

軸方向引張鋼材を配置しない ブラケット構造の力学挙動に 関する研究紹介

2012年6月20日

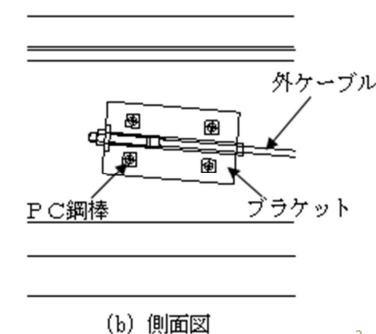
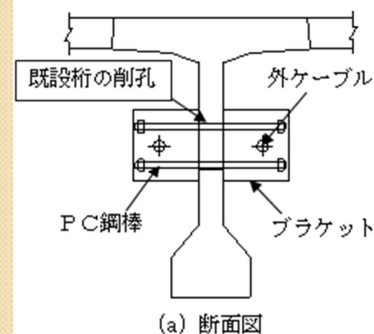
(株) IHIインフラ建設 山下 亮

1

1. 研究背景

対象：外ケーブル補強工法に用いるブラケット構造

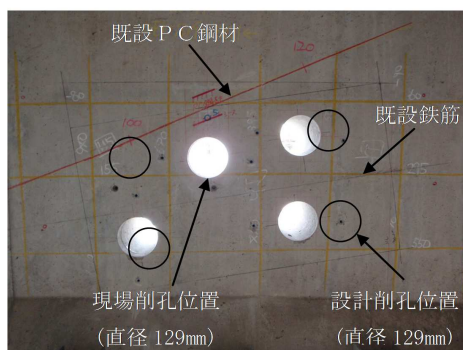
- 既設コンクリート桁の耐荷性能を改善するための補強工法の1つ
- PC鋼棒の緊結（圧縮）力による摩擦接合
- 既設橋梁への削孔が不可欠



2

○ 既設橋梁への削孔が不可欠

- ① 非破壊検査（X線，RCレーダ等）による既設桁内部のPC鋼材，鉄筋位置の調査が必要
- ② 既設桁内部のPC鋼材，鉄筋と削孔位置が干渉することがあり，現実的には所定の位置に削孔できない
- ③ 削孔による既設桁への影響および断面修復後の挙動が，理論的に明らかにされていない



