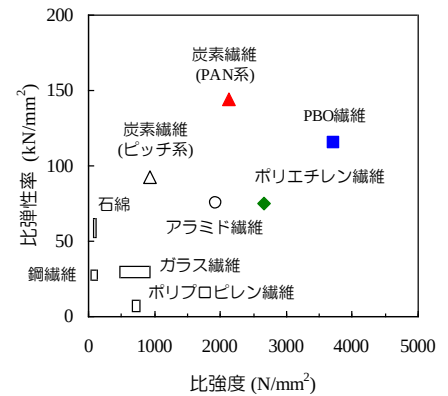


「短繊維補強コンクリート」

■ 繊維種類



各種繊維



比強度と比弾性率

■ 調合設計

→汎用型

- ＊ ポリエチレン繊維（集束タイプ）、砕石 6 号、高炉スラグ微粉末、高性能 AE 減水剤
- ＊ 繊維体積率、水結合材比、単位結合材量、細骨材率
- ＊ PEFRC（コンクリートマトリックス）



PP カバーリング集束



強制二軸攪拌型ミキサーによる混練

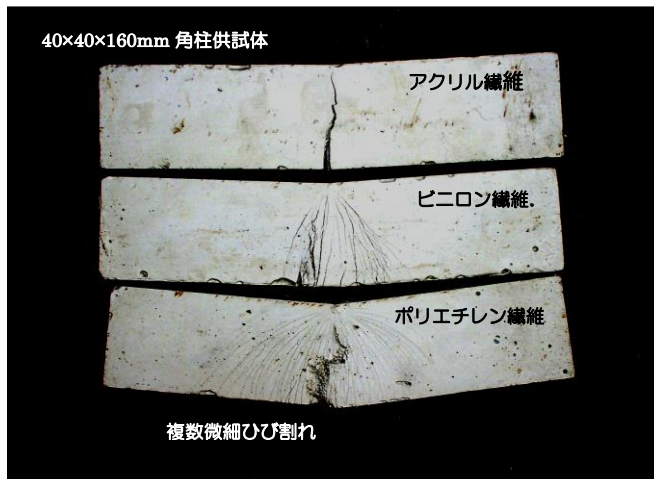


スランブ試験

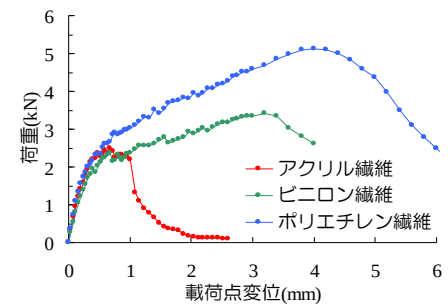
山口 信, 村上 聖, 武田浩二, 三井宜之: 高分子量ポリエチレン繊維を用いた繊維補強コンクリートの靱性確保を目的とした調合とその基礎物性に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.73, No.634, pp.2091-2100, 2008 年

→複数微細ひび割れ発生型

- ＊ 繊維強度大 ⇒ ポリエチレン繊維＞ビニロン繊維＞アクリル繊維
- ＊ 繊維界面付着強度大 ⇒ スラグ石こう系セメント（遷移帯 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成少）
- ＊ マトリックス強度小 ⇒ スラグ石こう系セメント



