

混和材を高含有した環境配慮型コンクリートの構造特性

(株)大林組 正会員 ○佐々木 一成 フェロー 野村 敏雄
正会員 阿部 諭史 小林 利充

1. はじめに

近年、環境負荷低減の取組みとして、建設分野においても建設時の温室効果ガス排出を抑制する技術の開発が進められている。コンクリート分野においてセメント製造時に多くの CO_2 が排出されていることから、 CO_2 排出量を抑えた環境配慮型コンクリートの開発が進められている¹⁾。本稿では環境配慮型コンクリートの構造性能を把握するため梁部材を作製して実験を行い、普通コンクリートとの比較によりその特性を確認した。

2. 環境配慮型コンクリートの概要

環境配慮型コンクリートは、製造時の CO_2 排出量がポルトランドセメントより少ない混和材に高置換して結合材とすることにより、コンクリート製造時に排出される CO_2 を低減した材料である。本稿で使用した環境配慮型コンクリートは結合材に高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよびシリカフェームを用いることにより普通コンクリートに比べて製造時の CO_2 排出量を約 80%削減している。

3. 実験条件

環境配慮型コンクリートと普通コンクリートでそれぞれ同じ形状・配筋の梁を作製した。使用したコンクリートの材料特性は表-1 に示すとおりである。環境配慮型コンクリートは呼び強度 30N/mm^2 の普通コンクリートと同等の圧縮強度を発現することを目標に配合した。粗骨材の最大寸法はいずれも 20mm である。環境配慮型コンクリートと普通コンクリートの両試験体は同一条件下で封緘養生した。

試験体諸元を表-2 に、各試験体の形状、配筋を図-1～3 に示す。せん断破壊先行型の梁は、せん断スパン比、せん断補強鉄筋比が異なる 2 種類とした。Type S3 はせん断スパン比 $a/d=3.0$ 、せん断補強鉄筋量 $p_w=0.2\%$ として、トラス機構によりせん断力に抵抗するモデルとし、Type S2 は $a/d=2.0$ 、 $p_w=0.1\%$ として、アーチ機構により抵抗するモデルとした。また、曲げ破壊先行型の梁 (Type B) は、引張鉄筋比を 0.2% とした。梁の支持は両端ピンローラーとし、荷重は 2 点集中単調とした。

表-1 使用コンクリートの材料特性

	普通コンクリート(N)	環境配慮型コンクリート(L)
圧縮強度 f_c (N/mm^2)	38.7	46.0
引張強度 f_t (N/mm^2)	2.81	3.53
ヤング係数 E_c (kN/mm^2)	29.8	29.3

※ 梁試験体と同一条件により封緘養生したテストピースの、梁載荷日(材齢46日)における試験結果

表-2 試験体諸元

	せん断破壊型		曲げ破壊型
	Type S3	Type S2	Type B
幅 b (mm)	400		
有効高 d (mm)	350		
せん断スパン a (mm)	1050	700	1050
せん断スパン比 a/d	3.0	2.0	3.0
引張鉄筋 A_{s1} (mm)	3-D22(SBPD1080/1230)		4-D10(SD345)
圧縮鉄筋 A_{s2} (mm)	3-D10(SD345)		2-D10(SD345)
引張鉄筋比 p_v (%)	0.8		0.2
せん断補強鉄筋 A_w (mm)	2-D6@75	2-D6@175	2-D6@75
せん断補強鉄筋比 p_w (%)	0.2	0.1	0.2

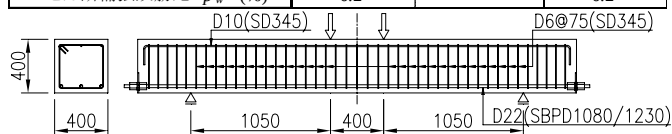


図-1 試験体形状 (Type S3)

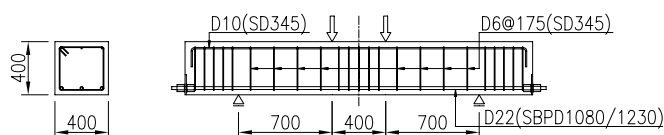


図-2 試験体形状 (Type S2)

