অধ্যায়–২

আরসিসি-তে ব্যবহৃত রিইনফোর্সিং স্টিলের গুণাগুণ ও আচরণ

(Properties and Behavior of Reinforcing Steel Used in RCC)

২.১ আরসিসি এবং প্রি-স্ট্রেসড কংক্রিটে ব্যবহৃত স্টিলের বিভিন্ন প্রকার ও গ্রেডের বর্ণনা (Different types and grades of steel used in RCC and pre-stressed concrete) ঃ

কংক্রিটে স্টিল দু'ভাবে ব্যবহার করা যায়; যথা–

(ক) রিইনফোর্সিং স্টিল (Reinforcing steel) হিসাবে

(খ) প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল (Pre-stressing steel) হিসাবে।

(ক) রিইনফোর্সিং স্টিল হিসাবে ঃ

কংক্রিট ঢালাইয়ের পূর্বে ছাঁচের মধ্যে রিইনফোর্সিং স্টিল প্রদান করতে হয়। কংক্রিট জমাটবদ্ধ হয়ে শক্ত হলে কাঠামোর উপরে লোড প্রয়োগ করা হলে স্টিলে স্ট্রেস উৎপন্ন হয়। রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত স্টিল নিম্নলিখিত প্রকারের হয়ে থাকে; যেমন–

১। স্ট্রাকচারাল স্টিল সেকশন (Structural steel section)

২। মাইল্ড স্টিল (Mild steel) এবং মিডিয়াম টেনসাইল স্টিল বার

৩। ডিফর্মড বার (Deformed bar)

৪। হার্ড ড্রন স্টিল ওয়্যার (Hard drawn steel wire)

৫। হার্ড ড্রন স্টিল ওয়্যার ফেব্রিক (Hard drawn steel wire fabric)

৬। কোল্ড টুইস্টেড বার (Cold twisted bar)।

রাসায়নিক উপাদান এবং অন্যান্য গুণাগুণ যেমন– ইল্ড পয়েন্ট এবং সর্বোচ্চ টেনসাইল স্ট্রেংথ ইত্যাদির উপর ভিত্তি করে মাইল্ড স্টিল মিডিয়াম টেনসাইল স্টিল, হাই-টেনসাইল স্টিল এবং হার্ড ড্রন স্টিলকে পৃথক করা হয়।

আরসিসি কাজে রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত স্টিল নিম্নলিখিত প্রকারের হয়; যথা–

(ক) প্লেইন রাউন্ড বার (Plain round bar)

(খ) ডিফর্মড বার (Deformed bar)

(গ) টুইস্টেড বার (Twisted bar)

(ঘ) স্কোয়ার বার (Square bar)

(ঙ) ফ্লাট বার (Flat bar)।

রিইনফোর্সিং স্টিলকে প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল থেকে পৃথক করার জন্য রিইনফোর্সিং স্টিলকে গোলাকার বার (Round bar) আকারে বিভিন্ন ব্যাসের তৈরি করা হয়। বারসমূহের ব্যাস সাধারণত 6 মিমি $\left(\frac{1}{4}\text{ ইঞ্চি}\right)$ হতে 35 মিমি $\left(1\frac{3}{8}\text{ ইঞ্চি}\right)$ পর্যন্ত হয়ে থাকে। সাধারণ কাজের জন্য 10–35 মিমি ব্যাসের বার এবং বিশেষ কাজের জন্য, যেমন ঃ ভারী ফাউন্ডেশন, বৃহৎ গার্ডার অথবা কাউন্টার ফোর্ট ইত্যাদিতে 45.5 এবং 57 ($1\frac{3}{4}$ এবং $2\frac{1}{4}$ ইঞ্চি) মিমি ব্যাসের রড বা বার ব্যবহার করা হয়। উপরে বর্ণিত বারগুলোর মধ্যে 6 মিমি ($\frac{1}{4}$ ইঞ্চি) ব্যাসের রড ছাড়া অন্যান্য রডসমূহের পৃষ্ঠদেশ অমসৃণ বা ঢেউ খেলানো করে নির্মাণ করা হয়। এ অমসৃণ পৃষ্ঠদেশ বিশিষ্ট বারসমূহকে ডিফর্মড বা টুইস্টেড বার বলা হয়। স্টিল এবং কংক্রিট-এর মধ্যে বন্ড স্ট্রেংথ বৃদ্ধি করার জন্য বারের পৃষ্ঠদেশ অমসৃণ করা হয়। তা ছাড়া মোটা রডকে বাঁকানো এবং প্রান্তে হুক তৈরি করা খুবই অসুবিধা বিধায় অমসৃণ পৃষ্ঠদেশ বিশিষ্ট বার ব্যবহার করা সুবিধাজনক। বারের এ অমসৃণ বা ঢেউ খেলানোর প্রয়োজনীয়তা পরীক্ষানিরীক্ষা ও গবেষণার মাধ্যমে নিরূপিত হয় এবং ASTM-এর A305 বিনির্দেশে সুনির্দিষ্ট হয়েছে। বিভিন্ন উৎপাদনকারী প্রতিষ্ঠান বিভিন্ন ধরনের অমসৃণ বার প্রস্তুত করে থাকেন। তবে পৃষ্ঠ অমসৃণ বা বিকৃতির পরিমাণ উৎপাদনকারীরা ASTM-এর বিনির্দেশের ভিত্তিতে নির্ধারণ করে থাকেন।

Scanned with AnyScanner

আমাদের দেশে পূর্বে বিভিন্ন আকারের মসৃণ বারই (Plain bar) বেশি পাওয়া যেতো এবং বেসরকারি পর্যায়ে বা ব্যক্তিগত কাজে এদের ব্যবহার খুব বেশি ছিলো। তবে অধুনা সরকারি এবং বেসরকারি সকল গুরুত্বপূর্ণ কাজে অমসৃণ বার ব্যবহার করা হচ্ছে এবং জনপ্রিয়তা বৃদ্ধি পাচ্ছে।

