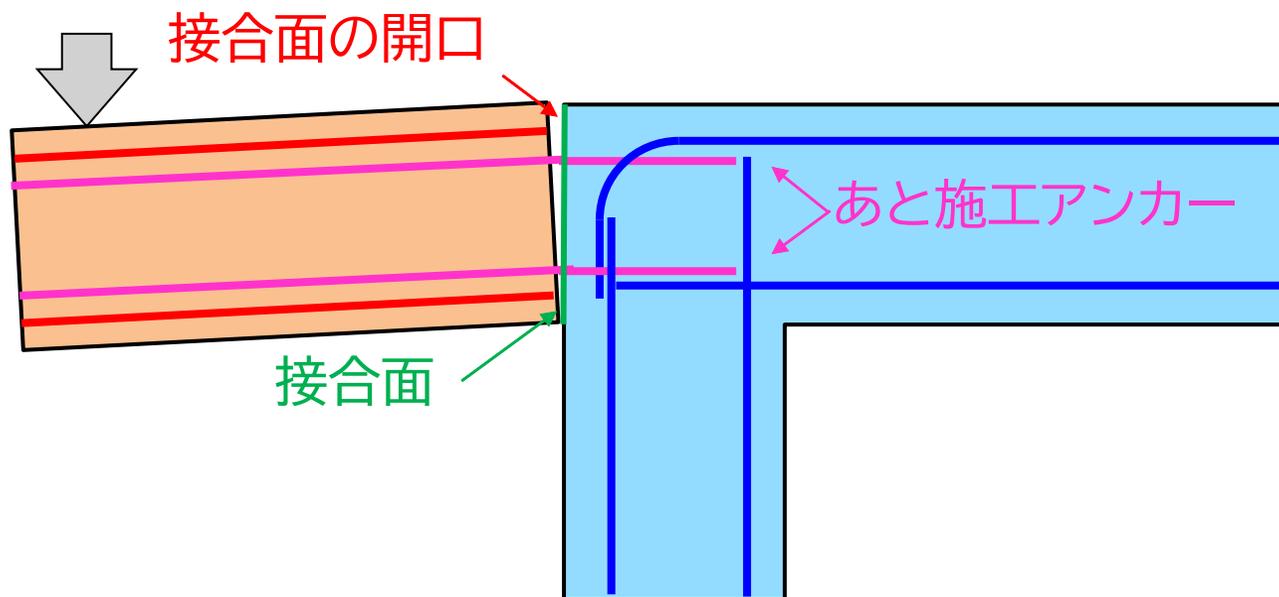
1. RC部材の増設時の接合に関する調査
2. スラブ接合に対する検討
- 3. 隅角部接合に対する検討**
4. 壁接合に対する検討
5. 提案算定法の効果に関する試設計
6. まとめと成果の活用

3. 隅角部接合に対する検討

課題の整理

☑アンカー量や位置に依存して、接合面が開口

➡ アンカー量や位置が接合面の回転剛性に及ぼす影響を検討



接合面等がせん断耐力に与える影響はスラブ接合と同様

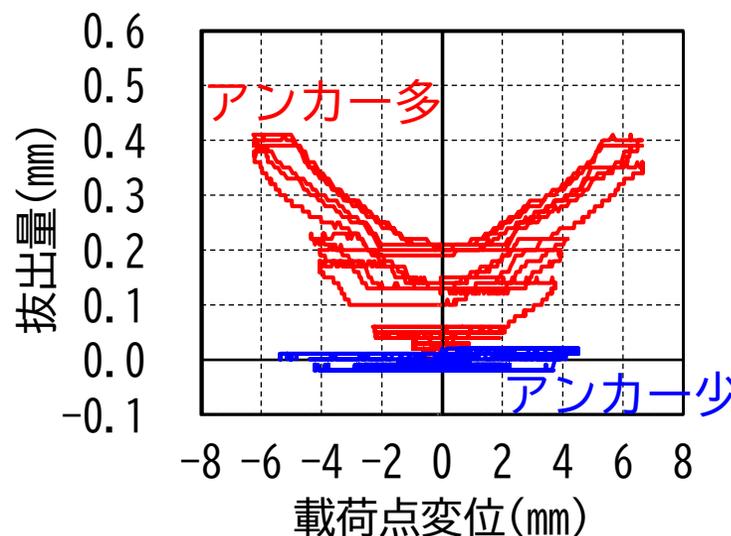
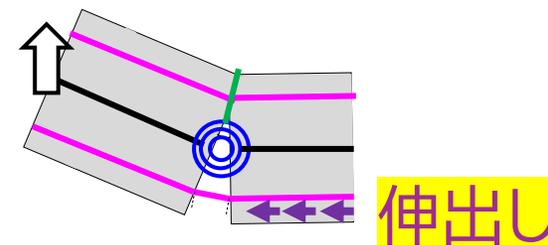
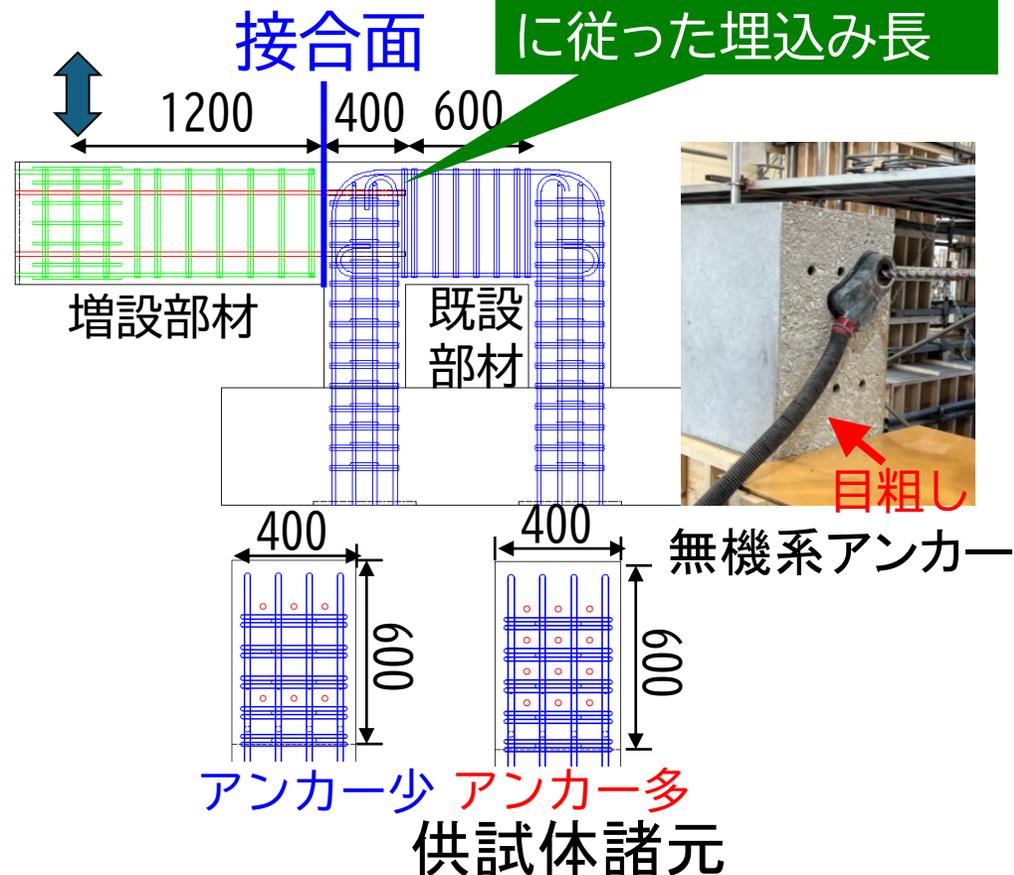
3. 隅角部接合に対する検討

