

PC 桁挙動解析に及ぼす間詰めせん断力に関する基礎的研究

東海旅客鉄道株式会社 正会員 生田 周史

1. はじめに

近年 PC 桁の横締め鋼棒に関して、グラウト充填不良が原因とされる鋼材破断がしばしば発生している。横締め鋼棒は直接荷重を支える構造部材ではないため、1,2 本程度の破断で、直ちに橋梁全体の機能が著しく失われるとは考えにくい。しかし設計においては、横締め鋼棒による主桁間の一体性を前提として荷重分配などが計算されているため、破断により主桁間の一体性が失われることで、結果として橋梁全体の機能が低下する可能性も考えられる。第 64 回土木学会年次学術講演会の「PC 橋梁横締め鋼材の荷重分配機能に関する解析的検討」で報告した通り、横締め鋼材数本程度の除去では主桁の一体性が保持され、橋の機能性への影響は少ないが、除去数がさらに多くなった場合は、接合要素の構成則が解析結果の支配的な要因となることが確認された。そこで本論文では、解析モデルに適用する主桁と間詰めコンクリートの境界面の構成則を検討することを目的として、境界面に作用する直応力をパラメータとして境界面のせん断試験を実施した。

2. 実験概要

試験体は東海道新幹線構造物の PC 桁の設計仕様を参照して、コンクリートの配合を決定した。界面についても、実構造物における施工方法を模擬して、主桁を模擬したコンクリートを打設し、材齢 2 週後に間詰めコンクリートを模擬したコンクリートを打ち継いだ。なお、チッピング等の処理はせず、ドライアウト防止のための散水のみを行った。打ち継ぎ界面の状態を図 2-1 に示す。また、荷重試験の概要は図 2-2 に示すとおり、2 種類の配合を打ち継いだ形状として、一面せん断によりせん断力を与える形状とした。せん断面は、支圧板治具と PC 鋼棒の緊張により外部から拘束して圧縮応力を導入することで、横締め PC によるプレストレスを模擬することとした。



図 2-1 打ち継ぎ界面状態

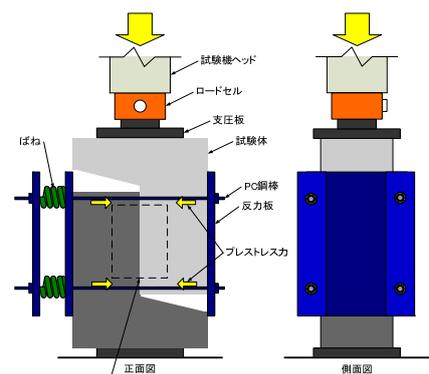
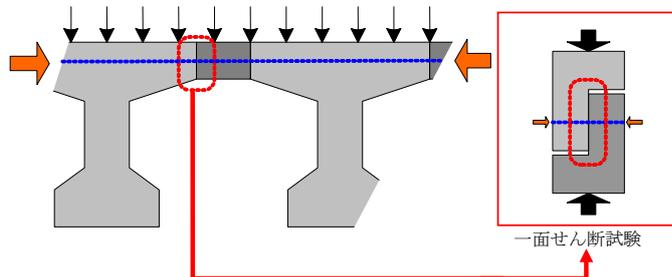


図 2-2 せん断試験方法の概要

荷重は、上記方法でせん断面に試験体外部より圧縮力を導入した上で、鉛直方向に荷重した。また、構成則を算定するため、横締め応力に該当する直応力を 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0N/mm² の 5 種類を設定した。荷重試験条件一覧を表 2-1 に示す。

表 2-1 試験条件一覧

荷重方法	試験体名	直応力 (N/mm ²)
静的荷重	s-1,2,3	0.0
	s-4	0.5
	s-5,6,7,8,9	1.0
	s-10	1.5
	s-11,12,13	2.0

3. せん断試験結果

静的せん断試験より得られたせん断応力とせん断方向変位（ズレ変位）の関係を直応力別に図 3-1 に示す。なお、せん断方向変位は、試験体表裏面取り付けクリップゲージの測定値の平均値を用いている。どの直応力においてもせん断強度（せん断応力の最大値）に達するまではほとんど変位は生じず、せん断強度に達した後に大きく変位を生じることが認められた。