স্টিল বারের আকার বা পরিমাণ সাধারণত ব্যাসে এবং সুতায় (Number) প্রকাশ করা হয়। সচরাচর বারসমূহকে 2 সুতা হতে 11 সুতা বা # 2 হতে # 11 (নং 2 হতে নং 11) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অপরদিকে, দুটি বিশেষ আকারের স্টিল বারকে যথাক্রমে 14 সুতা (# 14) এবং 18 সুতা (# 18) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক সুতা (# 1) = 3.2 মিমি বা $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি। যেমন ঃ 16 মিমি ব্যাসের বা $\frac{5}{8}$ ইঞ্চি ব্যাসের বারকে 5 সুতা বা #5 নং দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

*** বিভিন্ন প্রকার মানসম্মত স্টিল রডের নম্বর (#), ব্যাস, ক্ষেত্রফল, পরিসীমা এবং ওজন সংবলিত তালিকা ঃ**

(i) রূপান্তরিত টেবিল ঃ

বার নং বা বারের সাংকেতিক চিহ্ন	ব্যাস		প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল		পরিসীমা		ওজন	
	ইঞ্চি	মিলি মিটার	বর্গ ইঞ্চি	বর্গ সেমি	ইঞ্চি	মিলি মিটার	পাউন্ড/ফুট	কেজি/ মিটার
# 2	$\frac{1}{4}$"	6.356	0.05	0.32	0.79	19.95	0.167	0.248 0.22
# 3	$\frac{3}{8}$"	9.52510	0.11	0.71	1.18	29.92	0.376	0.559 0.62
# 4	$\frac{1}{2}$"	12.712	0.20	1.29	1.57	39.90	0.668	0.994 0.89
# 5	$\frac{5}{8}$"	15.87516	0.31	2.00	1.96	49.87	1.043	1.552 1.58
# 6	$\frac{3}{4}$"	19.0519	0.44	2.84	2.36	59.85	1.502	2.235 2.23
# 7	$\frac{7}{8}$"	22.22522	0.60	3.87	2.75	69.82	2.044	3.041 2.98
# 8	1"	25.425	0.79	5.10	3.14	79.80	2.670	3.973 3.58
# 9	$1\frac{1}{8}$"	28.57528	1.00	6.46	3.54	89.77	3.400	5.059 5.83
# 10	$1\frac{1}{4}$"	31.7532	1.27	8.20	3.99	101.34	5.303	6.22 6.31
# 11	$1\frac{3}{8}$"	35.92535	1.56	10.07	5.43	109.72	5.313	7.53 7.90
# 14	$1\frac{3}{4}$"	45.4544	2.40	15.52	5.32	139.64	7.650	12.19 11.95
# 18	$2\frac{1}{4}$"	57.15	5.00	25.82	7.09	179.54	13.600	20.237

উপরোক্ত বারসমূহের মধ্যে 2 নং বার কেবলমাত্র মসৃণ গোলাকার বার (Plain round bar)। অন্য বারসমূহ মসৃণ গোলাকার অথবা ডিফর্মড গোলাকার (Plain round or deformed round) উভয় প্রকারের হতে পারে। সুতরাং গোলাকার এবং ডিফর্মড বারের ক্ষেত্রফল পরিসীমা এবং ওজন একই রকম।

Scanned with AnyScanner

*** মেট্রিক পদ্ধতিতে বিভিন্ন প্রকার গোলাকার বার বা রডের ক্ষেত্রফল ও পরিসীমা ঃ**

(ii) মেট্রিক পদ্ধতির টেবিল ঃ

বার নং	ব্যাস মিমি	ক্ষেত্রফলঃ বর্গ সেমি পরিসীমাঃ সেমি	বার সংখ্যা			
			1	2	3	4
# 2	6	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	0.28 1.88	0.56 3.76	0.84 5.64	1.12 7.52
# 3	8	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	0.50 2.51	1.00 5.02	1.50 7.53	2.00 10.04
# 4	10	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	0.79 3.14	1.58 6.28	2.37 9.42	3.16 12.56
# 5	12	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	1.13 3.77	2.26 7.54	3.39 11.31	5.52 15.08
# 6	16	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	2.01 5.03	5.02 10.06	6.03 15.09	8.04 20.12
# 7	20	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	3.14 6.28	6.28 12.56	9.42 18.84	12.56 25.12
# 8	22	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	3.80 6.91	7.60 13.82	11.40 20.73	15.20 27.64
# 9	25	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	5.91 7.85	9.82 15.70	15.73 23.55	19.64 31.40
# 10	28	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	6.16 8.80	12.32 17.60	18.48 26.40	25.64 35.20
# 11	32	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	8.04 10.05	16.08 20.10	25.12 30.15	32.16 40.20
# 12	35	ক্ষেত্রফলঃ পরিসীমাঃ	9.62 11.00	19.24 22.00	28.86 33.00	38.48 45.00

আরসিসি কাজে সাধারণত গোলাকার মাইল্ড স্টিল বার অথবা মিডিয়াম টেনসাইল স্টিল রডকে রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। বৃহদায়তনের ফাউন্ডেশনজাতীয় কাজে রোল্ড স্টিল বিম (Rolled steel beam) চ্যানেল (Channel) বা অ্যাংগেল আয়রন (Angle Iron) সেকশনবিশিষ্ট স্টিলকে রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। মাঝে মাঝে এক্সপ্যানডেড মেটাল (Expanded metal) ফেব্রিক বা ফেব্রিক স্ল্যাব, শেল (Shell) কংক্রিট রোড-এ ব্যবহার করা হয়।

রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহৃত স্টিলের গ্রেড এবং স্ট্রেংথ ঃ আরসিসি কাজে দীর্ঘদিন যাবৎ উচ্চতর শক্তিসম্পন্ন মালামাল হিসাবে কংক্রিট এবং স্টিলের ব্যবহারের প্রবণতা লক্ষ করা যায়। পূর্বে 33 ksi (232.23 kg/cm^2) এর নমনীয় বিন্দু শক্তি (Yield points strength) সম্পূর্ণ স্টিলকে রিইনফোর্সিং হিসাবে ব্যবহার করত, যাকে গ্রেড 33 বলা হত। বর্তমানে 40 গ্রেড (f_y = 40ksi = 2812.4kg/m^2) এর স্টিলের পরিবর্তে 60 গ্রেডের (f_y = 60 ksi = 4218.6kg/cm^2) স্টিল ব্যবহার অধিকতর সাশ্রয়ী, কারণ ফর্মার অভ্যন্তরে রডের গাদাগাদি (Congestion) হ্রাস করে মেম্বারের আকার ছোট করে।

Scanned with AnyScanner

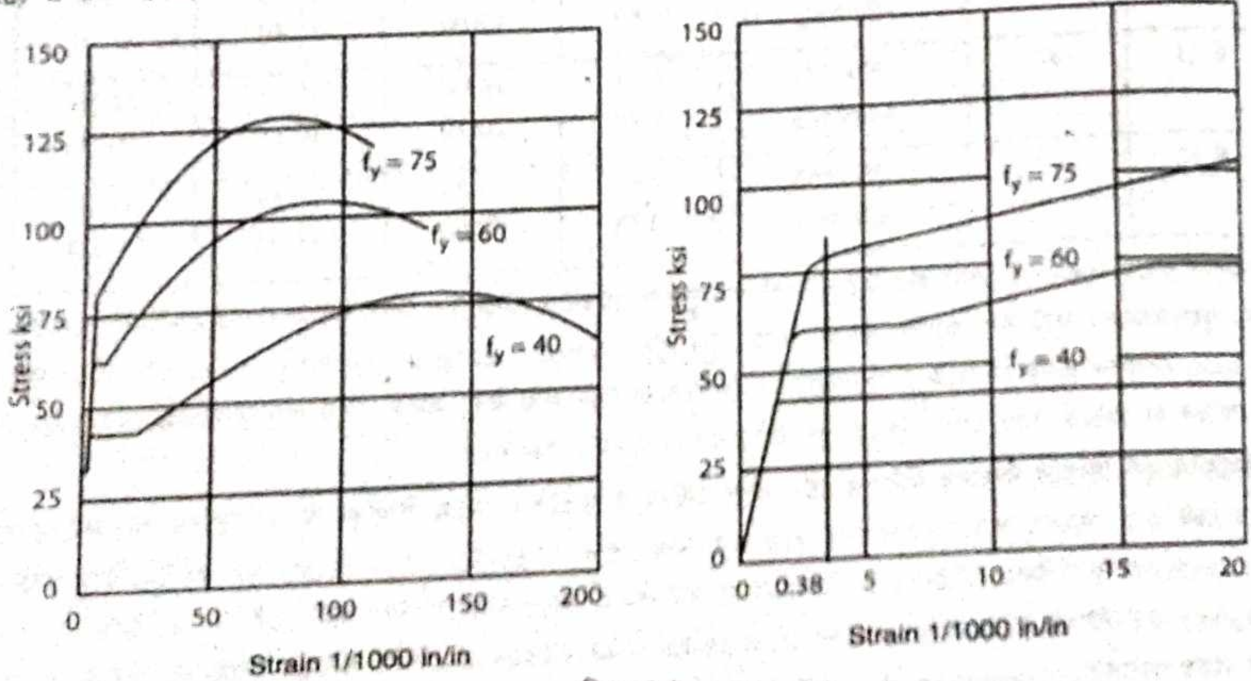
নিম্নের টেবিলে ANTM-এর বিনির্দেশ অনুযায়ী বর্তমানে সহজপ্রাপ্যতার ভিত্তিতে রিইনফোর্সিং স্টিলের গ্রেড এবং সর্বনিম্ন ও সর্বোচ্চ স্ট্রেংথ দেখানো হলো—

* বিভিন্ন গ্রেডের মানসম্মত রিইনফোর্সিং স্টিলের তালিকা ঃ

উৎপাদন (Product)	ANTM বিনির্দেশ নং	স্টিলের প্রকার (Type)	গ্রেড (Grade)	সর্বনিম্ন ইল্ড স্ট্রেংথ (Minimum yield strength)		সর্বোচ্চ টেনসাইল স্ট্রেংথ (Maximum tensile strength)		আকার নির্ধারিত (Size restriction)
				ksi	kg/cm^2	ksi	kg/cm^2	
রিইনফোর্সিং বার (Reinforcing bar)	A615	বিলেট স্টিল (Billet steel)	40 60	40 60	2812.40 4218.60	70 90	4921.70 6327.0	#3–# 6 only
	A616	রেল স্টিল (Rail steel)	50 60	50 60	3515.50 4218.60	80 90	5625.80 6327.90	#3–# 11 only
	A617	অ্যাক্সেল স্টিল (Axle teel)	40 60	40 60	2812.40 4218.60	70 90	4921.70 6327.90	#3–# 11 Only
	A 706	নিম্ন অ্যালয় ওয়েল্ডিংযোগ্য	60	60	4218.60	80 78	5625.80 5485.18	
তার, মসৃণ (Wire, smooth)	A 82	কোল্ড ড্রন ওয়্যার	রিইন-ফোর্সিং	70	4921.70	80	5625.40	
ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক, মসৃণ (Welded wire fabric, smooth)	A 185	কোল্ড ড্রন ওয়্যার	ফেব্রিক	65	4570.15	75	5625.80	
ডিফর্মড (Deformed)	A 496	ডিফর্মড ওয়্যার	রিইনঃ	75	5273.25	85	5976.35	
	A 497	ঐ	ফেব্রিক	70	4921.70	80	5625.80	