複数微細ひび割れ発生状況

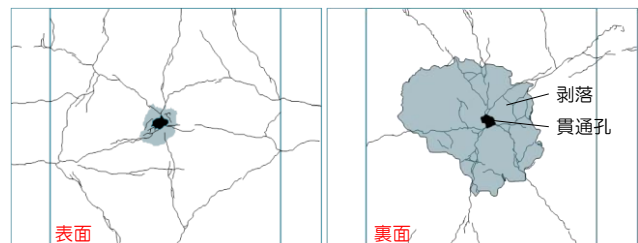


曲げ試験における荷重－載荷点変位曲線

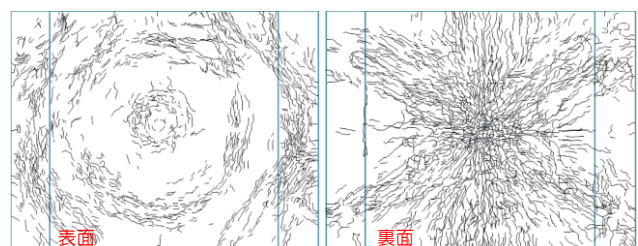
村上 聖, 佐々貴敬, 三井宜之: 生コンスラッジ硬化体の建築用ボードへの有効利用, セメント・コンクリート論文集, No.57, pp.607-612, 2003 年



重錘自由落下衝撃試験



比較用 RC 版（重錘落下 30 回）



PEFRM 版（重錘落下 300 回）

試験体破壊状況

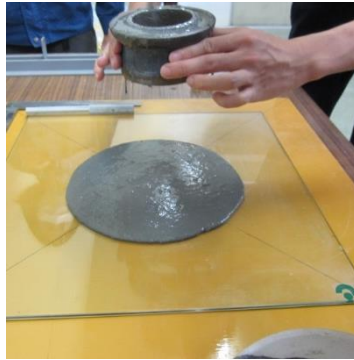
山口 信, 村上 聖, 武田浩二, 下田誠也: 高靱性エコバインダー（HTEB）硬化体の曲げ・引張強度に及ぼす部材の寸法効果および HTEB パネルの繰返し落錘衝撃に対する耐衝撃性, セメント・コンクリート論文集, Vol.67, pp.595-602, 2013 年

→超高強度型

- ＊ UHPFRC ⇒ 普通ポルトランドセメント、シリカフューム、高炉スラグ微粉末、二水石こう、珪砂 5 号、高性能減水剤、消泡剤
常温硬化型（圧縮強度 $\geq 150\text{N/mm}^2$ 、一軸引張強度 $\geq 5\text{N/mm}^2$ ）



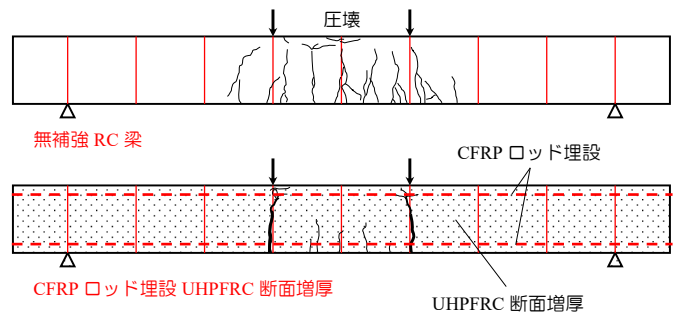
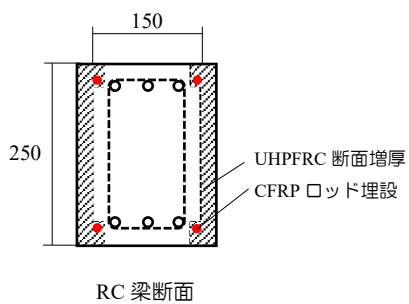
オムニミキサーによる混練



