آیرودینامیک معماری و

دکتر محمود رازجویان

امروزه مطالعهٔ سرعت جریان هوا در مرحلهٔ طراحی برای مناطق شهری به جهت نیل به آسایش گرمایی، راحتی رفتاری، و پرهیز از آلوده گی‌های هوا ضرورت پیدا کرده است. حتی در بعضی ممالک، رفتار و سرعت باد در مناطق در دست طراحی و تغییرات آن‌ها نسبت به وضعیت قبل از ساخت و ساز در همان مناطق اجباری است.

برای تعیین رفتار و سرعت باد در بافت‌های مصنوع، نیاز به تئوری تبیینی معتبر وجود دارد. متاسفانه در حال حاضر این تئوری در دست نیست. در مقابل، امروزه بخش عمده‌ای از تحقیقات انجام شده در تونل باد ناظر بر همین مسئله است. با اتکا به این یافته‌ها، تهیهٔ رهنمودهای کاربردی جهت معماری و طراحی شهری میسر می‌گردد.

در مقاله حاضر، ضمن پیمایش تحلیلی از مطالعات موجود، رهنمودهای طراحی، برای چندین نمونه از بافت‌های متداول شهرسازی امروزی ارایه شده است.

رابطهٔ تغییرات سرعت باد داخل گذر با متغیرهای مختلف از جمله ارتفاع، طول ساختمان‌ها، عرض گذر و زاویهٔ حملهٔ باد مورد بررسی قرار گرفته است و نتیجهٔ آن به شرح زیر است

۲-۱-۱- ارتفاع ساختمان‌ها و تغییرات سرعت باد

بررسی‌های تونل باد در بارهٔ ارتفاع ساختمان‌ها با سرعت باد جاری در محور وسط گذر نشان می‌دهد که اثر ارتفاع ساختمان‌ها در سرعت باد داخل گذر تا زمانی که باد در امتداد محور وسط گذر در جریان باشد چندان قابل ملاحظه نیست. ولی تاثیر ارتفاع در شرایطی که باد با زاویهٔ چهل یا دویست وپانزده درجه نسبت به محور وسط گذر در جریان است به خوبی مشهود و در مواقعی سرعت متوسط باد داخل گذر نزدیک به دو برابر سرعت باد آزاد منطقه می‌شود ($\frac{Um}{Uo}=۲$)، (تصویر ۷).

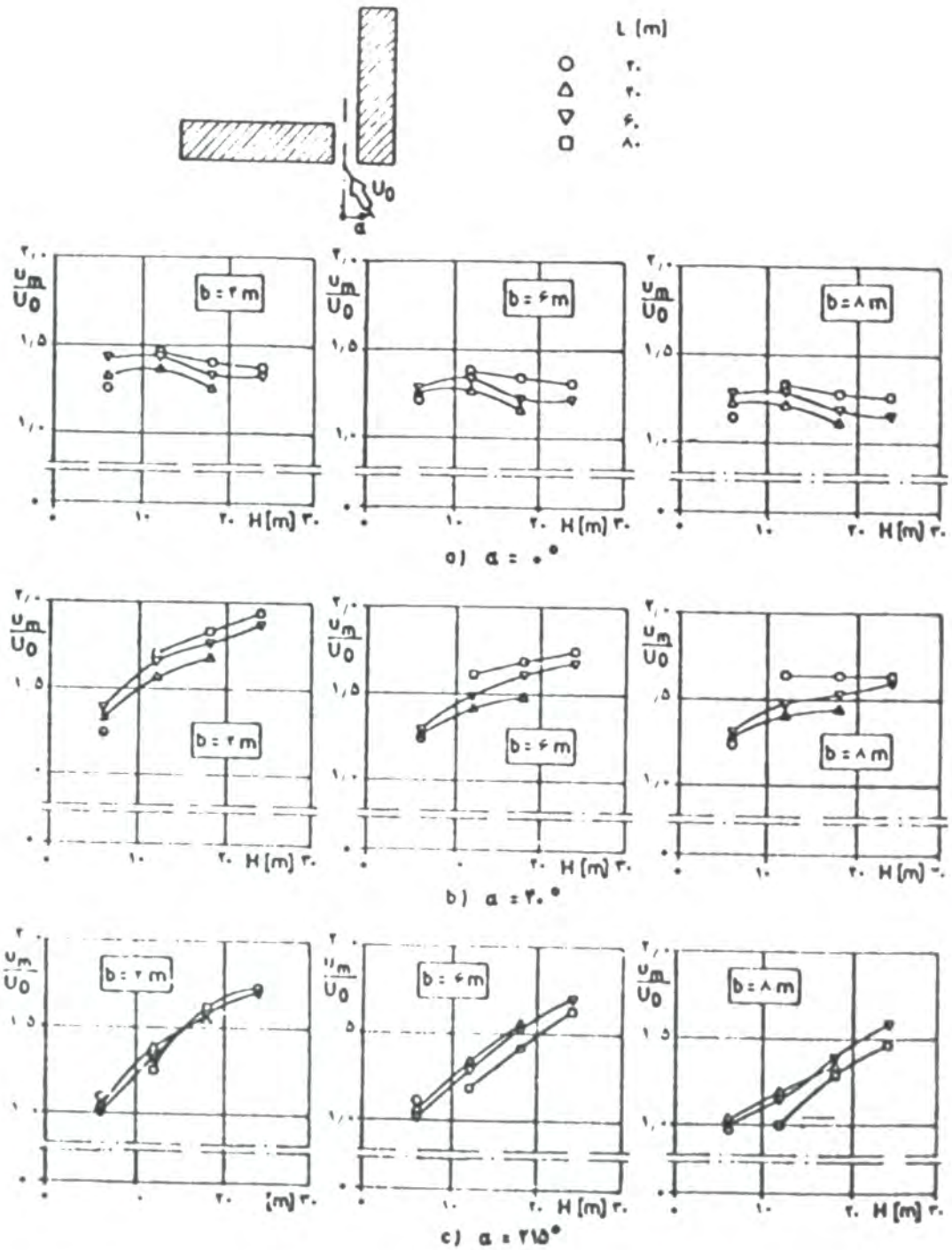
۲-۱-۲- رابطهٔ طول ساختمان و سرعت باد در گذر

همانطور که در تصویر ۷ آمده است به طور کلی با اضافه شدن به طول ساختمان به سرعت متوسط باد داخل گذر نیز افزوده خواهد شد و این رابطه تا زمانی که باد از بیرون به درون مجتمع در ورش باشد صادق است

در وضعیتی که باد تحت زاویهٔ دویست وپانزده درجه (۲۱۵ ◄) یعنی از طرف داخل میدان به بیرون به ورد رابطهٔ تغییرات طول ساختمان و سرعت متوسط باد داخل گذر معکوس می‌شود. دراین صورت با اضافه شدن به طول ساختمان، از سرعت متوسط باد داخل گذر کاسته خواهد شد. (Wiren ،۱۹۷۷)

۲-۱-۳- پهنای گذر و سرعت باد در گذر

تجربه نشان داده است که تعریض فضای گذر میان ساختمان‌ها، ازسرعت باد داخل گذر می‌کاهد. این کاهش در فضای بین ساختمان‌های بلند به خوبی



تصویر ۷ : تغییرات سرعت باد به ازاء تغییر ارتفاع ساختمانها

زمان را در نظر می‌گیرد و از فرمول زیر قابل محاسبه است استفاده کرد :

= سرعت معادل ثابت

[(شدت تلاطم)k+۱]× سرعت متوسط

شدت تلاطم، نسبت بین انحراف استاندارد و سرعت متوسط رانشان می‌دهد. مقدار k ضریب عددی است که برسر مقدار آن اختلاف نظر وجود دارد و از صفر تا چهار پیشنهاد شده است (۱۹۸۰، Lawson).

۶ـ سرعت موثر : به سرعت معادل ثابت سرعت موثر نیز گفته می‌شود.

۷ـ باد آزاد منطقه : بادی است که در محل بستر مجتمع، قبل از احداث ساختمان و دور از تاثیر هر گونه مانعی می‌وزد. سرعت این باد برابر سرعت باد اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی فرض شده‌است.

اکنون پس از آشنایی با مفاهیم بالا به پیمایش گونه‌های مختلف مجتمع‌های ساختمانی، از جمله گونه‌های ردیفی، کنجی، حیاط مرکزی، خیابانی، قیفی، پلکانی و زیگوراتی پرداخته خواهد شد.