隅角部接合における接合面の回転剛性

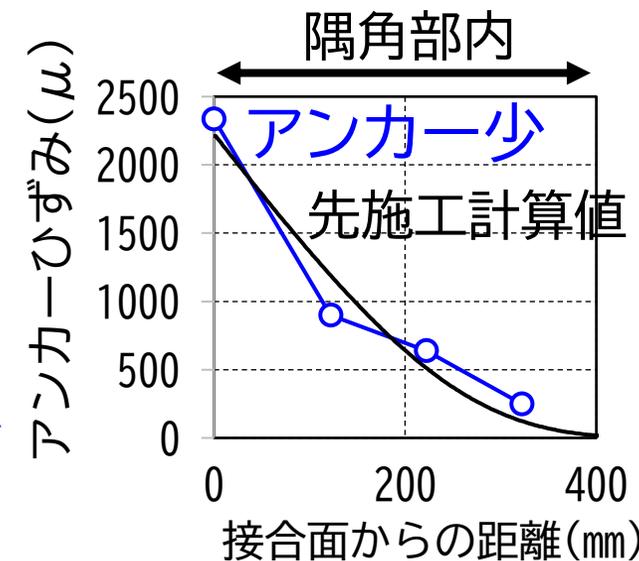
高応力繰返し, アンカーの量に応じた接合面の挙動を解明

実験による検証

アンカー少は手引きに従った埋込み長



アンカー先端の拔出量



ひずみ分布(降伏時)