☆ সর্বোচ্চ স্ট্রেংথ = সর্বনিম্ন টেনসাইল স্ট্রেংথ।

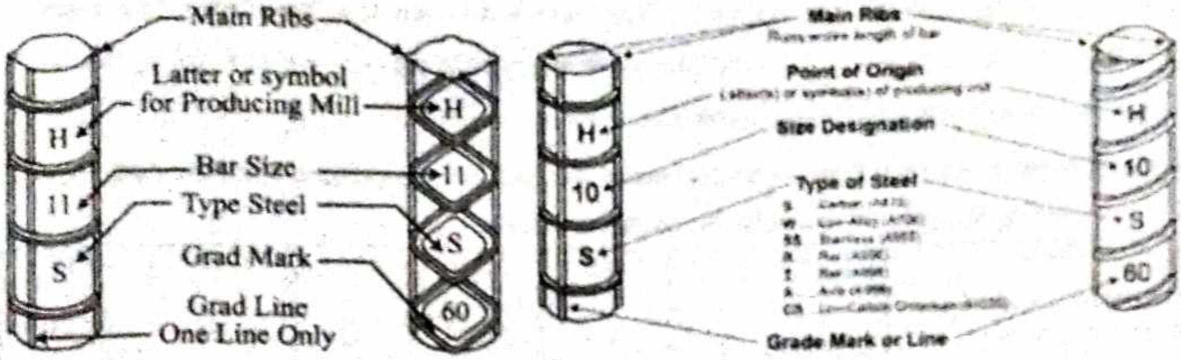
ACI কোর্ড f_y = 80ksi (5625.80 kg/cm^2) পর্যন্ত অনুমোদন করেছে কারণ 80 গ্রেড (f_y = 80 ksi) স্টিলের ইল্ড প্লাটো (Yield plateau) বা নতি অধিত্যকা নেই বলে ইল্ড ধীরে ধীরে সংগঠিত হয়।



চিত্র ঃ ২.১

Scanned with AnyScanner

এ সমস্ত ক্ষেত্রে ACI কোড অনুযায়ী 0.0035 বিকৃতির পূর্বের স্ট্রেংথকে ইল্ড স্ট্রেংথ হিসাবে ধরে নিতে হবে। সুউচ্চ দালানের (High-rise building) কলাম এর ক্ষেত্রে 60 গ্রেডের অতিরিক্ত গ্রেডের বার ব্যবহার করা হয়। ভুলক্রমে নিম্নমানের রডের ব্যবহার থেকে সাবধান থাকার জন্য অনেকক্ষেত্রে উৎপাদনকারীরা বারকে নিম্নরূপে চিহ্নিত করে থাকেন–



চিত্র ঃ ২.২

চিহ্নগুলোর অর্থ ঃ

H = প্রাথমিক উৎপাদনকারী মিল (Initial of Producing mill)

3 to 18 = বারের আকার নং (Bar size number)

স্টিলের প্রকার (Type of steel) ঃ

N = বিলেট স্টিল (Billet steel)

A = অ্যাক্সেল স্টিল (Axle steel)

রেলচিহ্ন = রেল স্টিল (Rail steel)

(খ) প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল হিসাবে ঃ

প্রি-স্ট্রেসিং কংক্রিটে, জ্যাকিং (Jacking)-এর মাধ্যমে টেনডন (Tendon) বা প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল টেনশন এলিমেন্টে টেনসাইল বিকৃতির অনুরূপ টেনসাইন স্ট্রেস প্রয়োগ করা হয়। কংক্রিট স্থাপনার পূর্বে (প্রি-টেনশনিং-এর ক্ষেত্রে) অথবা কংক্রিট কিউরিং করার পরে (পোস্ট টেনশনিং-এর ক্ষেত্রে) জ্যাকিং প্রদান করা যায়। প্রি-স্ট্রেসিং টেনডন হিসাবে চার ধরনের স্টিল ব্যবহার করা হয়, যথা–

১। সাত তারের স্ট্র্যান্ড (Seven wire strand) ২। মসৃণ তার (Smooth wire)

৩। মসৃণ বার (Smooth bar) ৪। ডিফর্মড বার (Deformed bar)।

সাধারণত প্রি-টেনশনিং পদ্ধতিতে Seven-wire strand সচরাচর ব্যবহার করা হয় এবং পোস্ট টেনশনিং পদ্ধতিতে উপরোক্ত চার ধরনের মালামাল, বিভিন্ন অ্যাংকোরেজ ডিভাইসেস (Anchorage devices) এবং প্রয়োগ পদ্ধতির ভিত্তিতে ব্যবহার লক্ষ করা যায়।

নিম্নের তালিকায় প্রি-স্ট্রেসিং স্টিলের ইল্ড স্ট্রেংথ এবং টেনসাইল স্ট্রেংথ দেখানো হলো–

প্রি-স্ট্রেসিং রিইনফোর্সমেন্ট গ্রেড এবং স্ট্রেংথ ঃ

উৎপাদন (Product)	ASTM এর নির্দিষ্ট নং	প্রকার (Type)	গ্রেড (Grade)	সর্বনিম্ন ইল্ড স্ট্রেংথ		সর্বনিম্ন টেনসাইল স্ট্রেংথ	
				ksi	kg/cm^2	ksi	kg/cm^2
প্রি-স্ট্রেস স্ট্র্যান্ড (Pre-stress strand)	A 416	Seven wire strand	250 70	212.0 229.0	14905.72 16100.99	250 270	17577.5 18983.7
প্রি-স্ট্রেস ওয়্যার	A 421	ওয়্যার (wire)	-	204	14343.24	240	16875.4
প্রি-স্ট্রেস বার (Pre-stress bar)	A 720	বার (bar)	Type-1 (Plain) Type-2 (deformed)	128 120	8999.68 8437.2	150 150	10546.5 10546.5

Scanned with AnyScanner

বৃহত্তর ব্যাসের একটি তারের উপর ছয়টি ক্ষুদ্রতর ব্যাসের তার স্ক্রুর ন্যায় প্যাঁচিয়ে ওয়্যার স্ট্র্যান্ড তৈরি করা হয়। একে স্ট্র্যান্ডেড ক্যাবল (Stranded cable)-ও বলা হয়। এটা Seven-wire type, যার ব্যাস 6.5 মিমি থেকে 13 সেমি ($\frac{1}{4}'' - \frac{1}{2}''$) পর্যন্ত হয়ে থাকে। 5 থেকে 7 মিমি (0.192–0.276 ইঞ্চি) ব্যাসের হাই-কার্বন স্টিলের একাধিক প্রি-স্ট্রেসিং ওয়্যারকে প্যাঁচিয়ে কোল্ড ড্রন পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় স্ট্রেংথ-এর প্রি-স্ট্রেসিং টেনডন তৈরি করা হয়। এক্ষেত্রে সাধারণত মসৃণ ওয়্যারকে টেনডন তৈরির কাজে ব্যবহার করা হয়।