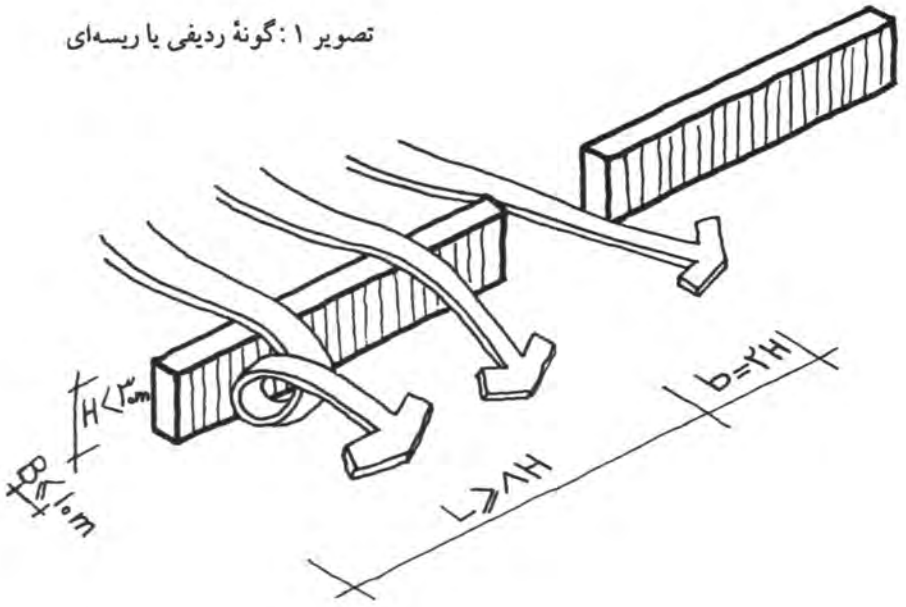
۱) گونهٔ ردیفی یا ریسه‌ای :

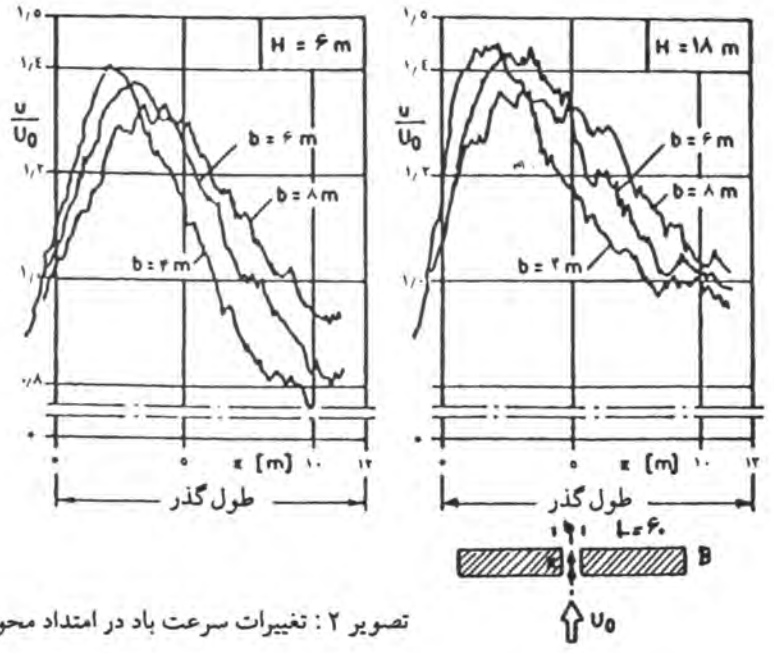
در این گونه، ساختمان‌های هم‌ارتفاع نسبتاً باریک با ارتفاع کمتر از سی‌متر و عرض تقریبی ده‌متر و کمتر و طولی معادل هشت برابر ارتفاع و بیشتر، مجزا از یکدیگر در مجاورت هم به ریسه کشیده می‌شوند، (تصویر۱).

فاصله یا گذر میان ساختمان‌ها، جریان باد را لوله کرده و از خود عبور می‌دهد. سرعت متوسط باد در داخل گذر، تابع اختلاف فشار در جبههٔ رو به باد و پشت به باد ساختمان‌ها بوده و مقدار آن در سرتاسر گذر متغیر است. حداکثر سرعت باد در نزدیکی دهانه اتفاق می‌افتد و معمولاً از سرعت باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد، (تصویر۲).

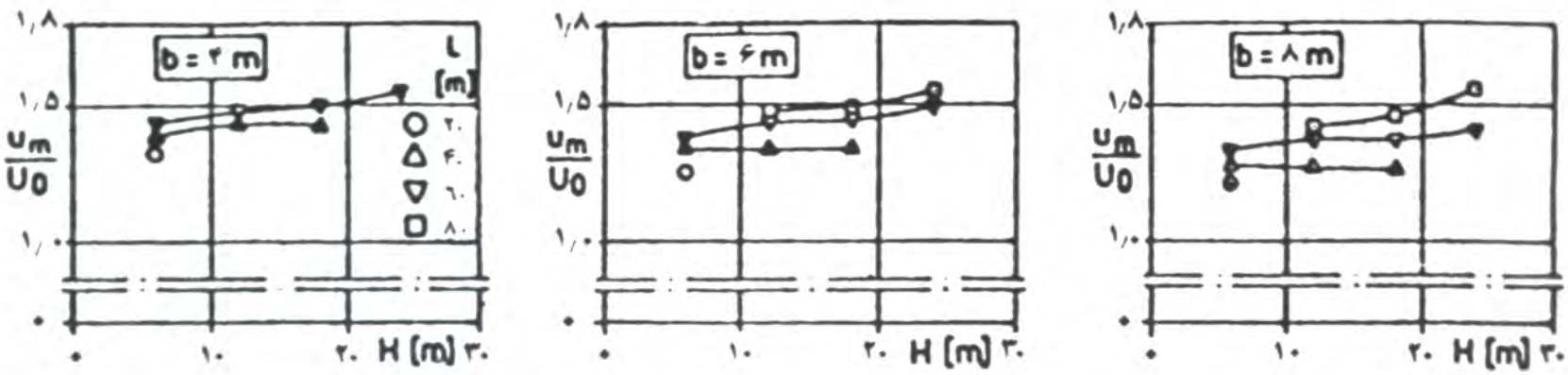
رابطهٔ میان سرعت متوسط باد در داخل گذر(Um)

تصویر ۱ : گونهٔ ردیفی یا ریسه‌ای





تصویر ۲ : تغییرات سرعت باد در امتداد محور وسط گذر



تصویر ۳ : تغییرات سرعت باد به ازاء ارتفاع

نسبت به باد آزاد منطقه(Uo) به ازاء متغیرهای ارتفاع، طول، عرض گذر و زاویهٔ حملهٔ باد در تونل باد بررسی شده و نتیجهٔ آن به شرح زیر است :

۱-۱- ارتفاع ساختمان‌ها و تغییرات سرعت باد :

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد، تا زمانی که طول ساختمان حدود چهل متر و کمتر است اثر ارتفاع چندان محسوس نیست. ولی از چهل متربه بالا نسبت $\frac{Um}{UO}$ متناسب با ارتفاع، تغییر محسوس می‌کند. به طور مثال در مورد ساختمان‌هایی به طول هشتاد متر از ۱/۴ برای ساختمان‌های چهار طبقه تا ۱/۸ برای ساختمان‌های هشت طبقه ترقی خواهد کرد (Wiren، ۱۹۸۸) ، (تصویر۳).

۱-۲- طول ساختمان‌ها و تغییرات‌سرعت باد درگذر:

به طور کلی با ازدیاد طول ساختمان‌ها نسبت $\frac{Um}{Uo}$ نیز ترقی خواهد کرد ولی میزان تغییرات برای ساختمان‌های سه طبقه و بلندتر محسوس می‌شود. برای نمونه به ازای تغییر طول ساختمان از چهل به هشتاد متر نسبت $\frac{Um}{Uo}$ نیز از ۱/۳ به حدود ۱/۵ بالغ خواهد شد.(همان تصویر).

۱-۳- عرض گذر و تغییرات سرعت باد :

مطالعات موجود نشان می‌دهد که تغییرات سرعت باد در گذرهایی با عرض معادل نصف ارتفاع ساختمان‌های مجتمع ($b=\frac{H}{2}$)، نامحسوس است (Lawson، ۱۹۸۰). در صورتی که عرض گذر از تناسب مذکور کمتر شود ساختمان‌های مجتمع، حکم یک ساختمان واحد را یافته حداکثر سرعت باد در منطقهٔ پشت به باد ساختمان‌ها اتفاق می‌افتد.

در صورتی که عرض گذر بیش از دو و نیم برابر ارتفاع ساختمان‌ها باشد($b>2/5H$)، تغییرات سرعت باد در گذر نسبت به باد آزاد منطقه‌ای دوباره نامحسوس خواهد شد،(همان). ولی در فاصلهٔ در حد بالا، یعنی $\frac{H}{2}<b<2/5H$ سرعت باد در گذر نسبت به باد آزاد محیط افزایش یافته تا جایی که در گذری به پهنای ۲H در میان دو برج ساختمانی به بلندای تقریبی سی‌متر و بلندتر (تا چهل و پنج متر) به دو برابر سرعت باد آزاد منطقه‌ای نیز خواهد رسید(همان).

۱-۴- زاویهٔ حملهٔ باد و تغییرات سرعت آن در گذر :

مطالعات تونل باد نشان می‌دهد، تا زمانی که باد با زاویهٔ چهل و پنج درجه به ریسهٔ ساختمان‌ها می‌وزد و ارتفاع ساختمان‌ها از ۱۵ تا ۲۵ متر می‌باشد، بخش اعظم باد جریان از روی ساختمان‌ها گذشته و با حرکت چرخشی به فضای پشت ساختمان‌ها فرو می‌ریزد و سرعت آن در پشت ساختمان‌ها و در وسط ریسه به حداکثر می‌رسد میزان سرعت باد به طول ریسه بستگی دارد. سرعت باد در پشت ریسه کوتاه بیش از ریسهٔ بلند است.(Gandemer ۱۹۷۷)

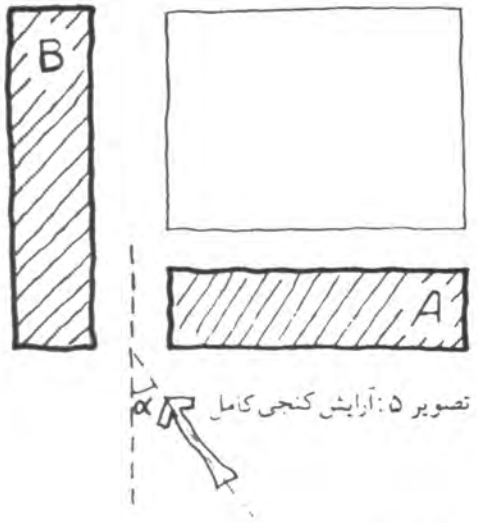
۱-۵- تحقیف سرعت باد در گذر

برای تحقیف سرعت باد در گذر میان ساختمان‌ها می‌توان به یک یا چند طریق زیر عمل کرد

۱)فاصله بین ساختمان‌ها را از نصف ارتفاع آنها کوچکتر و یا از دو برابر ارتفاع آنها بزرگتر انتخاب کرد،($\frac{H}{2}>b$ یا $2H<b$).