拔出しが無い場合, 伸出しは先施工の付着応力すべり関係で算定可

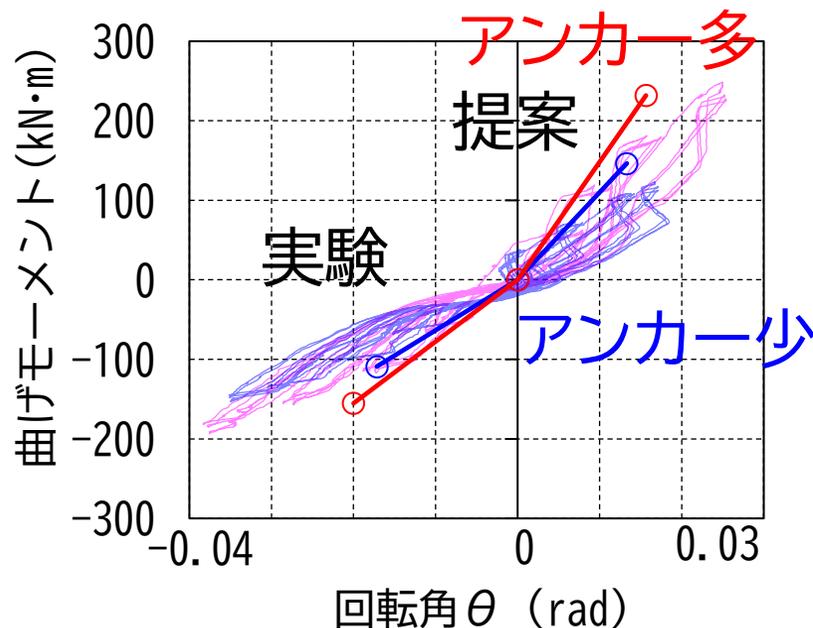
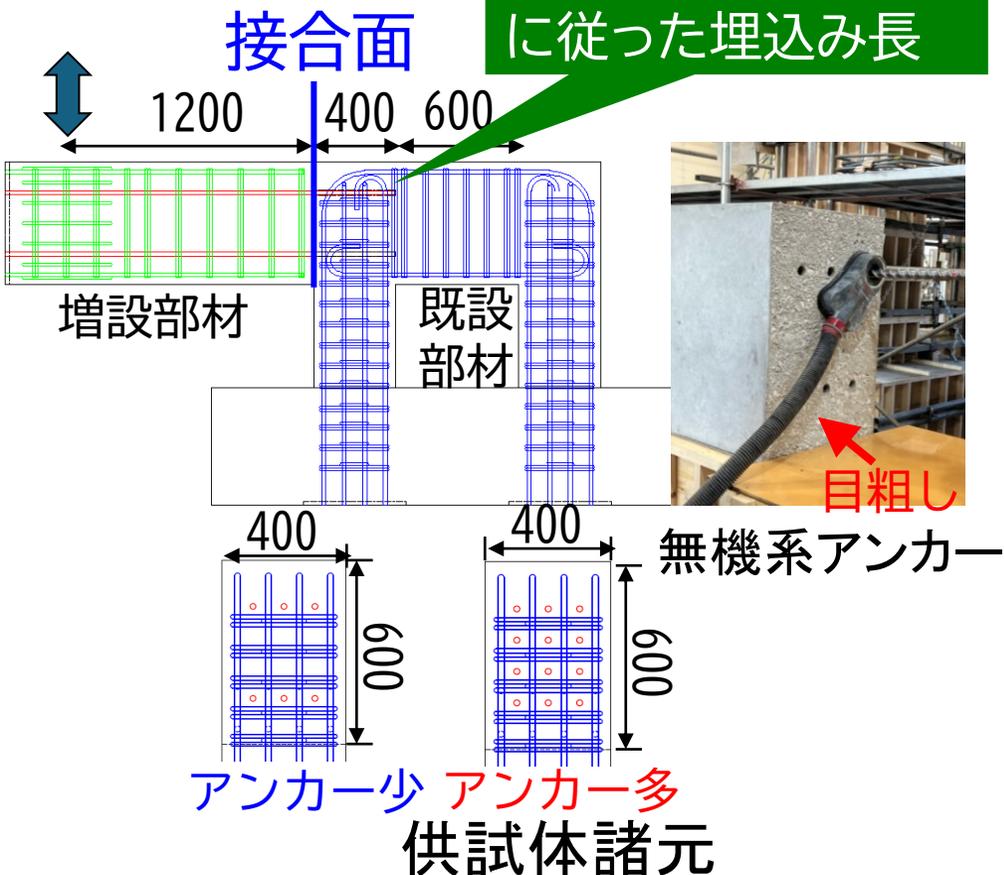
3. 隅角部接合に対する検討

隅角部接合における接合面の回転剛性

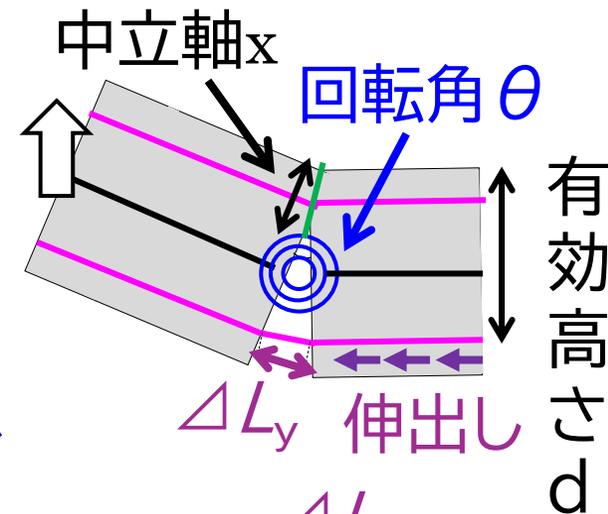