উচ্চ শক্তিসম্পন্ন অ্যালয় স্টিল (Alloy-steel)-কে টেনডনরূপে ব্যবহার করা হয় এবং এর ব্যাস 19–35 মিমি ($\frac{3}{4}'' - 1\frac{3}{8}''$) পর্যন্ত হয়ে থাকে। এজন্য মসৃণ বার এবং ডিফর্মড বারকে ব্যবহার করা হয়।

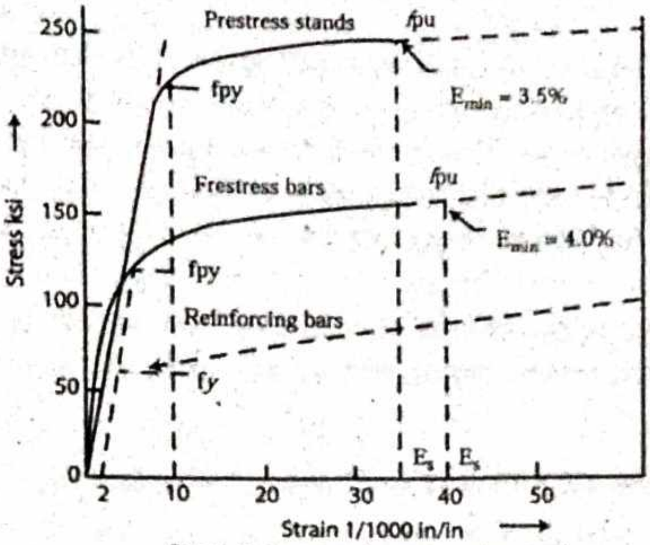
প্রতিটি প্রি-স্ট্রেসিং ওয়্যার, বার অথবা স্ট্র্যান্ড-এর আকার, ক্ষেত্রফল এবং ওজন আলাদাভাবে নিম্নের টেবিলে প্রদান করা হলো–

ASTM-এর মানসম্পন্ন প্রি-স্ট্রেসিং টেনডন-এর আকার, ক্ষেত্রফল এবং ওজন :

সাত তারের স্ট্র্যান্ড (Seven-wire strand) গ্রেড-250	$\frac{1}{4}$(0.250)	6.5	0.036	0.232	0.12	0.18
	$\frac{5}{16}$(0.313)	8.0	0.058	0.374	0.20	0.30
	$\frac{3}{8}$(0.375)	9.5	0.080	0.516	0.27	0.40
	$\frac{7}{16}$(0.438)	11.0	0.108	0.697	0.37	0.55
	$\frac{1}{2}$(0.500)	13.0	0.144	0.930	0.49	0.73
	(0.600)	15.0	0.216	1.394	0.74	1.10
সাত তারের স্ট্র্যান্ড গ্রেড-270	$\frac{3}{8}$(0.375)	9.5	0.085	0.549	0.29	0.43
	$\frac{7}{16}$(0.438)	11.0	0.115	0.742	0.40	0.60
	$\frac{1}{2}$(0.500)	13.0	0.153	0.988	0.53	0.79
	0.600)	15.0	0.215	1.388	0.74	1.10
প্রি-স্ট্রেসিং ওয়্যার (Pre-stressing wire)	0.192	5.5	0.029	0.187	0.098	0.146
	0.196	5.0	0.030	0.194	0.10	0.149
	0.250	6.5	0.049	0.316	0.17	0.25
	0.276	7.0	0.060	0.387	0.20	0.30
প্রি-স্ট্রেসিং বার (মসৃণ) (Pre-stressing bar, smooth)	$\frac{3}{4}$	19	0.44	2.841	1.50	2.23
	$\frac{7}{8}$	22	0.60	3.874	2.04	3.04
	10	25	0.78	5.036	2.67	3.97
	$1\frac{1}{8}$	28	0.99	6.391	3.38	5.03
	$1\frac{1}{4}$	32	1.23	7.941	5.17	6.21
	$1\frac{3}{8}$	35	1.48	9.555	5.05	7.52
প্রি-স্ট্রেসিং বার-ডিফর্মড (Pre-stressing bar-deformed)	$\frac{5}{8}$	16	0.28	1.808	0.98	1.46
	$\frac{3}{4}$	19	0.42	2.712	1.49	2.22
	1	25	0.82	5.488	3.01	5.48
	$1\frac{1}{4}$	32	1.25	8.070	5.39	6.53
	$1\frac{3}{8}$	35	1.56	10.072	5.56	8.27

Scanned with AnyScanner

চিত্র ঃ ২.৩-এ প্রি-স্ট্রেসিং স্ট্র্যান্ড এবং উচ্চ শক্তিসম্পন্ন প্রি-স্ট্রেসিং বারের পীড়ন-বিকৃতির কার্ভ (Stress-strain curve) দেখানো হলো। পার্থক্য বুঝানোর জন্য (4218.6 kg/cm²) ইল্ড স্ট্রেংথসম্পন্ন রিইনফোর্সিং বারের পীড়ন-বিকৃতি কার্ভের প্রাথমিক অংশও দেখানো হলো।