۲) فضای گذر را با پوششی یک تراک (دو دامنه) مسقف کرد(Wiren،۱۹۷۷)، (تصویر ۴).

۳) در روی نمای ساختمان‌های ریسه برجستگی ایجاد کرد. این راه حل در شرایطی که باد غالب با زاویهٔ ۴۵ درجه به ریسه می‌وزد مفید واقع خواهد شد.(Gandemer، ۱۹۷۷).



تصویر ۵ : آرایش کنجی کامل

۲) گونهٔ کنجی :

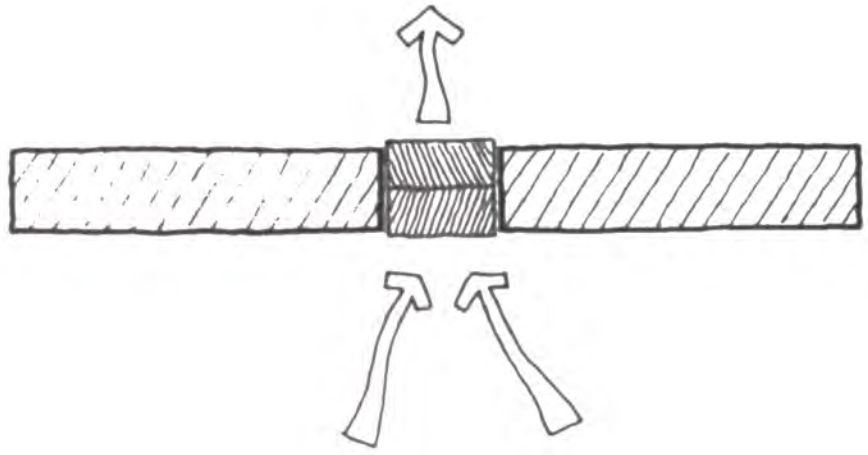
یکی از ترکیبات رایج در شهرسازی نوین، گونهٔ کنجی است. در این گونه محور طولی دو ساختمان عمود بر یکدیگر قرار می‌گیرند به نحوی که فضایی به شکل میدان در حلوی آنها احداث و دو ضلع بزرگ ساختمان‌ها مشرف بر آن هستند.

استقرار ساختمان‌ها نسبت به هم، از لحاظ آیرودینامیک معماری مهم است. مطالعات انجام شده دربارهٔ دو حالت شاخص از این گونه آرایش به اجمال در زیر آمده است :

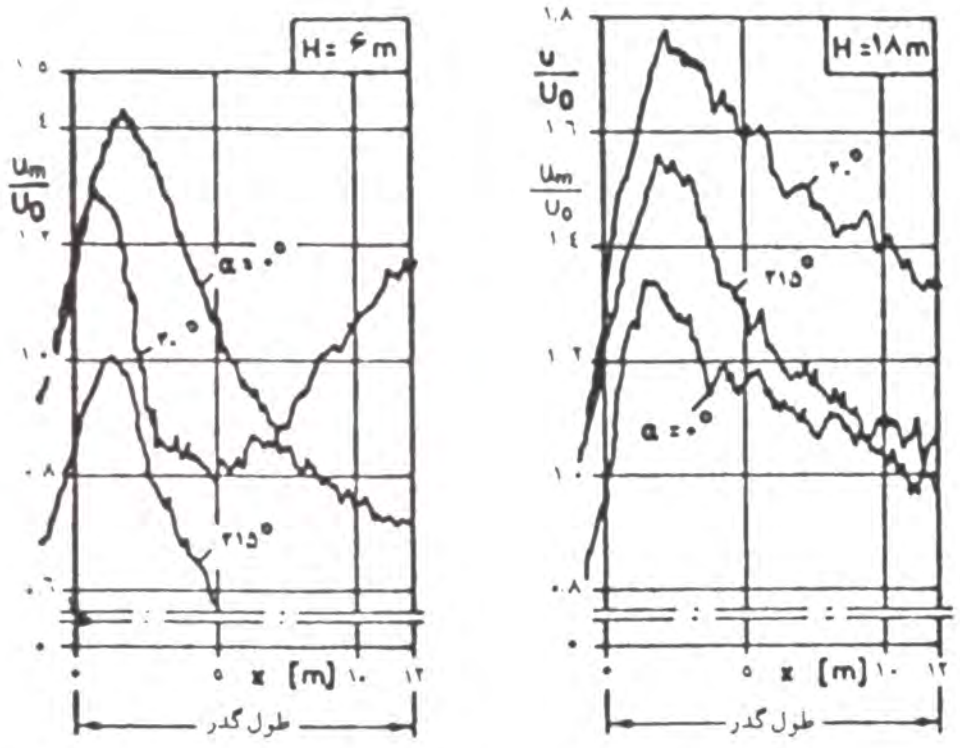
۱-۲- آرایش کنجی کامل :

دراین آرایش، ضلع کوچک یک ساختمان در امتداد ضلع بزرگ غیر مشرف به میدان ساختمان دیگر قرار می‌گیرد، به طوری که پلان ساختمان‌ها مجموعاً حرف لاتین (L) و یا قرینهٔ آن را می‌سازند، (صرفنظر از گذر میان ساختمان‌ها)، (تصویر ۵).

در این آرایش نیز حداکثر سرعت باد در نزدیکی دهانه و در داخل گذر اتفاق می‌افتد و در بیشتر موارد از سرعت باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد. تصویر ۶ تغییرات سرعت باد در امتداد محور وسط گذری به عرض چهار متر را نشان می‌دهد.



تصویر ۴ : سقف یک ترک (دو دامنه) بر روی گذر، جهت تخفیف سرعت باد



تصویر ۶: تغییرات سرعت باد در امتداد محور وسط گذری به عرض چهار متر

رابطهٔ تغییرات سرعت باد داخل گذر با متغیرهای مختلف از جمله ارتفاع، طول ساختمان‌ها، عرض گذر و زاویهٔ حملهٔ باد مورد بررسی قرار گرفته است و نتیجهٔ آن به شرح زیر است:

۱-۱-۲- ارتفاع ساختمان‌ها و تغییرات سرعت باد:

بررسی‌های تونل باد در بارهٔ ارتفاع ساختمان‌ها با سرعت باد جاری در محور وسط گذر نشان می‌دهد که اثر ارتفاع ساختمان‌ها در سرعت باد داخل گذر تا زمانی که باد در امتداد محور وسط گذر در جریان باشد چندان قابل ملاحظه نیست. ولی تاثیر ارتفاع در شرایطی که باد با زاویهٔ چهل یا دویست وپانزده درجه نسبت به محور وسط گذر در جریان است به خوبی مشهود و در مواقعی سرعت متوسط باد داخل گذر نزدیک به دو برابر سرعت باد آزاد منطقه می‌شود ($\frac{Um}{Uo}=2$)، (تصویر ۷).

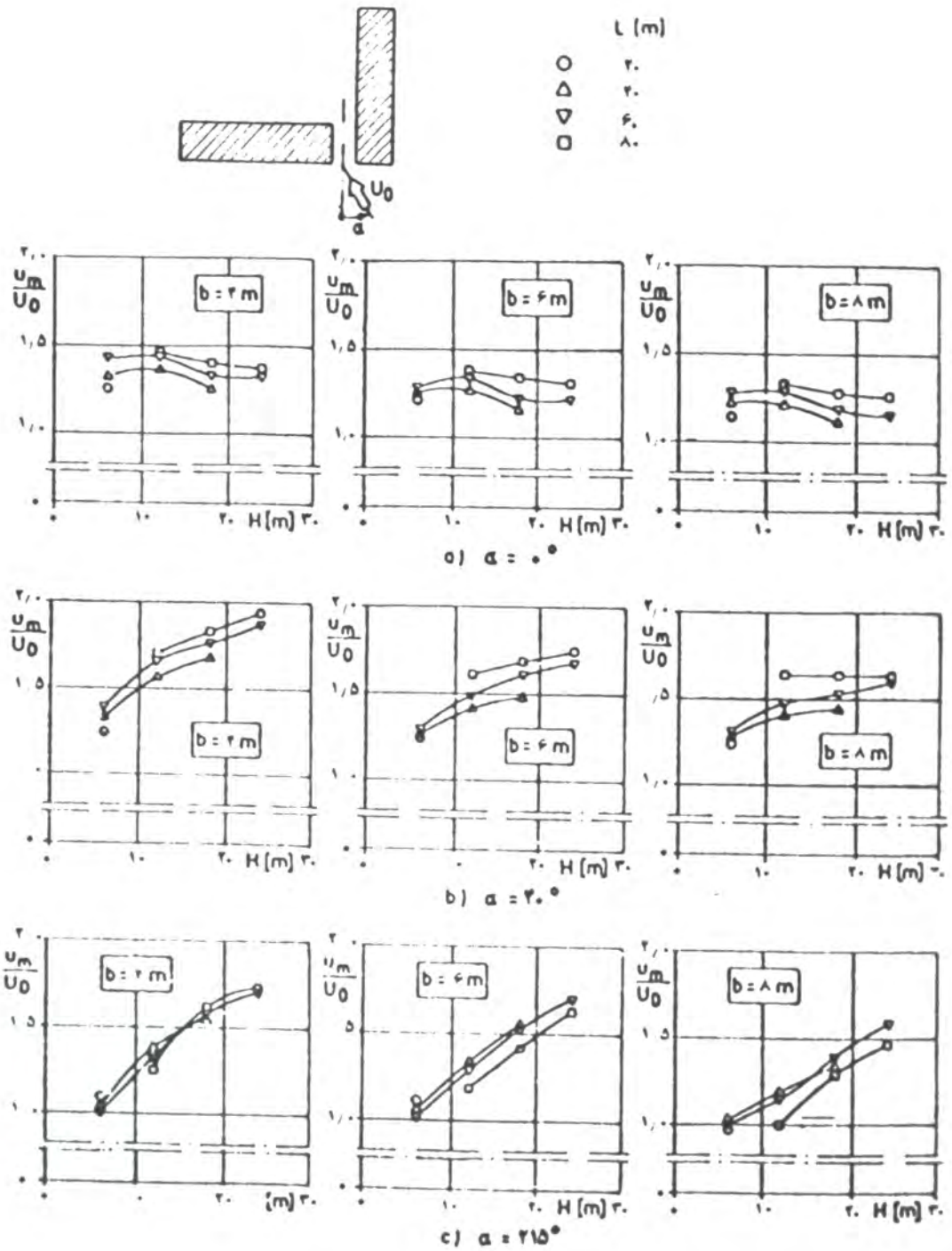
۲-۱-۲-رابطهٔ طول ساختمان و سرعت باد در گذر:

همانطور که در تصویر ۷ آمده است به طور کلی با اضافه شدن به طول ساختمان به سرعت متوسط باد داخل گذر نیز افزوده خواهد شد و این رابطه تا زمانی که باد از بیرون به درون مجتمع در ورش باشد صادق است.

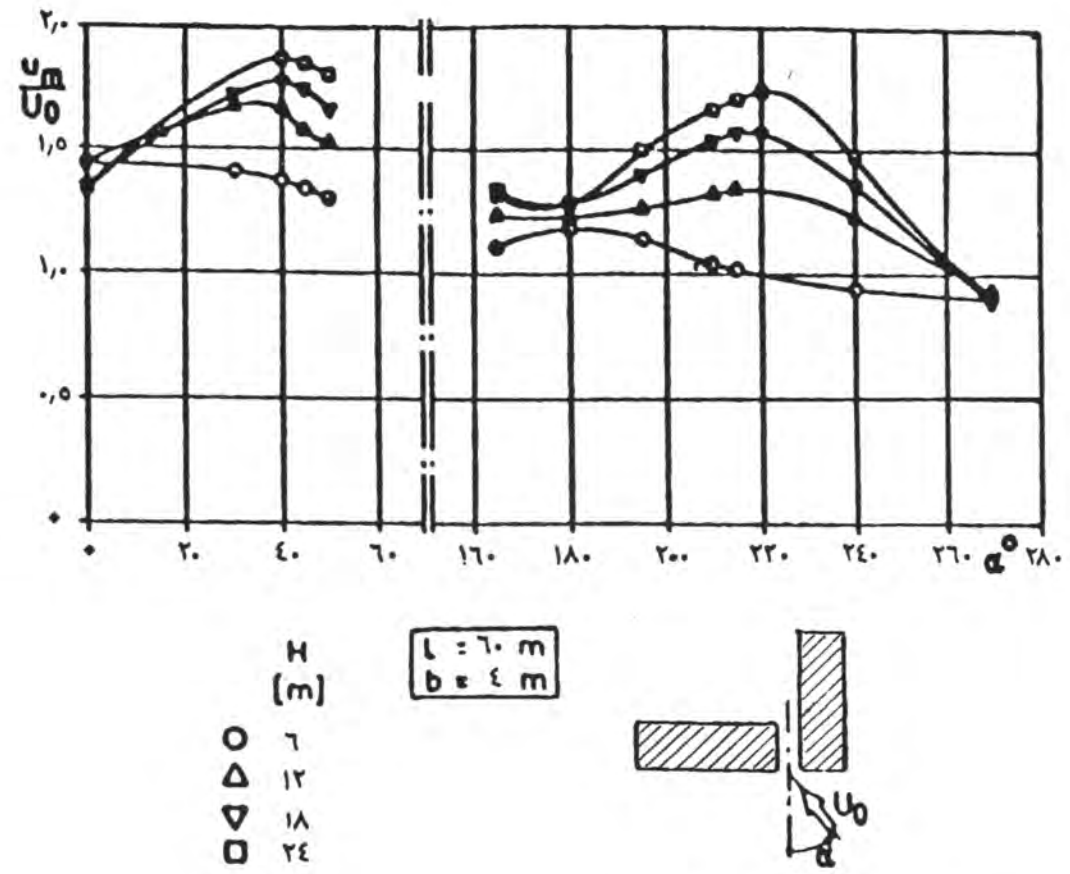
در وضعیتی که باد تحت زاویهٔ دویست وپانزده درجه ($\alpha=215$) یعنی از طرف داخل میدان به بیرون به ورد رابطهٔ تغییرات طول ساختمان و سرعت متوسط باد داخل گذر معکوس می‌شود. دراین صورت با اضافه شدن به طول ساختمان، از سرعت متوسط باد داخل گذر کاسته خواهد شد (Wiren، ۱۹۷۷).

۳-۱-۲- پهنای گذر و سرعت باد در گذر:

تجربه نشان داده است که تعریض فضای گذر میان ساختمان‌ها، ازسرعت باد داخل گذر می‌کاهد، این کاهش در فضای بین ساختمان‌های بلند به خوبی



تصویر ۷ : تغییرات سرعت باد به ازاء تغییر ارتفاع ساختمانها



تصویر ۸ : تاثیر زاویهٔ حملهٔ باد بر سرعت باد در امتداد محور وسط گذر

محسوس است . ضمناً در اثر تعریض گذر، محل وقوع سرعت حداکثر باد از نزدیک دهانه به مکانی داخلی‌تر منتقل می‌شود.

۴-۱-۲- زاویهٔ حملهٔ باد و سرعت باد در گذر:

مطالعات تونل باد نشان می‌دهد که سرعت باد در فضای میان ساختمان‌ها به ازای چند نمونه زاویهٔ حمله باد (α) از باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد. برای مثال، در شرایطی که زاویهٔ حملهٔ باد صفر درجه است، نسبت سرعت باد در داخل گذر به باد آزاد منطقه نزدیک به یک ونیم خواهد رسید- به شرط آنکه ارتفاع ساختمان‌ها در حدود شش متر باشد.

همچنین اگر زاویهٔ حملهٔ باد نزدیک به چهل درجه و ارتفاع ساختمان‌ها در حدود هجده متر و بیشتر باشد، نسبت سرعت باد گذر به باد آزاد منطقه در همان ارتفاع به ۱/۸ نزدیک خواهد شد. تصویر ۸ رابطه تغییرات زاویهٔ حملهٔ باد و سرعت آن در امتداد محور وسط گذر میان ساختمان‌ها را به ازای ارتفاع متفاوت آنها نشان می‌دهد.(۱۹۷۷، Wiren).

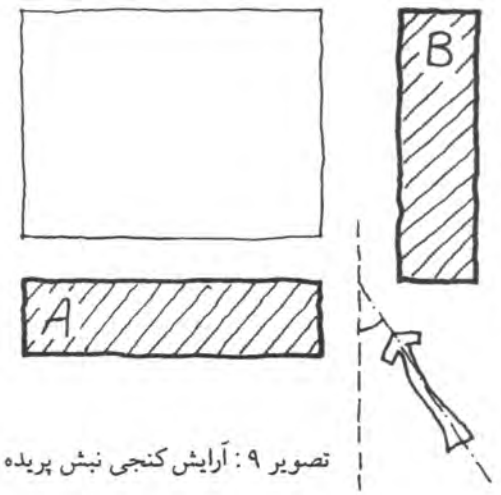
۲-۲- آرایش کنجی نبش پریده:

دراین آرایش، ضلع کوچک یک ساختمان در امتداد ضلع بزرگ مشرف به میدان ساختمان دیگر قرار می‌گیرد، تصویر۹. برای این آرایش نیز همبستگی ارتفاع ساختمان‌ها و زاویهٔ حملهٔ باد با تغییرات سرعت باد داخل گذر مطالعه شده و نتیجه آن به شرح زیر است :

۱-۲-۲- تغییر سرعت باد گذر به ازای تغییر ارتفاع ساختمان‌ها:

تغییرات سرعت باد داخل گذر میان دو دسته ساختمان به بلندای دوازده متر (۴ طبقه) و بیست وچهار متر (۸ طبقه) مورد مطالعه قرار گرفته و نتیجه آن در تصویر ۱۰ آمده است.

از مطالعهٔ شباهت میان دو بخش تصویر ۱۰ می‌توان دریافت که تغییرات سرعت متوسط باد در داخل گذر به ازای تغییر ارتفاع و زاویهٔ حملهٔ صفر و هفتاد درجه چندان زیاد نیست، مگر در شرایطی که باد تحت زاویهٔ ۲۲۵ درجه (از داخل میدان) در وزش باشد. در این صورت ماکسیمم سرعت باد در نزدیکی نبش پیشین ساختمان A (تصویر ۸)اتفاق افتاده و برای ساختمان‌هایی به بلندای هشت طبقه نزدیک به ۱/۵ برابر سرعت باد آزاد منطقه نیز خواهد رسید.