高応力繰返し, アンカーの量に応じた接合面の挙動を解明

実験による検証

アンカー少は手引きに従った埋込み長



接合面の回転挙動



ΔL_y : 降伏時の伸出量 (コンクリート標準)

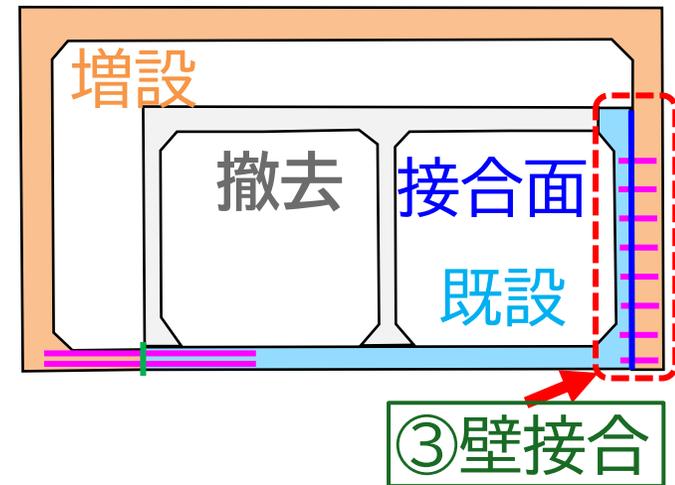
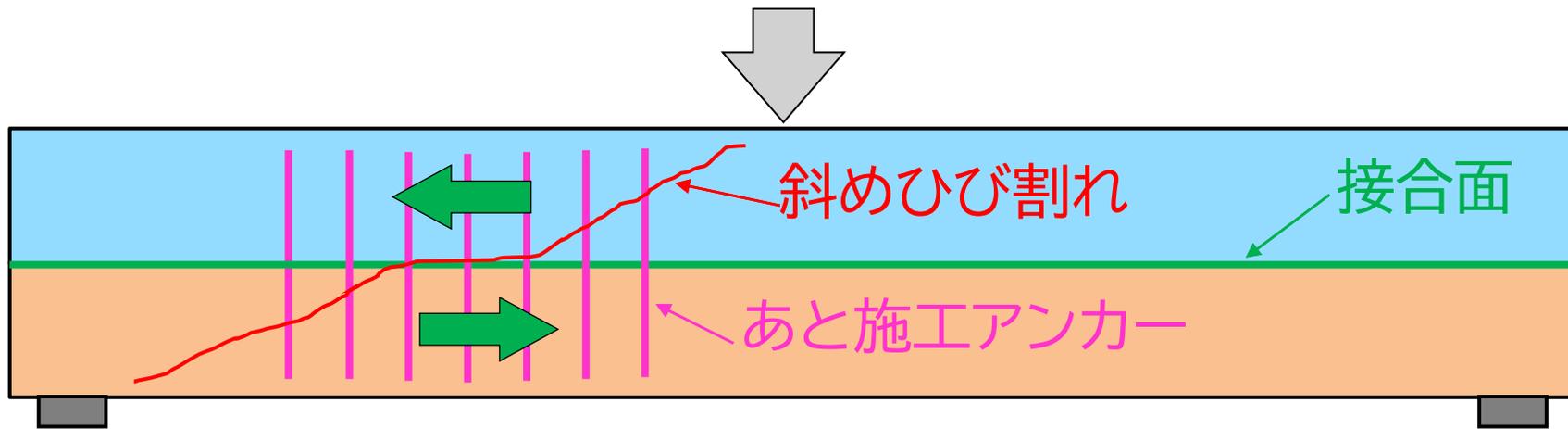
あと施工アンカーの高応力繰返しに対応した接合面の回転剛性の算定法を提案