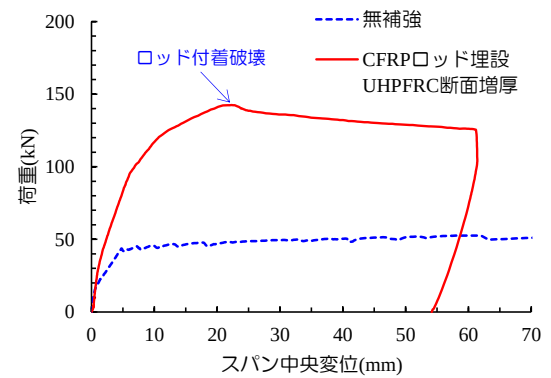
0 打フロー試験



UHPFRC 断面増厚（流込み成型）



曲げ載荷試験



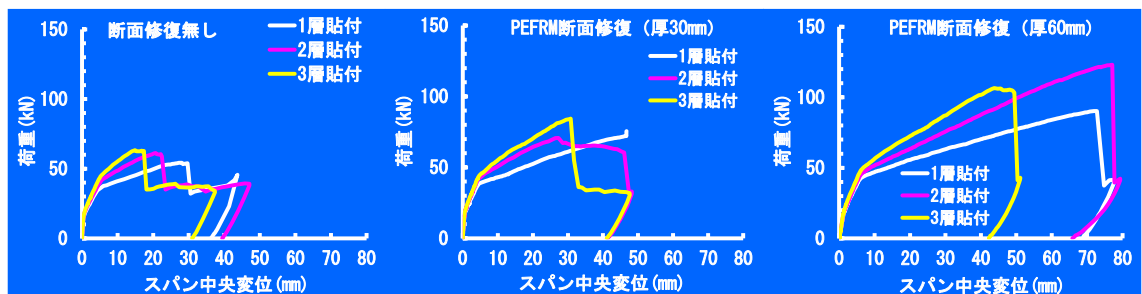
養田将優、李 昊天、佐藤あゆみ、村上 聖：CFRP ロッド埋設 UHPFRC 断面増厚による RC 梁の曲げおよびせん断補強効果に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集、Vol.74、pp.287-293、2020 年

→高靱性補修材

- ＊ PEFRM
- ＊ PCM+高炉スラグ微粉末、二水石こう+PEF



PEFRM 断面修復併用 PEFRP シート接着補強工法



PEFRM 断面修復による PEFRP シートの曲げ補強効果

角野嘉則, 村上 聖, 下田誠也, 武田浩二: 高靱性繊維補強モルタルで断面積層補強を施した鉄筋コンクリート梁に対する連続繊維シートの曲げ補強効果の改善に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.74, No.637, pp.433-440, 2009 年



高靱性 PCM による断面修復



CFRP シート接着補強 (上向き施工)



山口 信, 村上 聖, 武田浩二, 角野嘉則, 下田誠也, 久部修弘: 高靱性ポリマーセメントモルタルと連続繊維補強材との併用による鉄筋コンクリート梁の曲げ補強工法に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.77, No.671, pp.121-130, 2012 年

