

IV 日本学術振興会 二国間交流事業

IV-1 高靱性複合材料(HPFRC)を用いた並列せん断壁の耐震性能

Seismic Performance of Coupled Shear Wall using High Performance Fiber Reinforced Cement Composites

(研究期間 平成 17~19 年度)

構造研究グループ

Dept. of Structural Engineering

福山 洋

Hiroshi Fukuyama

諏訪田晴彦

Haruhiko Suwada

向井智久

Tomohisa Mukai

The coupling beams should exhibit excellent ductility under high shear stress condition. In order to apply these members into structures, the evaluation method on the shear strength and deformation capacity in addition to rigidity and bending strength of the member is needed. Therefore, one of the most important issues is to clarify how HPFRCC's characteristics influence on shear strength and deformation capacity of structural members. Therefore, the main objective of this research is to develop the design methodology of precast HPFRCCs coupling beams used for coupling shear wall system by using the experimental and analytical findings.

【研究目的及び経過】

並列せん断壁の耐震性能は、壁と壁を連結する境界梁の構造性能に大きく依存する。この境界梁にひずみ硬化型引張特性を有する高靱性セメント系複合材料 (HPFRCC) を用いることにより、靱性に富む高い構造性能を実現できるものと考えられる。しかし実際に HPFRCC を境界梁に適用する際には、様々な評価法を確立する必要があり、その中でも特にせん断耐力に関する評価法の確立は重要な課題である。本研究は、こうした背景の下、HPFRCC を用いた境界梁のせん断耐力評価法を確立することを目的とした。

【研究内容】

HPFRCC の最大の特徴は、ひずみ硬化型の引張特性を示す点であるが、この特性は、使用される繊維の種類や混入率等によって変化し、特に硬化域から軟化域へと移行する点のひずみ (終局引張ひずみ: ϵ_{PSH}) の変動は構造性能に対して大きな影響を及ぼす。そこで、本研究では、この ϵ_{PSH} をパラメータとして非線形 FEM 解析を行い、その結果を用いてせん断耐力評価法を誘導する。

図 1 に解析パラメータを示す。

【研究結果】

解析結果の一例として、断面せい 200mm、断面幅 150mm、部材長 400mm、せん断補強筋比 0.28%のせん断破壊先行型試験体の解析結果を図 2 に示す。なお、図中の(a)は荷重 Q - 変形角 R 関係を、(b)はせん断耐力 Q_u - ϵ_{PSH} 関係を示している。これらの図より、 ϵ_{PSH} の増大によって Q_u が増大するが、破壊モードがせん断引張破壊 (ここでは、引張主ひずみが ϵ_{PSH} に達して破壊するモードと定義) からせん断圧縮破壊 (ここでは、圧縮主応

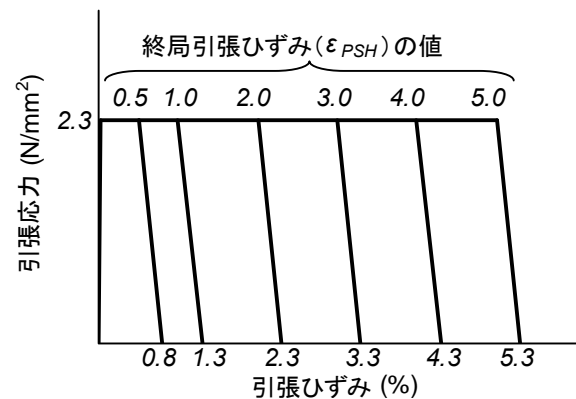


図 1 解析パラメータとした引張応力 - ひずみ関係

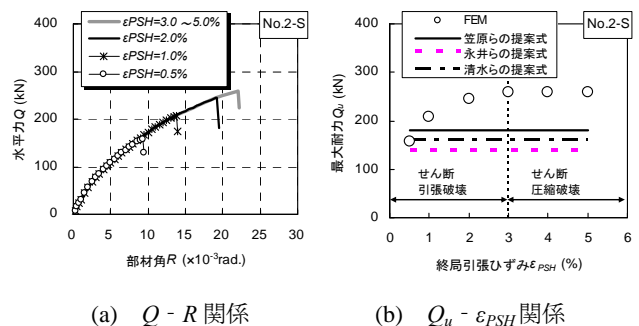


図 2 解析結果の一例

力が圧縮強度に達して破壊するモードと定義)に移行すると Q_u は頭打ちとなることがわかる。また、図 2 (b) 中には、永井ら¹⁾、笠原ら²⁾、清水ら³⁾が提案したせん断耐力式を示しているが、これらの提案式は、何れも鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説⁴⁾の中に示されている塑性理論の下界定理に基づく式を準用しているため、塑性条件としてせん断補強筋が降

伏しているとともに HPFRCC が PSH 領域にあることと、部材内に生ずる圧縮束応力が有効圧縮強度 $v\sigma_B$ に達していることを用いている。つまり、HPFRCC の ε_{PSH} は無限大と仮定され、せん断耐力を決定づける破壊モードとして圧縮束の圧壊という 1 つのモードのみを考えている。このため、図からもわかるように、 ε_{PSH} が小さくせん断引張破壊する領域では、やや危険側の評価を与える場合があり、厳密には適用できないものと考えられる。