1. RC部材の増設時の接合に関する調査
2. スラブ接合に対する検討
3. 隅角部接合に対する検討
- 4. 壁接合に対する検討**
5. 提案算定法の効果に関する試設計
6. まとめと成果の活用

4. 壁接合に対する検討

課題の整理

- ☑接合面に作用するせん断力に対し、**アンカーのせん断降伏耐力のみ**を考慮する事例多
 - ☑接合面におけるせん断伝達耐力には、**接合面における摩擦や骨材の噛合い**有
- ➡ 斜めひび割れ発生時においても一体とみなせる、**摩擦や骨材の噛合い**を考慮可能な**せん断伝達の条件**を検討



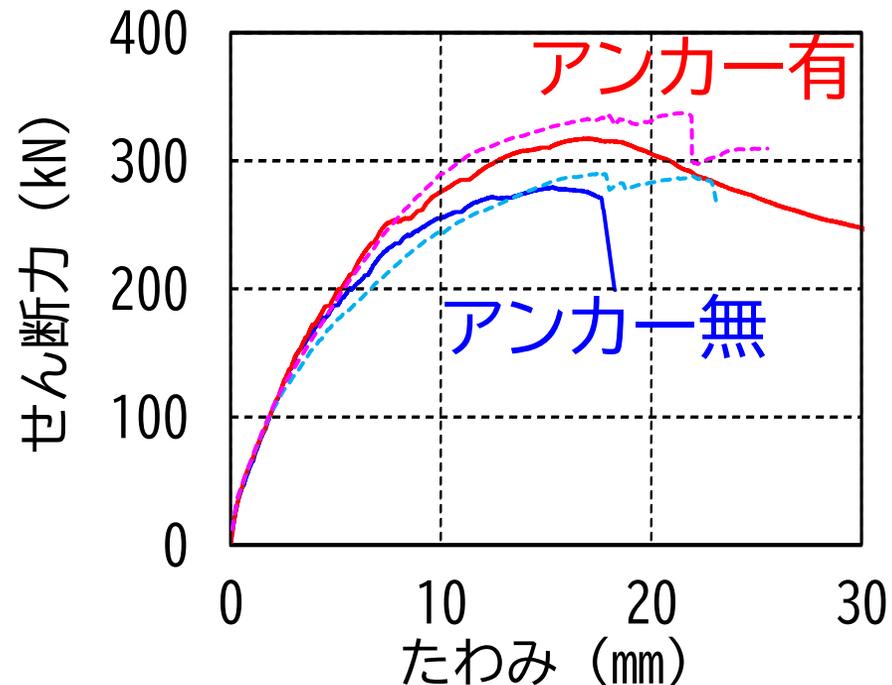
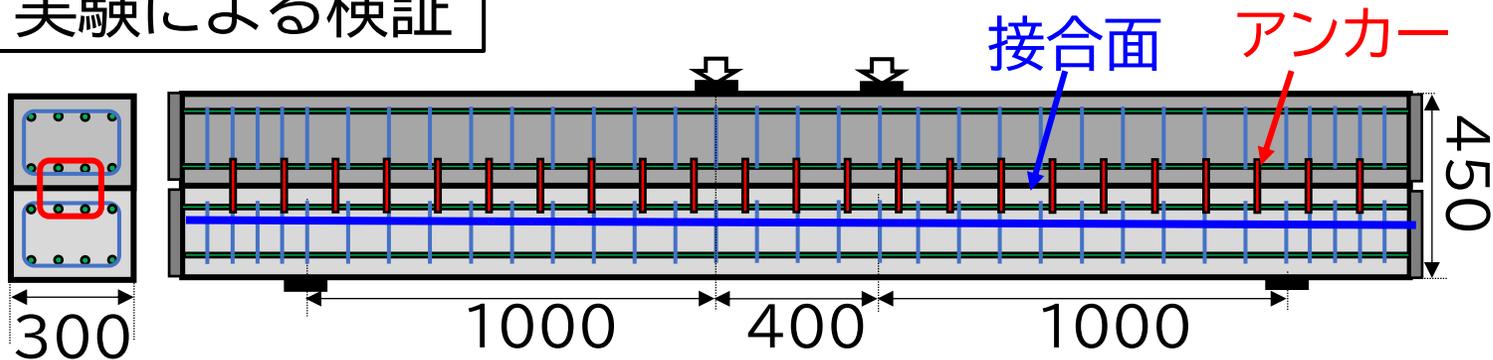
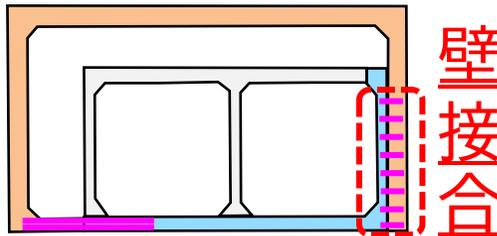
4. 壁接合に対する検討