■ 各種力学的特性

→圧縮特性

- ＊ 圧縮応力－ひずみ関係、圧縮強度、ヤング係数、圧縮強度時ひずみ
- ＊ Popovics 式

→引張特性

- ＊ 一軸引張強度、割裂引張強度
- ＊ 引張応力－ひずみ関係 → 多直線近似（逆推定手法、一軸引張強度試験）
- ＊ 寸法効果則

→曲げ特性

- ＊ 荷重－変位曲線、曲げ強度、曲げタフネス
- ＊ 寸法効果（高応力体積）

→破壊靱性

- ＊ 荷重－CMOD 関係
- ＊ 引張軟化曲線（結合応力－COD 関係） → 多直線近似（逆推定手法）
- ＊ J 積分値、寸法効果則

→曲げ疲労特性

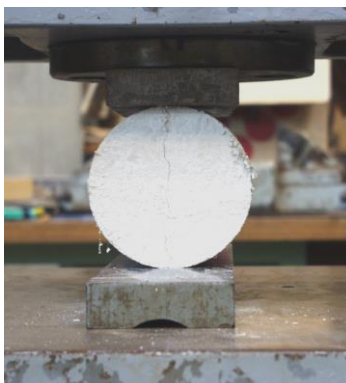
- ＊ S－N 曲線

→耐衝撃性

- ＊ 重錘自由落下試験
- ＊ 接触爆発試験、飛翔体衝突試験



圧縮強度試験



割裂引張強度試験



二等分点曲げ強度試験



一軸引張強度試験用供試体作製



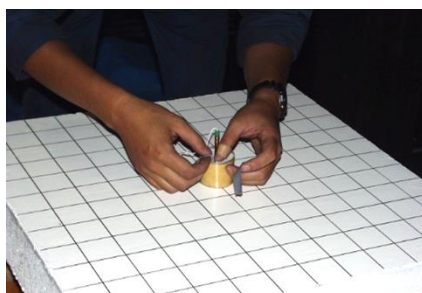
一軸引張強度試験



熊本大学衝撃実験室



爆発裏面（スポール）



爆薬セット

■ 耐久性

- 硬化・乾燥収縮
- 耐候性
- 乾湿繰返し抵抗性、耐アルカリ性
- 中性化、電食（ピッチ系 CF）
- 耐硫酸性、耐硫酸塩（膨張）
- 耐熱・耐火性



石綿代替繊維強化セメント板の人工気候室による耐候性試験

Kiyoshi Murakami, Koichi Kishitani and Takayuki Hirai, "Experimental Study on Durability of Reduced-Asbestos and Non-Asbestos Products with Vinylon Fibers," JCA Proceedings of Cement & Concrete, No.47, pp.660-665, 1993.



繊維補強コンクリートの乾湿繰返し試験

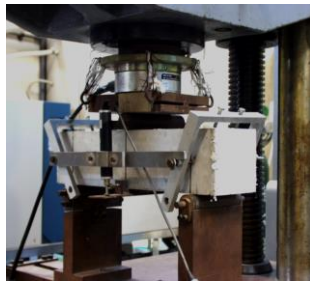
平居孝之, 村上 聖, 大谷俊浩: 乾湿繰返しによる短繊維補強コンクリートの耐久性試験に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.56, pp.641-648, 2002 年

■ 用途

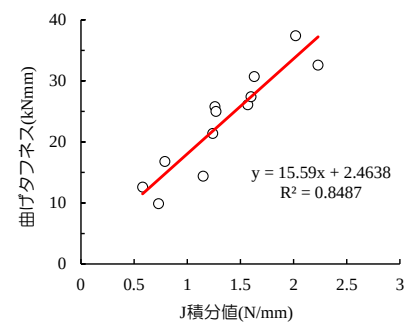
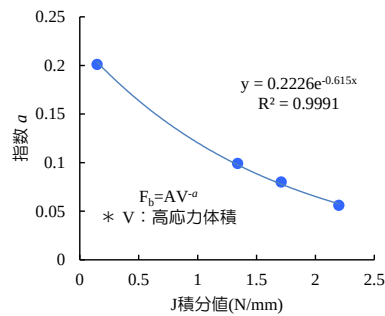
→RC 部材

＊ 平面保持を仮定した断面解析

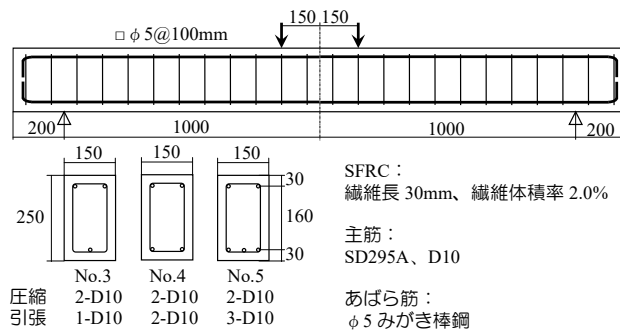
- ① SFRC 基準梁の荷重－変位曲線測定 ⇒ 引張応力－ひずみ関係逆推定
- ② 引張応力－ひずみ関係の寸法効果 ⇒ 寸法効果係数（高応力体積）により相似縮小
- ③ 繊維補強 RC 梁の断面解析 ⇒ 実験結果との照合