3

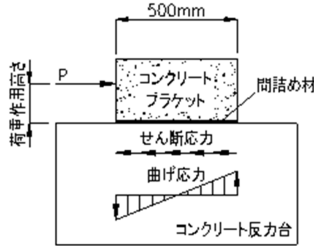
○ 改善方法

→ 削孔を必要としない，または既設桁へのダメージを最小限とするブラケットの取付け方法

- ① ブラケットを接着剤で既設桁に取り付ける
- ② 補強材として炭素繊維シートを用いて取り付ける
- ③ 構造上，回転，ずれが生じない構造とする

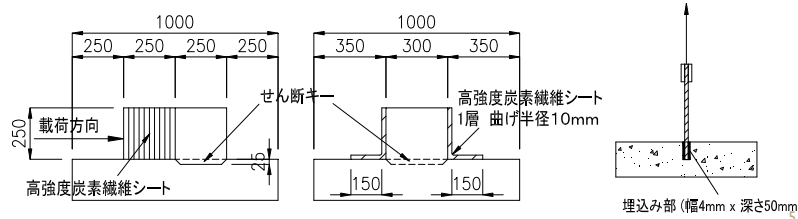
4

①ブラケットを接着剤で既設桁に取り付ける



②補強材として炭素繊維シートを用いて取り付ける

③構造上, 回転(?), ずれが生じない構造とする



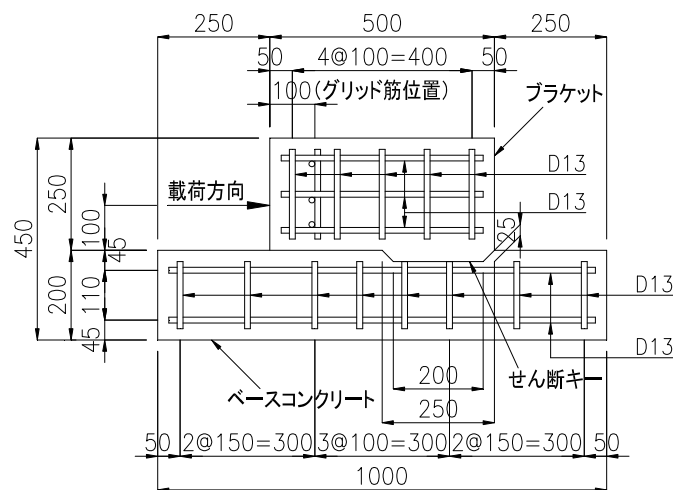
2. 静的予備载荷試験

● 軸方向引張鋼材を配置しないブラケット構造はどのような挙動を示すのか？

→ひび割れと同時に脆性的な破壊を示すことが想定されるが、既往の研究により確認できない

○ 载荷試験を実施して確認

(1) 試験供試体

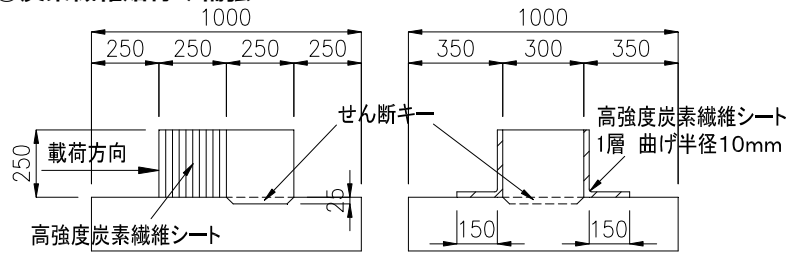


(2) 試験ケース

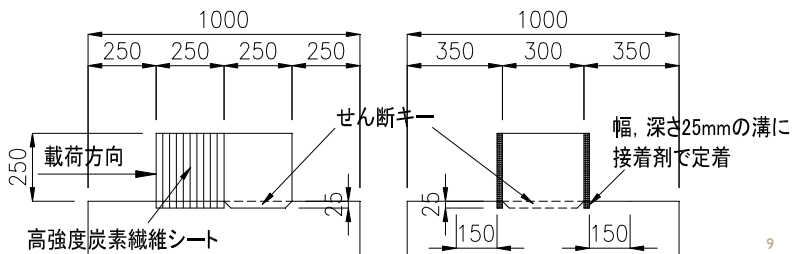
ケース	打継処理	せん断キ	補強材	備考
1	一体打ち	-	-	供試体数： 各ケース3体 载荷高さ： 100mm (2体) 150mm (1体)
2	無処理	なし	-	
3	チップング	なし	-	
4	チップング	なし	PC鋼棒φ23mm 2本	
5	無処理	あり	-	
6	チップング	あり	-	
7	無処理	あり	炭素繊維シート (高強度, 貼付け)	
8	チップング	あり		
9	チップング	なし		
10	チップング	あり	炭素繊維シート (高強度, 埋込み)	
11	チップング	あり	炭素繊維シート (高強度, 埋込み)	
12	チップング	あり	ストランドシート (高強度, 埋込み)	
13	チップング	あり	ストランドシート (高弾性, 埋込み)	