壁接合におけるせん断耐力

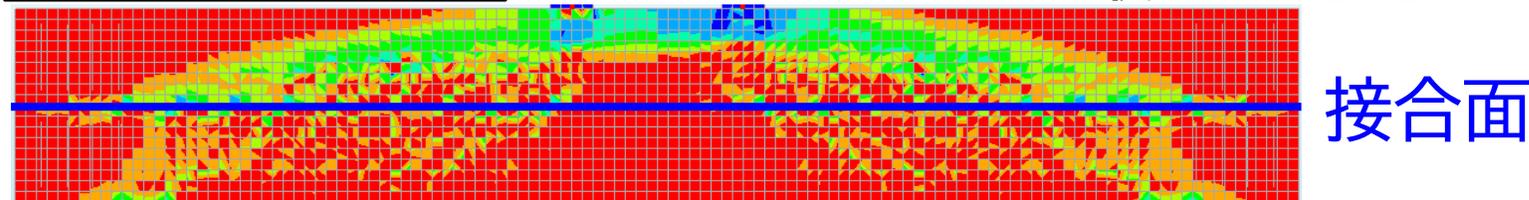
従来はアンカーの耐力のみ考慮

✓ 一体とみなせる接合面の条件に接合面の処理を考慮

実験による検証



FEMによる検証



接合面はクーロン摩擦モデル、アンカーはずれに抵抗可能なBEAM要素

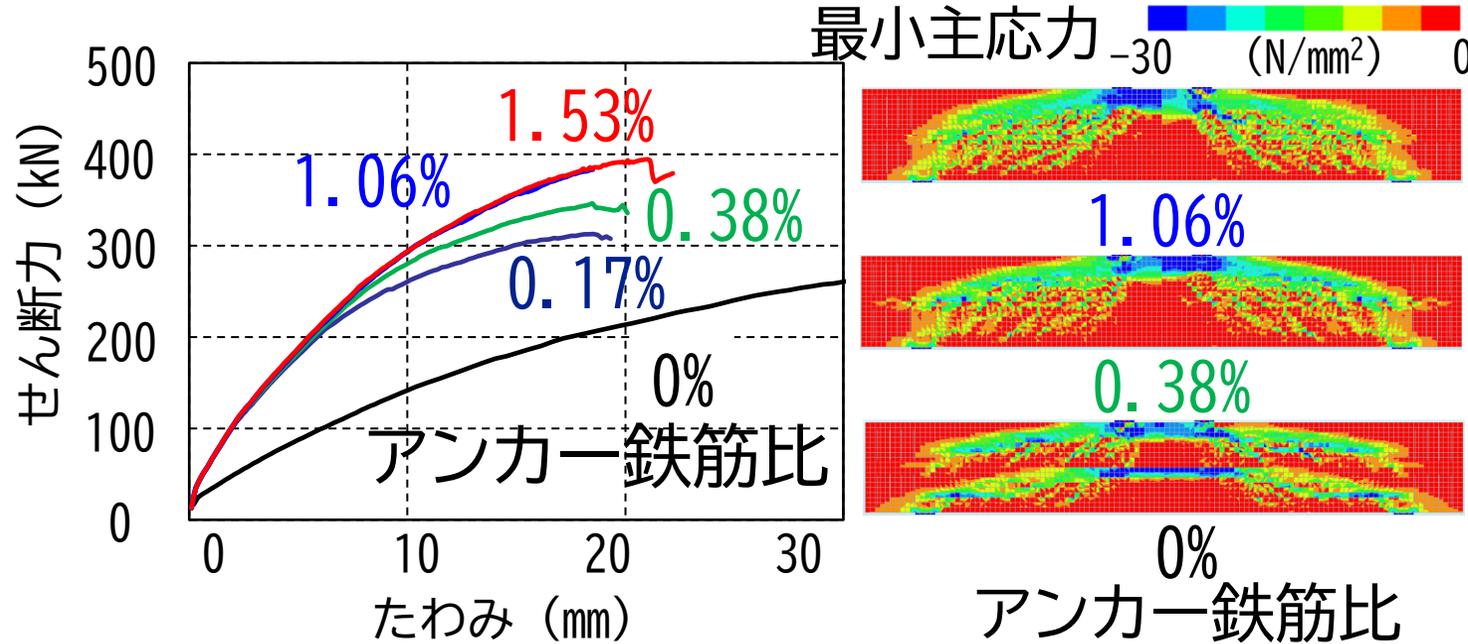
せん断力とたわみの関係

以降、実験を再現可能なFEMモデルを用いてせん断耐力を評価

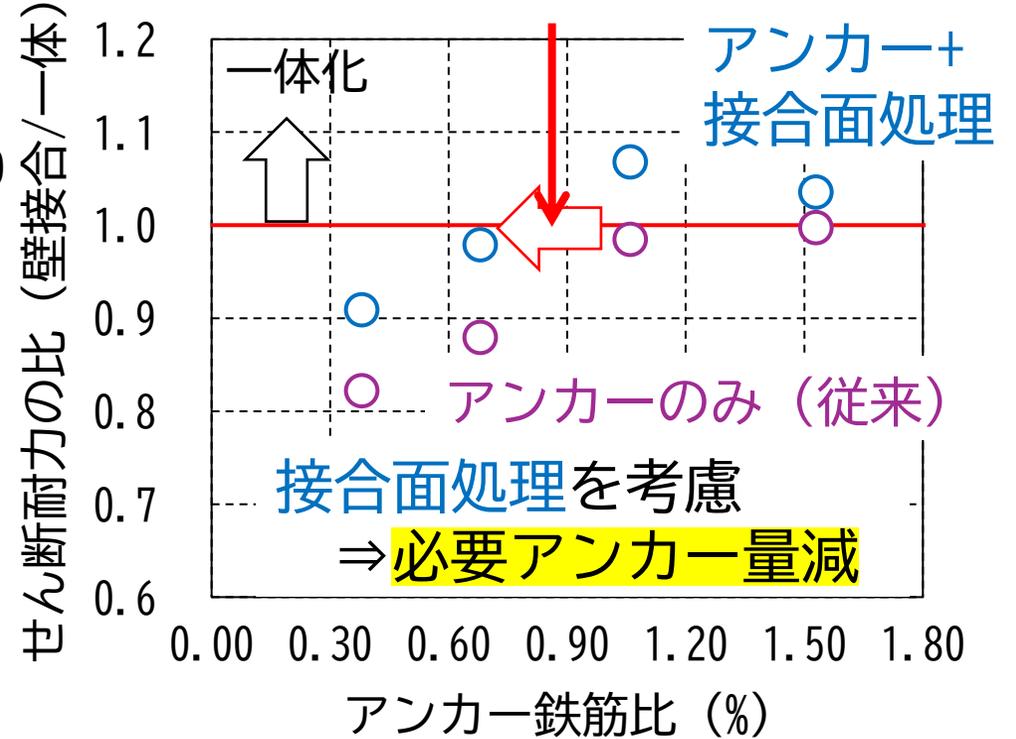
4. 壁接合に対する検討

壁接合におけるせん断耐力

☑アンカー量, 接合面の摩擦の有無で試算



せん断伝達耐力式による必要アンカー量