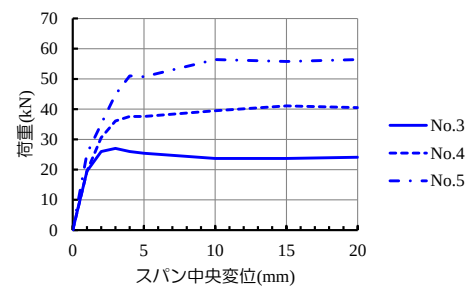
SFRC 基準梁の曲げ試験



高応力体積による曲げ強度の寸法効果係数



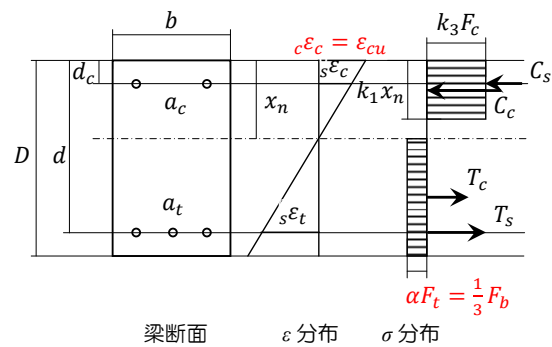
鋼繊維補強 RC 梁の形状寸法、配筋



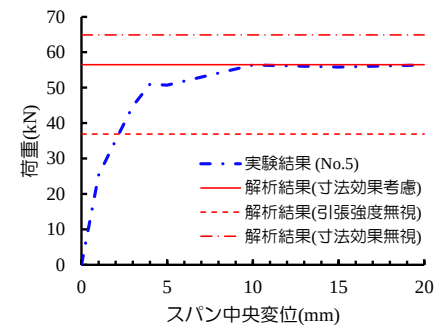
荷重－スパン中央変位曲線

浦野登志雄，村上 聖，三井宜之，志垣隆浩：鋼繊維補強コンクリートの引張軟化則とその寸法効果の曲げ解析への適用に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.463，pp.1-8，1994 年

＊ 曲げ終局強度算定：等価ストレスブロック法



等価ストレスブロック法による曲げ終局強度算定



鋼繊維補強 RC 梁の実験および解析結果

村上 聖, 武田浩二, 佐藤あゆみ, 浦野登志雄: 鋼繊維補強 RC 梁の終局曲げ強度算定, セメント・コンクリート論文集, Vol.73, pp.318-324, 2019 年

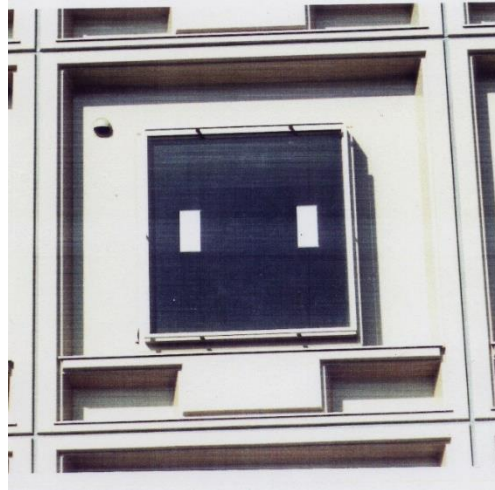
＊ せん断終局強度算定：荒川式、トラス・アーチ機構塑性解析

→石綿代替製品

- ＊ 耐候性試験

→プレキャスト複合部材

- ＊ カーテンウォール、合成パネル



CFRM カーテンウォール



CFRM 合成パネル

三井宜之, 村上 聖, 鹿毛忠継, 坂井廣道, 高橋啓介, 中村守康, 太田黒博文: 炭素繊維補強コンクリートを用いた大型カーテンウォールの曲げ特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.36B, pp.233-244, 1990 年

坂井廣道, 三井宜之, 村上 聖, 江良弘樹, 中村守康: 炭素繊維補強コンクリートと H 形鋼の合成パネルの負曲げ特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.39B, pp.343-354, 1993 年