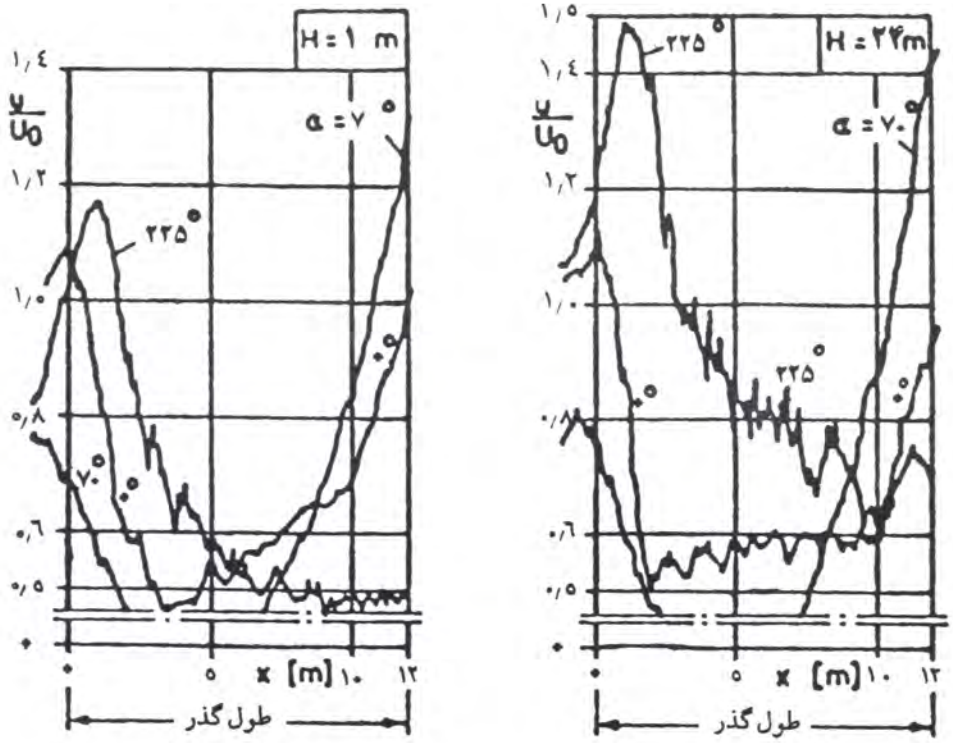
تصویر ۹ : آرایش کنجی نبش پریده

۲-۲-۲- زاویهٔ حملهٔ باد و تغییرات سرعت آن در گذر:

تغییرات سرعت باد در محور وسط گذر به ازای زوایای مختلف حملهٔ باد مورد مطالعه قرار گرفته و نتیجه در تصویر ۱۱ آمده است. همانگونه که از تصویر بر می‌آید :

اولاً سرعت باد در داخل گذر به ازای زوایای حمله متفاوت از باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد مگر در وضعیتی که باد به موازات محور وسط گذر در جریان باشد. در این صورت نسبت به آن افت جزیی نیز خواهد داشت.

ثانیاً تغییرات سرعت باد در گذر بین ساختمان‌های کوتاه دو طبقه (۶ متر) از یک تا ۱/۲ برابر سرعت باد آزاد منطقه تغییر کرده و حداکثر آن زمانی اتفاق می‌افتد که زاویهٔ حملهٔ باد نزدیک به ۲۳۰ درجه باشد، (باد از طرف میدان بوزد). با مرتفع شدن ساختمان‌ها، تغییرات سرعت باد محسوس‌تر می‌شود. چنانکه در گذر میان دو ساختمان هشت



تصویر ۱۰ : تغییرات سرعت باد به ازاء تغییر ارتفاع ساختمانها

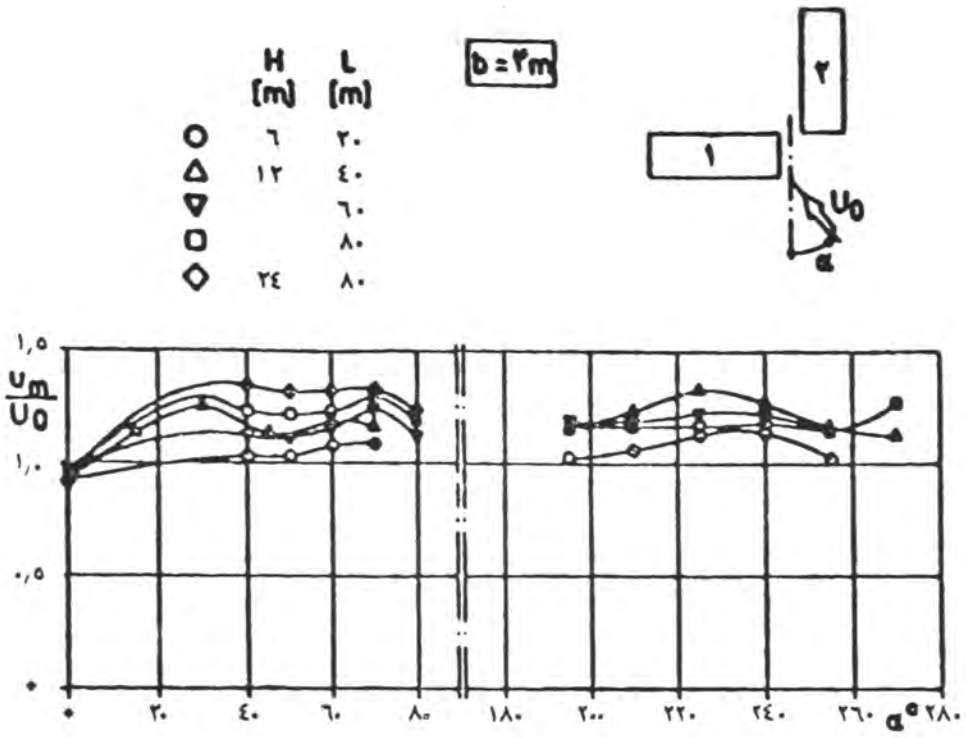
طبقه (۲۴ متر) سرعت باد گذر به ۱/۳ برابر باد آزاد منطقه نیز بالغ خواهد شد و حداکثر آن به ازای زاویهٔ حملهٔ چهل تا شصت درجه اتفاق می‌افتد.

۳-۲- جمعبندی و نتیجه‌گیری از مبحث گونهٔ کنجی :

مبحث بالا به ویژگی‌های آیرودینامیکی گونهٔ کنجی پرداخته و عوامل موثر در تغییرات سرعت باد در فضای گذر بین ساختمان‌ها را مورد مطالعه قرار داده است. در این مسیر، به ارتفاع، طول و فاصلهٔ میان ساختمان‌ها و همچنین زاویهٔ وزش باد نسبت به محور گذر میان آنها به عنوان متغیرهای مستقل تحقیقاتی و تغییرات سرعت باد در امتداد محور وسط گذر به عنوان متغیر وابستهٔ تحقیقاتی توجه شده است. نتایج حاصل از جمعبندی مطالب بالا نشان می‌دهد که :

۱- زاویهٔ وزش باد و ارتفاع ساختمان‌ها هرچه باشد، (تا زمانی که سایر شرایط یکسانند)، سرعت باد درمدخل گذر آرایش کنجی کامل بیش از آرایش کنجی نبش پریده است ؛ و درهر صورت حداکثر سرعت باد در آرایش اول بیش از آرایش دوم است.

۲- برای ساختمان‌های بلندتر از دو طبقه، حداکثر



تصویر ۱۱ : تاثیر زاویهٔ حملهٔ باد بر سرعت آن در امتداد محور وسط گذر

نوع آرایش	مورد آزمایش	U_m/U_0	
		$\alpha=0°$	$\alpha=40°$
کنجی کامل	——	۱/۲۳	۱/۶۱
کنجی کامل با گذر مسقف	سقف یک ترک با دو دامنه با شیب ۲ به ۳	۱/۰۸	۱/۲۸

جدول ۱ : تاثیر آرایش در سرعت باد داخل گذر

سرعت باد زمانی اتفاق می‌افتد که :

الف : زاویهٔ حملهٔ باد نزدیک به چهل درجه برای آرایش کنجی نبش پریده و یا چهل درجه تمام برای آرایش کنجی کامل باشد.

ب : زاویه حمله باد نزدیک به دویست و بیست درجه برای آرایش کنجی نبش پریده و یا دویست و بیست درجه تمام برای آرایش کنجی کامل باشد- یعنی باد از درون مجتمع به سمت بیرون در جریان باشد.

باید توجه داشت که تغییر سرعت باد داخل گذر به باد آزاد منطقه در همان ارتفاع می‌تواند تحت شرایطی مطلوب و تحت شرایطی دیگر نامطلوب باشد. به همین جهت مطالعه و کنترل سرعت باد در داخل گذر مدنظر محققین قرار گرفته و در این مسیر کاربرد سقف روی گذر و شبکه‌های بادشکن غیرگیاهی در جلوی گذر در تخفیف سرعت باد آزمایش شده است.

تجربه نشان داده است که احداث سقف یک ترک (دو دامنه) در بالای گذر آرایش کنجی کامل تا حدودی از سرعت باد داخل گذر می‌کاهد، (جدول شماره ۱) با تعمق در محتوای جدول بالا می‌توان پذیرفت که کنترل سرعت باد با استفاده از یک روش مجرد نمی‌تواند با نتیجهٔ کامل همراه باشد و شاید الزاماً استفاده از روش‌های مرکب اجباری است. در این صورت باید با تعمق در فاکتورهای مستقل تحقیقاتی فوق‌الذکر و انتخاب تناسبات سنجیده برای ساختمان‌ها و گذر میان آنها و تعبیه بادشکن غیرگیاهی در جلوی گذر و احداث سقف یک ترک به صورت سایبان به طور همزمان برای حل مشکل اقدام کرد.

ضمناً از آنجا که تا لحظه نگارش این مقاله، گزارش تحقیقی از کاربرد بادشکن گیاهی در تخفیف سرعت باد داخل گذر در آرایش کنجی در دست نبوده است، لذا پیشنهاد می‌شود که کمبود اطلاعات به فال نیک گرفته شود و به کاربرد بادشکن گیاهی در مدخل گذر و ترکیب این راه‌حل با راه‌حل‌های دیگر امیدوار شد و در تحقیقات آینده اعتبار این پیشنهاد را آزمایش کرد.