せん断力とたわみの関係(FEM)

アンカー鉄筋比と接合面処理の効果

接合面処理の効果を考慮可能なせん断伝達耐力式により一体化の条件を判定可能

⇒従来よりアンカー量を削減

- ・剛性も一体モデルと同様
- ・目開きも非常に小さい

1. RC部材の増設時の接合に関する調査
2. スラブ接合に対する検討
3. 隅角部接合に対する検討
4. 壁接合に対する検討
- 5. 提案算定法の効果に関する試設計**
6. まとめと成果の活用

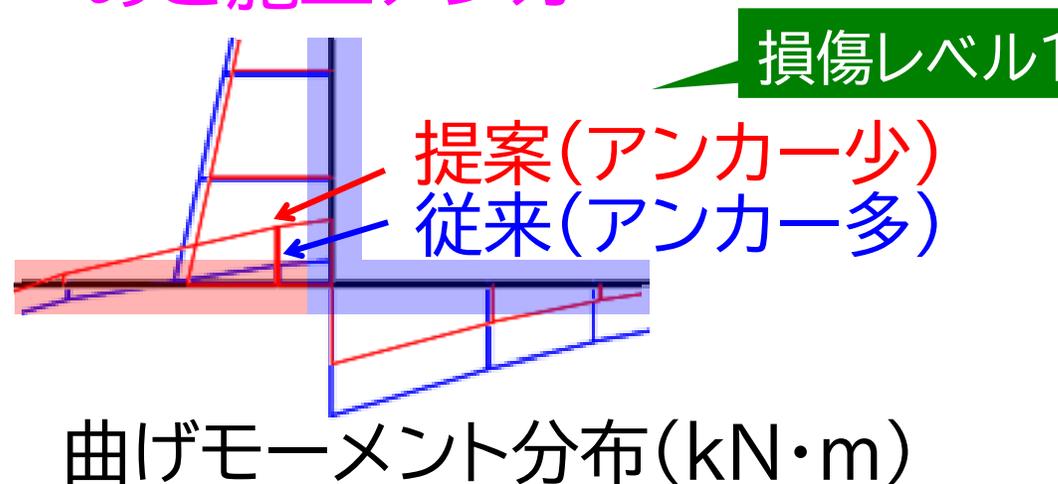
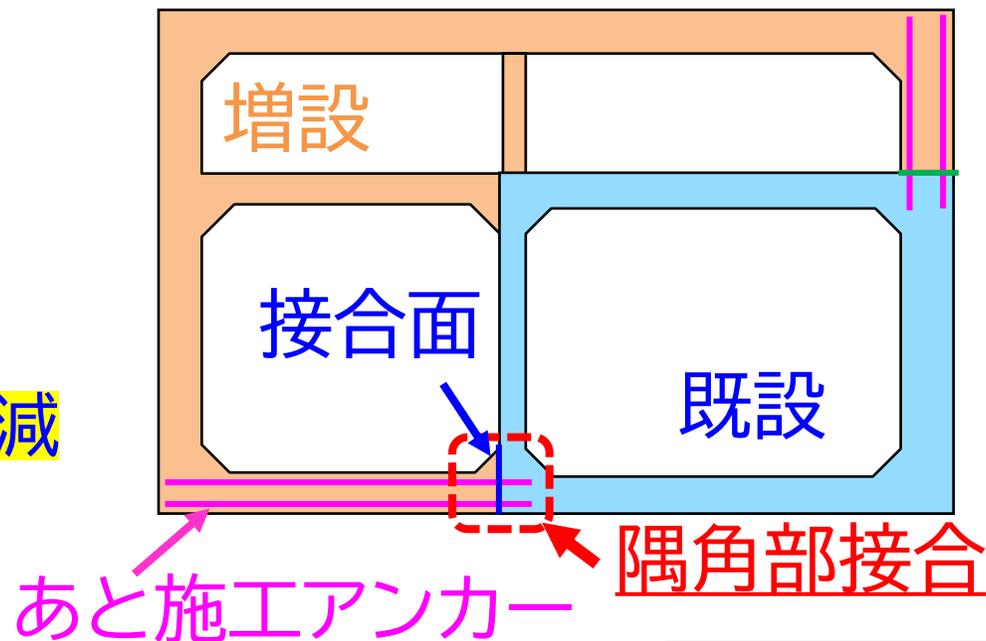
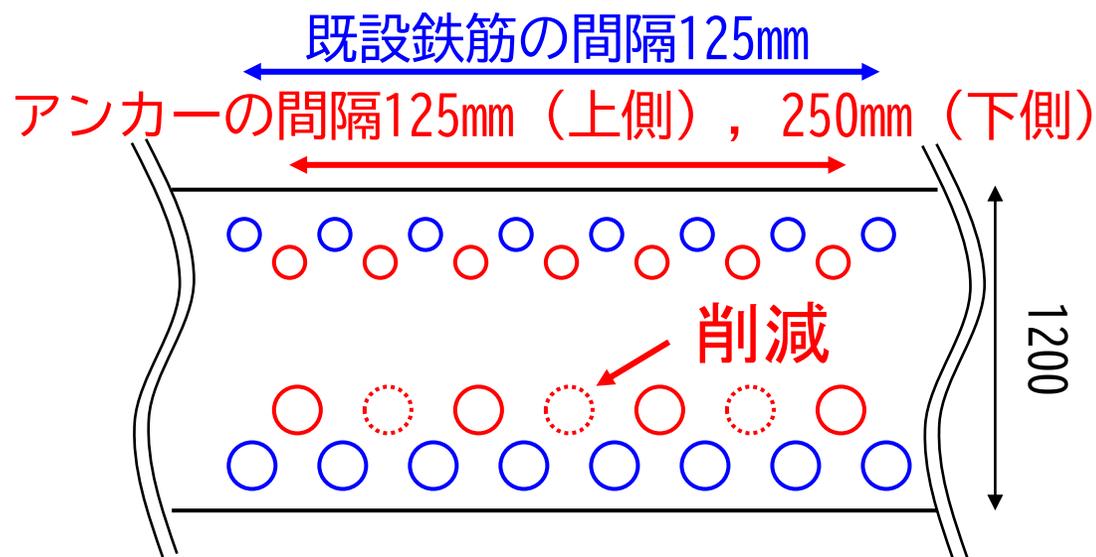
5. 提案算定法の効果に関する試設計