(2) 試験ケース

① 炭素繊維貼付け補強

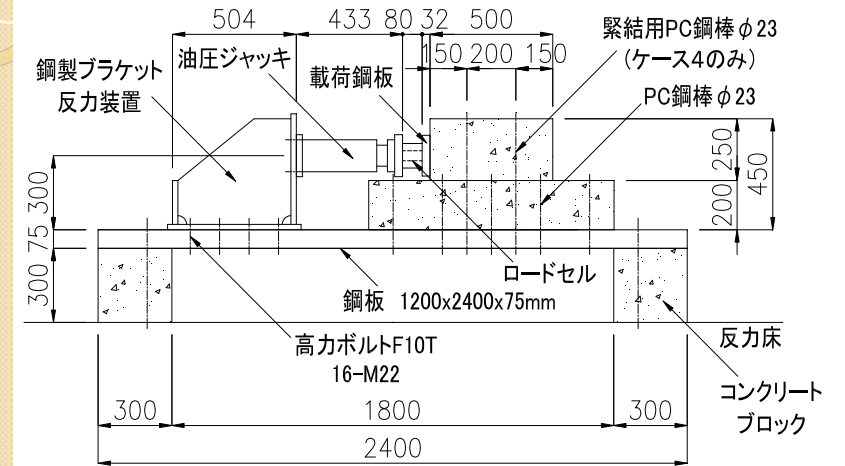


② 炭素繊維埋込み補強



9

(3) 試験方法

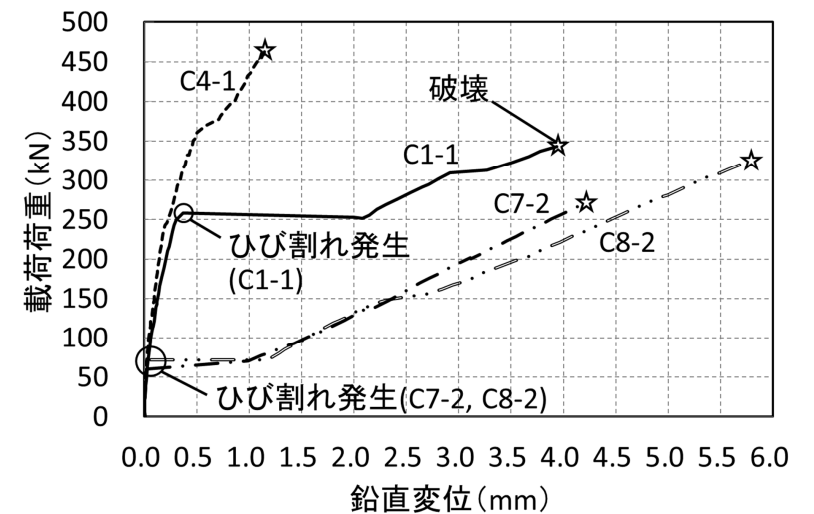


10

(3) 試験方法

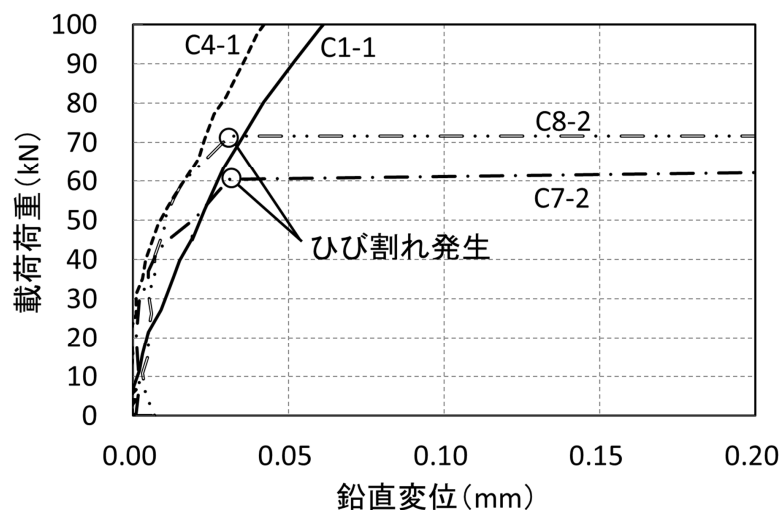


(4) 試験結果



12

(4) 試験結果



13

(4) 試験結果

曲げ強度（ひび割れ発生荷重時応力度）に着目すると、

- ①せん断キーの有無，せん断スパン比の影響はない
- ②炭素繊維貼付け補強の効果はほとんどない
- ③一体打ちの曲げ強度 2.09N/mm^2 (計算値 2.59 の 80%)
- ④チップングの曲げ強度 0.67N/mm^2 (一体打ちの 32%)
- ⑤無処理の曲げ強度 0.35N/mm^2 (一体打ちの 17%)

チップングは効果があるが，一体打ち強度は期待できない

14

(4) 試験結果

破壊性状に着目すると、

- ①せん断キーなし（PC鋼棒緊結なし）
→ひび割れと同時に水平ずれ破壊
- ②せん断キーなし（PC鋼棒緊結あり）
 - (1) 載荷高さ150mm → 荷重341kNで水平ずれ破壊
 - (2) 載荷高さ100mm → 荷重463kNで水平ずれ破壊
せん断スパン比の影響が確認された
- ③せん断キーあり
 - (1) 載荷高さ150mm → ひび割れと同時に回転破壊
 - (2) 載荷高さ100mm → ひび割れ後荷重増加&回転破壊