Stress strain curves for prestressing steels

চিত্র ঃ ২.৩

চিত্রানুযায়ী রিইনফোর্সিং বার এবং প্রি-স্ট্রেসিং স্টিলের নির্দিষ্ট কোনো ইল্ড প্ল্যাটো (Yield plateau) বা নতি অধিত্যকা (কার্ভের অনুভূমিক অংশ অর্থাৎ যেখানে স্থির পীড়নে বিকৃতির পরিমাণ বাড়তে থাকে) নেই। এর জন্য এদের ইল্ড ধীরে ধীরে সংগঠিত হয় এবং ইলাস্টিক সীমায় যতক্ষণ পর্যন্ত না টেনসাইল স্ট্রেংথ fup-এ পৌছায়, ততক্ষণ পর্যন্ত কার্ভটি ধারাবাহিকভাবে এবং মসৃণ পথে (Smoothy) বৃদ্ধি পেতে থাকে। এ সময় রাপচারে মোট বৃদ্ধি (Total elongation) হয়।

স্টিলের প্রকারভেদ (Types of steel) ঃ

স্টিল উৎপাদনের কাঁচামাল অনুযায়ী স্টিলকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(ক) বিলেট স্টিল (Billet steel)

(খ) স্ক্র্যাপ স্টিল (Scrap steel)।

আকরিক লোহা থেকে বিলেট রড তৈরি করা হয়। এর স্ট্রেংথ বেশি পাওয়া যায়। অপরদিকে অবাঞ্ছিত টুকরা লোহা গলিয়ে স্ক্র্যাপ রড তৈরি করা হয়। এর স্ট্রেংথ কম এবং দামেও সস্তা। স্ক্র্যাপ রডের প্রান্তে এবং মধ্যভাগে ফাটল বা চিড় দেখে সহজেই বিলেট রড থেকে আলাদা করা যায়। স্ক্র্যাপ রডে তাড়াতাড়ি মরিচা পড়ে। বিলেট রডে ফাটল বা চিড় থাকে না।

২.২ আরসিসি-তে মাইল্ড স্টিল ব্যবহারের সুবিধাসমূহ (Advantages in using steel in RCC) ঃ

কংক্রিটের তুলনায় স্টিল উচ্চ শক্তিসম্পন্ন পদার্থ। টেনশন অথবা কম্প্রেশনে সাধারণ রিইনফোর্সিং স্টিলের ইল্ড স্ট্রেংথ, কংক্রিটের কম্প্রেসিভ স্ট্রেংথ-এর তুলনায় 15 গুণ বেশি এবং কংক্রিটের টেনসাইল স্ট্রেংথ-এর তুলনায় 100 গুণের চেয়েও বেশি। তা ছাড়া কংক্রিটের তুলনায় স্টিল খুবই মূল্যবান। এতদসত্ত্বেও দু'টি পদার্থের সমন্বয়ে সুন্দরভাবে মেম্বার তৈরি করা যায়, যদি কংক্রিটকে কম্প্রেসিভ স্ট্রেস এবং স্টিলকে টেনসাইল স্ট্রেস প্রতিরোধের জন্য ব্যবহার করা যায়। বিমের শিয়ার ফোর্সজনিত কারণে উৎপন্ন হেলানো টেনশন (Diagonal tension) প্রতিরোধের জন্য ব্যবহার করা হয়। বহুতলাবিশিষ্ট দালানের নিচতলার কলাম (কম্প্রেসিভ মেম্বার) এর প্রস্থচ্ছেদী আকার হ্রাস করার জন্য এবং কম্প্রেসিভ স্ট্রেস প্রতিরোধের জন্য স্টিল ব্যবহার করা হয়। সমস্ত কম্প্রেশন মেম্বার-এর নিরাপত্তার জন্য ন্যূনতম রিইনফোর্সমেন্ট প্রদান করা হয় বলে আকস্মিক বেন্ডিং মোমেন্ট (Accidental bending moment)-জনিত কারণে রিইনফোর্সমেন্ট-বিহীন মেম্বারের ফাটল বা ব্যর্থতা থেকে মুক্ত রাখে।

রিইনফোর্সিং ক্রিয়ার সুফল প্রাপ্তির জন্য কংক্রিট এবং স্টিলের মধ্যে পর্যাপ্ত বন্ডের প্রয়োজন, যাতে কংক্রিট হতে স্টিলের আপেক্ষিক সরণ না ঘটে। রিইনফোর্সিং বারের অমসৃণতা, স্টিল এবং কংক্রিটের সংস্পর্শতলে রাসায়নিক সংসক্তি (Chemical adhesion) সৃষ্টি, যা বন্ড সৃষ্টিতে সাহায্য করে। এ ছাড়াও বন্ডের জন্য স্টিল বারের পৃষ্ঠকে বিকৃত করে পারস্পরিক সংবদ্ধতার পরিমাণ বৃদ্ধি করা যায়।

Scanned with AnyScanner

সুতরাং মাইল্ড স্টিল এবং কংক্রিটকে একত্রে ব্যবহারের বাড়তি সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ–

১। তাপীয় প্রসারাংক (Coefficient of thermal expansion) স্টিলের $6.5 \times 10^{-6}/°c$ এবং কংক্রিটের $5.5 \times 10^{-6}/°c$ উভয়ের তাপীয় প্রসারাংক প্রায় সমান বলে তাপমাত্রার পরিবর্তনজনিত বিকৃতির কারণে স্টিলের আপেক্ষিক সরণ এবং কংক্রিটের ফাটল এড়ানো সম্ভব।

২। স্টিলের ক্ষয় প্রতিরোধী (Corrosion resistance) ক্ষমতা খুবই কম। পক্ষান্তরে, স্টিল রিইনফোর্সমেন্টের চারিদিকে কংক্রিট প্রদান করলে চমৎকারভাবে ক্ষয় প্রতিরোধ করে, যা কাঠামোর নির্বাহী ব্যয় হ্রাস করে।

৩। আবরণ ব্যতিরেকে স্টিল অগ্নিরোধক নয়। স্টিল তাপ সুপরিবাহী বলে উচ্চ তাপমাত্রায় এর স্ট্রেংথ দ্রুত হ্রাস পায়। অপরদিকে কংক্রিট বহুলাংশে তাপ কুপরিবাহী। তাই কংক্রিট কভারিং রিইনফোর্সমেন্টের থার্মাল ইনসুলেশন হিসাবে কাজ করে।