→打込み型枠 (埋設型枠)



GRC 打込み型枠による RC 梁の曲げ載荷試験



剥離診断機による打込み型枠の剥離状況調査

村上 聖, 平居孝之, 岸谷孝一, 前田孝一, 武田浩二, 三井宜之, 市村 信: GRC 打込み型枠による鉄筋コンクリートはりの構造特性に関する実験的研究—その 1 変形および耐荷性状—, 日本建築学会構造系論文集, 第 487 号, pp.21-28, 1996 年

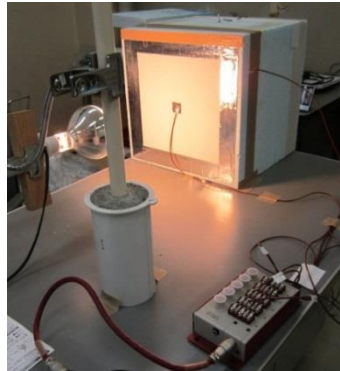
村上 聖, 平居孝之, 岸谷孝一, 前田孝一, 三井宜之, 武田浩二: GRC 打込み型枠による鉄筋コンクリートはりの構造特性に関する実験的研究—その 2 負荷の下での GRC 打込み型枠の付着剥離性状—, 日本建築学会構造系論文集, 第 494 号, pp.29-36, 1997 年

→建築用ボード・パネル

- ＊ 建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験方法（JIS）
- ＊ 断熱性能、保水性能、釘打ち性能
- ＊ 重錘自由落下衝撃試験（パネル）



