

アンボンドプレキャスト PC 部材の耐力と 応力状態に関する研究

詳細
要約



小池正大
技術本部 技術部

概要

本研究は、逆対称曲げと一定せん断を受けるアンボンド PCaPC 部材の最大耐力、破壊モード、応力伝達のメカニズムを明らかにすることを目的とし、既往の広範な実験資料を背景にアンボンド PCaPC 部材の耐力と部材内の応力状態に関して考察、検討を行った。実験資料を用いた検討からアンボンド PCaPC 部材の最大荷重はせん断破壊を起こすものも含めて曲げ耐力によって評価できること、有限要素法による応力状態の検討では、曲げ危険断面には大きな値の材軸直交方向の圧縮応力 σ_y が発生し、破壊モードによらずに、曲げ危険断面では曲げ挙動を示していることを明らかにした。また、アンボンド部材の応力伝達のモデル化とこれに基づいた材軸直交方向の圧縮応力 σ_y を評価するための理論式を提案した。以上の検討を踏まえた上で、アンボンド部材の耐力式を提案し、この式が曲げ破壊部材だけでなく、せん断破壊部材にも適用できることを示すとともに、PC 基標準式に対する提案耐力式の優位性についても示した。本稿は、日本大学理工学部福井剛教授、並びに浜原正行元教授のご指導のもとに取りまとめた博士論文の概要を報告するものである。

研究成果

1. アンボンド PCaPC 部材の耐力に関する検討

1.1 実験資料を用いた曲げ耐力の検討

既存の実験資料を用いて、アンボンド PCaPC 部材の耐力と破壊モードに関する検討を行った。検討には、最大荷重の実験値 Q_{ue} と最大荷重時の PC 鋼材張力の計測値 T_{pe} が掲載されている 21 体のアンボンド PCaPC 試験体を用いた。曲げ耐力の計算には、圧縮コンクリートの応力に圧縮強度 σ_B とする長方形ストレスブロックを与え、PC 鋼材の張力に最大荷重時の計測値 T_{pe} を用いて求める。図-1 は、横軸にコンクリート圧縮強度 σ_B を、縦軸に最大荷重の実験値 Q_{ue} を上述した曲げ耐力の計算値 Q_{uc} で除したものを取り、前述の試験体結果をプロットしたものである。図-1 よりアンボンド PCaPC 部材に対する適合性は高く、最大荷重はせん断破壊を起こす試験体も含めて曲げ耐力によって評価できることが分かった。

1.2 非線形有限要素法解析による部材内の応力状態の検討

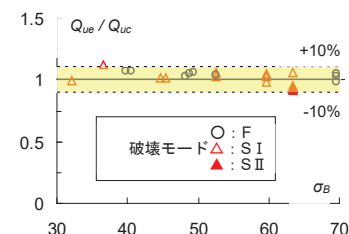
有限要素法を用いて、せん断破壊を起こす試験体の応力状態に対して検討を行った。その結果、曲げ危険断面には大きな値の材軸直交方向の圧縮応力 σ_y が発生していること（図-2）、 σ_2 の応力状態から破壊モードによらずに、最大荷重時に曲げ危険断面では曲げ挙動を示していること（図-3）を明らかにした。

2. 理論式による部材内の応力状態の定式化

周知のように、せん断応力は微小区間における曲げ圧縮力の変化分との材軸方向の釣合条件から求めることができる（図-4）。材軸直交方向の圧縮応力 σ_y についても、これと同様の考え方で、微小区間の左断面と右断面に作用するせん断力の変化分との材軸直交方向の釣合条件（図-5）から求めることが可能と考え、鉛直圧縮応力を求める理論式を提案した。 σ_y を考慮することで、引張主応力がゼロとなること、すなわちコンクリート圧縮域の応力が一軸圧縮応力状態になることを示した。

3. アンボンド PCaPC 部材の耐力式の提案

以上の結論を踏まえ、下界定理を用いたアンボンド PCaPC 部材の曲げ耐力式を提案した。図-6(a)は、縦軸に最大荷重の実験値を提案曲げ耐力式による計算値で除したものの Q_{ue}/Q_{um} を、横軸に有効プレストレス力/PC 鋼材の降伏荷重 P_e/T_{py} を取り、63 体の結果をプロットしたものである。 Q_{ue}/Q_{um} はすべて黄色の領域で、計算精度が高いことが分かる。図-6(b)は、現行の PC 性能評価型指針曲げ耐力式を用いて同様に検討したものである。図-6(b)より、 Q_{ue}/Q_{um1} は、有効プレストレス力が PC 鋼材降伏荷重の 25% を下回る試験体（図中、 $\odot$ ）で実験値を過小評価している。また、RC 試験体は計算値がマイナスとなるため評価できない。これに対して、提案曲げ耐力式は、RC から PC までの試験体の最大荷重を精度よく評価できている。



【註】破壊モード：F＝曲げ破壊、
S I＝せん断破壊で、せん断ひび割れが最大荷重とほぼ同時に発生
S II＝せん断破壊で、最大荷重経験前にせん断ひび割れが発生

図-1 Q_{ue}/Q_{uc} と σ_B の相関

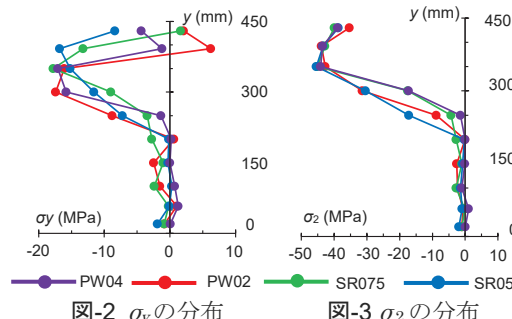


図-2 σ_y の分布

図-3 σ_2 の分布

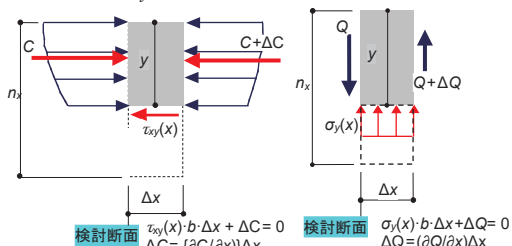
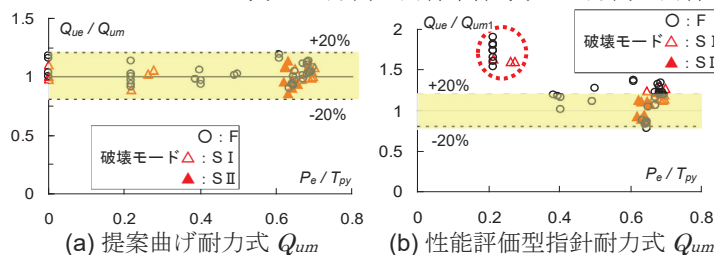


図-4 X 方向の釣合条件 図-5 Y 方向の釣合条件



(a) 提案曲げ耐力式 Q_{um} (b) 性能評価型指針耐力式 Q_{um1}
図-6 提案曲げ耐力式と PC 性能評価型指針曲げ耐力式の比較

Key Words : アンボンド PC 鋼材, PCaPC 部材, 曲げ耐力, 鉛直応力, せん断伝達機構