あと施工型せん断補強工法の極厚部材への適用性に関する解析的評価

(株)ニュージェック 正会員 ○松本敏克 正会員 深津宗佑
(株)コムスエンジニアリング 正会員 福浦尚之
大成建設(株) 正会員 池尻一仁 正会員 河村圭亮
関西電力(株) 正会員 大野顕大 非会員 松本優平

１．はじめに

近年，鉄筋コンクリート製地中構造物の有力な耐震補強工法として，あと施工型せん断補強工法が採用されることが多い．その有効性については構造実験等により検証されている．ところが，これら検証用の実験においては，部材厚が 1m 未満の中小規模な鉄筋コンクリート部材が用いられることがほとんどであり，大きな部材厚を有する大規模構造物に対しては，せん断補強鉄筋の付着特性に基づき経験的にその適用が判断されていることも多いと思われる．このような背景から，本報では，あと施工型せん断補強工法の極厚部材への適用を意図して，その適用性について数値解析的に検討するものである．

２．対象とするあと施工型せん断補強工法および検証実験の概要[(1)]

あと施工型せん断補強工法については，鉄筋の加工方法や現地での施工方法等に関して多くの種類が存在する．ここでは，埋込側の先端部分に円形プレート状の突起，手前側の端部に矩形プレート状の突起を有するあと施工プレート定着型せん断補強鉄筋（以下，PHB と称す）を対象とする．PHB の形状を図-1 に，施工状況を図-2 に示す．過去に実施された検証実験は RC 梁試験体の正負交番繰返し静的加力実験である．等曲げ区間を有する 2 点載荷が行われている．実験装置を図-3 に示す．検証実験では，PHB の有無，PHB の配置や埋込み方法等の影響が確認されている．実験ケースを表-1 に，試験体の例を図-4 に示す．

３．検証実験のシミュレーション

解析の対象とする実験ケースは CASE5 とする．シミュレーション解析は分布ひび割れモデルを適用した材料非線形解析を用いる．鉄筋コンクリートの材料構成則は岡村・前川らのモデルとする[(2)]．図-5 に解析モデルを示す． PHB の埋込側の先端部分は円形プレート状の突起を有するものの，さき施工型のせん断補強工法（以下，在来工法と称す）のような定着機構を確保することは困難と考えられる．この部分では定着が十分ではないことから，この部分におけるせん断補強筋量を 0 と見なすことで，便宜的に鉄筋の定着が十分ではない状況を表現することとした[(3)]．この鉄筋無効区間の区間長は鉄筋径に応じて定めることとするが，今回は概ね 5.5D（D は鉄筋径）としている．PHB 先端部分の要素分割と材料選定（RC 要素 or 無筋要素）により解析結果に差が生じるが，主筋が配置される RC 要素のせん断補強筋量を 0 とする場合が PHB の実験結果との対応が良いことが確認された（図-6 参照）．図-7 に荷重-変位曲線を示す．変形量は多少小さめではあるが，最大荷重については再現性が良い結果となった．耐力評価については有意な議論が可能と思われる．

４．極厚部材の補強効果の解析的評価

在来工法と PHB を用いたせん断補強方法（以下，PHB 工法と称す）とでせん断耐力比に基づく考察を行った．図-8 に各工法での解析結果を示す．検証実験の寸法（部材厚 h＝0.5m）の場合は，材料非線形解析により得られたせん断耐力について，在来工法と PHB 工法での耐力比は 0.8 程度であった．なお，青線は在来工法を想定して二羽式に基づく棒部材式により算出された耐力値である．極厚部材の想定は以下の通りである．既設大規模構造物の部材厚 h を考慮し h＝2.0m とした．構造および配筋諸元は検証実験での試験体を基準として，鉄筋比が同一の相似形状とした．使用材料についても検証実験と同一としている．在来工法による部材のせん断耐力を棒部材式で推定すると，材料非線形解析結果は概ね対応する結果となった．また，PHB 工法による部材のせん断耐力は，在来工法による部材のせん断耐力に比べて 0.9 倍以上であり，部位寸法が大きい場合にせん断補強効果が高くなる結果となっている（表-2 参照）．

５．おわりに

極厚部材を対象としたあと施工型せん断補強工法のせん断補強効果を解析的に確認した．補強部材のせん断耐力は，在来工法のそれに比べて 0.8～0.9 倍程度となっており，あと施工型せん断補強工法の有効性が確認され，部材厚が大きくなると補強効果も高く，極厚部材に対する適用性を示す結果となった．

キーワード：鉄筋コンクリート，せん断破壊，あと施工型せん断補強工法，せん断耐力，材料非線形解析
連絡先：〒531-0074 大阪市北区本庄東 2 丁目 3-20 Tel:06-6374-4021（代） Fax:06-6374-5108

