

開発途上国の建築物の安全性に関する基礎的研究 —鉄筋の品質の国際比較研究—
その2 引張試験結果の検討と分析

開発途上国 建築物 安全性
鉄筋 引張試験 国際比較

正会員 ○北 茂紀 1* 正会員 榎府 龍雄 2*
正会員 荒木 美香 3* 正会員 佐久間順三 4*
正会員 今井 弘 5* 正会員 大野 吉昭 6*
室岡 直道 2* 岸 志津佳 2*

1. はじめに

本稿では、その1に引き続き、開発途上国で入手した鉄筋の試験体の引張試験の結果の概要と分析を報告する。対象国は、著者らが業務を行うなどにより試験体の入手が可能な国を順次対象に加える方法を取っている。なお、その1で報告したフィリピンの試験体のデータと、日本製鉄筋の例も参照する。

2. 試験体の概要

(1) カンボジアの試験体

カンボジアの試験体は、すべてバタンバン州の街中の建材店で入手したものである。8種の試験体(呼び径:6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25 mm)のうち、6 mmと8 mmは丸鋼、その他は異形鉄筋である。入手をしていただいた、同国の国土整備・都市化・建設省のスタッフによれば、現地では、製造国はベトナムであると認識されているとのことであったが、16 mm、19 mmはTATAのマークを読み取ることができ、インドのTATA社製でないかと推察される。なお、10 mmにもマークが見られるが判読困難である。

表1 4か国の試験体の機械的性質

入手国・地域	サンプル		記号	降伏点		引張強さ	降伏比	伸び
	呼び径	番号		N/mm ²	N/mm ²			
カンボジア・バタンバン州街中の建材店	6mm (丸鋼)	—	C6	286	387	73.9	—	29.6
	8mm (丸鋼)	—	C8	—	372	—	—	31.9
	10mm	—	C10	738	830	88.9	—	8.3
	13mm	—	C13	498	646	77.1	—	25.7
	16mm	—	C16	550	710	77.5	—	15.9
	19mm	—	C19	497	605	82.1	—	16.0
	22mm	—	C22	431	527	81.8	—	18.2
	25mm	—	C25	514	634	81.1	—	18.2
ネパール・カトマンズの公共建築物建設現場	10mm	No.1	N10-1	566	678	83.5	—	14.6
		NO2	N10-2	583	693	84.1	—	16.7
	12mm	No.1	N12-1	467	566	82.5	—	18.3
		NO2	N12-2	464	578	80.3	—	19.6
	16mm	No.1	N16-1	527	634	83.1	—	19.0
		NO2	N16-2	532	637	83.5	—	18.6
	25mm	No.1	N25-1	502	630	79.7	—	16.3
		NO2	N15-2	518	630	82.2	—	15.4
フィリピン・マニラ首都圏街中の建材店	10mm	No.1	P10-1	443	636	69.70	—	NA
		NO2	P10-2	420	637	65.94	—	20.9
	12mm	No.1	P12-1	360	544	66.29	—	24.5
		NO2	P12-2	363	547	66.29	—	NA
フィリピン・マニラ首都圏大手建設会社	20mm	No.1	P20-1	494	654	75.46	—	NA
		NO2	P20-2	495	662	74.80	—	18.7
	25mm	No.1	P25-1	469	628	74.59	—	23.2
		NO2	P25-2	466	626	74.44	—	NA
日本	10mm	No.1	J10-1	368	528	69.7	—	27.0
		NO2	J10-2	382	533	71.7	—	27.3
	13mm	No.1	J13-1	376	530	70.9	—	23.7
		NO2	J13-2	384	530	72.5	—	26.1
	19mm	No.1	J19-1	423	614	68.9	—	NA
		NO2	J19-2	426	610	69.8	—	22.2
	25mm	No.1	J25-1	419	621	67.5	—	25.9
		NO2	J25-2	400	577	59.1	—	27.6

(2) ネパールの試験体

ネパールの試験体は、共著者が行っている業務についての現地の協力コンサルタントにより、カトマンズの公共建築物の建設現場で使用されている鉄筋から採取した。現地では、インドからの輸入品であると認識されている。