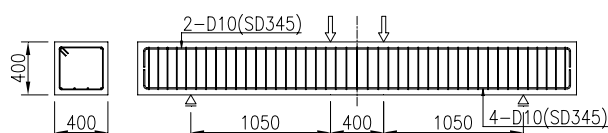


図-3 試験体形状 (Type B)

4. 実験結果

(1) せん断破壊先行型

Type S3、Type S2 のせん断力-載荷点変位関係を図-4 および図-5 に示す。変位は 2 つの載荷点のうち、せん断破壊した側とした。表-3 に示すせん断耐力の計算値は、土木学会コンクリート標準示方書²⁾のせん断耐力式およびせん断圧縮破壊耐力式に、使用したコンクリートと鉄筋の材料試験結果を代入して求めた。

①Type S3: 表-3 に示すとおり、せん断耐力の実験値 V_u^{exp} は計算値 V_y を上回る結果となった。せん断耐力に達するまでのせん断力-載荷点変位関係(図-4)において普

キーワード 環境配慮型コンクリート、せん断耐力、曲げ耐力

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部

通コンクリートと環境配慮型コンクリートに大きな差異は見られない。せん断補強筋が降伏した荷重は、いずれのコンクリートもせん断耐力の計算値 V_y 付近である。したがって、環境配慮型コンクリートは普通コンクリートと同様にせん断補強筋が降伏する荷重を評価してよいと考えられる。また、せん断耐力 V_u^{exp} からせん断補強筋の負担分 V_s を減じたコンクリート負担分の実験値 V_c^{exp} と計算値 V_c の比は、普通コンクリート、環境配慮型コンクリートとも 1.6 倍前後で同等であった。

②Type S2：せん断耐力の計算値は、試験体のせん断スパンが短いことから、せん断圧縮破壊耐力式より求めた。本実験では $p_w=0.1\%$ のせん断補強筋を配置しているが、せん断圧縮破壊耐力式ではせん断補強筋の影響を考慮しないことから、 V_u^{exp} から V_s を減じた V_c^{exp} を計算値 V_d と比較した。この結果、いずれのコンクリートも実験値 V_c^{exp} は計算値 V_d を上回っていた。したがって、せん断スパンが短い部材に環境配慮型コンクリートを使用した場合、せん断圧縮破壊耐力式で安全側に評価することができると考えられる。また、Type S3 と同様に、せん断補強筋が降伏する荷重は普通コンクリートと環境配慮型コンクリートで大きな差異はなかった。

(2) 曲げ破壊先行型

Type B の荷重－中央変位関係を図-6 に示す。引張鉄筋比は最小鉄筋量として 0.2% としたが、コンクリートの圧縮強度が 30N/mm^2 を超えており、相対的に引張鉄筋が少ないため、コンクリートひび割れ時に荷重の低下が見られたものと考えられる。普通コンクリートと環境配慮型コンクリートでは、ひび割れ時の挙動や曲げ耐力に大きな差異はなく、環境配慮型コンクリートは普通コンクリートと同等であると考えられる。

5. まとめ

本稿では、環境配慮型コンクリートの梁載荷実験を行い、せん断耐力および曲げ耐力が普通コンクリートと同等であることを確認した。ただし、本実験では試験数が少ないため、せん断補強筋鉄筋比や引張鉄筋比をかえてさらに検証する必要があると考えられる。

なお、曲げ破壊先行型試験体については暴露用の試験体を同時に作製しており、中性化の影響が見られるかどうか確認する予定である。

参考文献 1) 小林ほか：「混和材を高含有したコンクリートの基礎的性状」, 2011 年度建築学会大会(関東)学術講演会, 平成 23 年(投稿中)、2) (社)土木学会：「2007 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】」, 平成 20 年 3 月