☑提案した算定法により試設計を実施

- ・既設部:許容応力度設計法
- ・増設部:現行設計標準

隅角部接合での効果

- ・当該隅角部ではアンカー(削孔)量を25%削減
- ・削減により隣接部材の断面力が増減

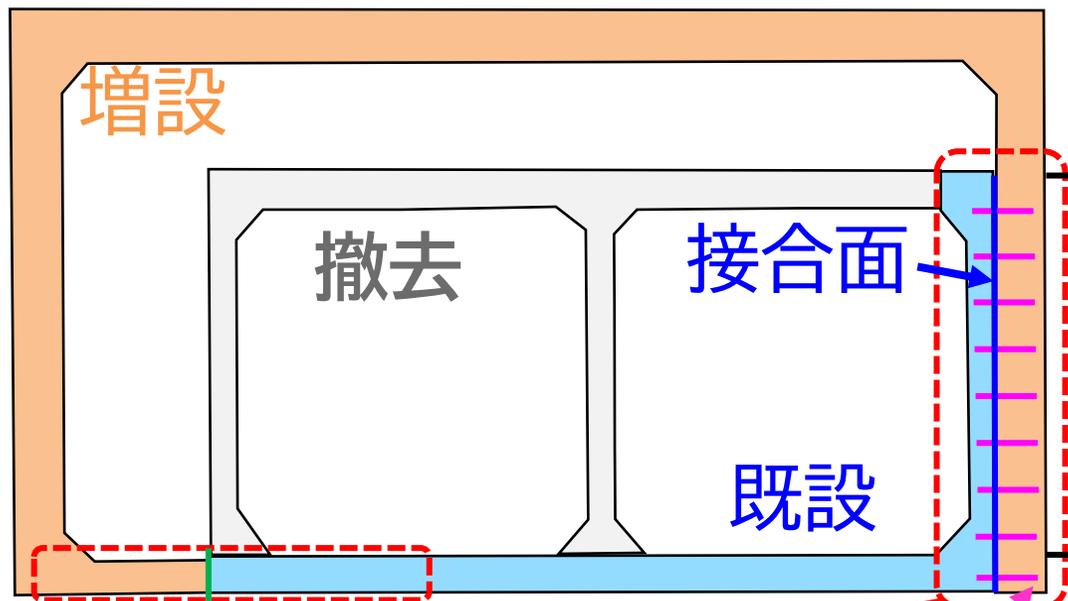


5. 提案算定法の効果に関する試設計

スラブ接合での効果

- ・今回の事例では、埋込み長の確保が困難
⇒既設部材をはつり、継手で接合

壁接合での効果

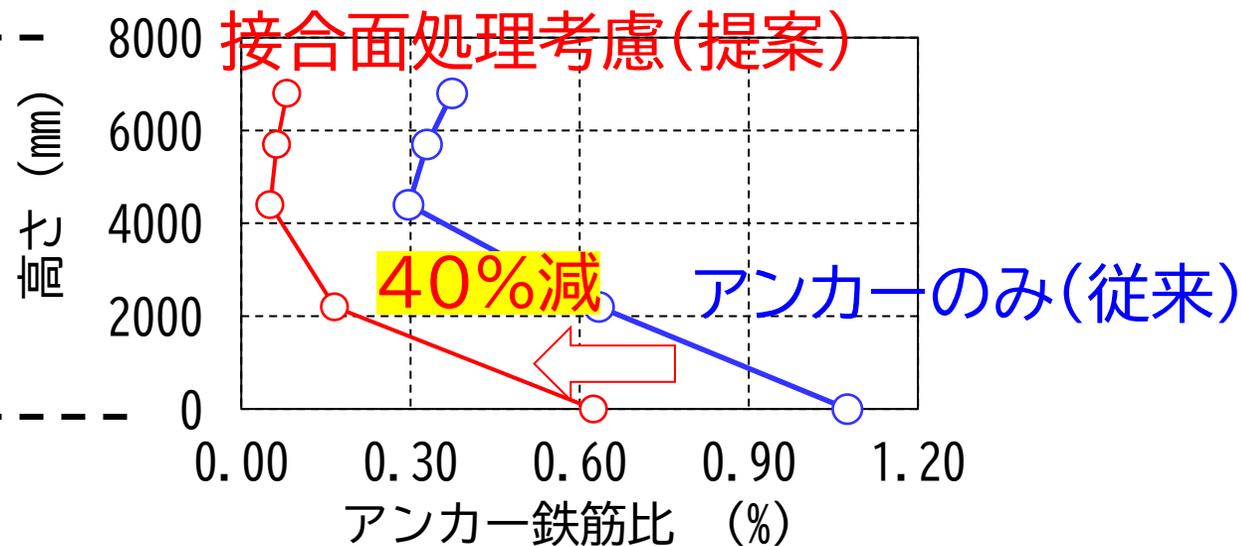


スラブ接合
⇒はつり

壁接合
あと施工アンカー

提案設計法によりアンカー量を削減

- ・隅角部接合: 25%
- ・壁接合 : 40%



必要アンカー量

1. RC部材の増設時の接合に関する調査
2. スラブ接合に対する検討
3. 隅角部接合に対する検討
4. 壁接合に対する検討
5. 提案算定法の効果に関する試設計
6. まとめと成果の活用

6. まとめと成果の活用

アンカーの量や配置、接合面の処理状況に応じた増設RC部材の設計法を提案

- ・スラブ接合: 埋込み長の影響を評価、アンカーの量・位置を考慮したせん断耐力算定法
- ・隅角部接合: アンカーの量・位置を考慮した接合面の回転剛性、曲げ耐力算定法
- ・壁接合 : 一体とみなせる接合面処理を考慮した接合面のせん断伝達耐力算定法

- ・対象とした開削トンネルの試設計では,
 - ☑隅角部接合: アンカー量25%減
 - ☑壁接合 : アンカー量40%減

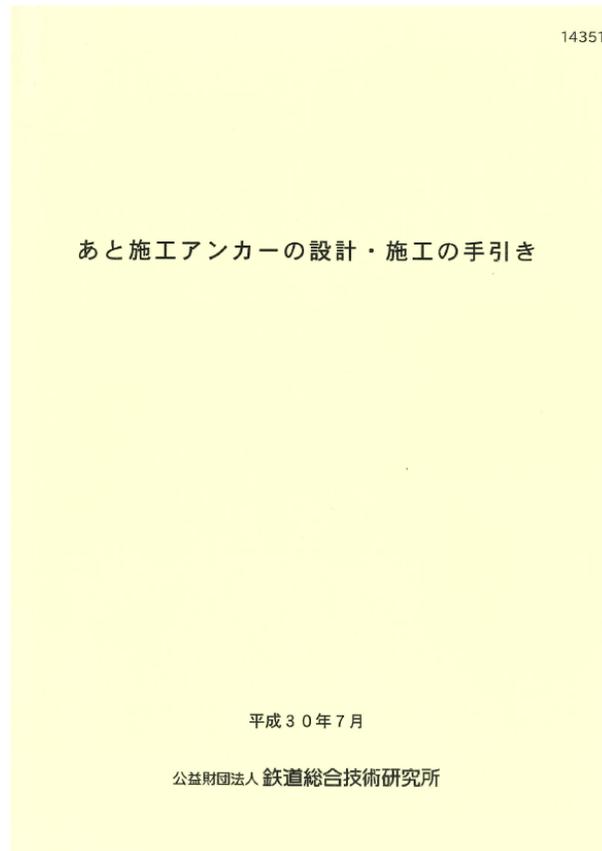
あと施工アンカー接合部材の設計の自由度を拡大

施工性を改善、品質を確保

6. まとめと成果の活用

成果の活用

開発した設計法を「あと施工アンカーの手引き」等に導入予定



付 属 資 料

1. あと施工アンカーの適用事例調査
2. 引張力に対するあと施工アンカーの基本性能の検討
3. アンカー間隔およびへりあきが引張耐力に与える影響
4. はしあきの影響を受ける場合のせん断耐力の算定法
5. せん断力に対する埋込み長の検討
6. アンカー近接とへりあきの影響を同時に受ける場合の引張耐力の算定法
7. 長期持続荷重に対する長期荷重の影響に関する係数の設定法
8. 設計計算例（下束）
9. 設計計算例（落橋防止工）
10. 試計算用ノモグラム
11. あと施工アンカーで接合された部材の設計法

【スラブ接合】

- ・小西 亮太, 中田裕喜, 渡辺健: 増設RCはりの接合面およびアンカーの配置がせん断耐力に及ぼす影響, 令和7年度土木学会全国大会 第80回年次学術講演会, V-466, 2025 ほか

【隅角部接合】

- ・小西 亮太, 中田裕喜, 渡辺健: 隅角部にあと施工アンカーを用いて増設したRC部材の骨組解析における接合面のモデル化方法の提案, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.25, pp.429-434, 2025

【壁接合】

- ・田口隆治, 中田裕喜, 渡辺健: RC重ね梁の一体性の評価におけるアンカーと面性状を考慮したせん断伝達耐力式の適用性の検証, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.25, pp.417-422, 2025 ほか