3. 引張試験結果の概要と分析

カンボジア及びネパールの試験体の引張試験の結果の概要を、表1に示す。なお、参考にその1で分析したフィリピンで入手した試験体と日本製鉄筋の値も付記している。また、降伏点、引張強度、降伏比、伸びのグラフを作成した。(図1、図2)

(1) カンボジアの試験体

表1と図に見るように、6 mmと8 mmの試験体は、降伏点、強度共に、他に比べて大幅に低く、異なるタイプの鋼材であると思われる。8 mm材は、降伏点が確認できなかった。また、10 mm材は、降伏点、強度がかなり高く、また、降伏比(引張強度/降伏強度)が低く、伸びも小さい。これらは、降伏点以上の応力を経験した材である可能性がある。これらを含めて、ほぼすべての試験体にコンクリートが付着しており、除却建物の廃材から採取した鉄筋である可能性がある。

異形鉄筋6試験体の試験結果は、不規則にばらついていている。13 mm材は、伸びが大きな値となっている。(他が、概ね16~18%であるのに対して、これは25.7%)また、16 mm材は、降伏点、引張強度ともに他に比較して高い。

(2) ネパールの試験体

ネパールの試験体の中では、12 mm材が、降伏点、引張強度ともに他に比べてかなり小さくなっている。ただし、降伏比や伸びについては他と概ね同レベルである。

4. 4か国の試験体の試験結果の比較、分析

4か国の試験体の引張試験結果を概観し、特徴的な事例についての考察を行う。そのうち、カンボジアの8 mm材(C8)は、前述のとおり、降伏点を確認できなかったため、図1、図3中図に表示されていない。また、フィリピンの10 mm材No.1(P10-1)、12 mm材No.2(P12-2)、20 mm材No.1(P20-1)、25 mm材No.2(P25-2)、日本材19 mm No.1(J19-1)の各試験体は、破断位置が標点を外れたため、伸びの計測ができず、図2下図で空白となっている。

全体的に、日本の試験体（10, 13 mm試験体：SD295A、20, 25mm：SD345）が、強度の高くない鋼材であることもあり、それに比べて、海外の試験体は、降伏点、引張強度が高めで、降伏比も高めとなっている。また、伸びは、全体に小さ目である。カンボジアの試験体は、全ての計測値において、ばらつきが大きいことが見て取れる。

表2は、フィリピンと日本の規格の機械的性質部分の一部を抜き出したものである。フィリピンの試験体は、ミルシートから鋼材は 415W であることが分かっており、これに近い強度の鋼材は、JIS では SD390 と考えられるが、規格の規定値でも伸びは日本が大きくなっている。表2から分かるように、鋼材の種類により、機械的性質が相当程度異なる。また、呼び径と実際に確保されている径（規格の公称径）が、日本のように異なる国もある。鉄筋は、基本的に規格を満たすように製造され、それに基づいて構造設計はなされる。このことは、建物の安全性確保のための構造設計の重要な基礎をなすものである。一方、開発途上国では、少なからずミルシートの

データが無い状態で鉄筋の流通がされている。特に、輸入材の場合には、規格が当時国と異なることもあり、特に留意をすべき点と考えられる。

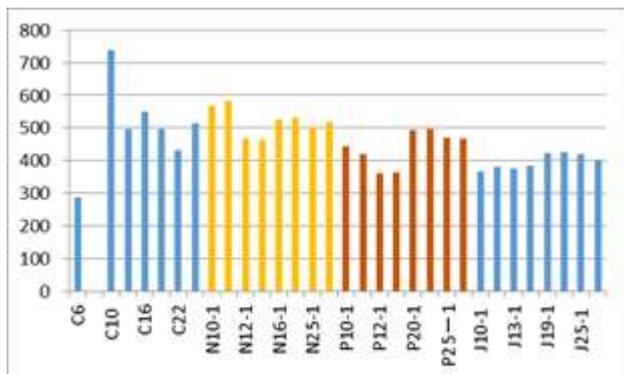


図1 4か国の試験体の降伏点 (N/mm²)