۳) گونهٔ حیاط مرکزی :

به مجتمع ساختمان‌هایی گفته می‌شود که به شکل چند ضلعی با یکدیگر جمع شده و فضای محصوری در میان خود احداث می‌کنند، (تصویر ۱۲).

در صورتی که حیاط مرکزی دارای دهانهٔ ورودی باشد، تا زمانی که طول دهانه از ۰/۲۵ طول پیرامون چند ضلعی کوچکتر است حیاط مرکزی مسدود قلمداد خواهد شد، (Gandemer، ۱۹۷۷).به طور کلی، آرایش حیاط مرکزی به دلیل پناه دادن به انسان در مقابل باد اهمیت یافته است و این قابلیت تا زمانی که ارتفاع ساختمان‌ها از چهار طبقه کوتاهتر نشده و عرض فضای داخلی از پنجاه تا شصت متر تجاوز نکند از دست نخواهد رفت. مطالعهٔ دقیق‌تر دربارهٔ رفتار و سرعت باد در داخل حیاط در تونل باد انجام شده و نتیجهٔ عمده آن به شرح زیر است :

برای تعریف رفتار باد در فضای حیاط مرکزی می‌توان از رابطهٔ $\frac{S}{h^2}$ یعنی نسبت مساحت حیاط مرکزی (S) بر مجذور ارتفاع متوسط ساختمان‌های پیرامون حیاط (h^2) و مفهوم حیاط مرکزی باز وبسته استفاده کرد.

۱-۳- آرایش حیاط مرکزی بسته :

اگر $\frac{S}{h^2}$ بوده و ارتفاع متوسط ساختمان‌های پیرامون حیاط از پانزده متر (پنج طبقه) تا بیست وپنج متر (حدود هشت طبقه) تجاوز نکند، حیاط مرکزی قابلیت پناه دادن داشته و سرعت معادل ثابت باد در داخل حیاط نسبت به سرعت معادل ثابت باد آزاد محیط از ۰/۴ تا ۰/۸ متغیر خواهد بود،(Gandemer، ۱۹۷۷).

در صورتی که $\frac{S}{h^2}$ باشد ولی ارتفاع متوسط ساختمان‌ها از سی‌متر (ده طبقه) تجاوز کند، موقعیت دهانه نسبت به جهت باد عامل تعیین کننده در وضعیت باد داخل حیاط خواهد شد. بدین ترتیب که در مجتمع‌های حیاط مرکزی مسدود و حیاط مرکزی با دهانهٔ پشت به باد، سرعت معادل ثابت باد داخل حیاط از ۰/۵ سرعت معادل ثابت باد آزاد محیط تجاوز نخواهد کرد.

۲-۳- آرایش حیاط مرکزی باز:

در صورتی که حیاط مرکزی از نوع باز قلمداد و یا دهانهٔ آن رو به باد و رابطهٔ $\frac{S}{h^2}$ برقرار باشد، نسبت سرعت معادل ثابت باد داخل حیاط به باد آزاد محیط از ۰/۷ تا ۱/۱ تغییر خواهد کرد.

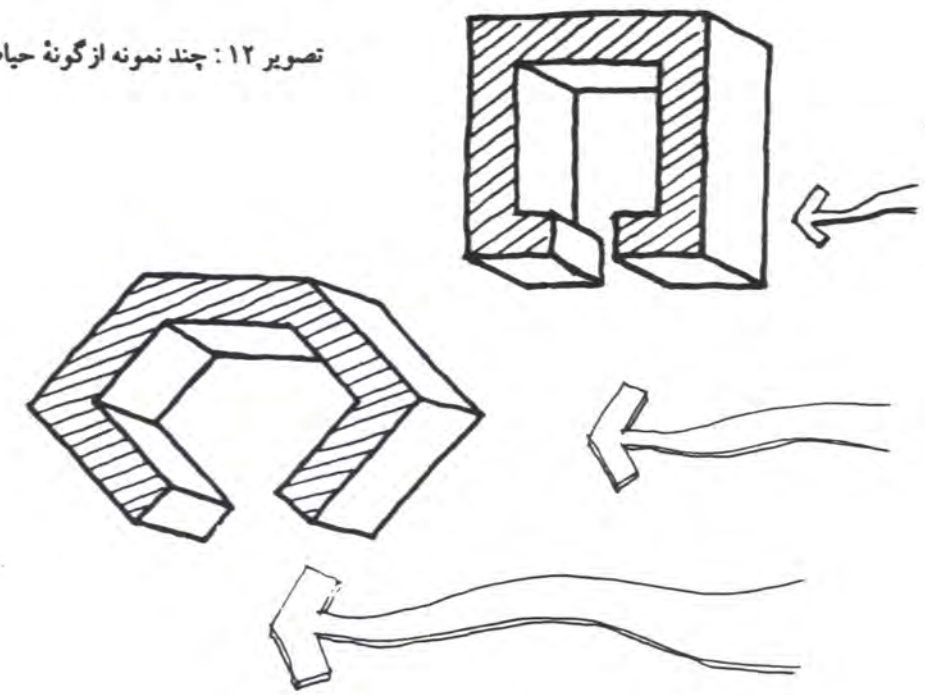
۱-۲-۳- زاویهٔ حملهٔ باد و تغییرات سرعت آن :

در مورد زاویهٔ حملهٔ باد به دهانهٔ مجتمع و تغییرات سرعت باد در داخل حیاط، مطالعات تونل باد به عمل آمده و مشخص شده که اگر راستای وزش باد با سطح دهانهٔ مجتمع زاویهٔ چهل وپنج درجه احداث نماید، هوای داخل حیاط به دوران خواهد افتاد. در صورتی که به موازات و یا عمود بر آن باشد، سرعت معادل ثابت باد داخل حیاط همواره کمتر از سرعت معادل ثابت باد آزاد منطقه خواهد بود.

۳-۳- جمعبندی مبحث گونهٔ حیاط مرکزی :

مطابق آنچه گفته شد، از محاسبهٔ نسبت سطح حیاط مرکزی بر مجذور ارتفاع متوسط ساختمان‌های محصور کنندهٔ آن می‌توان به وضعیت سرعت باد داخل حیاط مرکزی پی برد. ولی به طور کلی تا وقتی که ارتفاع ساختمان‌های مجتمع از چهار طبقه بلندتر و عرض حیاط از پنجاه تا شصت متر تجاوز نکند، سرعت باد داخل حیاط کندتر از باد آزاد منطقه بوده و قابلیت پناه دادن حیاط حفظ خواهد شد.

تصویر ۱۲ : چند نمونه از گونهٔ حیاط مرکزی



۴) گونهٔ خیابانی :

به مجتمع ساختمان‌هایی گفته می‌شود که در دو سوی یک فضای باز کشیده و کم عرض به موازات هم به گونه‌ای استقرار یابند که دو جبههٔ دو طرف خیابان را تداعی کنند،(تصویر ۱۳).

تجربه نشان داده که اگر باد در امتداد محور طولی مجتمع وارد خیابان شود،در تمام طول فضای باز جریان خواهد یافت و سرعت آن در شرایطی که :

۱) هندسهٔ ساختمان‌های دو جبههٔ کناری منظم و یکدست باشد؛

۲) عرض خیابان از سه برابر ارتفاع متوسط ساختمان‌های اطراف تجاوز نکند؛

یکنواخت و بدون تغییر خواهد بود.

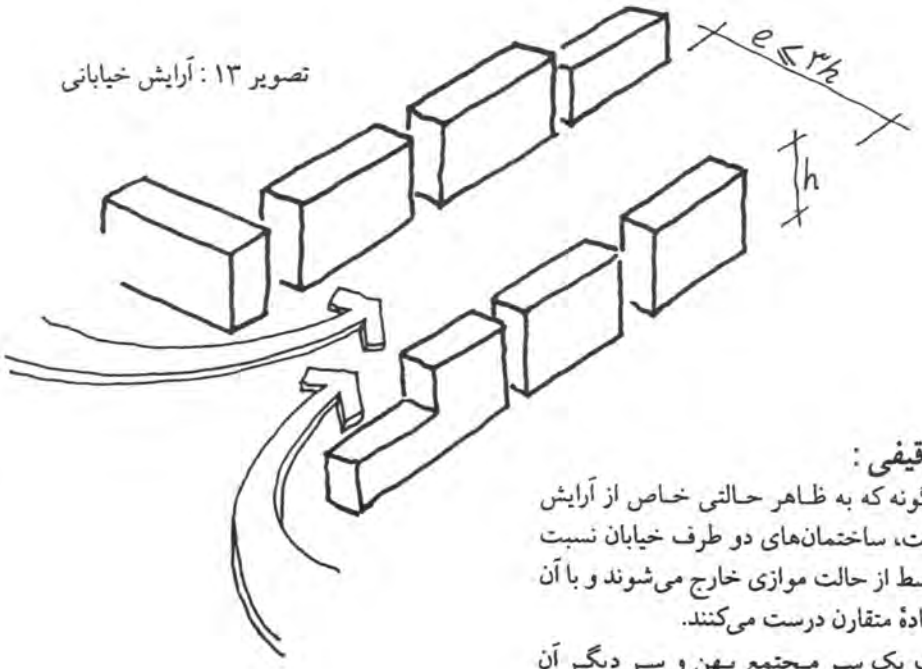
بدین ترتیب، این آرایش ساختمانی از لحاظ عدم تغییر سرعت باد آزاد منطقه اهمیت دارد. ولی در مقابل، اگر جریان باد منطقه‌ای با سرعت ناراحت کننده وارد خیابان شود، مشکل را در تمام طول خیابان با خود به همراه خواهد داشت. به همین لحاظ احداث این نوع مجتمع‌ها در مناطقی که سرعت باد غالب، از حد راحت تجاوز می‌کند جایز نیست.