15

(4) 試験結果

- ①せん断キーなし（PC鋼棒緊結なし）
→ひび割れと同時に水平ずれ破壊



16

(4) 試験結果

②せん断キーなし (PC鋼棒緊結あり)



17

(4) 試験結果

③せん断キーあり
(1) 載荷高さ150mm → ひび割れと同時に回転破壊



18

(4) 試験結果

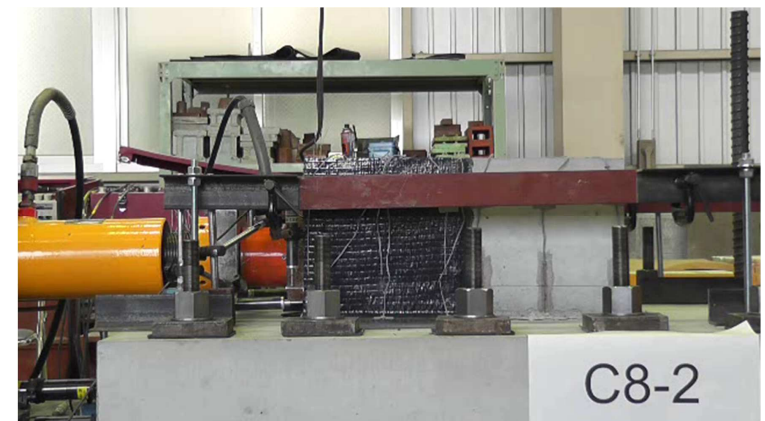
③せん断キーあり
(2) 載荷高さ100mm → ひび割れ後荷重増加 & 回転破壊