こうした検討結果に基づき、HPFRCC 部材におけるせん断抵抗機構として、図 3 に示すトラス機構とアーチ機構を定義し、せん断耐力を決定づける破壊モードとして以下の 5 つの破壊モードを定義した。

モード 1 トラス機構においてせん断補強筋が降伏せず HPFRCC の引張主ひずみが ε_{PSH} に達する前に圧縮束が圧壊して破壊に至る。アーチ機構の負担分はない。

モード 2 アーチ機構において圧縮束が圧壊する前にトラス機構においてせん断補強筋が降伏し、HPFRCC の引張主ひずみが ε_{PSH} に達して破壊に至る。

モード 3 トラス機構においてせん断補強筋が降伏し、HPFRCC の引張主ひずみが ε_{PSH} に達する前にアーチ機構において圧縮束が圧壊して破壊に至る。

モード 4 トラス機構においてせん断補強筋が降伏し、HPFRCC の引張主ひずみが ε_{PSH} に達する前に圧縮束が圧壊して破壊に至る。アーチ機構の負担分はない。

モード 5 トラス機構においてせん断補強筋が降伏し、HPFRCC の引張主ひずみが ε_{PSH} に達した後に圧縮束が圧壊して破壊に至る。アーチ機構の負担分はない。

上記の 5 つの破壊モードの違いを表現するためには構成材料の応力-ひずみ関係を適切に考慮する必要がある。RC 部材を対象とした既往の研究の中で鈴木⁵⁾は、応力-ひずみ関係を考慮したトラス・アーチ機構に基づく終局強度モデルによって RC 柱梁部材のせん断耐力を算定する手法を提案しており、本研究ではこれを参考として HPFRCC に適用できるように拡張した。提案した評価法による計算値と FEM 解析結果を比較したものを図 4 に示す。図によれば提案した評価法による計算値は FEM 解析結果を安全側に評価しており、評価法として妥当であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 永井覚、高稲宜和、閑田徹志、丸田誠：高靱性繊維補強セメント複合材料を用いた梁部材の曲げせん断性状（その 2 実験結果の考察）、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、2001 年 7 月
- 2) 笠原美幸、松崎育弘、中野克彦：高靱性型セメント系複合材料を用いた梁、柱部材の構造性能に関する実験的研究、日

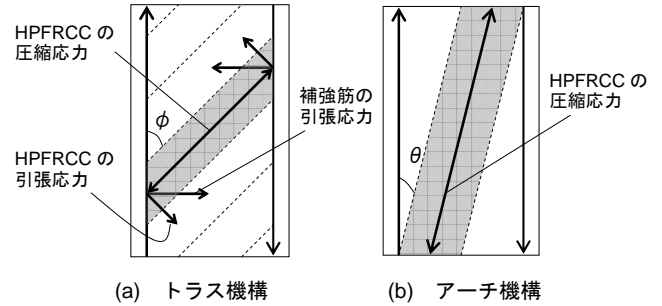


図 3 トラス機構とアーチ機構の定義

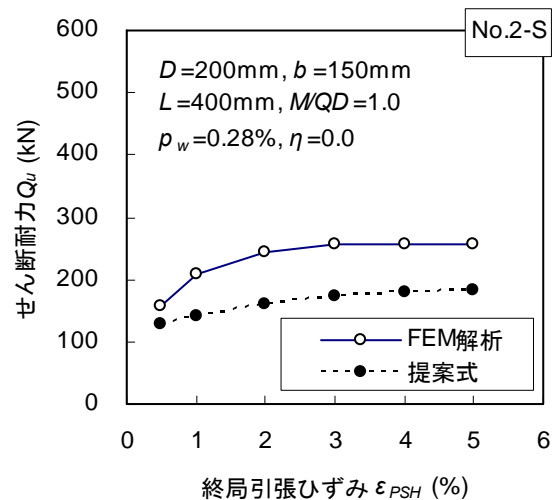


図 4 提案式と FEM 解析結果の比較の一例

本建築学会構造系論文集、第 553 号、2002 年 3 月

- 3) 清水克将、金久保利之、閑田徹志、永井覚：PVA - ECC 梁部材のせん断終局耐力評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No.2、2004 年 7 月
- 4) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説
- 5) 鈴木紀雄：鉄筋コンクリート柱梁部材のせん断特性算定式、コンクリート工学年次論文集、Vol.20、No.3、1998 年
- 6) 諏訪田晴彦、福山 洋：高靱性セメント系複合材料の擬ひずみ硬化性引張挙動に及ぼす影響因子に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第 605 号、2006 年 7 月
- 7) 諏訪田晴彦、福山 洋：高靱性セメント系複合材料を用いたダンパー部材のせん断耐力と変形能に影響を及ぼす要因に関する実験および解析的検討 - 高靱性セメント系複合材料を用いたダンパー部材のせん断耐力と変形能に関する研究（その 1）、日本建築学会構造系論文集、第 612 号、2007 年 2 月
- 8) 諏訪田晴彦、福山 洋：高靱性セメント系複合材料を用いたダンパー部材のせん断耐力に及ぼす影響に関する FEM 解析、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、構造 IV、2007 年 9 月