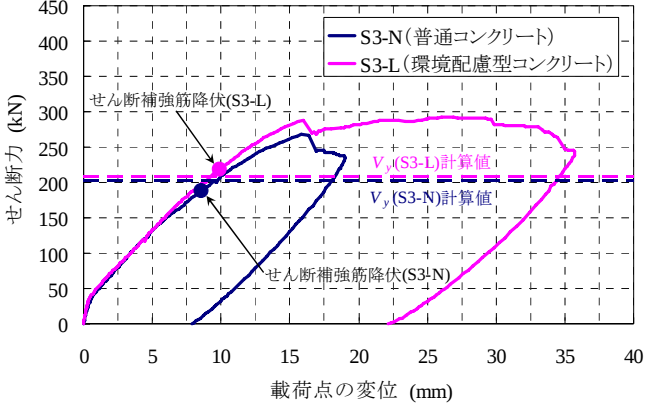


図-4 せん断力－荷荷点変位関係 (Type S3)

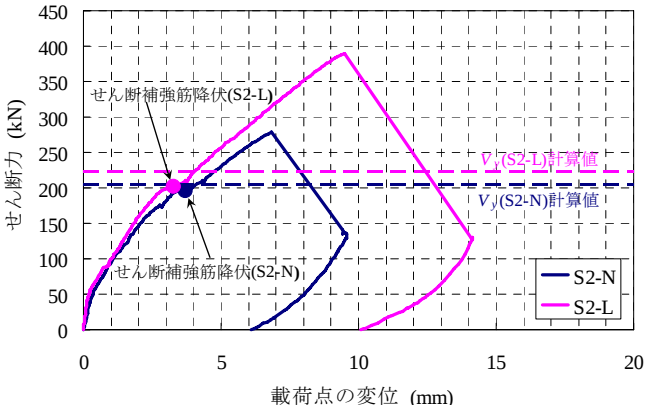


図-5 せん断力－荷荷点変位関係 (Type S2)

表-3 実験結果(せん断破壊先行型)

		Type S3		Type S2	
		普通 -N	環境配慮 -L	普通 -N	環境配慮 -L
実験値	せん断耐力 V_u^{exp} (kN)	268	288	278	390
	コンクリート負担分 V_c^{exp*1} (kN)	181	201	241	353
	せん断補強筋負担分 V_s (kN)	87	87	37	37
	せん断補強筋降伏時せん断力 V_y^{exp*2} (kN)	188	218	196	201
計算値	せん断耐力 V_y^{*3} (kN)	202	209	-	-
	コンクリート負担分 V_c (kN)	115	122	-	-
	せん断補強筋負担分 V_s (kN)	87	87	37	37
	せん断圧縮破壊耐力 V_d^{*4} (kN)	-	-	205	223
実験値/計算値	せん断耐力 V_u^{exp}/V_y	1.32	1.38	-	-
	コンクリート負担分 $V_c^{exp}/V_c \text{ or } V_d$	1.57	1.65	1.18	1.58

※1 $V_c^{exp}=V_u^{exp}-V_s$
※2 せん断補強筋の1本が降伏ひずみに達した時のせん断力
※3 土木学会コンクリート標準示方書【設計編】²⁾式(9.2.3)による
※4 土木学会コンクリート標準示方書【設計編】²⁾式(9.2.9)による

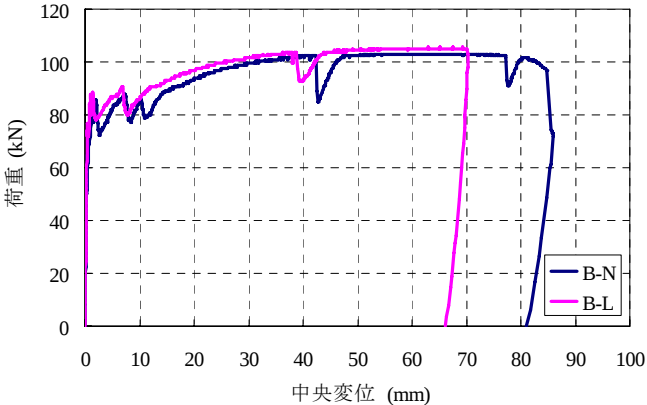


図-6 荷重－中央変位関係 (Type B)