بهر حال در صورتی که احداث این نوع مجتمع‌ها ضرورت داشته باشد، باید با استفاده از یک یا ترکیبی از راه‌حل‌های زیر سرعت باد را کاسته ومشکل را تخفیف داد :

۱) ساختمان‌ها را از یکدیگر منفک کرده و بین آنها فاصله گذاشت به طوری که طول فضای آزاد میان آنها رویهم در حدود ۷۵٪ طول جبهه‌های خیابان باشد (Lanson ،۱۹۸۰)

۲) خط آسمان جبهه‌های دو طرف خیابان را به کمک ساختمان‌های کوتاه و بلند از یکدستی خارج کرد،(همان).

۳) با زوایای نزدیک به قائمه به خیابان پیچ وتاب داد،(Gandemer،۱۹۷۷)



تصویر ۱۳ : آرایش خیابانی

۵) گونهٔ قیفی :

دراین گونه که به ظاهر حالتی خاص از آرایش خیابانی است، ساختمان‌های دو طرف خیابان نسبت به محور وسط از حالت موازی خارج می‌شوند و با آن دو زاویهٔ حادهٔ متقارن درست می‌کنند.

بدین ترتیب یک سر مجتمع پهن و سر دیگر آن باریک و آرایش شبیه قیف ظاهر می‌شود، (تصویر ۱۴).

اگر دراین مجتمع باد از سمت دهانهٔ پهن به طرف دهانهٔ باریک بسوزد، معمولاً به سرعت آن در دهانهٔ تنگ اضافه خواهد شد، چرا که حجم هوای دهانهٔ پهن‌تر خیابان باید همزمان و یکجا از دهانهٔ باریک‌تر خارج شود. تغییر سرعت باد در شرایط زیر به خوبی محسوس است:

۱) عرض دهانهٔ تنگ خیابان (W) از نصف ارتفاع متوسط ساختمان‌های دو جبههٔ مجتمع (H) کمتر نبوده و از چهار برابر آن نیز بیشتر نباشد،($\frac{H}{2} < W < 4H$).

۲) هریک از جبهه‌های مجتمع نزدیک به پنجاه متر بوده و طول دو جبهه در حدود صد متر یا بیشتر باشد.

۳)ارتفاع ساختمان‌های دو جبههٔ مجتمع از پانزده متر (پنج طبقه) کمتر نباشد.

۴) تا حدود صدمتری جلو و عقب دهانهٔ قیف مانع یا ساختمانی در سر راه باد وجود نداشته باشد.(Gandemer ،۱۹۷۷)

در صورتی که عرض دهانهٔ قیف کمتر از نصف ارتفاع متوسط ساختمان‌ها و اختلاف سر وته این آرایش زیاد باشد، مقداری از تودهٔ هوای جاری در خیابان به جای عبور از دهانهٔ قیف از بالای دیوارهای دو طرف دهانه به بیرون مجتمع فرو می‌ریزد.

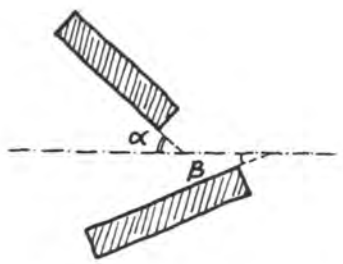
در مقابل، اگر عرض دهانه در حدود دو تا سه برابر ارتفاع متوسط ساختمان‌های دو جبهه باشد، شرایط برای پیشی‌گرفتن سرعت باد جاری در دهانه، نسبت به باد آزاد منطقه، مساعد خواهد شد، به طوری که اگر ارتفاع ساختمان‌های دو طرف دهانه

بیست وپنج تا سی متر باشد سرعت معادل ثابت باد داخل دهانه به ۱/۳ برابر سرعت معادل ثابت باد منطقه‌ای و اگر ارتفاع ساختمان‌ها در حدود پنجاه متر باشد، به ۱/۶ نیز خواهد رسید.

ازدیاد سرعت باد در دهانهٔ قیف نه تنها همواره نامطلوب نیست بلکه در شرایطی از جمله در مناطق گرم و مرطوب و یا مناطق مستعد آلودگی هوا، مفید نیز می‌تواند باشد. ولی در هرحال اگر ازدیاد سرعت باد ایجاد مزاحمت کند می‌توان از یک یا ترکیبی از راه حل‌های زیر برای پرهیز از آن استفاده کرد.

۱) از ارتفاع ساختمان‌های دو جبهه کاست به طوری که ارتفاع متوسط آنها از پنج طبقه تجاوز نکند؛

۲) دو جبههٔ مجتمع را نسبت به محور وسط خیابان از حالت تقارن خارج کرد، (تصویر ۱۵).



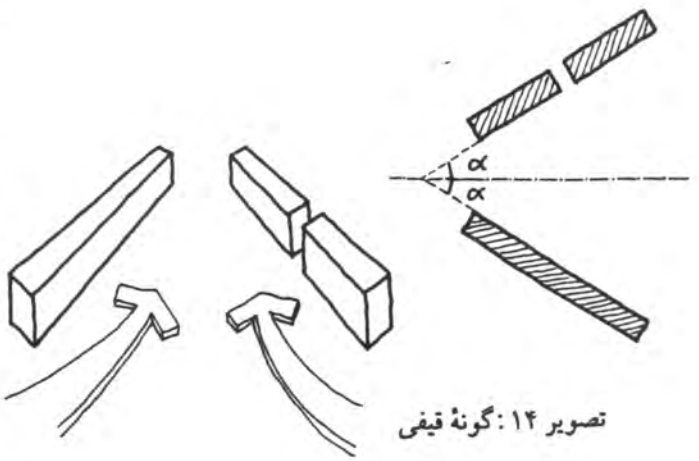
تصویر ۱۵ : آرایش قیفی غیر متقارن

۶) گونهٔ پلکانی :

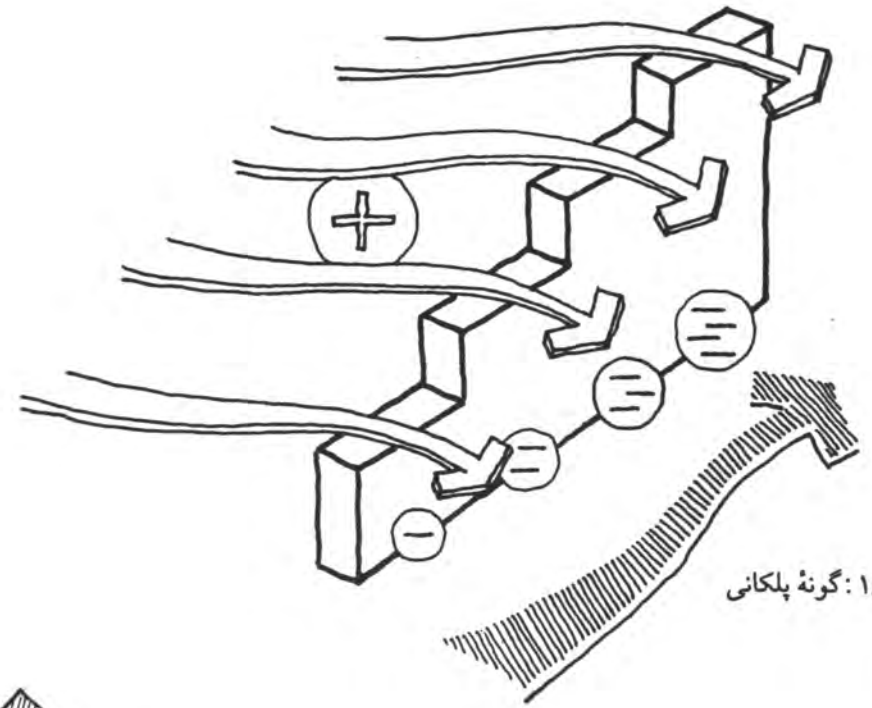
گونهٔ پلکانی به مجتمع ساختمان‌هایی اطلاق می‌شود که از کوتاه به بلند (یا برعکس) به یکدیگر متصل شده و نمایی به شکل پلکان یک طرفه به وجود آورند، (تصویر ۱۶).

در این آرایش در پشت هر ساختمان یک منطقهٔ فشار منفی (مکش) متناسب با ارتفاع آن تشکیل و در نهایت در اثر اختلاف فشار میان این مناطق جریان عرضی از سمت منطقهٔ مکش کمتر به سوی منطقهٔ مکش بیشتر برقرار خواهد شد، (همان تصویر).

سرعت معادل ثابت جریان عرضی بستگی به اختلاف ارتفاع ساختمانهای مجتمع دارد. تجربه نشان داده که نسبت آن در مجتمعی که ارتفاع کوتاهترین ساختمان پانزده متر (پنج طبقه) و بلندترین ساختمان چهل وپنج متر (پانزده طبقه) باشد، به باد آزاد منطقه برابر یک و گاهی بیشتر نیز خواهد شد.



تصویر ۱۴ : گونهٔ قیفی



تصویر ۱۶ : گونهٔ پلکانی

۷) گونهٔ زیگوراتی :

دراین گونه، طبقات ساختمان‌های مجتمع و خصوصاًاشکوب‌های زیرین آنها، از همه طرف آرایش پلکانی یافته و حجم ساختمان‌ها رویهم تصویر زیگورات را تداعی می‌کند،(تصویر ۱۷).