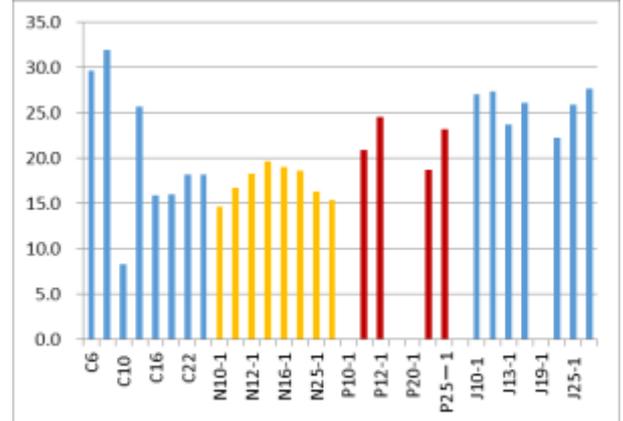
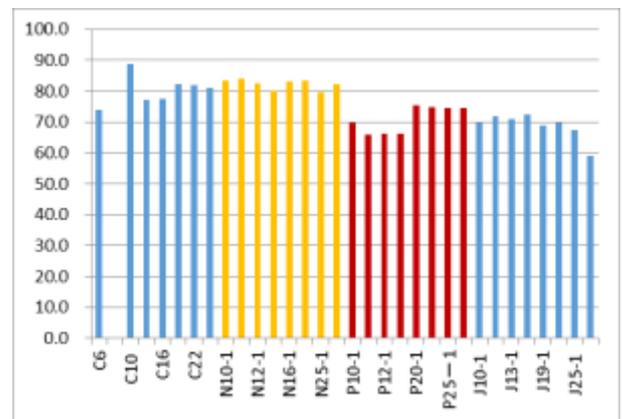
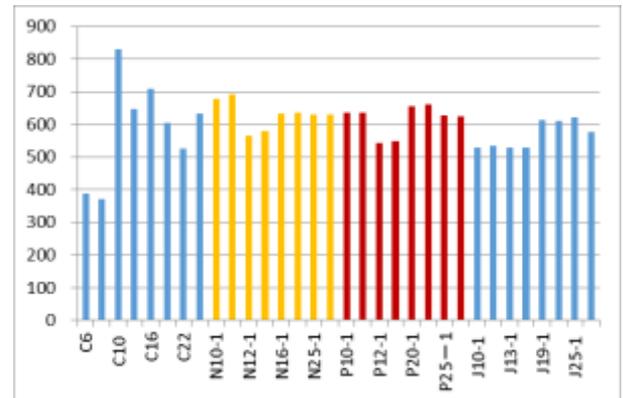


図2 4か国の試験体の機械的性質

上：引張強度 (N/mm²)，中：降伏比 (% 引張強度/降伏点)、下：伸び (%)

表2 フィリピンと日本の規格等の比較

項目	材種	降伏点 Mpa	引張強度 Mpa	伸び(下限値) %		
				d<25mm	d≥25mm	
フィリピン	規格 CDPNS49: 2001	230	230以上	390以上	18	
		275	275以上	480以上	16	
	試験体のミルシート記載の標準値	415	415以上	550以上	14	
		415W	415~540	550以上	12	
		d:20mm			14	
日本	規格 JIS G3112: 2010	SD295A	295以上	440~600	16	
		SD345	345~440	490以上	17	
		SD390	390~510	560以上	2号相当	18
					14A号相当	19
			2号相当	16		
				14A号相当	17	

- 1*北茂紀建築構造事務所
- 2*独立行政法人国際協力機構
- 3*佐藤淳構造設計事務所
- 4*設計工房佐久間
- 5*毛利建築設計事務所
- 6*一般財団法人ベターリビング

- 1* Kita Shigenori Structural Design Office, Inc.
- 2* Japan International Cooperation Agency (JICA)
- 3* Jun Sato Structural Engineers Co., Ltd.
- 4*. Sakuma Architect's Atelier
- 5* Mohri Architect & Associates, Inc.
- 6* The Center for Better Living (CBL)