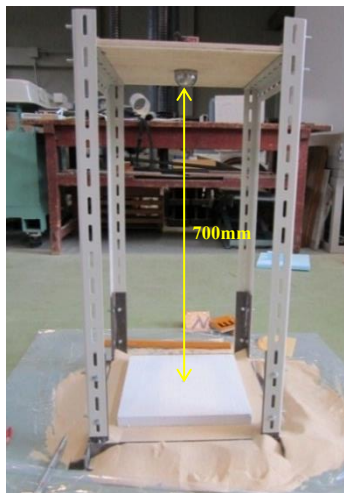
曲げ試験



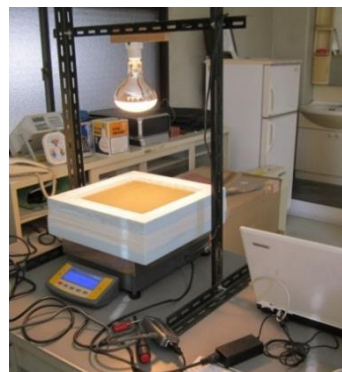
赤外線ランプ照射断熱性能試験



アタッチメントを介した釘打ち



鋼球繰返し落下衝撃試験



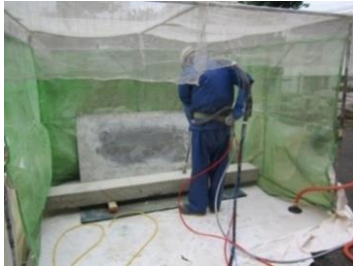
赤外線ランプ照射保水性能試験



建研式表面接着強度試験
による釘引抜き試験

→断面修復・増厚材

- ＊ PEFRM
- ＊ 高靱性 PCM
- ＊ UHPFRC



ウォータージェットによる研り



せん断補強筋切断



引張鉄筋上に CFRP ロッド配筋



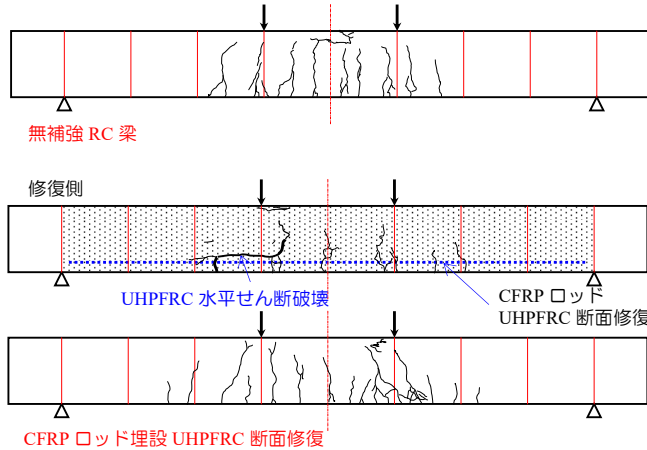
型枠セット



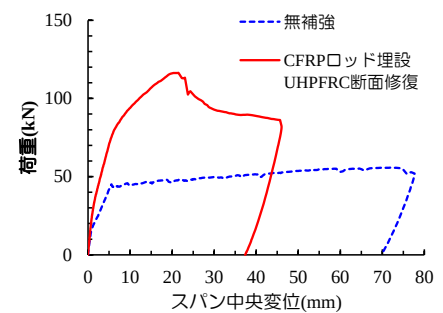
UHPFRC 断面修復



RC 梁の曲げ載荷試験



ひび割れおよび終局破壊性状

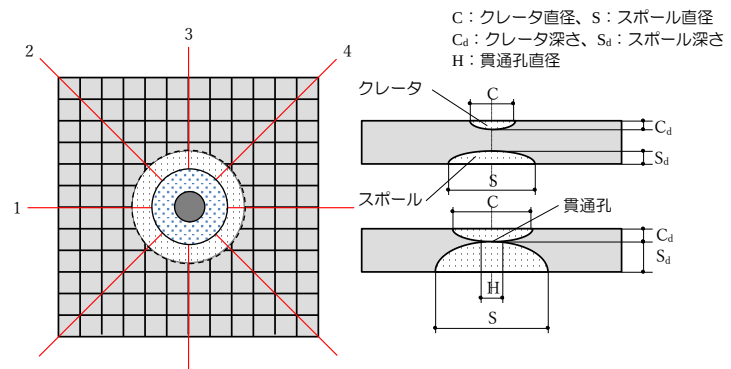


荷重—スパン中央変位曲線

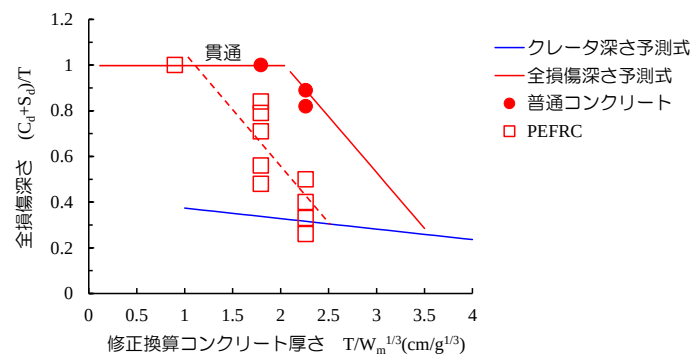
李 昊天, 佐藤あゆみ, 村上 聖, 山内征一郎: CFRP ロッド埋設断面修復を施した RC 梁の曲げおよびせん断補強効果, セメント・コンクリート論文集, Vol.75, pp.317-323, 2021 年