مطالعات تونل باد نشان می‌دهد که سرعت باد در بسیاری از نقاط این مجتمع به دلیل نمای آن که به گونه‌ای ناصاف است (در نتیجهٔ پلکانی شدن طبقات و یا بالکن‌های احتمالی) کاهش می‌یابد به طوری که سرعت معادل ثابت باد در غالب نقاط نزدیک به سطح زمین از سرعت باد آزاد منطقه کندتر خواهد شد،(Gandemer،۱۹۷۷).

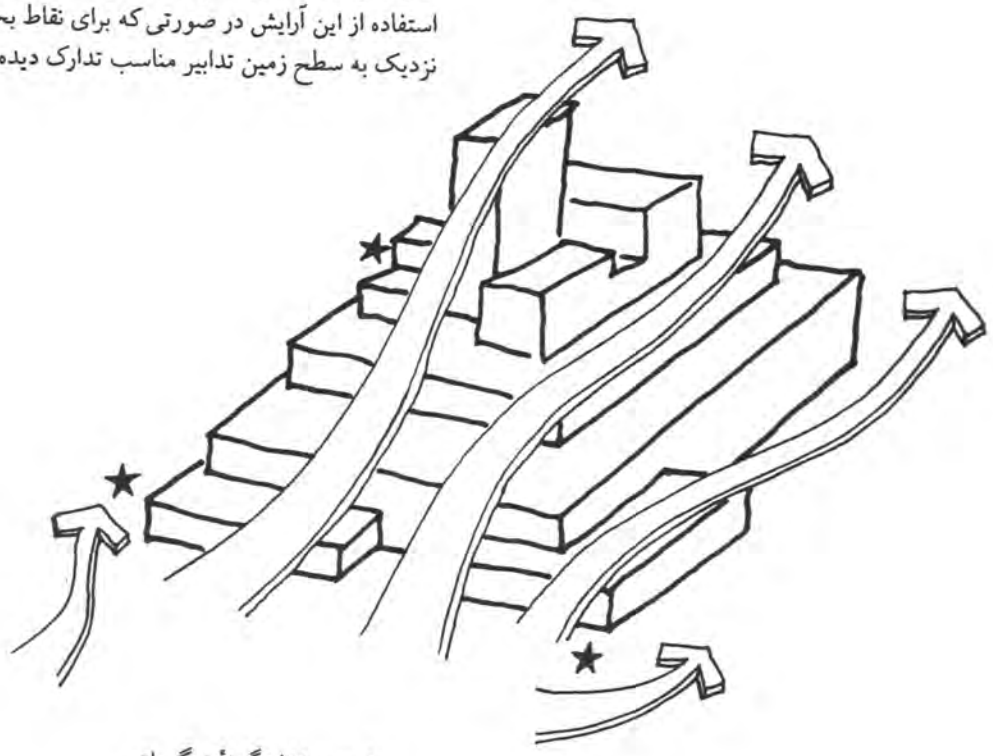
شایان ذکر است که دراین مجتمع نقاط بحرانی (نقاطی که سرعت باد از باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد) نیز وجود دارد. موقعیت مهمترین آنها به شرح زیر است :

الف : در گوشهٔ رو به باد مجتمع در نزدیکی سطح زمین (علامت * در همان تصویر)؛

ب : گوشهٔ رو به باد مجتمع در ارتفاع حدود چهل متری زمین؛

ج : بالکن‌های رو به باد در نزدیکی گوشه از طبقهٔ نهم به بالا، در این مکان‌ها سرعت معادل ثابت باد از سرعت معادل باد آزاد منطقه پیشی گرفته و به ۱/۶ برابر آن نیز خواهد رسید.

با وجود نقاط بحرانی فوق‌الذکر، نسبت سرعت موثر باد در غالب نقاط مجتمع به سرعت موثر باد آزاد محیط از ۰/۶ تجاوز نخواهد کرد و به همین دلیل استفاده از این آرایش در صورتی که برای نقاط بحرانی نزدیک به سطح زمین تدابیر مناسب تدارک دیده شود در طراحی شهری توصیه می‌شود، (۱۹۷۷، Gandemer)



تصویر ۱۷ : گونهٔ زیگوراتی
* نقاط بحرانی سرعت باد

۸ـ جمعبندی و نتیجه‌گیری نهایی :

در مقالهٔ بالا پیمایشی از مطالعات انجام شده در تونل باد دربارهٔ تغییرات سرعت متوسط باد در گذر بین مجتمع‌های ساختمانی از جمله ریسه‌ای و کنجی به‌عمل آمد. دراین مطالعات به عوامل زیر:

۱) زاویهٔ حملهٔ باد نسبت به محور وسط گذر میان ساختمان‌های ریسه‌ای و کنجی (از صفرتادویست وهشتاد درجه)؛

۲) ارتفاع ساختمان‌های مجتمع‌ها (از شش تا سی متر ـ دو تا ده طبقه)؛

۳) طول ساختمان‌ها (از بیست تا هشتاد متر)؛

۴) عرض گذرها (از چهار تا هشت متر)؛

۵) طول گذرها (تا دوازده متر)؛

به عنوان متغییر مستقل توجه و تغییرات سرعت باد به ازای آنها به عنوان متغییر وابسته اندازه‌گیری شده است .

نتایج عمدهٔ این مطالعات به شرح زیر است :

الف ـ به طور کلی در بخش اعظم گذر میان ساختمان‌های این دو آرایش، سرعت متوسط باد از سرعت متوسط باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد؛

ب ـ با عریض شدن گذر، محل حداکثر سرعت باد از نزدیک دهانه به داخل منتقل می‌شود؛

ج ـ حداکثر سرعت متوسط باد در شرایطی اتفاق می‌افتد که زاویه وزش باد نسبت به محور وسط گذر میان ساختمان‌ها زاویهٔ حادهٔ نزدیک به چهل ایجاد کند؛

د ـ تا زمانی که زاویهٔ حملهٔ باد حاده می‌باشد، سرعت متوسط باد در داخل متناسب با ارتفاع ساختمان‌ها تغییر خواهد کرد. بدین معنی که با مرتفع شدن ساختمان‌ها به سرعت متوسط باد نیز اضافه خواهد شد؛

هـ افزایش طول ساختمان با افزایش سرعت متوسط باد در داخل گذر همراه است .

در مورد مجتمع‌های ساختمانی گونه‌های حیاط مرکزی، خیابانی، قیفی، پلکانی، زیگوراتی، نیز مطالعات تونل باد به عمل آمده ولی از جزییات کمتری برخوردارند.

ضمناً باتوجه به نقاط بحرانی این مجتمع‌ها (نقاطی که سرعت باد از باد آزاد منطقه پیشی می‌گیرد) عمدتاً به ویژگی‌های این گونه‌ها پرداخته شده‌است . نتایج عمدهٔ این دسته از مطالعات به قرار زیر است :

الف ـ گونهٔ حیاط مرکزی قابلیت پناه‌دادن دارد؛

ب ـ امکان سرعت یکسان باد در سرتاسر گونهٔ خیابانی وجود دارد؛

ج ـ سرعت جریان باد در دهانهٔ باریک گونهٔ قیفی از باد آزاد منطقه بیشتر می‌شود؛

د ـ جریان عرضی در منطقه دنبالهٔ گونه پلکانی برقرار خواهد شد؛

هـ سرعت باد دربخش عمدهٔ گونه زیگوراتی نسبت به سرعت باد آزاد منطقه افت ملموس خواهد داشت.

باید توجه داشت که در گونه‌های اخیر سرعت معادل ثابت به جای سرعت متوسط باد ملاک قرار گرفته است.ولی با وجود این، با در دست داشتن این سرعت و یک معیار آسایش محیط باز می‌توان وضعیت آسایش گرمایی و رفتاری در مکان‌های مورد مطالعه را بررسی و تحلیل کرد.

در پایان مقاله ذکر این نکته ضروری است که در کلیهٔ مطالعات بالا عمدتاً توجه محققان به نقاط بحرانی، یعنی نقاطی که سرعت باد بیش از سرعت باد آزاد منطقه می‌شود معطوف شده است و حال آن که در شهرهای بزرگ امروزی، مطالعه مقدار و مکان‌های افت سرعت باد به دلیل آسیب‌پذیری از آلودگی هوا از اهمیت کمتری برخوردار نیست . متاسفانه این مساله هنوز چنانکه باید مورد توجه قرار نگرفته و باید امیدوار بود که در آیندهٔ نزدیک، بخشی از مطالعات تونل باد به مطالعهٔ این مشکل اختصاص یابد.

منابع :

1) Aynsley, R.M, Melbourne, W & Vicker,P.J;
Architectural Aerodynamics,
Applied Science Publishers Ltd,
London, 1977

2) Gandemer, J;
Wind Environment Around Buildings : Aerodynamic Concepts in, Processdings of The Fourth international conference on Wind Effects on Buildings & Structures, Cambridge University, press, 1977

3) Ishizaki, & Chiu A.N.L.; Wind Effects on Structures, Proceedings of the Second U.S.A-Japan research seminar on Wind Effects on Structures, the University press of Hawaii, Honolulu, 1976

4) International conference, Wind Effects on Buildings & Structures, tokyo, 1971

5) International research seminar, Wind Effects on Buildings & Structres, Ottawa, Canada University. fo Toronto Press, 1968

6) Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 41.42 (1992)

7) Lawson, T.A;
Wind Effects on Buildings, Applied Science Publishers Ltd, London, 1980

8) Melarago, M;
Wind in Architectural & Enviromental Design, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1982

9) Proceedings of a Symposium on Wind Effects on Buildings & Structures, Loughbrogh University. of Technology, England, 1968

10) Proceedings of the conference held at the National Physical Laboratory, Wind Effects on Buildings & Structures Teddington, Middlesex, London, 1962

11) Simiv; Emil,
Wind Effects on Structures, ..., 1977

12) Sachs, Peter;
Wind Forces in Engineering, Pergamon Press Limited, Headington Hillhall, Oxfor, 1972