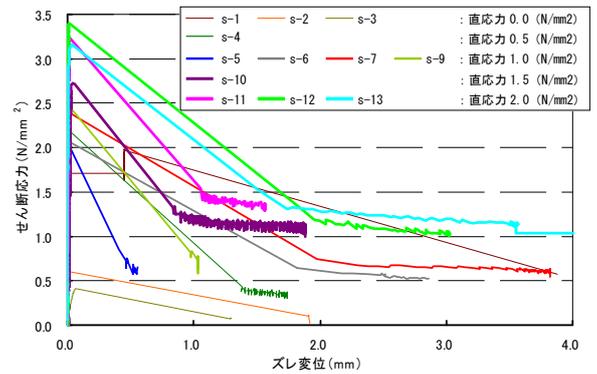


図 3-1 せん断応力-せん断方向変位関係

4. 桁-間詰め構成則（直応力-せん断強度関係）

各試験より得られた直応力-せん断強度関係及び直応力-残留強度関係を図 4-1, 図 4-2 にそれぞれ示す。なお、せん断強度はせん断応力の最大値とし、残留強度は打継面にずれが生じた後のせん断応力の最大値とする。また、図 4-1, 図 4-2 の関係式は、クーロンの破壊基準（式 (1)）を適用した。

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \tag{1}$$

ここで、 τ : せん断強度 (N/mm²), σ : 直応力 (N/mm²), ϕ : せん断抵抗角 (°)

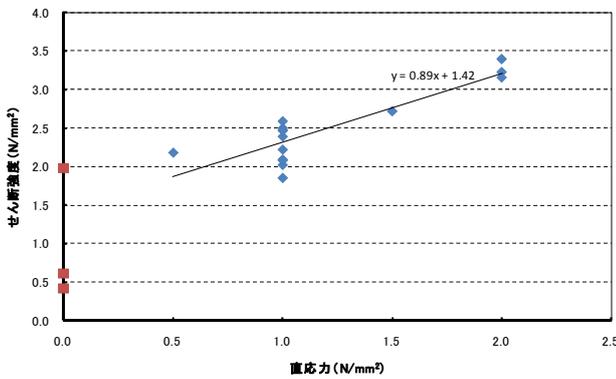


図 4-1 直応力-せん断強度関係

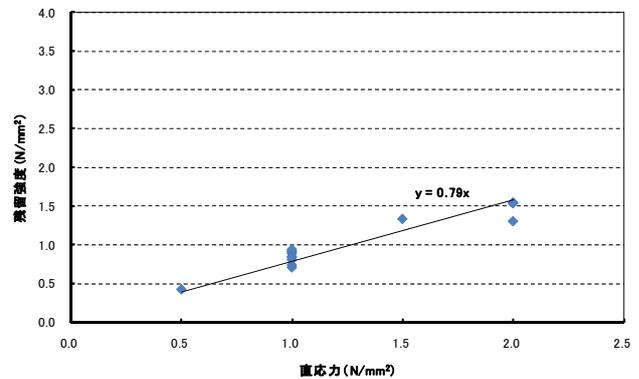


図 4-2 直応力-残留強度関係

5. 考察とまとめ

- せん断応力とせん断方向変形の関係は、直応力の有無に関わらずせん断強度後に軟化する挙動であった。
- せん断強度に達するまでの剛性は非常に高く、その後急激に低剛性となった。
- 直応力が作用している場合せん断強度が残留するが、残留強度に達する変位は、反力となっている荷重試験機や治具の剛性や試験体の弾性変形によって蓄積された弾性ひずみエネルギーの解放によって影響を受けるため、ばらつきがあり、せん断面の特性を正しく評価しているものではない。
- せん断応力は付着境界面の物理的なインターロック、化学的な接着強度、および直応力の影響を受けると考えられる。本実験では建設当時の施工を模擬してブラスト処理をせずに打ち継いだことから、せん断強度は化学的な接着強度と直応力の影響が大きいと考えられる。また、残留強度は直応力との関係が 0 を通る一次関数となることから、物理的なインターロックは小さく、直応力の影響が大きいと考えられる。
- 本実験により得られた直応力とせん断強度の関係により、横締め PC 鋼棒損傷の影響解析の精緻化が可能であると考えられる。

6. 今後の進め方

本実験より求められた直応力（横締めプレストレス）とせん断強度の関係を用いて、横締め PC 鋼棒損傷時の解析を再度実施し、PC 桁の横締めの破断本数が橋梁全体の機能性に与える影響の把握、および将来的な補強の必要性や補強方法について検討する。