→耐爆部材

- ＊ 接触爆発試験
- ＊ 損傷評価：修正換算コンクリート厚さ、曲げタフネス
- ＊ 単版、中空２層構成版、中空ブロック組積版



損傷評価方法

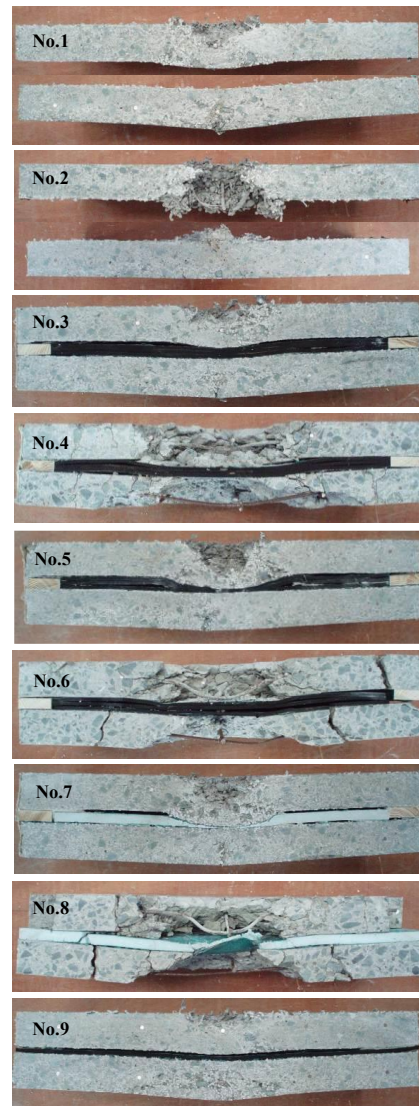


$$\text{PEFRC に関する全損傷深さ予測式: } \frac{C_d + S_d}{T} = 1.946 - 0.5075 \frac{T}{W_m^{1/3}} - 0.01068 T_b$$

T: 版厚(cm)、W_m: 使用爆薬の TNT 換算量(g)、T_b: 曲げタフネス(kNmm)

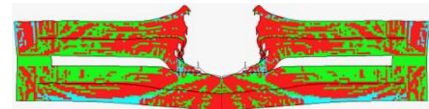
損傷評価結果

山口 信, 村上 聖, 武田浩二, 三井宜之: ポリエチレン繊維補強コンクリートの接触爆発に対する耐爆性能, 日本建築学会構造系論文集, No.619, pp.187-194, 2007 年



接触爆発による破壊性状

- No.1 : 中空層 5mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造
- No.2 : 中空層 30mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造
- No.3 : 緩衝材①15mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造
- No.4 : 緩衝材①15mm ・ 普通コンクリート 50mm 厚 2 層構造
- No.5 : 緩衝材②15mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造
- No.6 : 緩衝材②15mm ・ 普通コンクリート 50mm 厚 2 層構造
- No.7 : 緩衝材③15mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造
- No.8 : 緩衝材③15mm ・ 普通コンクリート 50mm 厚 2 層構造
- No.9 : 緩衝材①5mm ・ PEFRC50mm 厚 2 層構造

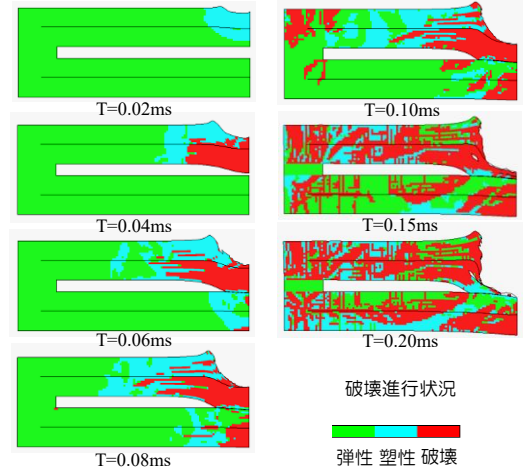


解析による最終破壊状況 (T=0.5ms)

普通コン



PEFRC



普通コンクリートの数値解析結果

山口 信, 村上 聖, 三井宜之, 平居孝之 : プレキャスト薄板要素の積層による 2 層構造版の耐爆性能ーポリエチレン繊維補強コンクリートの接触爆発に対する耐爆性能ー, 日本建築学会構造系論文集, Vol.75, No.654, pp.1577-1586, 2010 年