19

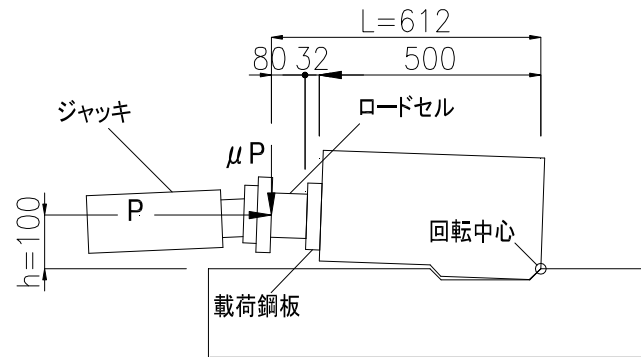
(4) 試験結果

③せん断キーあり
(2) 載荷高さ100mm → ひび割れ後荷重増加 & 回転破壊



20

(4) 試験結果

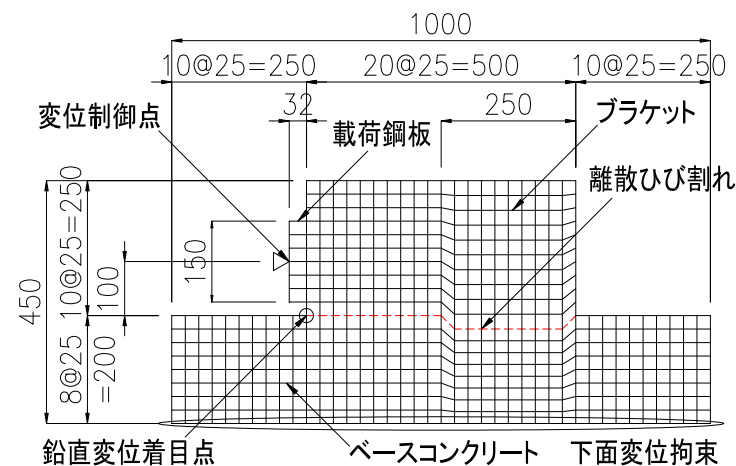


ジャッキとロードセルの間の摩擦係数が0.16~0.25の間の場合、载荷高さによりひび割れ後の挙動が異なる可能性がある

3. 非線形FEM解析

- ひび割れ後の挙動を検証
- 回転しない構造の検討

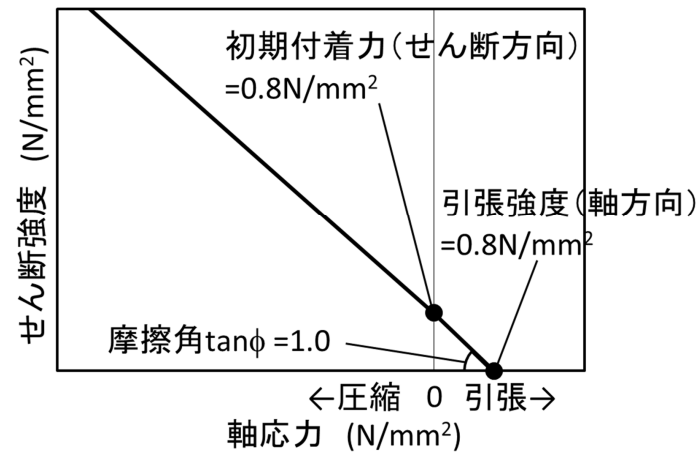
(1) 解析モデル



(1) 解析モデル

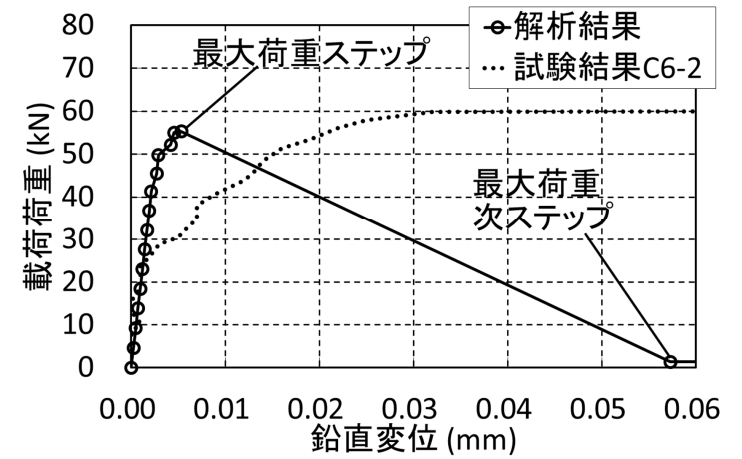
コンクリート	要素タイプ	4節点平面応力要素
	要素厚さ	300 mm (ブラケット) 1000 mm (ベースコンクリート)
	弾性係数	35.8 kN/mm ² (試験結果より)
	ポアソン比	0.167
载荷鋼板	要素タイプ	4節点平面応力要素
	要素厚さ	150 mm
	弾性係数	200 kN/mm ²
離散ひび割れ	ポアソン比	0.300
	要素タイプ	2節点インターフェイス線要素 (クーロン摩擦モデル)
	要素厚さ	300 mm
	仮想部材高 ⁵⁾	96.5 mm
	軸剛性	371 N/mm ³
	引張強度	0.8 N/mm ²
初期付着力	0.8 N/mm ²	
摩擦角	tanφ = 1.0 (摩擦係数)	