図-1　PHB の形状

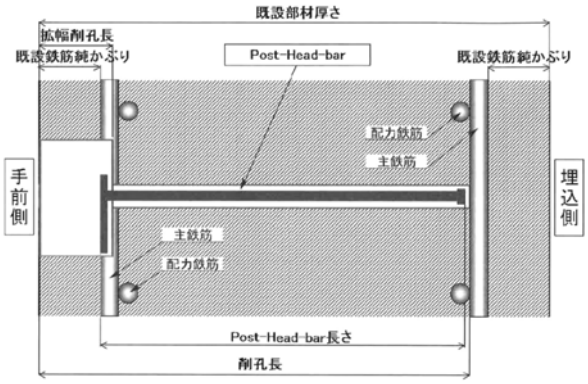


図-2　PHB の施工状況

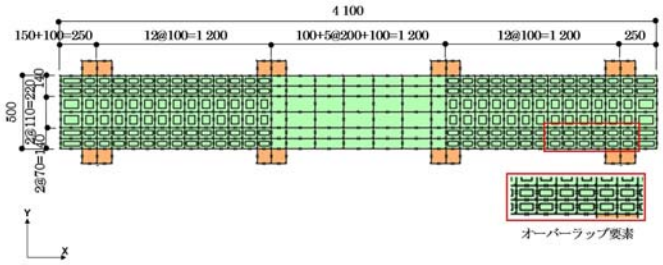


図-5　解析モデル

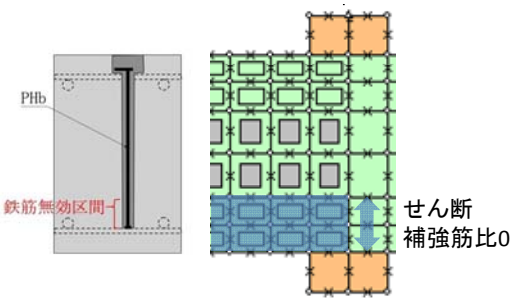
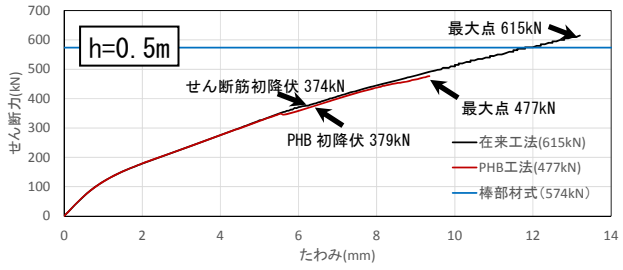


図-6　PHB のモデル化のイメージ



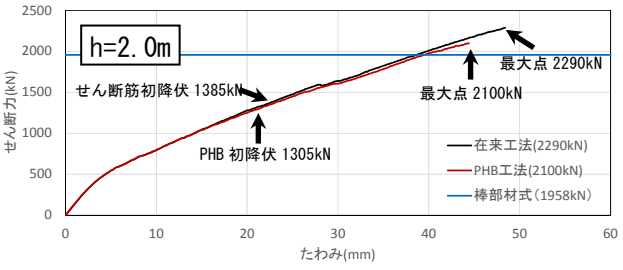


図-8　在来工法と PHB 工法の比較

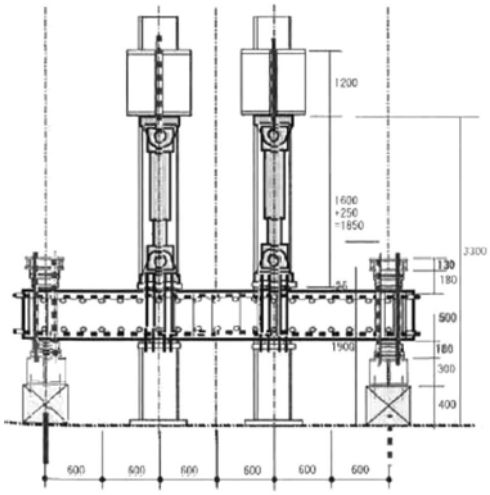


図-3　検証実験の実験装置

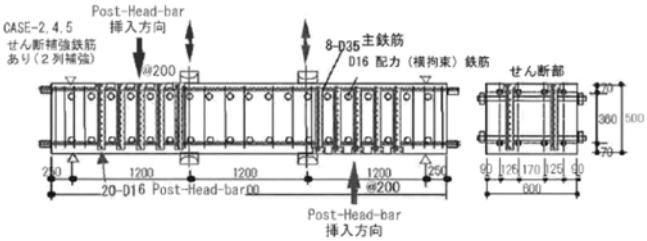


図-4　検証実験の試験体(CASE5 の例)

表-1　検証実験の実験ケース

試験体	Post-Head-bar 補強量	相当ピッチ	埋込側の先端位置	主鉄筋種類	圧縮強度 (N/mm²)	せん断耐力(kN)
CASE1	なし	―	―	SD345	37	261
CASE2	2 列	D16@300×@200	主鉄筋位置	SD345	37	450
CASE3	3 列	D16@200×@200	主鉄筋位置	SD345	37	513※
CASE4	2 列	D16@300×@200	主鉄筋位置	SD490	32	480
CASE5	2 列	D16@300×@200	主鉄筋手前	SD490	32	486
CASE6	3 列	D16@200×@200	主鉄筋手前	SD490	32	610※

※ 曲げ降伏後に破壊している

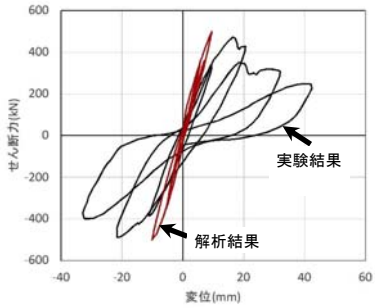


図-7　シミュレーション解析結果

表-2　解析結果のまとめ

部材厚 (m)	棒部材式によるせん断耐力 (kN)	材料非線形解析結果		
		在来工法によるせん断耐力 (kN)	PHb 工法によるせん断耐力 (kN)	在来工法と PHb 工法との耐力比
h=0.5	574	615	477	0.78
h=2.0	1958	2290	2100	0.92

〔参考文献〕

(1) 土木研究センター：後施工プレート定着型せん断補強鉄筋「Post-Head-bar」建設技術審査証明報告書（建技審証　第 0522 号），2011.8 内容変更
(2) 岡村　甫，前川宏一：鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則，技報堂，1991.8
(3) 前川宏一他：せん断補強筋の定着不良がＲＣはりのせん断耐力に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集 Vol.26，No.2，2004，p.973-978