৪। কংক্রিট টান পীড়নে দুর্বল কিন্তু স্টিল টান পীড়নে খুবই শক্তিশালী। ফলে সৃষ্ট কাঠামো টান ও চাপ পীড়ন সফলতার সাথে প্রতিরোধে সক্ষম।

৫। কংক্রিটের মধ্যে স্টিল ব্যবহারের সুদৃঢ় বন্ধন সৃষ্টি হয়, যাতে উভয়ে একক পদার্থ হিসাবে কার্যকরী হয়।

৬। স্টিলকে সহজে প্রয়োজনমতো বাঁকানো, দুমড়ানো, কাটা যায় এবং ওয়েল্ডিং করা যায়।

৭। স্টিল সহজে পাওয়া যায়।

২.৩ ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক-এর ব্যবহার (Use of welded wire fabric) ঃ

লম্বালম্বি এবং আড়াআড়িভাবে কোল্ড ড্রন স্টিল ওয়্যার (Cold-drawn steel)-কে পরস্পর সমকোণে স্থাপন করে তারের ছেদবিন্দুগুলোকে ওয়েল্ডিং করে যে তারজাল তৈরি করা হয়, তাকে ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক বলে। উল্লেখ্য, মোটা তারকে পর্যায়ক্রমে ক্ষুদ্রতর ছিদ্রের মধ্য দিয়ে টেনে অতিক্রম করিয়ে চিকন তারে পরিণত করাকে কোল্ড ড্রন স্টিল ওয়্যার বলে। রিইনফোর্সিং বার বা রড ছাড়াও স্ল্যাব এবং অন্যান্য কাঠামো যেমন– শেল (Shell) কংক্রিট রোড এবং প্রি-স্ট্রেসড বিমের ক্ষেত্রে ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক ব্যবহার করা হয়।

তারের সাইজ এবং স্পেসিং, ডিজাইনের প্রয়োজন অনুসারে মধ্যবর্তী দূরত্ব সমান অথবা পৃথক হতে পারে। ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক এর ধরন এবং আকার দু'প্রকারে প্রকাশ করা হয়। যেমন ঃ

(ক) পুরাতন পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ বরাবর স্থাপিত ওয়্যারের দূরত্ব এবং ওয়্যার গেজের বর্ণনা নির্দেশক সংকেত ব্যবহার করা হয়। যেমন ঃ $6 \times 6 - 4 \times 4$ ইঞ্চি (152 মিমি) এবং ব্যবহৃত তারের গেজ নং 4 বুঝায়।

(খ) নতুন পদ্ধতি ঃ এ পদ্ধতিতে ওয়্যার দূরত্বের সংকেত পুরাতন পদ্ধতির অনুরূপ। কিন্তু এতে ওয়্যার গেজের পরিবর্তে মসৃণ ও অমসৃণ ওয়্যার নির্দেশক সংকেত যথাক্রমে w ও d ব্যবহার করা হয়। যেমন ঃ $4 \times 4 - w5 \times w5$ ওয়্যার ফেব্রিক বলতে উভয়দিকে তারের পারস্পরিক দূরত্ব 4 ইঞ্চি (120 মিমি) এবং মসৃণ তারের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল 0.15 বর্গইঞ্চি (97 বর্গ মিমি) বুঝায়।

সচরাচর ব্যবহৃত কয়েক প্রকার ওয়েল্ডেড ওয়্যার ফেব্রিক এর তালিকা নিম্নে দেয়া হলো–

স্টিল নামকরণ		স্টিল ক্ষেত্রফল, বর্গইঞ্চি/বর্গফুট		ওজন পাঃ/100 বর্গফুট
নতুন নামকরণ (I-প্রকারের)	পুরাতন নামকরণ (গেজ দ্বারা)	দীর্ঘমুখী	প্রস্থমুখী	
রোলস (Rolls)				
6×6 – W1.4×W1.4	6×6 – 10×10	0.029	0.029	21
6×6 – W2×W2	6×6 – 8×8	0.041	0.041	30
6×6 – W2.9×W2.9	6×6 – 6×6	0.058	0.058	42
6×6 – W4×W4	6×6 – 4×4	0.08	0.08	58
4×4 – W1.4×W1.4	4×4 – 10×10	0.043	0.043	31
4×4 – W2×W2	4×4 – 8×8	0.062	0.062	44
4×4 – W2.9×W2.9	4×4 – 6×6	0.087	0.087	62
4×4 – W4×W4	4×4 – 4×4	0.12	0.12	85

নোট ঃ

0.01 বর্গইঞ্চি/ফুট = 21.17 মিমি/মিটার

1 পাঃ/100 বর্গফুট = 5.88 কেজি/বর্গমিটার

Scanned with AnyScanner

২.৪ প্লেইন বার, ডিফর্মড বার এবং টুইস্টেড বারের বৈশিষ্ট্য (Mention the characteristics of plain bar, deformed bar and twisted bar) ঃ

রিইনফোর্সিং বার হিসাবে সাধারণত মাইল্ড স্টিল, মিডিয়াম টেনসাইল স্টিল, হাই-টেনসাইল স্টিল, হার্ডড্রন স্টিল ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। এ ক্ষেত্রে স্টিল সাধারণত ৩টি অবস্থায় প্রস্তুত করা হয়; যেমন–

১। প্লেইন বা মাইল্ড স্টিল বার,

২। ডিফর্মড বার,

৩। টুইস্টেড বার।

১। মাইল্ড স্টিল বার (Mild steel bar) ঃ বিম, স্ল্যাব, গার্ডার ইত্যাদি আরসিসি কাজে টান পীড়ন প্রতিরোধে এই বার ব্যবহার করা হয়। মাইল্ড স্টিল (Mild steel bar সংক্ষেপে M.S. বার) বার মসৃণ পৃষ্ঠ (Plain in surface) এবং গোলাকার সেকশন (Round section) বিশিষ্ট, যার ব্যাস 6 মিমি থেকে 50 মিমি পর্যন্ত হয়ে থাকে। কোনোরূপ ক্ষয়ক্ষতি ছাড়াই দীর্ঘ দৈর্ঘ্যের তৈরি করা। দ্রুত কর্তন এবং সহজেই বাঁকানো যায়। মাইল্ড স্টিল বার সচরাচর দুটি গ্রেডের হয়ে থাকে; যেমন–