(1) 解析モデル



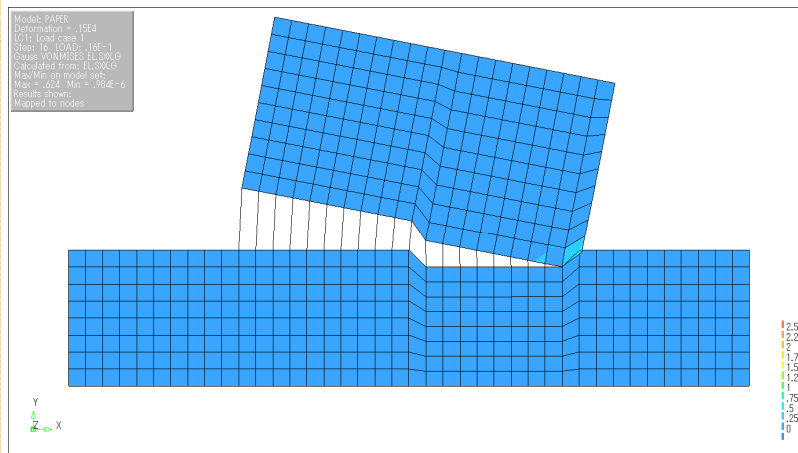
25

(2) 解析結果



26

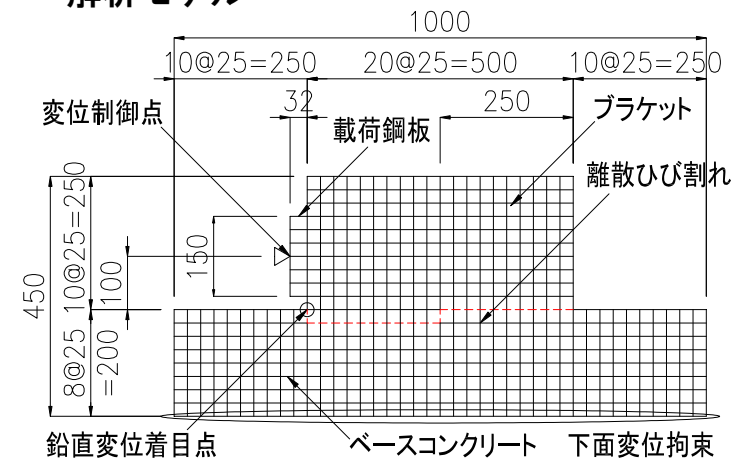
(2) 解析結果



27

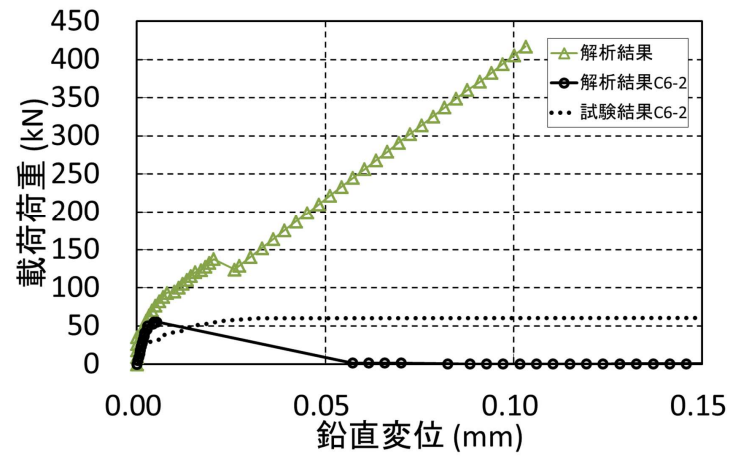
(3) 回転しない構造の検討

解析モデル



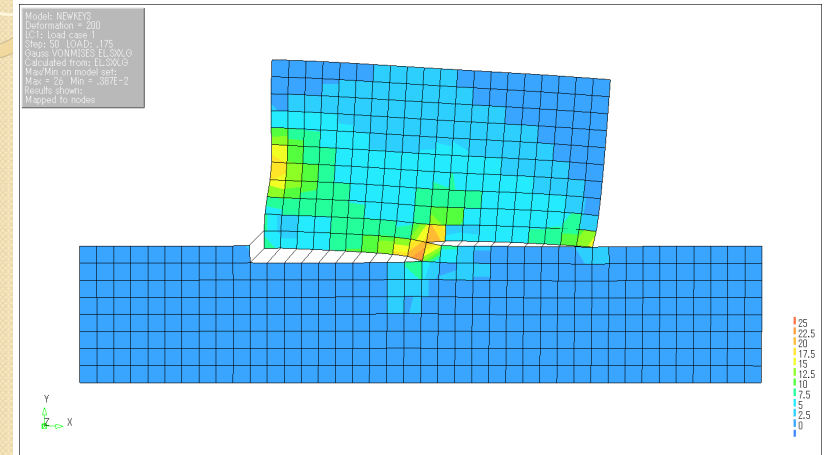
28

(3) 回転しない構造の検討 解析結果



29

(3) 回転しない構造の検討 解析結果



30

4. 今後の予定

- 接合面に接着剤, 間詰材を適用した場合の強度を確認するための要素実験
- 炭素繊維シート埋込み案の要素実験
- 回転しない構造の載荷実験 (載荷方法の検証含む)
- これらの解析的検討



軸方向引張鋼材を配置しないブラケット構造の提案



検証実験, 解析

31