(i) Mild steel bars grade-I or Grade 60

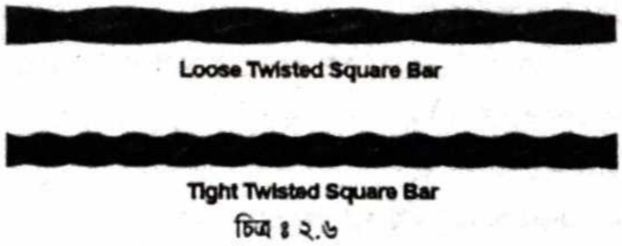
(ii) Mild steel bars grade-II or Grade 40

চিত্র ঃ ২.৪

২। ডিফর্মড স্টিল বার (Deformed steel bar) ঃ স্টিল রডের পৃষ্ঠদেশ অমসৃণ। আড়াআড়ি শিরা (rib) বা ঢেউ খেলানো বিশিষ্ট রডকে ডিফর্মড বার বলে। এই রড কংক্রিট থেকে স্বল্পমাত্রায় পিছলায় বলে খণ্ড বৃদ্ধি পায়। এম.এস বারের চেয়ে ডিফর্মড বারের টান পীড়ন প্রতিরোধ ক্ষমতা অনেক বেশি। প্রান্ত হুক ছাড়াই এই বার ব্যবহার করা যায়। এই বারের Bond strength এমএস বারের 40–80% বেশি হয়ে থাকে।

চিত্র ঃ ২.৫

৩। টুইস্টেড বার (Twisted bar) ঃ বিভিন্ন গোলাকার তার, স্ট্র্যান্ড ক্যাবল এবং অ্যালয় স্টিলের বারকে বিভিন্ন প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফলে এবং বিভিন্ন সংখ্যায় মুচড়িয়ে যে রিইনফোর্সিং বার তৈরি করা হয়, তাকে টুইস্টেড বার বলে। এই সকল বার উচ্চ শক্তির গুণাগুণের হয়ে থাকে।



চিত্র ঃ ২.৬

Scanned with AnyScanner

২.৫ আরসিসি-তে অমসৃণ এবং মোচড়ানো বার ব্যবহারের সুবিধা (Advantages of using deformed and twisted bars in RCC) ঃ

নিম্নলিখিত সুবিধার জন্য আরসিসি তে ডিফর্মড এবং টুইস্টেড বার ব্যবহার করা হয়; যথা–

১। ডিফর্মড এবং টুইস্টেড বারের পৃষ্ঠদেশ অমসৃণ তথা ঢেউ খেলানো থাকার কারণে এটা কংক্রিটের সাথে অধিকতর বন্ধে আবদ্ধ হয়।

২। ডিফর্মড বারকে পাকিয়ে টুইস্টেড করা হয় বলে কংক্রিটের সাথে আরও অধিকতর বন্ডের সৃষ্টি করা যায়।

৩। টুইস্টেড বারের ইল্ড স্ট্রেংথ অধিক। প্লেইন বারের চেয়ে প্রায় 50% বেশি এবং টেনসাইল স্ট্রেংথও অনেক বেশি।

৪। এদের কার্যকরী পীড়ন বেশি বলে প্রায় 40% রিইনফোর্সিং ম্যাটেরিয়াল সাশ্রয় হয়।

৫। এ জাতীয় রডের বন্ড পীড়ন প্রতিরোধক ক্ষমতা মসৃণ রডের তুলনায় অনেক বেশি।

৬। বন্ড স্ট্রেংথ বৃদ্ধি করা যায় বলে এ জাতীয় রডের প্রান্তে হুকের প্রয়োজন হয় না।

৭। রডের ওভারল্যাপ দৈর্ঘ্য হ্রাস করা যায়।

২.৬ আরসিসি বিম ও স্ল্যাবের ন্যূনতম রিইনফোর্সমেন্ট (Minimum reinforcement in RCC beam and slabs) ঃ

অনেক সময় বিম অথবা স্ল্যাবের প্রাপ্ত গভীরতাকে বিভিন্ন কারণে হ্রাস-বৃদ্ধি করে ডিজাইন করা হয়, যেমন–

১। স্থাপত্যের কারণে,

২। একই ফর্ম বার বার ব্যবহারের সুবিধার্থে,

৩। পার্শ্ববর্তী স্প্যানের বিমের গভীরতার সাথে মিল রাখা ইত্যাদি কারণে বর্ণিত আকারে বিম নির্মিত হতে পারে। এরূপ ক্ষেত্রে বিমের টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্ট পূর্বাপেক্ষা কম বা বেশি হতে পারে।

কিন্তু এসিআই (ACI) কোড অনুযায়ী বিম এবং স্ল্যাবের সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ হবে–

(ক) প্লেইন বারের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $A_S = 0.0025\ bd = 0.0025bt$

(খ) ডিফর্মড বারের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $A_S = 0.002bd = 0.002bt$

(গ) বিমের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $A_S = 0.005bd$

এখানে, b = বিম বা স্ল্যাবের প্রস্থ,

t = স্ল্যাবের গভীরতা/পুরুত্ব।

d = বিম/স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা

তবে কোনো অবস্থাতেই স্ল্যাবের গভীরতার 5 গুণ অথবা 45 সেমি এর বেশি দূরত্বে রড স্থাপন করা যাবে না।

প্রয়োজনীয় সূত্রাবলি

১। প্লেইন বারের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $= 0.0025bd = 0.0025\ bt$

২। ডিফর্মড বারের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $= 0.0020bd = 0.0020\ bt$

৩। বিমের জন্য সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ $= 0.005bd$

এখানে, b = বিম বা স্ল্যাবের প্রস্থ,

অথবা, d = বিম অথবা স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা

Scanned with AnyScanner